T.C. ANADOLU ÜNİVERSİTESİ YAYINI NO: 2379
AÇIKÖĞRETİM FAKÜLTESİ YAYINI NO: 1376

BİLİM FELSEFESİ

Yazarlar
Prof.Dr. Teo GRUNBERG
Prof.Dr. David GRUNBERG

Editör
Doç.Dr. İskender TAŞDELEN

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ

UZAKTAN ÖĞRETİM TASARIM BİRİMİ

Genel Koordinatör
Prof.Dr. Levend Kılıç

Genel Koordinatör Yardımcısı
Doç.Dr. Müjgan Bozkaya

Öğretim Tasarımcısı
Doç.Dr. T. Volkan Yüzer

Grafik Tasarım Yönetmenleri
Prof. Tevfik Fikret Uçar
Öğr.Gör. Cemalettin Yıldız
Öğr.Gör. Nilgün Salur

Ölçme Değerlendirme Sorumlusu
Öğr.Gör. Gülcan Ergün

Dil Yazım Danışmanı
Recep Çolpankan

Kitap Koordinasyon Birimi
Yrd.Doç.Dr. Feyyaz Bodur
Uzm. Nermin Özgür

Kapak Düzeni
Prof. Tevfik Fikret Uçar

Dizgi
Açıköğretim Fakültesi Dizgi Ekibi

Bilim Felsefesi

ISBN
978-975-06-1053-0

1. Baskı

Bu kitap ANADOLU ÜNİVERSİTESİ Web-Ofset Tesislerinde 17.200 adet basılmıştır.
ESKİŞEHİR, Eylül 2011

İçindekiler

Önsöz

Bu kitabın yazarları (birinci ünitenin girişinde belirtildiği üzere) bilim kavramını sadece gözlem ve/veya deneye dayalı fizik, kimya, biyoloji gibi doğa bilimleri ve sosyoloji, psikoloji, tarih gibi sosyal bilimleri içine alacak şekilde sınırlandırmaktadır. Bu nedenle matematik, mantık gibi biçimsel (formel) bilimlere ilişkin felsefi araştırma bu kitabın konusu dışında kalmaktadır. Ayrıca, kitapta fizik felsefesi, biyoloji felsefesi, sosyoloji felsefesi, psikoloji felsefesi gibi tek tek bilimleri konu edinen özel bilim felsefeleri değil, tüm bu bilimleri ortak yönleri açısından ele alan genel bilim felsefesinin ana konuları ele alınmaktadır. Yazarlar genel bilim felsefesinin yöntemi olarak hem mantıksal çözümleme hem de bilim tarihinin verilerinden yararlanma yolunu benimsemektedir. Böylelikle hem sadece mantıksal çözümlemeyi kabul eden mantıkçı empirist bilim felsefesinin, hem de özellikle son yıllarda öne çıkan ve sadece bilim tarihindeki olgulara dayanarak bilim eleştirisine yönelen görüşün tek yanlılığından kaçınmayı başarabilmektedir.

Doğa araştırmasının ortaya çıktığı ilk dönemde doğanın usa dayalı yöntemlerle araştırması olarak felsefenin bir parçasını oluşturduğu bilinmektedir. Rönesans'tan sonra gözlem ve/veya deneye dayalı doğa biliminin doğuşundan sonra da felsefe ve doğa bilimleri arasındaki bağlar kopmamıştır. Bu bağlar çok yönlüdür. Bir yandan, felsefede doğa bilimlerinin temel kavramlarının anlamları açıklanmaya çalışılmakta, doğa bilimlerinde ulaşılan sonuçlar daha geniş bir bilgi görüşü çerçevesinde ele alınmaktadır. Diğer yandan bilimsel araştırmanın doğası ele alınmakta ve bilim etkinliği kültürün bütünü içinde değerlendirilmektedir.

İlk ünitede bilimin konusu, amacı ve yöntemi ele alınmaktadır. İkinci ünitenin konusu bilimsel yöntemin fiziksel işlemleri olan gözlem, deney ve ölçme kavramlarının açıklanmasıdır. Üçüncü ünitede bilimsel açıklamaya yol açan niye sorularının ve açıklama modelleri olan yasacı açıklama modelinin, birleştirici açıklama modelinin, pragmatik açıklama modelinin ve nedensel-düzeneksel açıklama modelinin açıklanması amaçlanmaktadır. Dördüncü ünitede bilimsel yasaların ve bilimsel teorilerin ne olduğunu açıklanacaktır. Beşinci ünitede genelde bilimsel hipotezlerin pekiştirilmesine ilişkin yöntemler, bu yöntemlerin olumlu yönleri ve karşılaştıkları güçlüklerle birlikte ele alınmaktadır. Bu çerçevede salt tümevarımcı görüş, hipotez-pekiştirmesi görüşü, salt tümdengelimsel-hipotez-yanlışlamacı görüş ve hipotez-buluşu görüşü tartışılmaktadır. Altıncı ünitede bilimde gelişmeye ilişkin görüşler olan Nagel'in indirgemeci gelişim görüşü, Lakatos'un bilimsel araştırma programlarına dayalı gelişim görüşü ve Kuhn'un bilimsel paradigma değişikliğine dayalı devrimsel gelişim görüşü ortaya konmaktadır.

Bu kitabın hazırlanmasında büyük bir titizlikle çalışan, kitabın yazarları Orta Doğu Teknik Üniversitesi emekli öğretim üyesi Prof. Dr. Teo Grünberg ve aynı bölümde görevli öğretim üyesi Prof. Dr. David Grünberg'e teşekkürlerimi sunarım. Bilim Felsefesi kitabının Türkiye'de büyük bir boşluğu doldurarak bu alanda çalışmak isteyecek felsefecilere yol açacağı, felsefeye ilgili doğa bilimcileri de doğa bilimlerinin felsefi temellerine ilgi duymaya yönelteceği kesindir.

Editör
Doç.Dr. İskender Taşdelen

BİLİM FELSEFESİ

Amaçlarımız

Bu üniteyi tamamladıktan sonra;

- Bilimin konusunu oluşturan nesne dizgelerini açıklayabilecek ve tartışabilecek,
- Bilimin amacını açıklayabilecek ve tartışabilecek,
- Bilimin yönteminin nelerden oluştuğunu ana hatlarıyla açıklayabileceksiniz.

Anahtar Kavramlar

- Somut nesne
- Olay
- Olgu
- Nesne dizgesi
- Belirlenebilir özellik
- Belirlenmiş özellik
- Nesne-durumu
- Bilimsel bilgi
- Kabul koşulu
- Gerekçelendirme koşulu
- Doğruluk koşulu
- Bilimsel yöntem
- Tümdengelim
- Tümevarım
- Bilimsel hipotez
- Pekiştirme
- Yanlışlama
- Hipotez buluşu

İçindekiler

Bilim Felsefesi Nedir?

GİRİŞ

Bilim felsefesi, gözlem ve/veya deneye dayalı bilimleri inceleyen felsefe dalıdır. Gözlem ve/veya deneye dayalı olmayan matematik gibi biçimsel bilimleri inceleyen felsefe dallarını, örneğin matematik felsefesini, bilim felsefesinin dışında tutuyoruz. Gözlem ve/veya deneye dayalı bilimler, bir yandan fizik, kimya, biyoloji gibi doğa bilimleri, öte yandan sosyoloji, psikoloji, tarih gibi sosyal bilimlerdir. Tüm bu bilimleri ortak yönleri açısından ele alan bilim felsefesine *genel bilim felsefesi,* fizik felsefesi, biyoloji felsefesi, sosyoloji felsefesi, psikoloji felsefesi gibi tek tek bilimleri konu edinen bilim felsefelerine de *özel bilim felsefeleri* denir. Biz bu kitapta yalnız genel bilim felsefesinin ana konularını irdeleyeceğiz. Bundan böyle "bilim" terimini gözlem ve/veya deneye dayalı tüm bilimlerin ortak yönü anlamında, "bilim felsefesi" terimini de "genel bilim felsefesi" teriminin kısaltması olarak kullanacağız.

Bilim felsefesinin anlamını açıklamak için konusunu, amacını ve yöntemini incelemek gerekir. Bilim felsefesinin *konu*su yukarıda tanımlandığı anlamda bilimin kendisidir. Bilim felsefesinin *amacı*, konusu olan bilimin ne olduğunu araştırıp ortaya koymaktır. Dikkat edilirse bu işlevi bilimin kendisi yapmaz. Bu bilim felsefesinin görevidir. Gerçi bilimin ne olduğunu araştıran büyük bilim insanları olmuştur; ama bunu yaparken bilim insanı olarak değil bilim felsefecisi olarak bu işi yürütmüşlerdir. Bilim felsefesinin *yöntemi*ne gelince, bir yandan mantıksal çözümleme öbür yandan bilim tarihinin verilerinden yararlanmadır. Mantıkçı empirist denilen bilim felsefecileri tek yöntem olarak mantıksal çözümlemeyi kullanmış, bilimin tarihini göz ardı etmişlerdir. Bugünkü bilim felsefesinde yaygın olan tutuma uygun olarak, bu kitapta hem mantıksal çözümlemeyi hem de bilim tarihini göz önünde tutuyoruz.

Bilim felsefecisi bilimin ne olduğunu araştırmak için, bilimin konusunu, amacını ve yöntemini incelemesi gerekir. Bilim felsefesinde incelenen her kavram ve sorunun *ontolojik, epistemolojik* ve *metodolojik* olmak üzere üç ayrı boyutu vardır. Ancak bilimin *konu*suna ilişkin kavram ve sorunların ontolojik, *amac*ına ilişkin olanların epistemolojik, *yöntem*ine ilişkin olanların da metodolojik boyutunun işlevi ağır basar. Bilimin konusuna ilişkin en temel sorun, bilimin konusuna giren hangi türden nesne, olay ve olgunun *var* olduğu sorunudur. Gerçekçi denilen filozoflar, "bilim dilinde sözü edilen her şey vardır" savını, bu görüşe karşı çıkanlar ise "yalnız gözlemlenebilir şeyler vardır" savını ileri sürmüşlerdir.

BİLİMİN KONUSU

Bilgi üretmeyi amaçlayan bir uğraş olan *bilimin konusu*, üretilmek istenen bilginin konusu olan varlıklardır. Bu varlıklar, evrende şimdiki zamanda varolan, geçmişte varolmuş ve gelecekte varolacak tüm somut nesneler ve olaylar ile bunlara ilişkin olgulardır. *Somut nesneler, kitle*ler ile *birey*lere ayrılır. "*Kitle*" sözcüğünü "madde miktarı" veya "madde parçası" anlamında kullanıyoruz. Buna göre belli bir *madde*, aynı türden kitlelerin tümüdür. Bir madde türünün örnekleyenleri de bu türden kitlelerdir. Örneğin bir element olan bakır, bir bileşim olan su ve bir karışım olan hava madde türleridir. Bunların örnekleyenleri sırasıyla bir miktar bakır, bir bardaktaki su ile bir odadaki hava gibi kitlelerdir. Öte yandan atomlar ve yıldızlar gibi *cisim*ler, bakteriler ve memeliler gibi *organizma*lar ile kişiler (yani düşünme yetisine sahip olan organizmalar) birer bireydir. *Olaylar*, belli zamanlarda somut nesnelerdeki değişimler ile aralarındaki etkileşimlerdir. Örneğin bir turnusol kâğıdının renginin maviden kırmızıya değişmesi ile iki bilardo topunun çarpışması birer olaydır.

Olgular, doğru olan önermeleri doğru kılan varlıklardır. Her önermenin karşılığı olan bir durum bulunur. Olgu, gerçek olan durum demektir. Gerçek olmayan duruma *salt-olanaklı durum* denir. Bir önermenin *doğru* olması, karşılığı olan olgunun gerçek olması demektir. Olgular, doğru yalın önermelerin karşılığı olan *yalın olgular* ile doğru yalın-olmayan önermelerin karşılığı olan *yalın-olmayan olgular*a ayrılabilir. Buna göre *yalın olgu*, bir somut nesnenin belli bir özellik taşıması veya birden çok sayıda nesne arasında belli bir bağıntının bulunması demektir. Örneğin bir elektronun elektrik yükünün negatif olması ile Dünya'nın Güneş'in etrafında dönmesi birer yalın olgudur. Öte yandan *yalın-olmayan olgular*, bunları dile getiren yalın-olmayan önermelerin çeşitlerine göre adlandırır. Buna göre bir elektronun elektrik yükünün pozitif *olmaması* bir *değilleme* olgusu, Güneş'in kütlesinin 1.99×10^{30} kg ve Güneş'in yarıçapının 7×10^{8} m olması bir *tümel-evetleme* olgusu, belli bir bakır tel yeterince ısıtılır ise genleşir bir *koşullu* olgusu, *tüm* metaller yeterince ısıtıldığında genleşir bir *tümel-koşullu* olgudur.

Ancak bilim, konusu olan varlıkları tüm somutlukları ile incelemez. Bilimin asıl konusu, bu varlıklardan soyutlama ve idealleştirme yoluyla elde edilen nesne dizgeleridir. Nesne dizgelerini aşağıda inceliyoruz.

Nesne Dizgeleri

Her bilim dalı, konusu olan somut nesnelerin tüm özellikleriyle değil, yalnızca kendi ilgi alanlarına girenleri yönünden inceler. Böylece incelenen somut nesneler, bilim dalının ilgi alanı dışında kalan tüm özelliklerden soyutlanırlar. Belli bazı özelliklerden soyutlanmış olup, kalan özellikleri ise idealleştirilmiş somut nesnelere *nesne dizgesi* (ya da *fiziksel dizge*) denir. Örneğin mekanik bilim dalının konusu yalnız hız, ivme, kütle gibi mekanik özellikleri olan nesne dizgeleri, termodinamik bilim dalının konusu ise, yalnız basınç, hacim, mutlak sıcaklık derecesi gibi termodinamik özellikleri olan nesne dizgeleridir. Bu nesne dizgeleri, sözü geçen özellikler dışındaki tüm özelliklerinden soyutlanmıştır. Öte yandan geometrik anlamda küre biçimindeki bir top idealleştirilmiş bir nesne dizgesidir. Nitekim geometrik anlamda yetkin bir küre olma özelliği hiçbir gerçek somut nesnede bulunmaz. Gerçek somut nesnelerin *tam-somut*, soyutlanmış ve/veya idealleştirilmiş nesne dizgelerinin *yarı-somut yarı-soyut* olduklarını söyleyebiliriz. Bölünmeyen atom-altı parçacık olmayan her nesne dizgesi, birden çok sayıda nesne dizgesinin bir araya gelmesinden oluşur.

Herhangi bir bilim dalındaki gözlem ve deneyler, o bilim dalına özgü nesne dizgelerinin özelliklerini saptamayı amaçlar. Bu bakımdan "gözlem" ve "deney" kavramlarını incelemek için önce "nesne dizgesi" kavramını daha ayrıntılı açıklamak gerekir. "Nesne dizgesi" kavramını açıklamak için de önce "belirlenebilir özellik" ile "belirlenmiş özellik" kavramlarını aydınlatmak gerekir. Bu amaçla, örnek olarak Renk özelliği ile tek tek renk tonlarını, yani tüm kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi ve mor tonlarını göz önüne alalım. Tüm renk tonları Renk özelliğinin örnekleyenleri, renk özelliği de renk tonlarının türüdür. Dolayısıyla Renk özelliği bir özellik türüdür. Özellik türüne *belirlenebilir özellik* veya kısaca *belirlenebilir*, özellik türünün örnekleyenlerine ise bu belirlenebilirin altında belirlenmiş özellikler denir. Örneğin renk bir belirlenebilir, tek tek renk tonları ise renk belirlenebilirinin altında *belirlenmiş özellik*lerdir. Dikkat edilirse kırmızı, turuncu, vb. belirlenmiş özellikler değildir. Nitekim farklı kırmızı renk tonları, farklı turuncu renk tonları, vb. vardır. Dolayısıyla kırmızı, turuncu, sarı, vb. renkler Renk türünün alt türleri sayılmalıdır. Sertlik, Sıcaklık, Uzunluk, Kütle, vb. özellikler de (Renk gibi) birer belirlenebilir, tek tek sertlik dereceleri, tek tek sıcaklık dereceleri, tek tek uzunluklar, tek tek kütleler, vb. (tek tek renk tonları gibi) belirlenmiş özelliklerdir.

Genel olarak "*a* nesne dizgesi *t* zamanında ve *u* yerinde *F* özelliğini taşır" biçimindeki yalın önermede, söz konusu *F* özelliği bazen bir belirlenmiş özellik, bazen de bir belirlenebilir özelliktir. Örneğin *a*, yüzeyinin yarısı kırmızı, yarısı yeşil bir top olsun. *a* topunun yüzeyinin kırmızı yarısının *t* zamanında kapladığı yer *u* olsun. Buna göre "*a* topu *t* zamanında ve *u* yerinde kırmızıdır" önermesi doğru olur. Aslında bu önermenin doğruluğu, *a* topunun kırmızı olmasına, yani Kırmızı renk alt-türünün örnekleyeni olan bir renk tonunda olmasına, bağlıdır. Genel olarak bir nesne dizgesinin bir belirlenebilir özelliği taşıması, söz konusu belirlenebilir altındaki bir belirlenmiş özelliği taşıması demektir. Nesne dizgeleri, belirlenmiş özellikleri yaklaşık olarak değil de tam tamına taşırlar. Örneğin geometrik anlamda 20 cm çapında küre biçiminde bir topu, yani idealleştirilmiş bir nesne dizgesini ele alalım. 20 cm çapında yetkin bir küre biçiminde olma özelliği belirlenmiş bir özellik olup söz konusu top tarafından *tam tamına* taşınır. Buna karşılık tam-somut (gerçek) bir top bu belirlenmiş özelliği *yaklaşık* olarak taşır, tam tamına taşıyamaz. İkinci bir örnek olarak 20.12 cm uzunluğunda bir çubuk ele alalım. Bu çubuk (idealleştirilmiş) bir nesne dizgesi ise, bir belirlenmiş özellik olan 20.12 cm uzunluğunda olma özelliğini tam tamına taşır. Burada "tam tamına" ifadesinin anlamı şudur. Söz konusu çubuğun uzunluğu 20.12 cm, 20.120 cm, 20.1200 cm, 20.12000 cm,... uzunluklarına mutlak olarak eşittir. Gerçek tam-somut bir çubuğun uzunluğu 20.12 cm olarak ölçülmüşse, bu uzunluğun noktadan sonraki üçüncü, dördüncü, beşinci,... hanelerinin değerleri belirsiz olabilir. Yani cetvelin uzunluğu yaklaşık olarak 20.12 cm'ye tam tamına değil yaklaşık olarak eşittir. (Çubuğun uzunluğunun noktadan sonra kaç haneye kadar ölçülebilmesi kullanılan uzunluk ölçme aygıtına bağlıdır.)

Şimdi Renk, Uzunluk, vb. belirlenebilir özelliklere dönelim. *F* herhangi bir belirlenebilir olduğunda *F*nin fonksiyon işlevi olduğunu söyleyebiliriz. Örneğin *F* sıcaklık özelliği, *a* belli bir oda, a_1 odanın alt yarısı, a_2 ise odanın üst yarısı olsun. a_1'in kapladığı yer u_1, a_2'nin kapladığı yer u_2 olsun. Çok kez *a* odasının *t* zamanında u_2 yerindeki sıcaklık derecesi u_1'inkinden büyüktür. (Nitekim sıcak hava, soğuk havadan hafif olup tavana doğru yükselir.) Sözgelişi a'nın t zamanında u_2 yerindeki sıcaklık derecesinin 21.3 °C (°C "derece santigrat" diye okunur), u_1 yerindeki sıcaklık derecesinin ise 21.0 °C olduğunu kabul edelim. Burada Sıcaklık özelliği bir belirlenebilir olup 21.3 °C ile 21.0 °C sıcaklık derecelerinde olma özellikleri bu belirlenebilirin altında iki farklı belirlenmiş özelliktir. Burada *F* ile gösterdiğimiz Sıcaklık belirlenebiliri bir fonksiyon işlevindedir. Bu fonksiyonu *F*-lik biçiminde ifade ediyoruz. Dikkat edilirse "sıcaklık" sözcüğü, eğer "sıcak" yüklemini *F* ile gösterirsek, *F*-lik biçimindedir. Buna göre aşağıdaki iki eşitlik doğru olur:

(i) Sıcaklık (a, t, u_1) = 21.0 °C
(ii) Sıcaklık (a, t, u_2) = 21.3 °C

(i) ile (ii) eşitliklerinde Sıcaklık, a, t, u_1 (ya da u_2) olmak üzere üç argümanlı bir fonksiyondur. Sıcaklık fonksiyonunun (i) eşitliğindeki değeri 21.0 °C, (ii) eşitliğindeki değeri 21.3 °C'tır. "Derece santigrat"ı 273 sayısı ile toplayarak "Kelvin" denilen ve "K" simgesi ile gösterilen *mutlak sıcaklık* derecesi elde edilir. Buna göre (i) ile (ii)'den

(i*) Sıcaklık (a, t, u_1) = 294.0 K
(ii*) Sıcaklık (a, t, u_2) = 294.3 K

elde edilir.

Genel olarak F herhangi bir belirlenebilir, F^* ise *F* belirlenebilirinin altında herhangi bir belirlenmiş özellik olsun. Ayrıca a somut nesnesi *t* zamanında ve *u* yerinde F^* belirlenmiş özelliliğini taşısın. Buna göre aşağıdaki eşitlik doğru olur:

(iii) *F-lik* (a, t, u) = F^*

Burada *F-lik* üç argümanlı bir fonksiyon, F^*, *F-lik* fonksiyonunun a, t, u argümanları için aldığı değerdir. Yukarıdaki açıklamaların ışığında, bundan böyle bir belirlenebilirin altındaki belirlenmiş özelliklere söz konusu belirlenebilirin *değer*leri diyeceğiz. Şimdi iki nesne dizgesi örneği ele alıyoruz.

Örnek 1: Birçok elektrik aygıtında bulunup yalnız kırmızı ya da yeşil ışık yayan LED (*Light-Emitting Diode*, Işık-Yayan Diyot) lambalarından oluşan türü ele alalım. Bu türe ait LED lambasının, yaydığı ışık rengi dışındaki tüm özelliklerinden, söz gelişi lambanın camının ve lambanın bağlı olduğu aygıtın tüm özelliklerinden, soyutlanmış olduğunu düşünelim. Bu durumda her LED lambası kırmızı-olma ile yeşil-olma dışında başka bir özelliği olmayan bir nesne dizgesi biçimini alır. LED lambalarının gerek kırmızı gerekse yeşil ışığının hep *aynı idealleştirilmiş renk tonunda* olduğunu kabul edelim. LED lambalarına ortak olan kırmızı renk tonunu Kırmızı_1, yeşil renk tonunu da Yeşil_1 ile gösterelim.

Tüm renk tonlarının oluşturduğu özellik türü Renk, Renk belirlenebilirinin altındaki bu renk tonları da belirlenmiş özelliklerdir. Daha önce her belirlenebilirin bir fonksiyon işlevinde olduğunu söylemiştik. Nitekim *a* tekdüze rengi olan bir nesne dizgesi olduğunda, *a*'nın rengi Renk belirlenebilirinin altında *r* gibi bir belirlenmiş özellik, yani belli bir renk tonudur. *a* nesne dizgesinin rengi *r* olduğundan, "*a*'nın rengi *r*'dir" yerine

Renk (a) = r

eşitliğini yazabiliriz. Burada *r* belirlenmiş özelliği, Renk fonksiyonunun *a* argümanı için fonksiyon değeridir.

Örneğimize dönersek, tek örnekleyenleri Kırmızı_1 belirlenmiş özelliği ile Yeşil_1 belirlenmiş özelliği olan sınırlanmış belirlenebiliri Renk_1, yaydıkları ışık yalnız Kırmızı$_1$ ile Yeşil$_1$ olan tüm LED lambalarının oluşturduğu nesne dizgesi türünü de LED$_1$ olarak gösterelim. Buna göre söz konusu LED lambaları LED$_1$'in örnekleyenleridir. Renk$_1$ belirlenebiliri ise LED$_1$'in *türüne özgü* belirlenebilirdir. Şimdi belli bir andan başlamak koşuluyla zamanı t_1, t_2, t_3,..., t_n olarak gösterdiğimiz dilimlere ayıralım. Bu zaman dilimlerinin her birinin süresi o denli kısa olmalıdır ki, o zaman diliminde her LED lambasının ışığının rengi değişmesin. Bu türlü bir zaman dilimine *zaman anı* veya kısaca *an* diyeceğiz. LED$_1$ nesne dizgesi türüne dönüp bunun örneği olan a gibi herhangi bir LED lambasını ele alalım. Bir nesne dizgesi olan *a*, her t_i (i = 1,..., n) zaman anında Renk$_1$ belirlenebilirinin altında olan (başka bir deyişle Renk$_1$'in örnekleyenleri olan) Kırmızı$_1$ ile Yeşil$_1$ belirlenmiş özelliklerinden birini ve yalnız birini taşır. Bir LED lambası, t_i (i = 1,..., n) zaman anında Kırmızı$_1$ belirlenmiş özelliğini taşırsa, t_i anında *kırmızı$_1$-durumu*nda olduğunu, Yeşil$_1$ belirlenmiş özelliğini taşırsa, ti anında *yeşil$_1$-durumu*nda olduğunu söyleriz. Bu gibi durumlara *nesne-durumu* diyeceğiz. Öte yandan bir nesne dizgesinin belli bir anda bir nesne-durumunda bulunması-eğer öyle ise-bir olgudur. Olgu ise *gerçek* olan bir *durum*dur. (Bu ikinci anlamdaki "durum"un "nesne-durumu"ndan farklı olduğuna dikkat etmek gerekir.) Buna göre bir nesne dizgesinin (belli bir anda) bir nesne-durumunda olmasının bir durum olduğunu, nesne-durumu gerçekten o nesne-durumunda ise, bu durumun da *gerçek* olduğunu, dolayısıyla bir *olgu* olduğunu söyleriz.

Genel olarak *a* gibi bir nesne dizgesinin *t* zaman anında taşıdığı tüm özellikler F_1,..., F_k ise, *a* nesne dizgesinin *t* zaman anında (yani zaman-diliminde) F_1-olma ve... ve F_k-olma nesne-durumunda, kısaca (F_1,..., F_k)-olma nesne-durumunda, olduğu söylenir. Gene *t* zamanının süresi, *a*'nın bu zaman süresindeki nesne-durumunun değişmesine yol açmayacak ölçüde kısa olduğunu kabul ediyoruz. Buna göre her nesne dizgesinin varolduğu zaman aralığındaki her zaman anında belli bir tek nesne-durumunda olduğunu söyleyebiliriz. Aynı türden nesne dizgelerinin çeşitli zaman anlarındaki nesne-durumları, türe özgü bir *olanaklı nesne-durumları* kümesine aittir. Olanaklı nesne-durumları, söz konusu nesne dizgeleri türüne özgü özelliklerden oluşurlar.

Örnek 2: Bu örnekte nesne dizgeleri türü olarak, (kapalı kaplarda bulunup) belli hacim, basınç ve sıcaklığa sahip gaz kitlelerini ele alalım. Dikkat edilirse Termodinamik denilen bilim dalı, gaz kitlelerini, onları oluşturan moleküller ile bu moleküllerin özelliklerinden soyutlanmış nesne dizgeleri olarak inceler. Sözü geçen gaz kitlelerinden oluşan nesne dizgesi türünü GAZ$_1$ olarak gösterelim. GAZ$_1$ türüne özgü özellik türleri, başka bir deyişle türe özgü belirlenebilirler, *değişmez* ve *değişken* olmak üzere ikiye ayrılır. Örneğin *Kütle*, GAZ$_1$ nesne türüne özgü bir *değişmez* belirlenebilirdir. GAZ$_1$'in örnekleyeni olan *a* gibi herhangi bir nesne dizgesi (yani gaz kitlesi) *m* gibi belli bir kütleye sahiptir. *a*'nın kütlesinin *m*'ye eşit olması, *a*'nın belirlenmiş bir özelliği taşıması demektir. Bu belirlenmiş özellik, GAZ$_1$'e özgü Kütle belirlenebilirinin altındaki bir belirlenmiş özelliktir. GAZ$_1$'in farklı örnekleyenlerinin kütleleri farklı olabilir, ama her bir örnekleyeni, varolduğu zaman aralığındaki tüm anlarda (t_1, t_2, t_3,..., t_n anlarında) *m* gibi değişmeyen belli bir kütleye sahiptir.

Öte yandan *p (Basınç)*, *V (Hacim)*, ve *T (Sıcaklık)*, GAZ$_1$ türüne özgü değişken belirlenebilirlerdir. Bunların değişken olmaları, GAZ$_1$'in *a* gibi bir örnekleyeninin farklı zaman anlarında farklı basınç, hacim ve/veya sıcaklığa sahip olmalarıdır. Bu üç değişken belirlenebilirin, GAZ$_1$ türüne özgü *tüm* değişken belirlenebilirleri oluşturduğunu kabul ediyoruz. GAZ_1'in *a* örnekleyeni belli bir t_i (i = 1,..., n) anında p_i,V_i, T_i gibi belli bir basınç, hacim ve mutlak sıcaklığa sahiptir. Buna göre "*a* nesne dizgesi t_i anında; p_i basıncında-olma, V_i hacminde-olma ve T_i sıcaklığında-olma *nesne-durumunda*dır" denir. Bunu da "*a* nesne dizgesi ti anında (p_i,V_i, T_i)-olma nesne-durumundadır" biçiminde kısaltıyoruz. Söz gelişi şu anda içinde bulunduğum odanın, dolayısıyla odamdaki havanın, basıncı 1 Atmosfer (atm), hacmi 50 m^3 ve mutlak sıcaklığı 20 °C + 273 = 293 K olsun. Buna göre şu anda içinde bulunduğum odadaki gaz kitlesi (1 atm, 50 m^3, 293 K)-olma nesne-durumundadır. Başka bir deyişle, bu gaz kitlesinin şu andaki nesne-durumu, (1 atm, 50 m^3, 293 K)-olma'dır.

Bir nesne dizgesi farklı anlarda farklı nesne-durumlarında olabildiği gibi, farklı anlarda aynı nesne-durumunda olabilir. Örneğimize dönerek *p, V, T* nesne-durumu değişkenlerinin anlamını daha yakından inceleyelim. *p, a* gibi herhangi bir gaz kitlesine *t* anında Atmosfer birimi ile nitelenmiş bir reel sayı tekabül ettiren bir *fonksiyondur*. Söz konusu Atmosfer birimi ile nitelenmiş reel sayı, *a* gaz kitlesinin *t* anındaki basıncıdır. *p* nesne-durumu değişkeni, bir fonksiyon sayıldığında, söz konusu basınç *p (a, t)*'ye eşittir. *p (a, t)* Atmosfer (atm) birimi ile nitelenmiş bir reel sayıdır. Sözgelişi *p(a, t)* = 1 atm. Dikkat edilirse 1 atm basıncında-olma özelliği Basınç belirlenebiliri altında bir belirlenmiş özelliktir. Benzer bir biçimde *V* ile *T* nesne-durumu değişkenleri de birer fonksiyondur. *V* fonksiyonu, *a* gaz kitlesine *t* anında m^3 birimi ile nitelenmiş bir reel sayı olan *V (a, t)*'yi tekabül ettirir. Sözgelişi *V (a, t)* = 40 m^3. Gene *T, a* gaz kitlesine *t* anında K (Kelvin) birimi ile nitelenmiş bir reel sayı olan *T (a, t)*'yi tekabül ettirir. Sözgelişi *T (a, t)* = 293 K.

Şimdi *a* gibi herhangi bir nesne dizgesinin t_1 anındaki nesne-durumu ile t_1'den sonra gelen t_2 anındaki nesne-durumunu karşılaştıralım. *a*'nın t_1 anındaki nesne-durumunu D_1 ile, a'nın t_2 anındaki nesne-durumunu da D_2 ile gösterelim. Eğer D_1 ile D_2 *farklı* nesne-durumları ise (yani $D_1 \neq D_2$ olursa), *a* nesne dizgesinin t_1 ile t_2 anları arasında, başka bir deyişle [t_1, t_2] zaman aralığında, *değişime* uğradığı söylenir. Buna göre *a*'nın t_1 anındaki D_1 nesne-durumundan t_2 anındaki D_2 nesne-durumuna geçişine bir *olay* denir. Bu olayı *E* olarak gösterelim. *E* olayı, D_1 nesne-durumundan D_2 nesne-durumuna geçiş tipinden bir olaydır. D_1 *nesne-durumunun* D_2 *nesne-durumuna* geçişinin bir *olay-tipi* olduğu söylenir. Bu olay-tipini (D_1, D_2) biçiminde gösterebiliriz. Söz konusu *E* olayına (D_1, D_2)-tipinden bir olay denir. Buna göre *E* olayını

(*a*, (D_1, D_2), [t_1, t_2])

biçiminde gösteririz. Örneğin *a* bir gaz kitlesi olup, $p(a, t_1)$ = 1 atm, $V(a, t_1)$ = 4 0 m^3, $T(a, t_1)$ = 293 K ve $p(a, t_2)$ = 2 atm, $V(a, t_2)$ = 20 m^3, $T(a, t_2)$ = 293 K olsun. Burada D_1 = (1 atm, 40 m^3, 293 K) ve D_2 = (2 atm, 20 m^3, 293 K). Buna göre

(*a*, ((1 atm, 40 m^3, 293 K), (2 atm, 20 m^3, 293 K)), [t_1, t_2])

bir olaydır.

a nesne dizgesinin [t_1, t_2] zaman aralığında aynı *D* durumunda kalışı da bir olay sayılabilir. Böyle bir olaya *kalış olayı* diyor, (a, (*D*, *D*), [t_1, t_2]) biçiminde gösteriyoruz. *D* durumunun aynı *D* durumunda kalışına da *kalış olay-tipi* diyoruz.

Dikkat edilirse *a* nesne dizgesinin *t* anında *D* nesne-durumunda bulunması bir olgudur. Gene *a*'nın [t_1, t_2] zaman aralığında D_1 durumundan D_2 durumuna *geçiş* olayının sözü geçen [t_1, t_2] zaman aralığında meydana gelmesi bir olgudur. Bu olayın yalnız [t_1, t_2] zaman aralığında var olup, t_1'den önce ve t_2'den sonraki zaman anlarında ve aralıklarında yoktur. Buna karşılık bu olayın [t_1, t_2] zaman aralığında meydana gelme *olgu*su *tüm* zaman anlarında ve aralıklarında vardır.

Yukarıda verilenlerden farklı bir nesne dizgesi ve bu nesne dizgesine ilişkin bir olay örneği veriniz.

SIRA SİZDE 1

BİLİMİN AMACI

Bilimin amacı, konusu olan varlıklar üzerine sağlam bilgi vermektir. Bu tür bilgiye *bilimsel bilgi* diyeceğiz. Bilimsel bilgi nesnelere ya da olaylara ilişkin olguların bilgisidir. Olguların yalın ve yalın-olmayan olgular olmak üzere ikiye ayrıldığından söz etmiştik. Bilimde bir yalın-olmayan olgu türü olan tümel-koşullu olgunun özel bir önemi varıdır. Tümel-koşullu doğru bir önermenin karşılığı olan tümel-koşullu olgu evrende bir *düzenlilik*tir. Yukarıda sözü geçen *tüm metallerin yeterince ısıtıldığında genleşiyor olması* böyle bir düzenlilik olup, bilim diline ait olan "Tüm metaller yeterince ısıtıldığında genleşir" önermesi ile dile getirilir. Genel olarak bilim dilinde ilkece herhangi bir olguya karşılık bu olgunun doğru kıldığı bir önerme bulunmalıdır. Bunun için bilim dilinde bu olgunun yapıtaşları olan nesneler, özellikler ve bağıntıları gösteren terimler, yani sırasıyla nesne-adları ya da tekil-betimlemeler (tekil terimler), özellik terimleri ve bağıntı terimleri (yüklemler) bulunmalıdır.

Bilim felsefesinde, gerek bilim dilinden, gerekse bilim dilindeki ifadelerin gösterdiği (dil-dışı) varlıklardan söz etmek için bir üst-dil kullanılır. Bu üst-dilde *bilim dili*nin tekil terimlerini, *"a", "b", "c"*,..., "a_1", "a_2", "a_3",..., özellik terimlerini, "F^1", "G^1", "H^1",... (bundan böyle yalnızca *"F", "G", "H"*,...) bağıntı terimlerini de "F^n", "G^n", "H^n",... ($n \geq 2$) simgeleriyle gösterelim. Öte yandan *"a", "b", "c"*,..., "a_1", "a_2", "a_3",...tekil terimlerinin, *"F", "G", "H"*,... özellik terimlerinin ve "F^n", "G^n", "H^n",... ($n \geq 2$) bağıntı terimlerinin gösterdikleri nesneleri, özellikleri ve bağıntıları sırasıyla $a, b, c,..., a_1, a_2, a_3,..., F, G, H,..., F^n, G^n, H^n$,... ($n \geq 2$) ile gösterelim. Buna göre yalın olgunun genel biçimi (a_1,..., a_n)'nın F^n*-olması*'dır. Bu yalın olgu "$F^n a_1 ... a_n$" ($n \geq 1$) önermesini doğru kılar. Buna göre (a_1,..., a_n)'nın F^n-olması olgusuna, "$F^n a_1 ... a_n$" önermesinin *doğru-kılıcısı* denir. Örneğin *a*, bir elektron, *F*, elektrik yükünün negatif olması ise, *bir elektronun elektrik yükünün negatif olması* yalın olgusu, *a*'nın *F*-olması'dır. Öte yandan *a*, Dünya, *b*, Güneş, F^2, etrafında dönme olduğunda, *Dünya'nın Güneş'in etrafında dönmesi* yalın olgusu, *(a, b)*'nin F^2*-olması* olup, "F^2ab" önermesinin doğru-kılıcısıdır. Yalın-olmayan olgu örneği olarak da şu tümel-koşullu olguyu ele alalım: *F*, metal-olma, *G*, yeterince ısıtıldığında genleşme olduğunda, *tüm metallerin yeterince ısıtıldığında genleşiyor olması* olgusu, *Tüm F'lerin G-olması* olur. Bu da " $\forall\chi(F\chi \rightarrow G\chi)$ " tümel-koşullu önermesinin doğru-kılıcısıdır.

Bilim insanları ilgi alanlarına ait herhangi bir (yalın veya yalın-olmayan) bir olgunun bilgisine eriştiklerinde, bu olgunun karşılığı olduğu bir *bilimsel önerme*yi ortaya koymalıdırlar. Bir önermenin karşılığı olan bir olgu bulunursa önermeye *doğru*, bulunmazsa *yanlış* denilir. Bazı önermelerin doğru olup olmadıkları az sayıda gözlem ve/veya deneyle saptanabilir. Böyle bir önermeye *gözlem önermesi* denir. Gözlem önermeleri genellikle yalın önerme ya da az sayıda yalın önermenin tümel-evetlemesi biçimindedir. Örneğin *a*, bir metal olduğunda, "*a, u* yerinde ve *t* anında bir metaldir" bir yalın gözlem önermesi, "*a, u* yerinde ve *t* anında bir metaldir ve *a, u* yerinde ve *t* anında genleşmiştir" bir yalın-olmayan gözlem önermesidir. Bazen gözlem önermelerini u yerine ve t anına başvurmadan ifade edeceğiz. Buna göre yukarıdaki yalın gözlem önermesi yerine "*a* bir metaldir", yalın-olmayan gözlem önermesi yerine de "*a* bir metaldir ve *a* genleşmiştir" yazabiliriz.

Bilimsel önermenin bir olgunun bilgisini ifade edebilmesi için genel epistemolojinin aşağıdaki üç koşulunu yerine getirmesi gerektiği ileri sürülebilir: (i) *Kabul koşulu*: Önerme, ilgili bilim insanları topluluğunca *kabul* edilmelidir. (ii) *Gerekçelendirme koşulu:* Önermenin kabul edilmesi *gerekçelendirilmelidir.* (iii) *Doğruluk koşulu:* Önerme *doğru* olmalıdır. Bu üç koşulun şöyle bir semantik önkoşulu olduğunu söyleyebiliriz: Kabul edilen önermede geçen her terimin belirsizlikten arındırılmış bir tek anlamı olup, ilgili bilim insanları topluluğunun her üyesince tam olarak bilinmeli ve bu anlam iletilebilir ve paylaşılır olmalıdır. Ancak, ileride görüleceği gibi, yukarıda sözü geçen koşullardan her biri bilim felsefesinde sorunlara yol açmaktadır. Aşağıda bu üç koşulun ayrıntılarını ortaya koyuyoruz.

Kabul Koşulu

Bilim insanlarının bir bilimsel önermeyi *kabul* etmeleri, bu önermeyi bilimsel çalışmalarında kullanmaya, daha açık olarak, her türlü bilimsel çıkarımların öncülleri olarak kullanmaya karar vermeleri demektir. Dikkat edilirse yeni olguların bilimsel kestirimi ile bilinen olguların bilimsel açıklaması, bilimsel çıkarımların sonucudur. Bilim insanları kullandıkları bilim diline ait her gözlem önermesini değil, yalnız bilimsel çalışmaları için yararlı olacağını düşündükleri *sınamaya-değer gözlem önermeleri*ni sınamak amacıyla *geçici* olarak kabul ederler. Sınama sonucunda doğrulanan gözlem önermeleri *kalıcı* olarak kabul edilir, başka bir deyişle o zaman anında bilim insanları topluluğunca kabul edilen önermeler dağarcığına eklenirler.

Gözlem önermelerinin geçici ve kalıcı kabulüne örnek: Bir bilim insanı *u* uzay bölgesinde (yerinde) bir sıvının asit olup olmadığını t_1 zamanında araştırmak istiyor. Bu amaçla bilim insanı elindeki a mavi turnusol kâğıdını t_1'den sonra gelen t_2 zamanında bu sıvıya batırıyor. t_3, t_2'den hemen sonra gelen *a* mavi turnusol kâğıdının sıvıya batırıldıktan sonraki zaman olsun. Bu durumda bilim insanı t_1 anında şu iki yalın gözlem önermesinden söz edebilir:

1. t_3 zamanında *u* uzay bölgesinde bulunan *a* turnusol kâğıdı mavi kalacaktır.
2. t_3 zamanında *u* uzay bölgesinde bulunan *a* turnusol kâğıdı kırmızıya dönüşecektir.

Buna göre bilim insanı t_1 anında sınamak amacıyla, (1) veya (2) yalın gözlem önermelerinden birini *geçici* olarak kabul etmiş olur. Eğer (1) önermesi t_3 zamanında doğrulanırsa, bilim insanı (1)'i *kalıcı* olarak kabul eder. Bilim insanının (1)'i kalıcı olarak kabul etmesinin bir belirtisi olarak (1) önermesinin öncül işlevinde olduğu bir çıkarımla

3. $[t_1, t_3]$ zaman aralığında u uzay bölgesinde bulunan sıvı asit değildir

sonucunu elde edebilmesini gösterebiliriz. Bu çıkarımın bir öncülü de $[t_1, t_3]$ zaman aralığında *u* uzay bölgesinde bulunan sıvının niteliğinin değişmemiş olmasıdır. Öte yandan eğer (2) önermesi t_3 zamanında doğrulanırsa, bilim insanı (2)'yi *kalıcı* olarak kabul eder. Aynı biçimde, bilim insanının (2)'yi *kalıcı* olarak kabul etmesinin bir belirtisi olarak (2) önermesinin öncül işlevinde olduğu bir çıkarımla

4. [t_1, t_3] zaman aralığında *u* uzay bölgesinde bulunan sıvı asittir

sonucunu elde edebilmesini gösterebiliriz. Gene bu çıkarımın bir öncülü de [t_1, t_3] zaman aralığında *u* uzay bölgesinde bulunan sıvının niteliğinin değişmemiş olmasıdır.

Gözlem-önermesi-olmayan bilimsel önermelerin, özellikle düzenlilik ifade eden tümel-koşullu bilimsel önermelerin, kabulüne gelince; bilim insanları, gene kullandıkları bilim diline ait her gözlem-önermesi-olmayan önermeyi değil, yalnız bilimsel çalışmaları için yararlı olacağını düşündükleri *sınamaya değer gözlem-önermesi-olmayan önermeleri* sınamak amacıyla kabul ederler. Örneğin bir bilim insanı "Tüm metaller yeterince ısıtıldığında genleşir" tümel-koşullu önermesini sınamak amacıyla kabul eder.

Gerekçelendirme Koşulu

Gerekçelendirme koşulu metodolojik ve epistemolojik olmak üzere iki ayrı açıdan ele alınabilir:

Metodolojik açıdan bakıldığında, bilim felsefesinin amacı, bilim insanlarının kabul ettikleri bilimsel önermelerin bilimsel gerekçelerini araştırıp gün ışığına çıkarmaktır. Bu gerekçeler gözlem önermeleri ile öbür bilimsel önermeler için farklıdır. Nitekim kabul edilmiş bir gözlem önermesinin kabulünün bilimsel gerekçesi, o önermenin gözlem ve/veya deneyle doğrulanmış olmasıdır.

Öte yandan *t* gibi bir zaman anında kabul edilen gözlem-önermesi-olmayan bir bilimsel önermenin kabulünün gerekçelendirilmesi ilk bakışta şöyle betimlenebilir. İlgili bilim insanları topluluğu, *t* zamanında belli bir bilimsel yöntemi ve bu bilimsel yöntem gereği geçerli olan çıkarım kurallarını benimser. Bu kuralların bazıları tümdengelimsel mantık kuralları olmakla birlikte, bazıları öyle değildir. Nitekim gözlem ve/veya deneye dayanan bilimlerde kabul edilen gözlem-önermesi-olmayan önermelerinin birçoğu, doğrulanmış gözlem önermelerinin tümdengelimsel değil tümevarımsal sonuçlarıdır. *Tümevarımsal çıkarım*, tümdengelimsel olmayan bir çıkarımdır. Örneğin bir düzenliliğin bilgisini taşıyan "Bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşir" tümel-koşullu önermesinin kabulünün tümevarımsal çıkarımla nasıl gerekçelendirilebildiğini görelim. Bilim insanları farklı yerlerde bulunan metal parçalarını farklı zamanlarda ısıtıp genleştiklerini gözlemliyor ve geçerli saydıkları bir tümevarımsal çıkarım biçimi gereği, şöyle bir tümevarımsal çıkarım yapıyorlar:

5. a_1 nesne dizgesi metaldir ve u_1 yerinde ve t_1 zamanında yeterince ısıtılıyor,..., a_n nesne dizgesi metaldir ve u_n yerinde ve t_n zamanında yeterince ısıtılıyor.
6. a_1 nesne dizgesi u_1 yerinde ve t_1 zamanında, genleşiyor,..., a_n nesne dizgesi u_n yerinde ve t_n zamanında, genleşiyor

O halde, büyük olasılıkla,

7. Bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşir.

(Burada *n* pozitif doğal sayısının tümevarımsal çıkarımı geçerli kılabilecek büyüklükte olduğunu ve a_1,..., a_n'nin gözlemlenmiş olan tüm ısıtılmış metal parçaları olduğunu varsayıyoruz.) (5) ve (6) önermeleri doğrulanmış gözlem önermeleri olup (7) önermesi, (5), ve (6) önermelerinin büyük olasılıkla tümevarımsal sonucu olduğundan, "Bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşir" önermesi kabul-edilebilirdir. Bu ise önermenin kabul edilmesinin *gerekçe*sini oluşturur. Sözü geçen $a_1,..., a_n$ metal parçaları evrendeki tüm metal parçaları değildir. Bundan dolayı yukarıdaki çıkarım tümdengelimsel bir çıkarıma dönüştürülemez.

Genel olarak *t* anında kabul edilen herhangi bir yeni gözlem-önermesi-olmayan bir önermenin kabul edilmesinin gerekçesi, bu önermenin kabul-edilebilir olmasıdır. Bir gözlem-önermesi-olmayan önerme *kabul-edilebilir*dir ancak ve ancak önceden doğrulanmış bazı gözlem önermeleri ile daha önce gerekçelendirilmiş bazı gözlem-önermesi-olmayan önermelere dayanarak tümdengelimsel ya da tümevarımsal bir çıkarımın sonucu olarak türetilebiliyor ise. (Yukarıda bir tümevarımsal çıkarım örneği vermiştik. Ancak tümdengelimsel ve tümevarımsal çıkarım biçimlerini ve aralarındaki farkları aşağıda "Bilimin Yöntemi" bölümünde daha sistemli bir biçimde anlatacağız.) Bu amaçla kullanılan çıkarımların dayandığı *çıkarım kuralları*nın bilim insanları topluluğunca kabul edilmesi gerekir. Bu kuralların kabul edilmesinin gerekçesi gene kabul-edilebilirliktir. Ama böyle bir kabul-edilebilirlik *a priori*dir, başka bir deyişle gözlem ve/veya deneye (dolaysız veya dolaylı olarak) bağlı değildir.

Önceden gerekçelendirilmiş önermeler gerekli metafizik ilkeleri kapsar. Daha önceleri birçok bilim felsefecisi pozitivist ve mantıkçı pozitivist görüşlerin etkisinde kalıp metafizik ilkelerin ve genellikle tüm metafizik önermelerin bilgi ifade edemeyeceği, dolayısıyla bilimin dışında kaldıklarını ileri sürmüşlerdir. Günümüz bilim felsefesinde ise tam tersine birçok bilim felsefecisi metafizik önermelerin bilgi ifade edebileceğini kabul etmekte, üstelik bazı metafizik ilkelerin bilimsel önermelerin gerekçelendirilmesinde bir işlevi olduğunu savunmaktadır.

Bilim insanları topluluğunun belli bir zaman içinde benimsedikleri bilimsel yöntem ile bu yöntem gereği geçerli olan kurallar açık ve belirtik değildir. Bilim insanlarının kendileri bile kabul ettikleri gözlem-önermesi-olmayan önermelerin gerekçelendirilmesi için kullandıkları bilimsel yöntem ile çıkarım kurallarının tam olarak bilincinde değildir. Dolayısıyla sözü geçen yöntem ve yöntemin geçerli kıldığı çıkarım kurallarının *örtük* olduğu söylenebilir. Böylece metodolojik açıdan gerekçelendirme işlevi, bilim insanlarının benimsedikleri bilim yöntemi ile bu yöntem gereği geçerli olan çıkarım kurallarını belirleme işlevine indirgenir. Ancak yöntem ile kurallar örtük olduğundan gerekçelendirme işlevi, örtük yöntem ile çıkarım kurallarını aydınlatmalı, onları açık ve belirtik bir biçime dönüştürmelidir. Belirtik biçime getirilmiş yöntem ve çıkarım kurallarına dayanarak yapılan gerekçelendirmeye *bilimsel pekiştirme* diyoruz.

Şimdi gerekçelendirme koşulunu *epistemolojik* bakış açısından inceleyelim. Bu açıdan kabul edilen her bilimsel önermenin gerekçesini oluşturan bilimsel pekiştirmenin bu önermeyi *güvenilir* kılıp kılmadığı araştırılır. Bu ise bilim metodolojisi çerçevesinde önerilmiş çeşitli bilimsel pekiştirme yöntemleri ve çıkarım kurallarının güvenirliğinin araştırılması işlevine indirgenir. Güvenirliğin ölçütleri konusunda değişik görüşler vardır; bazı görüşlere göre güvenirliliğin ölçütü doğruluk, bazılarına göre deneyimsel uygunluk, diğer bazılarına göre ise pragmatik veya teknolojik yarardır.

Doğruluk Koşulu

Daha önce belirtildiği gibi, bir önermenin *doğru* olması, bu önermenin karşılığı olan bir olgunun bulunması demektir. Burada "karşılık" sözcüğü ontolojik karşılık anlamındadır. Nitekim olgu, karşılığı olduğu önermeyi doğru kılan *varlık*tır. Bu varlığa *doğru kılıcı* denir. Görüldüğü gibi, yukarıdaki tanıma göre, bir önermenin doğru olması bir olgunun var olmasını gerektirir. Oysa bazı görüşlerde olguların varlığı kabul edilmekle birlikte, olguların varlığının kabul edilmediği görüşler de vardır. Her ne kadar doğruluk kavramının olgulara bağlı olmayan anlayışları varsa da, doğruluk kavramının hiçbir biçimini kabul etmeyen görüşler de vardır. Bu görüşlerde bilginin doğruluk koşulu yadsınmış olur. Üstelik doğruluk kavramını kabul etmekle birlikte bu kavramı en azından bazı türden önermeler durumunda bilginin koşulu saymayan görüşler de vardır.

Özellikle yalnız gözlem önermelerinin doğruluk değeri olduğunu, öbür türlü önermelerin doğruluk değerinden yoksun olduğunu savunan bir görüş vardır. Bu görüşe göre yalnız yalın önermelerin ya da tümel-evetlemeli önermelerin karşılığı olan olguların olduğunu söyleyebiliriz. Örneğin, bu görüşe göre, tümel-koşullu bir önermenin karşılığı olan bir olgu bulunmayacaktır. Buna göre, söz gelişi, "Bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşir" tümel-koşullu önermesinin doğruluk değeri yoktur, ama gene de bilgi ifade eder. Nitekim sözü geçen tümel-koşullu önermenin işlevi, aşağıdaki türden çıkarımların yapılmasını sağlayan bir çıkarım kuralı işlevi olup, önermenin ifade ettiği bilgi bu türden çıkarımların kabul edilebilir olduğu bilgisidir:

1. *a* nesnesi $[t_1, t_2]$ zaman aralığında metaldir ve yeterince ısıtılır.

O halde, "Bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşir" çıkarım kuralı gereği,

2. *a* nesnesi $[t_1, t_2]$ zaman aralığında genleşir.

Buraya kadar bilimin amacını, olguların bilgisini edinme olarak ele aldık. (Olguların gerek yalın olguları gerekse tümel koşullu olgular olan düzenlilikleri kapsadığını anımsayalım.) Ancak *bilimsel* bilgi olgu bilgisi ile sınırlı değildir. Özellikle gelişmiş bilimler, bilgisine erişilen olguları *açıklama*yı, yani bu olguların nedenlerini araştırıp ortaya koymayı da amaçlar. Bilim felsefesi tarihine bakarsak XIX. Yüzyıl ve XX. Yüzyılın ilk yarısındaki pozitivist filozoflar, bilimsel bilgiyi olguların *betimleme*sine sınırlandırmışlardı. Aristoteles ise tam tersine, *bilimsel bilgi* anlamına gelen *episteme*'nin nedenlerin bilgisi olduğunu, yani bilimsel bilgi olabilmesi için bilimsel açıklamaya gereksinim olduğunu ileri sürmüştü. Ancak günümüz bilim felsefesinin (mantıkçı pozitivizminden bu yana), (klasik) pozitivizmin aksine, Aristoteles'in öngördüğü biçimde geliştiğini görüyoruz.

Bilimsel açıklama son çözümlemede *bilimsel teori*ler, kısaca *teori*ler, kurmaya dayanır. Açıklanması istenilen bir olgu türüne karşılık, genellikle tümel-koşullu önerme biçimindeki varsayımlardan oluşan bir teori kurulur. Daha önce söylediğimiz gibi açıklanması istenilen her olgu, bilgisine erişilmiş olan bir olgu olmalıdır. Başka bir deyişle böyle bir olgunun doğru kıldığı bilimsel önerme, önceden ilgili bilim insanları topluluğunca doğrulanmış veya pekiştirilmiş olmalıdır. Bilimsel açıklama konusunu Ünite 3'te ayrıntılı olarak inceleyeceğiz.

SIRA SİZDE 2

Bir bilimsel önermenin bir olgunun bilgisini dile getirebilmesi için, yukarıda belirtilen kabul koşulu, gerekçelendirme koşulu ve doğruluk koşullarının her birinin niye bir *zorunlu* koşul olması gerektiğini açıklayınız.

BİLİMİN YÖNTEMİ

Bilimin yöntemine *bilimsel yöntem* denir. Bilimsel yöntem, bilim insanlarının bilimin konusuna giren olgulara ilişkin bilimsel bilgi üretmek ve bu olguları açıklamak amacıyla yaptıkları işlemlerin tümünden oluşur. Bu işlemler fiziksel ile düşünsel işlemlere ayrılabilir. *Fiziksel* işlemler, gözlem, deney ve ölçmedir. Bu işlemlerle bilim insanları ile bilgisine erişmek istedikleri nesne dizgeleri arasında fiziksel etkileşme oluşur. Bilim insanı gözlemde nesne dizgesi tarafından *etkilenir*, deney de nesne dizgesini *etkiler*. Bilimsel yöntemin fiziksel işlemlerini Ünite 2'de inceleyeceğiz. *Düşünsel işlemler*, bir yandan tümdengelimsel ve tümevarımsal *çıkarım* işlemleri, öbür yandan çıkarım işlemlerine yaratıcı hayal gücünü de katmak yoluyla *bilimsel hipotez* kurma işlemleridir.

Tümdengelimsel çıkarım ile tümevarımsal çıkarımdan kısaca söz edelim. Bu çıkarım biçimlerine geçmeden önce genel olarak "çıkarım" kavramını tanımlamak gerekir. $A_1,..., A_n, A_{n+1}$ $(n \geq 0)$, birer önerme olduğunda ve " ∴ " simgesi, "o halde" anlamına geldiğinde, bir çıkarımın genel biçimi aşağıdaki gibidir:

(8) $A_1,..., A_n \therefore A_{n+1}$

(8)'de $A_1,..., A_n$ 'e çıkarımın *öncülleri*, A_{n+1}'e de çıkarımın *sonucu* denir. Başka bir deyişle (8), A_{n+1} sonucu $A_1,..., A_n$ öncüllerinden türetilir diye okunur. Bir çıkarım, (8) yatay biçimi yerine dikey olarak da ifade edilebilir. Bu amaçla tümdengelimsel çıkarımlarda " ∴ " yerine "_________" simgesini, tümevarımsal çıkarımlarda ise " ∴ " yerine " ==========" simgesini kullanacağız. Her iki çıkarımın *geçerli* ve *geçersiz* örnekleri verilebilir. Şimdi bu iki çıkarım biçimine birer geçerli örnek verelim.

9. Bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşir.
   a, yeterince ısıtılan bir metaldir.
   ____
   a, genleşir.

(9) çıkarımı, tümdengelimsel geçerli bir çıkarımdır. Nitekim $A_1,..., A_n \therefore A_{n+1}$ çıkarımı *tümdengelimsel geçerli*dir ancak ve ancak $A_1,..., A_n$ öncüllerinin doğru, A_{n+1} sonucunun yanlış olması olanaksız ise. (9) çıkarımının bu koşulu yerine getirdiği kolayca gösterilebilir. (Bu konu Sembolik Mantık dersinin konusu olup ilgili derste ayrıntıları ile işlenmektedir. Bkz. Taşdelen, 2009.) Tümevarımsal çıkarım örneği olarak yukarıdaki örneği yineleyebiliriz:

10. a_1 yeterince ısıtılan bir metaldir ve a_1 genleşmiştir.
    a_n yeterince ısıtılan bir metaldir ve a_n genleşmiştir.
    ======================================
    Bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşir.

geçerli bir tümevarımsal çıkarım olup, bu çıkarımın sonucu, *n* sayıdaki öncüllerinden büyük olasılıkla türetilir biçiminde ifade edilir. Bu örneklerden hareket ederek geçerli tümdengelimsel ve tümevarımsal çıkarımlar arasındaki farkları daha sistemli bir biçimde ortaya koymak öğretici olabilir. (Aşağıda yapacağımız bu karşılaştırma için bkz. Salmon *et al.*, 1999, s. 11 - 12.)

TÜMDENGELİM

1. Geçerli bir tümdengelimsel çıkarım bilgi-arttıran bir çıkarım değildir. Başka bir deyişle, sonucunun ifade ettiği bilgi zaten öncüllerinde bulunur.
2. Öncülleri doğru ise, sonucu zorunlu olarak doğrudur.
3. Öncüllerini değiştirmeden yeni bir öncül eklediğimizde çıkarımın geçerliliği değişmez. (Monotonik-olma özelliği)
4. Tümdengelimsel geçerlilik dereceli değildir; tümdengelimsel çıkarım ya tamamen geçerlidir ya da tamamen geçersizdir.

TÜMEVARIM

1. Geçerli bir tümevarımsal çıkarım bilgi-arttıran bir çıkarımdır. Başka bir deyişle, sonucunun ifade ettiği bilgi öncüllerinde bulunan bilginin daha fazlasını içerir.
2. Geçerli bir tümevarımsal çıkarımın öncülleri doğru olup sonucu yanlış olabilir. Başka bir deyişle, sonucunun doğruluğu öncüllerinin doğruluğundan zorunlu olarak türetilemez.
3. Yeni öncüllerin eklenmesi tümevarımsal çıkarımın geçerliliğini tamamen değiştirebilir. (Monotonik-olmama özelliği)
4. Tümevarımsal çıkarım derecelidir. Başka bir deyişle öncülleri, sonucunu değişik derecelerde destekler. Bazı tümevarımsal çıkarımların öncülleri sonucunu daha fazla desteklerken, diğer bazılarının öncülleri sonucunu daha az destekler.

(9) çıkarımının, geçerli bir tümdengelimsel çıkarımın dört özelliğini de yerine getirdiğini görebiliriz. Birinci özelliği yerine getirir, çünkü *a*'nın genleşiyor olduğu bilgisi, bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşiyor olması ile *a*'nın yeterince ısıtılan bir metal olduğu bilgilerinde zaten bulunur. İkinci özelliği yerine getirir, çünkü öncülleri doğru ise sonucu zorunlu olarak doğrudur, başka bir deyişle öncülleri doğru olduğunda sonucunun yanlış olması olanaksızdır. (Dikkat edilirse bu zaten yukarıda verdiğimiz "tümdengelimsel geçerlilik" tanımıdır.) Üçüncü koşulu yerine getirdiğini şöyle görebiliriz. (9) çıkarımının öncüllerine diyelim "*a*´ yeterince ısıtılmayan bir metaldir" öncülünü ekleyelim. Bu durumda (9´) olarak gösterebileceğimiz çıkarım gene tümdengelimsel geçerli bir çıkarımdır. Son olarak dördüncü koşulun yerine geldiğini görelim. Aslında bu koşul ikinci koşulla, dolayısıyla tümdengelimsel geçerliliğin tanımıyla, da ilişkilidir. Sonucun doğruluğunun, öncüllerin doğruluğundan zorunlu olarak türetilmesi, sonucun bu öncüller tarafından daha az veya daha fazla desteklenebilmesinin söz konusu olmadığını, dolaysıyla desteklemenin dereceli bir destekleme olmadığı anlamına gelir.

Şimdi de (10) geçerli tümevarımsal çıkarımının, bu çıkarım biçiminin dört özelliğini de yerine getirdiğini görelim. Birinci koşul yerine gelir, çünkü bu çıkarımının sonucunun ifade ettiği bütün metallerin yeterince ısıtıldığında genleşiyor olduğu bilgisi, öncülerinin ifade ettiği bilgilerden daha fazlasını içerir. Örneğin a_{n+1} metali yeterince ısıtılır ise, a_{n+1} metali genleşir bilgisi, söz konusu çıkarımın sonucunun içerdiği bir bilgi olup, bu çıkarımın öncüllerinde yer almaz. İkinci koşul yerine gelir, çünkü örneğin a_{n+1} metali yeterince ısıtılıp genleşmemiş olabilir. Bu ise bütün öncülleri doğru olmasına karşın, sonucunun yanlış *olabileceği* anlamına gelir. Üçüncü koşulun yerine geldiğini şöyle gösterebiliriz. (10) çıkarımının öncüllerine, örneğin, "a_{n+1} yeterince ısıtılan bir metaldir ve a_{n+1} genleş*memiştir*" önermesini ekleyelim. Buna göre (10´) olarak göstereceğimiz bu çıkarımın sonucunun, yani "Bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşir" önermesinin, artik büyük olasılıkla öncüllerinden türetilebileceğini söyleyemeyeceğiz. Son olarak dördüncü koşulun yerine geldiğini görelim. (10) çıkarımındaki *n* sayısı ne kadar büyük olursa, bu çıkarımın sonucu o kadar büyük bir olasılıkla öncüllerinden türetilebilir; buna karşılık *n* sayısı ne kadar küçük olursa, bu çıkarımın sonucu o kadar küçük bir olasılıkla öncüllerinden türetilebilir.

Yukarıda verilenlere biçim olarak benzeyen ama içerik olarak farklı olan bir geçerli tümdengelimsel bir de geçerli tümevarımsal çıkarım örneği veriniz.

SIRA SİZDE 3

Buraya kadar söylediklerimize bakarak bilimsel yöntemin işlevini şöyle özetleyebiliriz. Bilimsel yöntem bir yandan bilimsel bilgi üretimi için hangi bilimsel (fiziksel ve düşünsel) işlemlerin uygun olduğunu, öbür yandan yapılan işlemlerin sonucuna ve önceden kabul edilmiş önermelere bağlı olarak hangi yeni önermelerin kabul-edilebilir olduğunu belirler. Bilim insanları bilimsel yöntemin bilgisine sahiptir. Ancak bilimsel yöntemin bilgisi, bilim dilinin dışında bir metodolojik üst-dile ait önermelerle ifade edilmemiştir. Bu bilgi, bilimsel yöntemi kullanma becerisinden başka bir şey değildir. Bilim insanları bu beceri sayesinde gerektiğinde belli bilimsel işlemler yaparlar ve beli bilimsel önermeler kabul ederler. Ama bu davranışlarının dayandığı ilkeleri, yani bilimsel işlemlerin uygunluğunu ve bilimsel önermelerin kabul-edilebilirliğini belirleyen kuralları, açık olarak dile getirmezler. Bu kuralların bilim insanlarının *örtük metodolojik öndayanakları* olduğunu söyleyebiliriz.

Bilim felsefesinin en önemli metodolojik sorunu, bu örtük metodolojik öndayanakları gün ışığına çıkartıp, mantıksal çözümleme yoluyla belirtik metodolojik önermelerle dile getirmektir. Bu temel metodolojik soruna Peter Lipton'u (1954 - 2007) izleyerek *bilimsel yöntemi betimleme sorunu*, kısaca *betimleme sorunu* diyeceğiz. (Bkz. Lipton, 2004, s. 2 ve s. 11 - 20.) Bilimsel hipotez sınamaya ya da kurmaya ilişkin betimleme sorunu, bilim felsefesinde farklı görüşlere yol açmıştır. Bu görüşleri dört çeşide ayırabiliriz: Salt Tümevarımcı Görüş, Hipotez-Pekiştirmesi Görüşleri, Salt Tümdengelimci-Hipotez- Yanlışlamacı Görüş ve Hipotez-Buluşu Görüşü. Bu görüşleri Ünite 5'te ayrıntılı olarak inceliyoruz.

Özet

AMAÇ 1

Bilimin konusunu oluşturan nesne dizgelerini açıklamak ve tartışmak.

Bilgi üretmeyi amaçlayan bir uğraş olan *bilimin konusu* evrende varolan, varolmuş ve varolacak somut nesneler ve olaylar ile bunlara ilişkin olgulardır. Bilim, tam-somut olan gerçek nesneleri doğrudan inceleyecek yerde, bu gerçek nesnelerden soyutlama ve idealleştirme yoluyla ortaya çıkan yarı-somut yarı-soyut *nesne dizgelerini* inceler. Her nesne dizgesi türüne özgü belirlenebilir özellikler vardır. Örneğin gaz kitlelerinin basınç, hacim ve sıcaklık gibi *belirlenebilir özellikleri* vardır. Her belirlenebilir özelliğin altında genellikle birden çok sayıda belirlenmiş özellikler bulunur. Bir nesne dizgesinin beli bir zaman ve yerde belli bir belirlenmiş özelliği taşımasına *yalın durum* denir. Gerçek olan yalın duruma *olgu* denir. Örneğin *a* gaz kitlesinin *t* anında ve *u* yerinde basıncının 1 atmosfer olması bir yalın durumdur, bu durum gerçek ise bir yalın olgu oluşturur.

AMAÇ 2

Bilimin amacını açıklamak ve tartışmak.

Bilimin amacı, konusu olan varlıklar üzerine sağlam bilgi vermektir. Bu tür bilgiye *bilimsel bilgi* denir. Bilimsel bilgi özellikle tümel-koşullu önermelerle ifade edilebilen evrendeki düzenliliklerin bilgisini kapsar. Bu düzenlilikler yalın-olmayan olguların bir türüdür. Bilim insanları bir (yalın veya yalın-olmayan) olgunun bilgisine eriştiklerinde, bu olgunun karşılığı olduğu bir *bilimsel önermeyi* ortaya koymalıdır. Bir önermenin karşılığı olan olgu bulunursa önerme *doğru*, yoksa *yanlış* olur. Yalın olgular ifade eden ve az sayıda gözlem ve/veya deneyle doğru olup olmadığı saptanabilen önermeye gözlem önermesi denir. Bir bilimsel önermenin bir olgunun bilgisini ifade edebilmesinin şu üç epistemolojik koşulu vardır. (i) *Kabul koşulu:* Önerme ilgili bilim insanları topluluğunca kabul edilmelidir. (ii) *Gerekçelendirme koşulu:* Önerme gerekçelendirilmeli, yani kabul-edilebilir bilimsel yönteme dayanarak ortaya konulmalıdır. (iii) *Doğruluk koşulu:* Önerme doğru olmalıdır.

AMAÇ 3

Bilimin yönteminin nelerden oluştuğunu ana hatlarıyla açıklamak.

Bilimsel yöntem, bilim insanlarının konusuna giren olgulara ilişkin bilimsel bilgi üretmek ve bu olguları açıklamak amacıyla yaptıkları işlemlerin tümünden oluşur. Bu işlemler *fiziksel* ve *düşünsel* olmak üzere ikiye ayrılır. *Fiziksel işlemler,* gözlem, deney ve ölçmedir. *Düşünsel işlemler,* tümdengelimsel ve tümevarımsal *çıkarım* işlemleri bir de hipotez kurma işlemleridir. Bilim insanlarının bilimsel yöntemin bilgisine sahip olmaları, bu yöntemin öngördüğü işlemleri yapma becerisi biçimindedir. Bu becerinin dayandığı *örtük metodolojik öndayanakların* aydınlatılması bilim felsefesinin en önemli sorunudur.

Kendimizi Sınayalım

1. Aşağıdakilerden hangisi bir yalın olgu **değildir?**
- a. Bir elektronun elektrik yükünün negatif olması
- b. Venüs gezegeninin Güneş'in etrafında dönmesi
- c. Elimdeki bakır telin yoğunluğunun 8,96 g/cm^3 olması
- d. Güneş'in Satürn gezegeninin etrafında dönmesi
- e. Ay'ın Dünya'dan ortalama uzaklığının 384,403 kilometre olması

2. Aşağıdakilerden hangisi nesne dizgeleri için söylenebilir?
- a. Tüm somut nesneler nesne dizgeleridir.
- b. Tüm soyut nesneler nesne dizgeleridir.
- c. Belli bazı özelliklerden soyutlanmış olup, kalan özellikleri ise idealleştirilmiş somut nesneler nesne dizgeleridir.
- d. Bazı olgular nesne dizgeleridir.
- e. Bazı özellikler nesne dizgeleridir.

3. Aşağıdakilerden hangisi bir belirlenmiş özelliktir?
- a. Uzunluk
- b. Sertlik
- c. Sıcaklık
- d. Yoğunluk
- e. 1.99×10^{30} kg kütlesinde olma

4. Aşağıdakilerden hangisi bir tümel-koşullu önermedir?
- a. Bazı metaller yeterince ısıtıldığında genleşir.
- b. Bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşir.
- c. Elimdeki demir parçasının yoğunluğu 7,86 g/cm^3'tür.
- d. Masanın üstündeki demir parçasının yoğunluğu 7,86 g/cm^3 ve elimdeki bakır telin yoğunluğu 8,96 g/cm^3'tür.
- e. Bazı metaller yeterince ısıtıldığında genleşmez.

5. Aşağıdakilerden hangisi doğrudur?
- a. Gözlem önermeleri genellikle tümel-koşullu önermelerdir.
- b. Gözlem önermeleri yalnız tümel-koşullu olgular dile getirirler.
- c. Gözlem önermeleri genellikle yalın-olmayan önermelerdir.
- d. Gözlem önermeleri yalnız yalın önermelerden oluşur.
- e. Gözlem önermeleri genellikle yalın önerme ya da az sayıda yalın önermenin tümel-evetlemesi biçimindedir.

6. Aşağıdakilerden hangisi bir gözlem önermesi **değildir?**
- a. *a* bir kuzgundur ve *a* beyazdır.
- b. *a* bir kuğu ise, *a* beyazdır.
- c. *a* bir kuğudur ve *a* siyahtır.
- d. *a* bir kuzgundur ve *a* siyahtır.
- e. *a* bir kuğudur ve *a* siyahtır.

7. Bilimsel önermenin bir olgunun bilgisini ifade edebilmesi için aşağıdaki koşullardan hangisini yerine getirmesi **beklenmez?**
- a. Önermenin işe yarar olması
- b. Önermenin ilgili bilim insanları topluluğunca kabul edilmiş olması
- c. Önermenin gerekçelendirilmiş olması
- d. Önermenin doğru olması
- e. Önermede geçen terimlerin her birinin belirsizlikten arındırılmış bir tek anlamının olması

8. Aşağıdakilerden hangisi bilimsel yöntemde **yer almaz?**
- a. Gözlem, deney ve ölçme
- b. Tümevarımsal çıkarım
- c. Tümdengelimsel çıkarım
- d. Hipotez kurma
- e. "Bilimsel bilgi" kavramını çözümleme

9. Aşağıdaki özelliklerden hangisi bir geçerli tümdengelimsel çıkarımın özelliği **değildir?**
- a. Öncülleri doğru ise, sonucu zorunlu olarak doğrudur.
- b. Öncüllerini değiştirmeden yeni bir öncül eklediğimizde çıkarımın geçerliliği değişmez.
- c. Geçerli bir tümdengelimsel çıkarım bilgi-arttıran bir çıkarım değildir.
- d. Tümdengelimsel geçerlilik derecelidir.
- e. Sonucunun ifade ettiği bilgi zaten öncüllerinde bulunur.

10. Aşağıdaki özelliklerden hangisi geçerli tümevarımsal çıkarımın özelliklerinden biri **değildir?**
- a. Geçerli bir tümevarımsal çıkarım bilgi-arttıran bir çıkarımdır.
- b. Geçerli bir tümevarımsal çıkarımın öncülleri doğru olup sonucu yanlış olabilir.
- c. Sonucunun doğruluğu öncüllerinin doğruluğundan zorunlu olarak türetilir.
- d. Yeni öncüllerin eklenmesi tümevarımsal çıkarımın geçerliliğini tamamen değiştirebilir.
- e. Bazı geçerli tümevarımsal çıkarımların öncülleri sonucunu daha fazla desteklerken, diğer bazılarının öncülleri sonucunu daha az destekler.

Okuma Parçası

Bilim felsefesinin amacı kısaca bilimi anlamaktır, diyebiliriz. Ne var ki, bilimi anlamaya yönelik çeşitli yaklaşımlar vardır. Bilimi tarihsel gelişimini inceleyerek anlamaya çalışabiliriz. Günümüzde giderek önem kazanan bilim tarihinin yapmaya çalıştığı budur. Bir başka yaklaşım, bilimsel araştırmalarda bulunan kişilerin, tek tek ya da grup olarak taşıdıkları nitelikleri ve içinde bulundukları sosyal ve kültürel koşulları inceleyerek bilimi anlamaya çalışmaktır; bir başka deyişle, bilimin oluşum ve gelişiminde kişisel ve sosyal koşulların etkisine bakılarak bilimi açıklama yoluna gidilir. Psikoloji ve Sosyoloji bu açıdan bilime yaklaşır.

Bilime bir de mantık veya felsefe açısından bakılabilir. Bu açıdan bilim hem bir süreç hem de bir sonuçtur. Sonuç olarak bilim düzenli ya da organize bir bilgi bütünüdür. Bilgilerimiz "önerme" denilen dilsel ifade biçimlerinde yer aldığından, bu yaklaşıma göre bilimi anlama bir bakıma bu önermeleri inceleme, eleştirme ve çözümleme demektir. Önermeleri oluşturan terim veya kavramları aydınlatma, bu kavramlar arasındaki ilişkileri belirleme, önerme ve kavramları mantıksal bir ilişki düzeni içinde kapsayan teori veya benzer sistemleri yapı ve işleyiş olarak açıklığa kavuşturma bu yaklaşımın başlıca özelliğini belirleyen süreçlerdir. Bu anlamda bilim felsefesi, bilimin dilsel yapısını çözümleme, eleştirme ve aydınlatma çabasından başka bir şey değildir.

Süreç olarak bilimi birtakım eylemsel [fiziksel] ve düşünsel işlemlerin bir örgüsü sayabiliriz. Gözlemi deney, ölçme gibi olgu saptama amacı güden işlemler birinci grupta, indüktif [tümevarımsal] ve dedüktif [tümdengelimsel] çıkarım, kavram ve hipotez kurma gibi işlemler ikinci grupta yer alan işlemlerin başlıcalarıdır. Hemen işaret etmeli ki, bilimsel süreçte yer alan işlemleri eylemsel ve düşünsel olarak ayırmamız kesin olmaktan uzaktır. Birinci grupta toplanan işlemler için "daha çok eylemsel [fiziksel]" ikinci grupta toplanan işlemler için "daha çok düşünsel" demek doğru olur. Gerçekten ne derecede eylemsel [fiziksel] görünürse görünsün, hiçbir bili-msel işlem yoktur ki, aynı zamanda düşünsel olmasın.

Bilimsel süreci oluşturan bu ve benzeri işlemlerin yapı ve işleyişini mantıksal çözümleme yoluna giden bilim felsefesi, bilim anlama çabasını başlıca şu iki temel ayırım üzeride yürütür: (1) Olgu ve teori ilişkisi; (2) Buluş ve doğrulama [gerekçelendirme] bağlamları.

Kaynak: Yıldırım, C. (2010). **Bilim Felsefesi,** 13. Basım. İstanbul: Remzi Kitabevi, s. 11.

Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı

1. d	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Bilimin Konusu" bölümünü yeniden okuyun. Yalnız d şıkkındaki olgunun, bir yalın olgunun değillemesi olduğu için, yalın-olmayan bir olgu olduğunu anımsayacaksınız.
2. c	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Bilimin Konusu" bölümünü yeniden okuyun. Nesne dizgelerinin somut nesnelerden hem soyutlama hem de idealleştirme yoluyla elde dildiğini anımsayacaksınız.
3. e	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Bilimin Konusu" bölümünü yeniden okuyun. a - d şıklarındaki özellikler belirlenebilir özellikler olup, yalnız e şıkkındaki özellik bir belirlenmiş özelliktir.
4. b	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Bilimin Amacı" bölümünü yeniden okuyun. Yalnız b şıkkındaki önerme bir tümel-koşullu önermedir.
5. e	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Bilimin Amacı" bölümünü yeniden okuyun. Gözlem önermelerinin genellikle yalın önerme ya da az sayıda yalın önermenin tümel-evetlemesi biçiminde olduğunu anımsayacaksınız.
6. b	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Bilimin Amacı" bölümünü yeniden okuyun. b şıkkındaki önerme koşullu bir önermedir. Dolayısıyla bir gözlem önermesi olamaz.
7. a	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Bilimin Amacı" bölümünü yeniden okuyun. b - d şıklarındaki koşullar her türlü bilginin, dolayısıyla da bilimsel bilginin, üç temel koşulu, e şıkkındaki koşul ise bu üç koşulun bir semantik önkoşuludur. a şıkkında belirtilen "Önermenin işe yarar olması" ise, bir önermenin bilimsel bilgi ifade etmesinin bir koşulu değildir.
8. e	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Bilimin Yöntemi" bölümünü yeniden okuyun. a - d şıklarında ifade edilenlerin hepsi bilimsel yöntemin, yani bilimin kendisinin, öğeleridir. Öte yandan "bilimsel bilgi" kavramının çözümlenmesi, yani anlamının aydınlatılması, bilimin kendisinin değil, bilim felsefesinin işidir.
9. d	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Bilimin Yöntemi" bölümünü yeniden okuyun. d şıkkında belirtilen özellik bir tümevarımsal geçerli çıkarımın özelliğidir.
10. c	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Bilimin Yöntemi" bölümünü yeniden okuyun. c şıkkında belirtilen özellik bir tümdengelimsel geçerli çıkarımın özelliğidir.

Sıra Sizde Yanıt Anahtarı

Sıra Sizde 1

1. 0.50 m uzunluğunda *a* ile göstereceğimiz bir bakır teli elektromanyetik özelliklerinden soyutlayalım. Buna göre *a* bir nesne dizgesidir. t_1 anında T_1 = 25 °C (yani 25 + 273 = 298 K) sıcaklığındaki *a*'nın ısıtıldığında t_2 anındaki sıcaklığı T_2 = 75 °C (yani 75 + 273 = 348 K) olsun. Dolayısıyla $\Delta T = T_2 - T_1 = 50$ K. Bakırın boyca genleşme katsayısı $\lambda = 16.5 \quad 10^{-6}$ m. m^{-1}. K^{-1}'dir. L_0, bakır telin ilk uzunluğu, L, genleştikten sonraki uzunluğu olduğunda, bakır telin boyca uzama miktarı $\Delta L = (L - L_0) = L_0 \times \lambda \times \Delta T$ eşitliği ile hesaplanır. Buna göre $\Delta L = 0.50 \text{ m} \times 16.5 \times 10^{-6}$ m. m^{-1}. $K^{-1} \times 50 \text{ K} = 412.5 \times 10^{-6} \text{ m} = 0.\ 4125 \times 10^{-3}$ m. Yani bakır tel yaklaşık olarak 0.4 milimetre genleşmiştir. Dolayısıyla $L = 0.50 \text{ m} + 0.\ 4125 \times 10^{-3} \text{ m} = 500.\ 0000$ mm + 0. 4125 = 500. 4125 mm. Yani bakır telin yeni boyu L, yaklaşık olarak 500.4 mm'dir. Bunu L ≈ 500.4 mm olarak gösteriyoruz. (Aşağıdaki olay örneğinde bu yaklaşık değeri kullanacağız.)

a'nın t_1 anındaki nesne-durumunu D_1 ile, *a*'nın t_2 anındaki nesne-durumunu da D_2 ile gösterelim. Burada D_1 = (500.0 mm, 298 K) ve D_2 = (500.4 mm, 348 K). *a*'nın t_1 anındaki D_1 nesne-durumundan t_2 anındaki D_2 nesne-durumuna geçişi olan *olayı E* olarak gösterelim. Buna göre *E*'yi

(*a*, ((500.0 mm, 298 K), (500.4 mm, 348 K)), [t_1, t_2])

olarak gösterebiliriz.

Sıra Sizde 2

"Her *x* için, *x F* ise, *x*, *G*'dir", yani $\forall \chi(F\chi \rightarrow G\chi)$, biçimindeki bir bilimsel önermeyi ele alalım. Sözü geçen üç koşulun bilimsel bilginin zorunlu koşulları olması şu anlama gelir. (i) *K* kişisi, her *x* için, *x*, *F* ise, *x*'in *G* olduğunu biliyorsa, *K* kişisi, her x için, x, *F* ise, *x*'in *G* olduğunu kabul ediyor. (ii) *K* kişisi, her *x* için, *x*, *F* ise, *x*'in *G* olduğunu biliyorsa, *K* kişisi, her *x* için, *x*, *F* ise, *x*'in *G* olduğunu gerekçelendiriyor. (iii) *K* kişisi, her *x* için, *x*, *F* ise, x'in *G* olduğunu biliyorsa, her *x* için, *x, F* ise, *x*'in *G* olduğu doğrudur. "Her *x* için, *x*, *F* ise, *x*, *G*'dir" önermesini *A* ile gösterelim. Buna göre sözü geçen üç koşulu şöyle kısaltabiliriz: (i´) *K*, *A*'yı biliyorsa, *A*'yı kabul ediyor. (ii´) *K*, *A*'yı biliyorsa, *A*'yı gerekçelendiriyor. (iii´) *A*, doğrudur. (i´), (ii´) ve (iii´)'nün geçerli olduğunu, değillerinin epistemik çelişkiye yol açması ile göstereceğiz; eğer söz konusu önermenin değili epistemik bir çelişki ise kendisi epistemik zorunlu bir önermedir.

(i´)'nün değili, "*K*, *A*'yı biliyor ve *K*, *A*'yı kabul etmiyor" önermesidir. Ancak *K*'nın *A*'yı biliyor olup, *A*'yı kabul etmiyor olması, "bilgi" kavramına ilişkin sezgilerimizle bağdaşmadığından, epistemik bir çelişkidir. Dolayısıyla (i´) epistemik zorunlu bir önermedir. (ii´)'nün değili, "*K*, *A*'yı biliyor ve *K*, *A*'yı gerekçelendirmiyor" önermesidir. Ancak *K*'nın *A*'yı biliyor olup, *A*'yı gerekçelendirmiyor olması, "bilgi" kavramına ilişkin sezgilerimizle bağdaşmadığından, epistemik bir çelişkidir. Dolayısıyla (ii´) epistemik zorunlu bir önermedir. (iii´)'nün değili, "*K*, *A*'yı biliyor ve *A*, doğru değildir" önermesidir. Ancak *K*'nın *A*'yı biliyor olup, *A*'nın doğru olmaması, gene "bilgi" kavramına ilişkin sezgilerimizle bağdaşmadığından, epistemik bir çelişkidir. Dolayısıyla (iii´) epistemik zorunlu bir önermedir. Böylelikle kabul, gerekçelendirme ve doğruluk koşullarının her birinin bilimsel bilginin bir zorunlu koşulu olduğunu göstermiş oluyoruz.

Sıra Sizde 3

Geçerli tümdengelimsel çıkarım örneği:

Kapalı kapta bulunan bütün gaz kitlelerinin bir hacmi vardır.

a, kapalı kapta bulunan bir gaz kitlesidir.

---

a'nın bir hacmi vardır.

Geçerli tümevarımsal çıkarım örneği:

a_1 kapalı kapta bulunan bir gaz kitlesidir ve a_1'in bir hacmi vardır.

a_n kapalı kapta bulunan bir gaz kitlesidir ve a_n'nin bir hacmi vardır.

===

Kapalı kapta bulunan bütün gaz kitlelerinin bir hacmi vardır.

Yararlanılan ve Başvurulabilecek Kaynaklar

Grünberg, D. (2005). "Doğa Bilimleri Felsefesinde Fiziksel Nicelikler Problemi", *Yaman Örs Armağanı* içinde, yayına hazırlayan: İlter Uzel *et al.,* Adana: Çukurova Üniversitesi Basımevi, s. 421- 434.

Grünberg, T. ve Grünberg, D. (2010). **Metafizik.** Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.

Güzel, C. (2010). **Bilim Felsefesi.** İstanbul: Kırmızı Yayınları.

Hempel, C. G. (1966). **Philosophy of Natural Science.** Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Hospers, J. (1997). **An Introduction to Philosophical Analysis** (4th edition). London: Routledge.

Johnson W. E. (1964). **Logic:** Part I, Ch. XI and Ch. XIV. New York: Dover Publications.

Ladyman, J. (2002). **Understanding Philosophy of Science.** London: Routledge.

Lehrer, K. (1974). **Knowledge.** Oxford: Oxford University Press.

Lipton, P. (2004). **Inference to the Best Explanation** (second edition). Oxford and New York: Routledge.

Özlem, D. (2010). **Bilim Felsefesi.** İstanbul: Notos Kitap Yayınevi.

Psillos, S. (2007). **Philosophy of Science A-Z.** Edinburgh: Edingburgh University Press.

Salmon, M. H. *et al.* (1999). **Introduction to the Philosophy of Science.** Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Taşdelen, İ. (2009). **Sembolik Mantık.** Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.

Yıldırım, C. (1971). **Science: Its Meaning and Method.** Ankara: METU Faculty of Arts and Sciences Publications No: 21, Başnur Matbaası.

Yıldırım, C. (2010). **Bilim Felsefesi** (13. Basım). İstanbul: Remzi Kitabevi.

2

Amaçlarımız

Bu üniteyi tamamladıktan sonra;

- Bilimsel yöntemin bir fiziksel işlemi olan gözlemin ne olduğunu açıklayabilecek ve tartışabilecek,
- Bilimsel yöntemin ikinci bir fiziksel işlemi olan deneyin ne olduğunu açıklayabilecek ve tartışabilecek,
- Bilimsel yöntemin üçüncü bir fiziksel işlemi olan ölçmenin ne olduğunu açıklayabilecek ve tartışabileceksiniz.

Anahtar Kavramlar

- Gözlem
- Gözleme yol açan soru
- Kısmen-belirlenmiş olay
- Gözlem verileri
- Gözlem sonucu
- Deney
- Deneye yol açan soru
- Bağımsız değişken
- Bağımlı değişken
- Ölçme
- Nitelik
- Nicelik
- Dairesel sıralama
- Doğrusal sıralama
- Sayısal değer fonksiyonu
- Ölçek fonksiyonu
- Oran ölçeği
- Aralık ölçeği
- Sırasal ölçek
- Adlandırıcı ölçek

İçindekiler

Gözlem, Deney ve Ölçme

GİRİŞ

Ünite 1'de bilimsel yöntemin fiziksel işlemler ile düşünsel işlemlere ayrıldığından söz etmiş, fiziksel işlemlerin gözlem, deney ve ölçmeden oluştuğunu söylemiştik. İşte biz bu ünitede bilimsel yöntemin fiziksel işlemlerini oluşturan gözlem, deney ve ölçmeyi ayrıntıları ile inceleyeceğiz. Gerek gözlem gerekse deneyi bu işlemlerin yol açtığı soru biçimleri çerçevesinde inceliyoruz. Öte yandan ölçme, gözleme ya da deneye konu olan nesne-dizgelerinin niceliklerine sayısal değer verme işlemidir. Bu sayısal değer verme işlemleri ise sayısal değer fonksiyonları ile ölçek fonksiyonlarına dayanır.

GÖZLEM

Gözlem, bir gözlem önermesinin ifade ettiği bilgiye erişmeyi sağlayabilen bir *fiziksel yöntem* biçimidir. Gözlemle sınanan gözlem önermesi, gözlem sonucunda doğrulanırsa, bu önermenin karşılığı olan bir olgu bulunur. Bu olgu gözlem önermesini doğru kılar. Gözlemci, sınamaya değer bulduğu gözlem önermesini gözleme dayanarak doğrulayabilirse, bu önermeyi doğru kulan olgunun bilgisine erişmiş olur. Eğer gözlem önermesi gözlemle sınama sonucunda yanlışlanırsa, bu önermenin değillemesi doğrulanmış olur. Buna göre her gözlem önermesinin değillemesinin de bir gözlem önermesi sayılması gerektiğini görüyoruz. Örneğin "t anında u yerindeki turnusol kâğıdı kırmızı oldu" gözlem önermesinin değillemesi olan "t anında u yerindeki turnusol kâğıdı kırmızı olmadı" önermesi de bir gözlem önermesidir. Nitekim bu önerme gözleme dayanarak doğrulanabilir ya da yanlışlanabilir.

Gözleme Yol Açan Soru Çeşitleri

Her gözlemin, doğaya sorulduğu söylenebilen bir soruyu yanıtlamayı amaçlayan bir işlem olduğunu söyleyebiliriz. Bu sorular başlıca beş çeşide ayrılabilir. Gözlemler de, karşılıkları olduğu soruların çeşidine koşut olarak beş çeşide ayrılabilirler. Bu soru ve gözlem çeşitlerini aşağıda örnekleyerek inceliyoruz.

Örnek 1: Fransız matematikçi ve astronom Urbain Le Verrier (1811 - 1877), Uranüs gezegeninin yörüngesinde gözlemlenmiş düzensizliklere bakarak Güneş'in yeni bir gezegeninin bulunduğu ön deyişini (kestirimini) yapmıştır. Le Verrier böyle bir gezegenin koordinatlarını Newton'un devinim yasaları ile genel çekim yasasından tümdengelimsel çıkarımla hesaplamış, bu koordinatları Alman astronom Johann Galle'ye (1812 - 1910) bir mektupla bildirmişti. (Aynı hesaplamalar aynı zamanlarda bağımsız olarak Büyük Britanyalı matematikçi John C. Adams (1819 - 1892) tarafından da yapılmıştır.) Le Verrier'nin mektubu Galle'ye 23 Eylül 1846 tarihinde ulaşmış, o da aynı günün akşamında Berlin Gözlemevi'ndeki teleskopunu Le Verrier'in hesapladığı koordinatların belirttiği uzay bölgesine yöneltmiş ve sonraları "Neptün" adı verilecek olan gezegeni gözlemlemişti. (Bkz. Huang, 2007, s. 10.)

Şimdi bu örnekteki gözlemi irdeleyelim. Gözlemin karşılığı olan soru şöyle dile getirilebilir: "23 Eylül 1846 tarihinde ve Le Verrier'in hesapladığı koordinatların belirttiği uzay bölgesinde Güneş'in bir gezegeni bulunuyor mu?" Bu soru

(1) t anında (zamanında) ve u yerinde (uzay bölgesinde) F nesne-dizgesi türünden bir nesne dizgesi var mı?

biçimindedir. Bu sorunun iki olanaklı yanıtı vardır. Bu yanıtlar

(2) t anında ve u yerinde F nesne-dizgesi türünden bir nesne dizgesi vardır

ile

(3) t anında ve u yerinde F nesne-dizgesi türünden bir nesne dizgesi yoktur

önermeleridir. Dikkat edilirse (2) önermesi aslında

(2′) Öyle bir x vardır ki, x, t zamanında u yerinde bulunan ve F nesne-dizgesi türünden olan bir nesne dizgesidir

biçiminde, (3) önermesi ise,

(3′) Her x için, x, t zamanında u yerinde bulunan bir nesne dizgesi ise, x, F nesne-dizgesi türünden değildir

biçimindedir. Bir nesne dizgesinin t zamanında u yerinde *bulunma*sı, bu nesne dizgesinin tümünün veya en azından bir parçasının kapladığı yerin *u*'nun içinde bulunması demektir.

Söz konusu (1) biçimindeki bir sorunun bir gözlemin yapılmasına yol açması için, sorunun *her* iki olanaklı yanıtı birer gözlem önermesi olmalıdır. Dolayısıyla gerek tikel niceleyicili önerme biçiminde olan (2′) gerekse tümel niceleyicili önerme biçiminde olan (3′) önermesi gözlem yoluyla hem doğrulanabilir hem de yanlışlanabilir olmalıdır. Eğer t zamanının süresi yeterince kısa ve u uzay bölgesinin uzanımı yeterince küçük olursa, sözü geçen koşul yerine gelebilir. Nitekim *gözlemci* (yani gözlemi yapan bilim insanı) t zamanı süresince u bölgesini tarayarak F nesne-dizgesi türünden bir nesne dizgesinin bu bölgede bulunup bulunmadığını saptayabilir. Burada gözlemcinin, gözlemlediği herhangi bir nesne dizgesinin F nesne-dizgesi türünden olup olmadığına karar verebileceğini kabul ediyoruz. Başka bir deyişle, gözlemcinin F nesne-dizgesi türünden olan bir nesne dizgesini gözlemlediğinde, onu F nesne-dizgesi türünden bir şey olarak *tanıyabildiği*ni, F nesne-dizgesi türünden olamayan bir nesne dizgesi ise, onu F nesne-dizgesi türünden olmayan bir şey olarak algılayabildiğini kabul ediyoruz.

(1) biçimindeki sorunun olanaklı yanıtlarının hem doğrulanabilir hem de yanlışlanabilir olması (yani ikisinin de birer gözlem önermesi olması) böyle bir soru-

nun *ön dayanaklarını* oluşturur. Aşağıdaki örneklerde de göreceğimiz gibi, gözlem yapılmasına yol açan öbür soru çeşitlerinin de olanaklı yanıtlarına ilişkin ön dayanakları vardır.

Bilim tarihinden, yukarıdaki (1) soru türünün olumsuz olarak yanıtlandığı bir örnek veriniz.

SIRA SİZDE 1

Örnek 2: Neptün gezegeni, Örnek 1'de anlatılan buluşundan başlamak üzere, astronomlar topluluğunca tanınan, yani kimliği bilinen bir nesne dizgesi sayılmıştır. Buna göre Neptün'ün 23 Eylül 1846 tarihinden sonraki t gibi belli bir zamanda koordinatları hesaplanmış u uzay bölgesinde bulunurken, bir gözlemevinden gözlemlendiğini düşünelim. Neptün gezegenini a ile gösterelim. Böylece söz konusu gözlemin yapılmasına yol açan soruyu

(4) a nesne dizgesi t zamanında u bölgesinde bulunuyor mu?

biçiminde dile getirebiliriz. Söz konusu (4) sorusunun olanaklı yanıtları

(5) a nesne dizgesi t zamanında u bölgesinde bulunuyor

önermesi ile bunun değillemesi olan

(6) a nesne dizgesi t zamanında u bölgesinde bulunmuyor

önermesidir. (4) sorusunun öndayanakları, (1) sorusunun öndayanaklarının benzerlerini kapsadığı gibi, ayrıca a nesne dizgesinin t zamanından önce ilgili bilim insanları topluluğunca, özellikle gözlemci tarafından, tanındığı, yani bilindiğidir.

Dikkat edilirse (5) önermesi, anlamını dile getiren aşağıdaki önermenin bir kısaltmasıdır:

(5′) a nesne dizgesinin kapladığı uzay bölgesi, u uzay bölgesi ile kesişir.

Sözü geçen önermesi şu önermeye eşdeğerdir:

(5″) a nesne dizgesinin kendisinin veya en azından bir parçasının t zamanında kapladığı uzay bölgesi, u uzay bölgesinin içindedir ya da o bölge ile özdeştir.

Örnek 3: Gözlemcinin, önceden tanıdığı a nesne dizgesinin t zamanında u yerinde bulunduğunu kabul edelim. Buna göre gözlemci aşağıdaki soruyu sorabilir:

(7) t zaman anında u yerinde bulunan a nesne dizgesi, F özelliğini taşıyor mu?

(7) sorusunun öndayanakları, (4) sorusunun öndayanaklarının yanı sıra, a nesne dizgesinin t anında u yerinde bulunduğudur. Örnek olarak a nesne dizgesi, içi gaz dolu kapalı bir kap olsun. Bu kaba bir manometrenin (yani basınçölçer aletin) bağlı olduğunu kabul ediyoruz. Öte yandan F özelliği, bir belirlenebilir olan Basınç olsun. Buna göre (7) sorusu, sözü geçen kaptaki gazın basıncı olup olmadığı sorusuna dönüşür. Bu sorunun olumlu yanıtı olan

(8) *t* anında *u* yerinde bulunan kaptaki gazın basınçlı-olma özelliği vardır

önermesi gözlemle doğrulanabilir. Nitekim gözlemci, kaba bağlı manometrenin ibresinin en sondaki sıfır çizgisinde durmayıp bu çizginin sağında durduğuna bakarak, kaptaki gazın basınçlı-olma özelliğini taşıdığını gözlemleyebilir.

Örnek 4: Gözlemcinin, *t* zaman anında *u* yerindeki *a* nesne dizgesinin *F* belirlenebilir özelliği olduğunu önceden bildiğini kabul edelim. Buna göre gözlemci aşağıdaki soruyu sorabilir:

(9) *t* zaman anında *u* yerindeki *a* nesne dizgesi, *F* belirlenebilir özelliğinin değeri olan hangi belirlenmiş özelliği taşır?

Sözü geçen (9) sorusunun öndayanakları, (7) sorusunun öndaynaklarının yanı sıra, *a* nesne dizgesinin *F* belirlenebilir özelliğini taşımasıdır. (9) sorusunun olanaklı yanıtları ise şöyle belirlenir. F*, *F* belirlenebilirinin herhangi bir değeri ise (yani F*, *F* belirlenebilirinin altındaki bir belirlenmiş özellik ise),

(10) *t* zaman anında *u* yerinde bulunan *a* nesne dizgesi F* belirlenmiş özelliğini taşır

önermesi, (9) sorusunun bir olanaklı yanıtıdır. Bu gibi olanaklı yanıtların hangisinin doğru olduğu gözlemle saptanabilir. (9) sorusunun gözlemle yanıtlanmasını örneklendirmek için Örnek 3'teki gaz kitlesini ele alalım. Gözlemci, manometrenin ibresinin *t* zaman anında 1 atmosfer işaretli çizginin hizasında durduğunu gözlemlesin. Böylece gözlemci aşağıdaki gözlem önermesini doğrulayıp, bu gözleme yol açan (9) biçimindeki soruyu yanıtlamış olur:

(11) *t* zaman anında *u* yerinde bulunan kap içindeki gaz kitlesi, 1 atmosfer basıncı-olma belirlenmiş özelliğini taşır.

Dikkat edilirse (10) biçimindeki olanaklı yanıtların her birinin bir gözlem önermesi olduğu, (9) sorusunun öndayanakları arasında yer alır. Öte yandan (10) biçimindeki yanıtlardan birinin ve yalnız birinin doğru olup tüm ötekilerin yanlış olduğu bir metafizik ilkedir.

Örnek 5: Önceki örneklerde geçen manometreye bağlı kapalı kaptaki gaz kitlesini gene ele alalım. Bu örnekte gözlemci *u* yerinde olan gaz kitlesini $[t_1, t_2]$ gibi bir zaman aralığında sürekli olarak gözlemliyor olsun. Manometre ibresinin, t_1 anında 1 atmosfer işaretli çizginin hizasında olup t_2 anında 2 atm işaretli çizginin hizasına geldiğini düşünelim. Gözlemci manometre ibresinin bu biçimde yer değiştirmesine bakarak, gaz kitlesinin t_1 anındaki 1 atmosfer basınçlı-olma nesne-durumundan t_2 anındaki 2 atmosfer basınçlı-olma nesne-durumuna geçtiğini gözlemlemiş olur. Bu geçiş gaz kitlesinin $[t_1, t_2]$ gibi bir zaman aralığında bir değişime uğrayıp D_1 gibi bir nense-durumundan D_2 gibi farklı bir nesne-durumuna geçtiğini gösterir. Ancak gaz kitlesinin nesne-durumu yalnız basıncı değil, hacim ve mutlak sıcaklığı da kapsar. Dolayısıyla 1 atmosfer basınçlı-olma nesne-durumundan 2 atmosfer basınçlı-olma nesne-durumuna geçiş, D_1 nesne-durumundan D_2 nesne-durumuna geçişi, yani bir olay tipini tam olarak değil, kısmi olarak belirler. Örneğimizdeki gaz kitlesinin 1 atmosfer basınçlı-olma nesne-durumundan 2 atmosfer basınçlı-olma nesne-durumuna geçişten oluşan değişimin kısmi olarak belirtildiğini göz önünde tutarak, bu değişimin *kısmen-belirlenmiş* bir olay olduğunu söyleyeceğiz. Belirlenmiş olan durum değişkeni basınç olduğundan söz konusu kısmen-belirlenmiş olaya *basınç-olayı* diyeceğiz.

Genel olarak *a* gibi bir nesne dizgesinin, *F* gibi bir nesne-durumu değişkeninin (yani değişken belirlenebilirinin) *u* yerinde $[t_1, t_2]$ gibi bir zaman aralığında F_1^* değerinden F_2^* değerine geçişten oluşan *kısmen-belirlenmiş* olayın bir *F-olayı* olduğunu söyleyeceğiz. Buna göre *F*'nin F_1^* değerinden F_2^* değerine geçişini (F_1^*, F_2^*) biçiminde gösteriyoruz. Bu geçişin bir *F-olay-tipi* olduğunu söyleriz. $F_1^* = F_2^*$ olabilir. Öyle olunca "geçiş" yerine "kalış" diyeceğiz. Örneğin 1 atmosfer basınçlı-olma nesne-durumundan 2 atmosfer basınçlı-olma nesne-durumuna geçiş bir *basınç-olay-tipi*dir. "F-olayı" ile "F-olay-tipi" kavramları gözleme yol açan aşağıdaki soru biçimine götürür:

(12) *a* nesne dizgesinde *u* yerinde ve $[t_1, t_2]$ zaman aralığında hangi *F*-olayı meydana geliyor?

Sözü geçen (12) sorusunun olanaklı yanıtları

(13) *a* nesne dizgesinde *u* yerinde ve $[t_1, t_2]$ zaman aralığında (F_1^*, F_2^*)-olay-tipindeki *F*-olayı meydana geliyor

biçimindedir. Yukarıdaki (12) sorusunun öndayanakları, önceki soruların öndayanaklarının yanı sıra şunları kapsar: (i) *F*, *a*'nın ait olduğu nesne dizgesi türüne özgü bir değişken belirlenebiliri olmalıdır. (ii) $[t_1, t_2]$ zaman aralığının süresi *F* belirlenebilirinin tam iki farklı değer alacak uzunlukta olmalıdır.

Gözlemin Yapısı ve İşlevleri

Önceki altbölümde gözlemleri, onlara yol açan sorulara göre beş çeşide ayırmıştık. Şimdi gözlemlerin genel yapısını ve işlevlerini inceliyoruz. Gözlemin yapısını oluşturan öğeler, *gözlemleyenler* ve *gözlemlenenler* olmak üzere ikiye ayrılabilir. Gözlemleyenler (i) *gözlemci* ile (ii) *gözlem aygıtı*nı kapsar. Gözlemlenenler ise (i) gözlemlenen *a* nesne dizgesi, (ii) gözlemlemenin yapıldığı *t* zaman anı veya zaman aralığı, (iii) gözlemlenen *u* yeri (uzay noktası veya bölgesi), (iv) dolaysız olarak gözlemlenen *gözlem verileri* ve (v) dolaylı olarak gözlemlenen *gözlem sonucunu* kapsar. Bu öğeleri önceki altbölümde ele aldığımız beş örnekle örneklendireceğiz. Bu arada "gözlem verileri" ile "gözlem sonucu" kavramlarının anlamını aydınlatacağız. Her gözlemde, gözlemci (yani bir bilim insanı veya bir bilim insanları topluluğu), yalnız duyu organlarıyla ya da bir gözlem aygıtı aracılığıyla, gözlemlenen nesne dizgesini algılar.

Herhangi bir gözlemin amacı, bu gözleme yol açan sorunun olanaklı yanıtlarından birini doğrulamaktır. Gözlemci, gözleminin böyle bir olanaklı yanıtını doğrulamasıyla, bu yanıtı doğru kılan olgunun bilgisine ulaşır. Örneğin daha önce sözü edilen Örnek 2'deki gözlemin doğruladığı olanaklı yanıt, Neptün'ün *t* zamanında *u* yerinde olduğu önermesidir. Gözlemci bu önermenin doğrulanmasıyla önermeyi doğru kılan olguyu (yani Neptün'ün *t* zamanında *u* yerinde bulunduğu olgusunu) bilmiş olur. Öte yandan Neptün'ün, *t* anında u_1 gibi *u*'dan değişik bir yerde bulunmuş olduğunu düşünelim. Böylece "Neptün *t* anında u_1 yerinde bulunur" olanaklı yanıtı gözlemle yanlışlanmış olur. Ama öbür olanaklı yanıt olan "Neptün *t* anında u_1 yerinde bulunmaz" önermesi doğrulanmış olur. Gözlemci bu iki olanaklı yanıtı doğru kılan olguların bilgisine erişir. Örnek 4'teki gözlemin doğruladığı olanaklı yanıt, gaz kitlesinin *t* zamanında *u* yerinde 1 atmosfer basıncı olduğu önermesidir. Böylece gözlemci bu önermeyi doğru kılan olguyu bilmiş olur. Gözlemin doğruladığı olanaklı yanıtı doğru kılan olguya *gözlem sonucu* diyoruz.

Gözlemcinin genellikle gözlem sonucunu dolaysız olarak gözlemlemesi olanaksızdır. Bu türlü gözlemlerde, gözlemci gözlem sonucunu, dolaysız olarak gözlemlediği gözlem verisi aracılığıyla *dolaylı* olarak gözlemler. Örnek 2'de gözlemcinin doğrudan algıladığı Neptün gezegeninin kendisi değil, bu nesne dizgesinin teleskopta oluşan görüntüsüdür. Böyle bir görüntünün oluşması olgusu gözlemin sağladığı *gözlem verisi*dir. Gözlemci gözlem verisini algılamak anlamında *dolaysız* olarak gözlemler. Gözlem verisi olan görüntü, teleskopun Neptün'ün *t* anında bulunduğu *u* yerinin koordinatlarına göre yöneltilmesiyle elde edilmiştir. Teleskopta oluşan görüntünün yeri u_0, zamanı da t_0 olsun. Buna göre u_0, gözlem verisinin ilişkin olduğu yer, t_0 ise, gözlem verisinin ilişkin olduğu zamandır. Dikkat edilirse u_0 ile gözlem sonucunun ilişkin olduğu *u* yeri çok farklıdır. u_0, gözlemcinin teleskopta görüntüyü algıladığı yer, *u* ise, Neptün'ün uzaydaki yeridir. Öte yandan t_0 ile *t* arasında çok büyük olmamakla birlikte gene de bir fark vardır. Gözlem anındaki görüntü ile Neptün arasındaki uzaklık *l*, ışık hızı *c* ise, $t = t_0 - l/c$. Bir gezegenin gözleminde *t* ile t_0 arasındaki fark, gezegenine göre saniyelerle ya dakikalarla ifade edilirken, bir yıldızın gözleminde bu fark ışık yılı ile ifade edilir. Örneğin bu fark, yani l / c oranı, Venüs gezegeninin gözleminde 1.3 saniye, Neptün gezegeninin gözleminde ise yaklaşık 24 dakikadır. Buna karşılık Güneş'e en yakın yıldızın (Proxima Centauri-Proksima Sentori diye okunur) gözleminde bu fark 4.22 ışık yılıdır. (Bir ışık yılı, ışığın bir yılda kat ettiği mesafeye eşit olup, bu mesafe 9.46 (10^{12} kilometredir.) Buna göre gözlemci, t_0 anında teleskopla gözlemlediği Proksima Sentori yıldızının t_0 anındaki durumunu değil, t_0 anından 4.22 ışık yılı önceki anındaki durumunu dolaylı olarak gözlemler.

Gözlemin gözlem sonucu ile gözlem verisini bir de Örnek 4'teki manometreye bağlı kapalı kaptaki gaz kitlesiyle örneklendirelim. Bu örnekteki gözlem sonucu, gaz kitlesinin *t* anında *u* yerindeki basıncının 1 atmosfer olduğu olgusudur. Gözlemci, gözlem verisi olan manometre ibresinin 1 atmosfer işaretli çizginin hizasında (veya daha doğrusu bu çizginin çok yakınında) durması olgusunu algılamasına dayanarak, gaz kitlesinin basıncının (gerçekten) 1 atmosfer basıncında olması olgusunu dolaylı olarak gözlemlemiş olur.

Buraya kadar ele aldığımız gözlemlerde, gözlem verilerine dayanarak dolaylı olarak algılanan şey bir gözlem sonucudur. Gözlem sonucunun ise gözleme yol açan sorunun olanaklı yanıtlarının birini doğru kılan *olgu* olduğunu söylemiştik. Gözlem sonucunun doğru kıldığı olanaklı yanıt, gözlemin doğruladığı gözlem önermesidir. Bu türlü gözlemlere *sağlam* diyoruz. Sağlam gözlemlerin yanı sıra, *aldatıcı* dediğimiz gözlemlerin de bulunduğunu belirtmek gerek. Bu ikinci türlü gözlemleri örneklendirmek için manometreye bağlı kapalı kaptaki gaz kitlesini gene ele alalım. Gözlemci *t* zamanında *u* yerinde manometre ibresinin 1 atmosfer basıncı çizgisinin hizasında durması olgusunu algılıyor, buna dayanarak da gaz kitlesinin basıncının 1 atmosfer olduğunu dolaylı olarak algılıyor. Şimdi gazın *t* zamanında *u* yerindeki basıncının 1 atmosfer değil 2 atmosfer olduğunu, ama manometrenin yanlış işlediğini ve bu nedenle ibresinin 2 atmosfer işaretli çizgisinin değil 1 atmosfer işaretli çizgisinin hizasında durduğunu kabul edelim. Böylece aldatıcı bir gözlem örneğiyle karşılaşmış oluyoruz. Böyle bir gözlemdeki gözlem verisi gerçekten bir olgu (yani gerçek bir durum) dur. Ama dolaylı olarak algılanan ve gözlemcinin gözlem sonucu sandığı durum (yani gaz kitlesinin *t* zamanında *u* yerinde 1 atmosfer basınçlı olması durumu) gerçek olmayıp bir gözlem sonucu olamaz, yalnızca gözlemcinin gözlem sonucu *sandığı* bir durumdur.

Dikkat edilirse gözlemci, yaptığı gözlemin sağlam olduğunu saptamak için dolaylı olarak gözlemlediği durumun bir olgu olup olmadığına bakamaz. Nitekim böyle bir şey ancak bir gözlemle yapılabilir. Böylece bir kısır döngü ortaya çıkar. Bu döngüden kurtulmak için gözlemin güvenirliliğini, gözlemin normal koşullar altında yapılmasının ölçütlerine dayanarak tanımlamak gerekir. Özellikle gözlemcinin algılama yetisi ve kullandığı gözlem aygıtının işlemesi normal olmalıdır. Gözlemin *başarılı* olması için sağlam ve güvenilir olmasının yanı sıra bir de *nesnel* olması, özellikle gözlem verilerinin ilgili bilim insanlarınca birbirlerine iletilebilir ve birbiriyle paylaşılabilir olması gerekir.

Gözlemin bilgi üretmeyi amaçlayan bir yöntem olduğunu belirtmiştik. Ancak gözlemin bu amacını yerine getirmek için sağlam, güvenilir ve nesnel olması, başka bir deyişle başarılı olması gerekir. Daha önce belirtildiği gibi, bir gözlemin ürettiği bilgi, bu gözleme yol açan sorunun bir olanaklı yanıtı olan bir önermeyle ifade edilir. Bu önermenin nesnel bilgi ifade etmesi için (i) önerme bilim insanları topluluğunca kabul edilebilir olmalı, dolayısıyla söz konusu gözlem nesnel olmalıdır. (ii) Önerme gerekçelendirilmiş olmalı, dolayısıyla gözlem güvenilir olmalıdır. (iii) Önerme doğru olmalı, dolayısıyla gözlem sağlam olmalıdır. (Gözlem sağlam ise dolaylı olarak gözlemlenen durum bir olgudur. Bu olgu gözlem sonucudur. Gözlem sonucu da sözü geçen önermeyi doğru kılar.)

Gözlem Kavramına İlişkin Sorunlar

Gözlem kavramına ilişkin bilim felsefesinde birbiriyle ilişkili metodolojik, ontolojik ve epistemolojik sorunlarla karşılaşıyoruz. Bu sorunlar ise (a) *bilimsel gerçekçilik* görüşünü savunanlar ile (b) bu görüşe karşı çıkan pozitivist ve deneyci görüşleri, kısaca gerçekçilik-karşıtlığı görüşünü, savunanlar arasında tartışmalara yol açmıştır. Başlıca sorunlar şunlardır.

(i) *Metodolojik sorunlar:* Hangi türden bilimsel işlemler gözlem sayılabilir? Hangi olaylar gözlemlenebilir? Sözgelişi Örnek 4'teki manometre ibresinin 1 atmosfer işaretli çizginin hizasında durması olgusu her iki görüşte gözlemlenebilir sayılmasına karşın, gazın 1 atmosfer basıncında olması olgusu yalnız (a) görüşünde gözlemlenebilir sayılır. Nitekim manometre (a) görüşünde gözlem aygıtı sayılırken, (b) görüşünde sayılmamıştır.

(ii) *Ontolojik sorunlar:* Gözlemlenebilir şeyler (nesne dizgeleri, olay ve olgular) varlık sayılabilir mi? (a) görüşünde olanlar bu soruyu olumlu olarak, (b) görüşünde olanlar olumsuz olarak yanıtlamıştır.

(iii) *Epistemolojik sorunlar:* Gözlemsel bilgi, yani gözlemle doğrulanmış gözlem önermelerinin ifade ettiği bilgi ile gözlemsel-olmayan önermelerin ifade ettiği bilgi arasında kesin fark bulunur mu? Gözlem önermelerinin doğrulanması ile gözlemsel-olmayan önermelerin pekiştirilmesi arasında fark kesin mi? Gözlem önermelerinin ifade ettiği bilgi, gözlemsel-olmayan önermelerin, özellikle teori öğesi kapsayan önemelerin, ifade ettiği bilgiden bağımsız olabilir mi?

DENEY

Deney, koşulları deneycinin müdahalesi sonucunda belirlenmiş olan bir gözlem olarak tanımlanabilir. *Deneyci*, deneyi yapan bilim insanı veya bilim insanı ekibi-dir. Deney, gözlem gibi doğaya sorulan bir soruyu yanıtlamak amacıyla yapılan bir işlem sayılabilir. Ancak deneye yol açan soru koşulludur. Önce deneyci bu koşulun yerine gelmesini sağlayan bir müdahalede bulunur, sonra da gözlem yapılır. Deneye yol açan sorular ve bunların yol açtığı deneyler aşağıda örneklendirip incelediğimiz beş çeşide ayrılabilir.

Deneye Yol Açan Soru Çeşitleri

Örnek 1: Deneyci t_1 zamanında *u* yerinde bir kaptaki hidrojen gazı kitlesini bir kıvılcımla tutuşturup yakıyor, böylece bu gaz kitlesine bir müdahalede bulunmuş oluyor. Bu hidrojen gazı kitlesi a_1 olsun. a_1'in havadaki oksijenle tepkimesi t_2 zamanında bitsin. Deneyci, tepkimenin bittiği t_2 zamanında *u* yerinde bir su kitlesinin (yani Su türünden bir nesne dizgesinin) bulunduğunu gözlemliyor. Bu deneye yol açan soru şöyle dile getirilebilir:

(14) a_1 hidrojen gazı kitlesi t_1 zamanında *u* yerinde oksijenle tepkimeye girerse, tepkimenin bittiği t_2 zamanında *u* yerinde bir su kitlesi var olacak mı?

Bu soru

(15) a_1 nesne dizgesi t_1 zamanında *u* yerinde *D* nesne-durumunda ise, t_2 zamanında *u* yerinde *F* olan bir şey var olur mu?

biçimindedir. Şimdi deneyde geçen tüm nesne dizgelerini, yani hidrojen, hidrojen, oksijen ve su kitlelerinden oluşan karmaşık nesne dizgesine *a* diyelim. *a*'ya *deneyin yapıldığı nesne dizgesi* diyeceğiz. Sözü geçen hidrojen gazı kitlesinin t_1 zamanında *u* yerinde kıvılcımla tutuşması, başka bir deyişle *u* yerinde havadaki oksijenle tepkimeye girmesi, *a* nesne dizgesinin t_1 zamanında *u* yerinde D_1 gibi bir nesne-durumunda olması anlamına gelir. D_1, "*u* yerinde tepkimeye girme" nesne-durumudur. Gene tepkime sonucunda t_2 zamanında *u* yerinde bir su kitlesinin oluşması, *a* nesne dizgesinin t_2 zamanında *u* yerinde D_2 gibi bir nesne-durumuna girmesi, yani D_2 nesne-durumunda olması anlamına gelir. D_2, "*u* yerinde bir su kitlesinin var olması" nesne-durumunu gösterir. Buna göre deneye yol açan (15) sorusunun genel biçimi şöyle olur:

(16) *a* nesne dizgesi t_1 zamanında D_1 nesne-durumunda ise, *a* nesne dizgesi t_2 zamanında D_2 nesne-durumunda olur mu?

Sözü geçen (16) biçimindeki bir sorunun olanaklı yanıtları

(17) *a* nesne dizgesi t_1 zamanında D_1 nesne-durumunda ise, *a* nesne dizgesi t_2 zamanında D_2 nesne-durumunda olur

ile

(18) *a* nesne dizgesi t_1 zamanında D_1 nesne-durumunda ise, a nesne dizgesi t_2 zamanında D_2 nesne-durumunda olmaz

önermeleri ile dile getirilir. Bu olanaklı yanıtları daha sonra inceleyeceğiz. Ancak burada deneye yol açan her sorunun bir hipotezden kaynaklandığını ve böyle bir hipotezi sınamaya yönelik olduğunu belirtmek isteriz. Söz konusu hipotez önceden pekiştirilmiş olabilir. O zaman da deney hipotezin pekiştirilme derecesini büyütmeyi amaçlayabilir ya da salt öğretim için yapılabilir. Örnek 1'deki hipotez (H_2: Hidrojen, O_2: Oksijen ve H_2O: Su olmak üzere)

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

formülüyle ifade edilen kimyasal tepkimeyi dile getirir. Bu hipoteze göre bir hidrojen kitlesinin yanmasıyla (yani oksijenle tepkimeye girmesiyle) su elde edilir.

SIRA SİZDE 2

(14)'e benzer, (15) biçiminde deneye yol açan bir soru örneği verip, bu deneyin hangi hipotezi sınamayı amaçladığını belirtiniz.

Örnek 2: Biri müdahaleci (deneyci) öbürü salt gözlemci olan bir bilim insanı ekibi düşünelim. Müdahaleci, küre biçimindeki *a* taşını 44.10 metre yüksekliğinde bir kuleden, kronometresine bakarak bugün tam saat 12:00'de (bu zamanı t_1 ile gösterelim) kuleden aşağıya atıyor. Kulenin dibinde taşın atıldığı cephede kronometresine bakarak bekleyen gözlemci atılan taşın saat 12:00'den tam 3 saniye sonra zemine düştüğünü gözlemliyor. Dikkat edilirse böyle bir deney, $h = 1/2gt^2$ eşitliği ile ifade edilen serbest düşme yasasının daha da pekiştirilmesi amacıyla yapılabilir. Burada *h*, yeryüzü yakınında serbest düşen bir cismin *t* saniyede aldığı yolun metre olarak karşılığıdır. g ise yeryüzü yakınında yerçekimi kuvvetinin yol açtığı sabit ivmedir. *g* sabitinin yaklaşık değeri, saniyede 9.81 metredir. Buna göre 44.10 metre yükseklikten düşen bir cismin yeryüzüne düşme süresi 3 saniyedir. Söz konusu deneye yol açan soru ise şöyledir:

(19) *a* taşı t_1 zamanında 44.10 metre yüksekliğindeki kulenin tepesinden serbest düşmeye başlar ise, *a* taşı t_1 zamanından 3 saniye sonra kulenin dibinde bulunur mu?

Atılan cisim *a*, cismin atıldığı yer u_1, cismin atıldığı zaman t_1, cismin düştüğü yer u_2 ve cismin düştüğü zaman t_2 olsun. Buna göre (19) sorusunu genel biçimi aşağıdaki gibidir:

(20) *a* cismi, t_1 zamanında u_1 yerinde bulunup serbest düşmeye başlar ise, *a* cismi, t_2 zamanında u_2 yerinde bulunur mu?

"u_1 yerinde bulunup serbest düşmeye başlar" ifadesini "D_1 nesne-durumundadır", "u_2 yerinde bulunur" ifadesini de "D_2 nesne-durumundadır" biçiminde gösterebiliriz. Böylece (20) sorusunun da (16) soru biçiminde olduğunu görüyoruz.

Örnek 3: Deneyci cıvalı bir termometreyi t_1 zamanında u_1 yerinde bir kaptaki soğuk suya batırıp, bu su dolu kabı $[t_1, t_2]$ zaman aralığında bir gaz kabında ısıtıyor. Deneyci aynı $[t_1, t_2]$ zaman aralığında termometrenin cıva sütununun yükseldiğini gözlemliyor.

Bu deney daha önce sözünü ettiğimiz "Bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşir" hipotezini daha da pekiştirmek için yapılabilir. Bunun için deneycinin "Cıva bir metaldir" önermesini önceden kabul etmesi gerekir. Deneye yol açan soru şöyledir:

(21) *a* nesne dizgesi bir metal kitlesi olup *u* yerinde [t_1, t_2] zaman aralığında yeterince ısıtılırsa, *a* nesne dizgesi *u* yerinde [t_1, t_2] zaman aralığında genleşir mi?

"cıva kitlesidir ve ısıtılıyor" ifadesini "D_1 nesne-durumundadır", "*u* yerinde genleşir" ifadesini "D_2 nesne-durumundadır", "[t_1, t_2] zaman aralığı" ifadesini de "*t* zamanı" ile gösterirsek, (21) sorusunu genel biçimi şöyle olur:

(22) *a* nesne dizgesi *t* zamanında D_1 nesne-durumunda ise, *a* nesne dizgesi *t* zamanında D_2 nesne-durumunda olur mu?

Dikkat edilirse (22) biçimindeki sorular da (16) biçimindedir.

Örnek 4: Yukarıdaki Örnek 2'yi yeniden ele alalım. Deneyci bir takometre (hızölçer aygıt) yardımıyla taşın kulenin dibine çarpmadan hemen önceki hızının 29.43 m/sn olduğunu gözlemliyor. Bu deneye yol açan soru şöyledir:

(23) *a* taşı t_1 anında 44.10 m yüksekliğindeki kulenin tepesinden düşmeye başlarsa, çarpmadan hemen önceki hızı 29.43 m/sn midir?

Deneye yol açan soruların en önemlilerinden biri "*a* nesne dizgesi t_1 zamanında D_1 nesne-durumunda ise, *a* nesne dizgesi t_2 zamanında D_2 nesne-durumunda olur mu?" biçiminde ifade edilir.

Bu deney serbest düşmede hızın değerini gösteren $v = gt$ yasasını daha da pekiştirilmesi için yapılabilir. Burada *v*, yeryüzü yakınında serbest düşen cismin düşmeye başladıktan *t* saniye sonra saniyede metre olarak hızını gösterir. Örnek 2'den 44.10 metre yükseklikten düşen bir cismin yeryüzüne düşme süresinin 3 saniye olduğunu anımsayalım. Buna göre $v = 9.81$ m/sn^2 (3 sn = 29.43 m/sn. (23) sorusunun biçimi "t_1 zaman anında *u* yerindeki *a* nesne dizgesi, t_2 anında *F* belirlenebilirinin bir değeri olan *F** belirlenmiş özelliğini taşır mı?" olup, en genel biçimi gene (16)'dır.

Örnek 5: Gaz ile doldurulmuş 1 litre hacminde olup piston ile kapalı olan bir silindiri ele alalım. Silindir, içindeki gaz kitlesinin basıncını atmosfer olarak ölçen bir manometreye bağlıdır. Deneyci bu silindiri, 20 litre su ile dolu bir kaba tamamen batırıyor. Böylece silindirdeki gazın kitlesinin sıcaklık derecesinin suyun (sabit olduğu varsayılan) sıcaklık derecesine sürekli olarak eşit olmasını sağlıyor. Deneyci [t_1, t_2] zaman aralığında pistonu silindirin yarısına kadar itiyor ve böylece silindirdeki gaz kitlesinin 1 litre hacminde olma nesne-durumundan 0.5 litre hacminde olma nesne-durumuna geçişini sağlayan bir müdahalede bulunuyor. Deneyci aynı [t_1, t_2] zaman aralığında manometreyi sürekli olarak izliyor. Böylece manometre ibresinin 1 atmosfer işaretli çizginin hizasından 2 atmosfer işaretli çizgisi hizasına geçtiğini ve orada durduğunu dolaysız olarak gözlemliyor. Deneyci, bu dolaysız gözleme dayanarak da gaz kitlesinin [t_1, t_2] zaman aralığında 1 atmosfer basıncında olma nesne-durumundan 2 atmosfer basıncında olma nesne-durumuna geçişini dolaylı olarak gözlemlemiş olur.

Bu deney Boyle-Mariotte yasasının daha da pekiştirilmesi amacıyla yapılabilir. Boyle- Mariotte yasası gereğince sıcaklık derecesi sabit olan bir gazın basıncı, gazın hacmiyle ters orantılı olarak değişir. (Söz konusu deneydeki gazın ideal gaz niteliğinde olduğunu kabul ediyoruz.) Bu deneye yol açan soru şöyledir:

(24) Sabit sıcaklık derecesinde *a* gaz kitlesinin hacmi $[t_1, t_2]$ zaman aralığında 1 litre hacminden 0.5 litre hacmine geçerse, *a* gaz kitlesinde $[t_1, t_2]$ zaman aralığında hangi basınç-olayı meydana gelir?

Dikkat edilirse (24) sorusu şu biçimdedir:

(25) *a* nesne dizgesinde $[t_1, t_2]$ zaman aralığında F_1^* 'dan F_2^* 'a geçiş tipinden bir *F*-olayı meydana gelirse, *a* nesne dizgesinde $[t_1, t_2]$ zaman aralığında hangi *G* -olayı meydana gelir?

Burada *F* ile *G*, *a* nesne dizgesinin ait olduğu türe özgü değişken belirlenebilirler, başka bir değişle nesne-durumu değişkenleridir. *F* değişkenine *bağımsız değişken* veya *kontrollü değişken* denir. Öte yandan *G* değişkenine *bağımlı değişken* denir. Nitekim *G* 'nin değeri, *F* 'nin değerine bağımlı olarak değişir. *F* 'nin değeri de deneycinin müdahalesiyle, yani onun kontrolü altında, belirlenir.

Sözü geçen (25) biçimindeki soruların olanaklı yanıtları ise aşağıdaki biçimdedir:

(26) *a* nesne dizgesinde $[t_1, t_2]$ zaman aralığında F_1^* 'dan F_2^* 'a geçiş tipinden bir *F*-olayı meydana gelirse, *a* nesne dizgesinde $[t_1, t_2]$ zaman aralığında G_1^* 'dan G_2^* 'a geçiş tipindeki *G*-olayı meydana gelir.

Burada G_1^* ile G_2^* değerleri *G* değişkeninin herhangi değerleri olabilirler.

Deneye İlişkin Koşullu Gözlem Önermesi

Yukarıda belirttiğimiz gibi Örnek 1 - Örnek 4'teki deney türlerine yol açan soruların genel biçimi (16), bu soruların olanaklı yanıt biçimleri de (17) ve (18)'dir. Her iki olanaklı yanıtın ortak ön bileşeni olan,

(27) *a* nesne dizgesi t_1 zamanında D_1 nesne-durumundadır

önermesine *deney-koşulu önermesi* diyoruz. Deneycinin müdahalesinin amacı, (27) deney-koşulu önermesinin doğru olmasını sağlamaktır. (27) önermesi bir yalın gözlem önermesi olup, bu önermenin doğru olması *a* nesne dizgesinin t_1 zamanında D_1 nesne-durumunda bulunmasının bir olgu olması demektir. Bir deneye ilişkin deney-koşulu önermesinin yanlış olması, deneycinin müdahalesinin amacının gerçekleşmemesi demektir. Böyle olunca deneyin *başarısız* olduğunu söyleyeceğiz. Öte yandan deney-koşulu önermesi doğru olursa, deneyin *başarısız-olmayan* bir deney olduğunu söyleyeceğiz.

Deneye yol açan koşullu gözlem önermesinin olanaklı yanıtlarının art bileşenlerine gelince, bunlar:

(28) *a* nesne dizgesi t_2 zamanında D_2 nesne-durumundadır

ile

(29) *a* nesne dizgesi t_2 zamanında D_2 nesne-durumunda değildir

önermeleridir. (28) bir yalın gözlem önermesi, (29) da bir yalın gözlem önermesi değillemesi olan bir gözlem önermesidir. (28) ile (29) gözlem önermelerine olanaklı *deney-sonucu önermeleri* diyeceğiz. Başarısız-olmayan bir deneyin son evresinde, deneycinin yaptığı bir gözlemle deney-sonucu önermelerinden biri doğrulanıp öbürü yanlışlanır. Ama deney başarısız ise, yani deneycinin müdahalesi amacına erişmemiş ise, deney, sonraki aşamalarına geçmeden sonlandırılır; dolayısıyla, olanaklı deney-sonucu önermeleri ne doğrulanabilir ne de yanlışlanabilir. Bu nedenle deney-koşulu önermesi yanlış olursa, (17) koşullu gözlem önermesi ile bu önermenin değillemesi olan (18) koşullu gözlem önermesi, deneye yol açan (16) biçimindeki sorunun olanaklı yanıtları sayılmazlar. Nitekim başarısız deneyde sonlandırıcı gözlem yapılmadığından, deneye yol açan soruyu yanıtlamak olanaksızdır.

Şimdi (17) koşullu gözlem önermesinin karşılığı olan koşullu durumu inceleyelim. Böyle bir koşullu *durum*un var olması (ister gerçek olsun ister olmasın) için, (27) deney-koşulu önermesinin doğru olması gerekir. Eğer (27) önermesi yanlış ise, böyle bir koşullu durum var değildir. Buna karşılık (27) ile (28) birlikte doğru ise, koşullu durum gerçektir, yani bir koşullu olgudur. (27) doğru ama (28) yanlış ise, koşullu durum gerçek olmayan salt-olanaklı bir durumdur. Koşullu olgu bir düzenliliğin belli bir yer ve zamana sınırlandırılmış biçimi veya başka bir deyişle bir *yerel düzenlilik* sayılabilir. Bu düzenlilik, iki yalın olgu (*a*'nın t_1'de D_1 nesne-durumunda olması olgusu ile *a*'nın t_2'de D_2 nesne-durumunda olması olgusu) arasında ardışıklık veya biraradalık bağıntısının bulunması anlamına gelir.

Öte yandan (26) önermesinin ön bileşeni olan "*a* nesne dizgesinde [t_1, t_2] zaman aralığında F_1^*'dan F_2^*'a geçiş tipinden bir *F*-olayı meydana gelir" önermesi de bir deney-koşulu önermesi olup, yukarıda (27)'ye ilişkin çözümlemelerin benzeri bu önerme için de söz konusudur.

ÖLÇME

Ölçme, gözleme ya da deneye konu olan nesne-dizgelerinin niceliklerine sayısal değer verme işlemidir. Bu nedenle önce nesne dizgelerinin nicelikleri ve bu niceliklerin değerlerini inceleyeceğiz.

Nesne Dizgelerinin Nicelikleri ve Niceliklerin Değerleri

Nesne dizgelerinin belirlenebilir özellikleri altındaki belirlenmiş özellikleri veya başka bir deyişle, bu belirlenebilir özelliklerin değerlerini inceleyelim. Çoğu kez aynı belirlenebilirin değerleri arasında bir sıralama bağıntısı bulunur. Böyle bir sıralama bağıntısı ya bir benzerlik derecesine ya da bir büyüklük derecesine dayanır. Örneğin Renk belirlenebilirinin değerleri arasında renk benzerliğine dayanan bir sıralama bağıntısı vardır. Bu sıralamada kırmızı tonlar turuncu tonlara, turuncu tonlar sarı tonlara, sarı tonlar yeşil tonlara, yeşil tonlar mavi tonlara, mavi tonlar mor tonlara, mor tonlar ise kırmızı tonlara benzer. Böylece renk benzerliği sıralamasının bir daire biçiminde olduğunu görüyoruz. Bundan dolayı bu gibi sıralamalara **dairesel sıralama** denir. Görüldüğü gibi bu sıralama bağıntısı yansımalı (refleksif) ve bakışımlı (simetrik) olup, geçişli (transitif) değildir. Bağıntı yansımalıdır, çünkü her renk tonu kendine benzer. Bağıntı bakışımlıdır, çünkü bir renk tonu ikincisine benzerse, ikincisi de birincisine benzer. Bağıntı geçişli değildir, çünkü bir renk tonu ikincisine, ikincisi üçüncüsüne benzerse, birincisi üçüncüsüne benzemeyebilir. Nitekim mavi tonlar mor tonlara, mor tonlar kırmızı tonlara benzemesine karşın, mavi tonlar kırmızı tonlara hiç benzemez. Ama ardı ardına gelen renk tonları birbirine benzediğinden bir sıralama bağıntısı oluştururlar. Bir belirlenebilir

Renk benzerliği sıralaması bir daire biçimindedir. Bundan dolayı bu gibi sıralamalara **dairesel sıralama** denir. Dairesel sıralama bağıntısı yansımalı (refleksif) ve bakışımlı (simetrik) olup, geçişli (transitif) değildir.

özelliğin değerleri arasındaki sıralama bağıntısı bir benzerlik ise, bu belirlenebilirin bir niteliksel özellik, kısaca bir *nitelik* olduğu söylenir. Örneğin Renk belirlenebiliri bir niteliktir.

Şimdi, değerleri arasındaki sıralamanın büyüklük derecesine dayanan belirlenebilirleri inceleyelim. Bu türlü belirlenebilirlere *niceliksel özellik,* kısaca *nicelik* denir. Örneğin Sertlik, Sıcaklık, Uzunluk, Zaman Süresi, Kütle, Ağırlık, Elektrik Yükü vb. birer niceliktir. Büyüklük derecesine dayalı bir sıralama bağıntısına *büyük-olma* bağıntısı diyelim. F bir nicelik ve F_1^* ile F_2^*, F niceliğinin iki farklı değeri ise, F_1^* değeri F_2^* değerinden büyük olur ya da F_2^* değeri F_1^* değerinden büyük olur. F_2^* değeri F_1^* değerinden büyük ise, F_1^* değerinin F_2^* değerinden *küçük* olduğu söylenir. Böylece *küçük-olma* bağıntısı büyük-olma bağıntısına dayanarak tanımlanabilir. Genel olarak da F_1^* ile F_2^*, F niceliğinin herhangi değerleri ise (i) F_1^*, F_2^* 'den büyük olur veya (ii) F_1^*, F_2^* 'den küçük olur veya (iii) F_1^* ile F_2^* eşit olur.

Gerek büyük-olma bağıntısı gerekse evriği olan küçük-olma bağıntısı yansımasız (irrefleksif), bakışımsız (asimetrik) ve geçişli (transitif) dir. Her iki bağıntı yansımasızdır, çünkü hiçbir nicelik değeri kendinden büyük olamaz ve kendinden küçük olamaz. Yani F^* değeri, F^*'den büyük değildir ve F^*'den küçük değildir. Bağıntılar bakışımsızdır, çünkü F_1^*, F_2^* 'den büyük ise, F_2^*, F_1^* 'den büyük değildir; F_1^*, F_2^* 'den küçük ise, F_2^*, F_1^* 'den küçük değildir. Bağıntılar geçişlidir, çünkü , F_1^*, F_2^* 'den büyük ve F_2^* , F_3^* 'ten büyük ise, F_1^*, F_3^* 'ten büyük olur; F_1^*, F_2^* 'den küçük ve F_2^*, F_3^* 'ten küçük ise, F_1^*, F_3^* 'ten küçük olur. Yukarıdaki koşulları yerine getiren bir sıralama bağıntısına *doğrusal sıralama* denir. Buna göre "bir belirlenebilir özelliğin nicelik olmasının gerekli ve yeterli koşulu, bu belirlenebilirin değerlerinin arasında bir doğrusal sıralama bağıntısının bulunmasıdır" diyebiliriz. Yukarıda adı geçen Sertlik, Sıcaklık, Uzunluk, Zaman Süresi, Kütle, Ağırlık, Elektrik Yükü vb. belirlenebilirlerin değerleri arasında söz konusu koşullar yerine geldiğinden doğrusal sıralama bağıntısı bulunur. Dolayısıyla bu belirlenebilirlerin birer nicelik oldukları savı doğrulanmış olur. Herhangi bir niceliğin değerlerinin sözü geçen koşulları yerine getirmeleri, bu değerlerle reel sayılar kümesi veya bu kümenin bir alt kümesi arasında bire-bir fonksiyonlar bulunmasına yol açar.

Sayısal Değer Fonksiyonları

F gibi herhangi bir niceliğin değerleri ile bazı veya bütün reel sayılar arasında birden çok sayıda ϕ_F^1 , ϕ_F^2, ..., ϕ_F^n, ... gibi farklı bire-bir fonksiyonlar vardır. (ϕ_F^i fonksiyonu *bire-bir*dir ancak ve ancak ϕ_F^i $(F_1^*) = \phi_F^i$ (F_2^*) ise $F_1^* = F_2^*$.) ϕ_F^i sözü geçen bire-bir fonksiyonlardan herhangi biri olsun. ϕ_F^i fonksiyonunun değerleri reel sayılar, argümanları ise nicelik değerleridir. Buna göre F^*, F gibi bir niceliğin değeri ise $\phi_F^i(F^*) = r$ gibi bir eşitlik elde ederiz. Burada r, R reel sayılar kümesinin R_ϕ ile göstereceğimiz bir alt-kümesinin öğesi olan bir reel sayıdır. R_ϕ altkümesi, ϕ_F^i fonksiyonunun tüm değerlerinin kümesine eşittir. Gerek gündelik yaşamda gerekse bilimde kullanılan tüm niceliklerin değerleri reel sayılarla ifade edilir, öyle ki nicelik değeri bir sayısal değer ile bir birimden oluşur.

Ancak nicelik değerleri onları ifade eden reel sayılar ile özdeş sayılmaz. Özdeş olmamaları nicelik değerini ifade eden reel sayının belli bir nicelik birimi ile nitelenmiş olmasından anlaşılır. Örneğin "Bu çubuğun uzunluğu 2'ye eşittir" denilemez. Bunun yerine, söz gelişi, "Bu çubuğun uzunluğu 2 metredir" denir. 2 *metre* ise 2 reel sayısıyla ifade edilir, ama bu sayı ile özdeş değildir. Nitekim aynı uzunluk $2 \times 100 = 200$ santimetre ile özdeştir. Eğer uzunluk bir reel sayı ile özdeş olsaydı, aynı uzunluk hem 2 sayısına hem de 200 sayısına eşit olurdu. 2 ile 200 farklı sayılar olduğuna göre sözü geçen eşitleme olanaksızdır.

Daha önce belirttiğimiz gibi herhangi bir niceliğin değerleri arasındaki *büyük-olma* bağıntısı bir doğrusal sıralama bağıntısıdır. Öte yandan reel sayılar arasındaki *büyük- olma* bağıntısı (simgesel olarak ">") da bir doğrusal sıralama bağıntısıdır. Ayrıca *F* gibi bir niceliğin değerlerinin sayallığının *(cardinality)*, yani sayal sayısının, tüm reel sayıların sayallığından, yani sayal sayısından, küçük veya bu sayıya eşit olduğuna kabul ediyoruz. Böyle olunca *F* niceliğinin değerler kümesinden, reel sayılar kümesine aşağıdaki koşulu yerine getiren ϕ_F^i gibi bire-bir bir fonksiyon vardır:

F_1^* ile F_2^*, *F* niceliğinin değerleri; r_1, r_2 reel sayılar ve $\phi_F^i(F^*) = r_1$, $\phi_F^i(F^*) = r_2$ olduğunda: F_2^* değeri F_1^* değerinden büyüktür ancak ve ancak $r_2 > r_1$ ise.

F^*, *F* niceliğinin herhangi bir değeri, *r* bir reel sayı ve $\phi_F^i(F^*) = r$ olduğunda, *r* sayısının F^* nicelik değerinin *sayısal değeri* olduğunu söyleriz. Buna göre ϕ_F^i fonksiyonunun *F* niceliğine ilişkin bir *sayısal değer fonksiyonu* olduğunu söyleyeceğiz. Göreceğimiz gibi aynı bir niceliğe ilişkin birden çok sayıda sayısal değer fonksiyonu vardır.

Sayısal değer fonksiyonlarının anlamını örneklendirme yoluyla aydınlatmak amacıyla *F* niceliği olarak Uzunluk niceliğini ele alalım. Bilindiği gibi belirlenmiş uzunluklar farklı uzunluk birimlerine göre farklı reel sayılarla ifade edilir. Örneğin 10.52 cm ile 0.1052 m, aynı Uzunluk niceliğinin aynı bir değerinin farklı ifadeleridir. Bu değeri F^* olarak gösterelim. Yani F^* = 10.52 cm ve F^* = 0.1052 m. F^* = 10.52 cm olduğunda, F^* nicelik değerinin (yani uzunluğunun) sayısal değerinin 10.52 reel sayısına eşit olduğunu söyleriz. Gene F^* = 0.1052 m olduğunda, F^*'ın sayısal değerinin 0.1052 reel sayısına eşit olduğunu söyleriz.

Buraya kadar nicelikleri ve birer belirlenmiş özellik olan nicelik değerlerini, onları taşıyan nesne dizgelerinden bağımsız olarak inceledik. Şimdi de nicelik ve nicelik değerlerini, nesne dizgeleriyle bağlantılı olarak ele alacağız. Bu amaçla ilk örnek olarak gene Uzunluk niceliğinin irdelenmesini sürdürelim. Nesne dizgeleri olarak belli uzunluğu olan çeşitli çubuklar ele alalım. *a* somut nesnesi böyle bir çubuk olsun. F^*, *F* uzunluk niceliğinin belli bir değeri olduğunda, *a* çubuğunun *t* zamanında ve *u* yerinde F^* belirlenmiş özelliğini taşıdığını düşünelim. Buna göre

Uzunluk (a, t, u) = F^*

eşitliği yazılabilir. Burada *u* yeri, *a* çubuğunun *t* zamanında içinde bulunduğu açık veya kapalı yerdir. *a* çubuğu aynı *t* zamanında *u* yerinde değil de u_1 gibi değişik bir yerde bulunsaydı *Uzunluk (a, t, u)* ≠ *Uzunluk (a, t,* u_1*)* olabilirdi. Sözgelişi *a* bir metal çubuk olup u_1 yerindeki sıcaklık derecesi *u* yerindekinden çok farklı olsa ("Bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşir" yasası gereği) yukarıdaki eşitsizlik doğru olur. Öte yandan *u* yerinin *t* zamanındaki sıcaklık derecesi t_1 gibi başka bir zamanda çok farklı olabilir. Demek ki genel olarak *a*'nın uzunluğu hem *t*'ye hem de *u*'ya bağlıdır.

F gibi bir niceliğin değerleri arasındaki *büyük-olma* bağıntısına dayanarak bu değerleri belirlenmiş özellik olarak taşıyan nesne dizgeleri arasında da bulunan bir *büyük-olma* bağıntısı şöyle tanımlanır:

Tanım 1: t_2 zamanında u_2 yerinde bulunan a_2 nesne dizgesi, t_1 zamanında u_1 yerinde bulunan a_1 nesne dizgesinden *F niceliği açısından (daha) büyüktür* ancak ve ancak *F-lik* (a_2, t_2, u_2) nicelik değeri *F-lik* (a_1, t_1, u_1) nicelik değerinden büyük ise.

Yukarıdaki tanımı örnekleyecek olursak, sözgelişi *F-lik, Uzunluk, Uzunluk* (a_2, t_2, u_2) = 5 cm ve *Uzunluk* (a_1, t_1, u_1) = 2 cm olsun. Uzunluk niceliğinin bir değeri olan 5 cm gene bu niceliğin bir değeri olan 2 cm'den büyüktür. Öte yandan (daha önce belirtildiği gibi) şu koşul doğrudur: F_1^* ile F_2^*, *F* niceliğinin değerleri olup, $\phi_F^i(F_1^*) = r_1$ ve $\phi_F^i(F_2^*) = r_2$ ise; F_2^* değeri, F_1^* değerinden büyüktür ancak ve ancak $r_2 > r_1$ ise. Yukarıdaki örnekle ilgili olarak $\phi_F^i(5cm) = 5$ ve $\phi_F^i(2cm) = 2$ eşitliklerini göz önüne alalım. 5 cm, 2 cm'den büyüktür ancak ve ancak 5 > 2 ise. Oysa "5 > 2" doğrudur. O halde 5 cm uzunluk değeri, 2 cm uzunluk değerinden büyüktür. "5 cm, 2cm'den büyüktür" ve Tanım 1'den (*F-lik, Uzunluk* olduğunda) "t_2 zamanında u_2 yerinde bulunan a_2 çubuğu, t_1 zamanında u_1 yerinde bulunan a_1 çubuğundan uzundur (büyüktür)" sonucunu türetebiliriz.

Buraya kadar nicelikleri ve nicelik değerlerini hep *gerçekçi ontoloji* çerçevesinde inceledik. Gerçekçi ontolojide nicelik değeri olan belirlenmiş özellikler, onları taşıyan somut nesneler veya nesne dizgelerinden bağımsız olarak varolan soyut varlıklardır. Soyut olmaları, somut nesnelerin tersine uzay ve zaman dışında olmaları demektir. Buna göre a bir somut nesne (tam-somut veya nesne dizgesi), *F** ise *F* niceliğinin bir değeri olduğunda "*a, t* zamanında ve *u* yerinde vardır" önermesi doğru veya yanlış *anlamlı* bir önerme olmasına karşılık, "*F*, t* zamanında ve *u* yerinde vardır" önermesi anlamsız olup doğruluk değerinden yoksundur. Gene de doğruluk değeri olsaydı hep yanlış olurdu.

Bilim felsefesinde, gerçekçi ontolojik görüşün (gerçekçiliğin) yanı sıra *adcı* adıyla anılan gerçekçilik karşıtı ontolojik görüş de vardır. Bu görüş özellikle mantıkçı deneycilerde *(logical empiricists)* 20. Yüzyılın ilk yarısında egemen olmuştur. Benzer bir görüşün *gerçekçilik-karşıtlığı (anti-realism)* adıyla günümüz bilim felsefesinde savunucuları vardır. Gerçekçilik (*realism*) ile gerçekçilik-karşıtlığı görüşlerinde bilim felsefesinin birçok konusu, ölçme konusunda olduğu gibi, çok farklı biçimde yorumlanmıştır. Biz de bir farklılık olduğu konularda her iki görüşün yorumunu ortaya koyacağız. Yukarıda ölçme konusuna giriş olan nicelik ve niceliklerin değerleri konusunu buraya kadar yalnız gerçekçi görüş açısından ele aldığımızı belirtmiştik. Nitekim bu konu gerçekçi-karşıtlığı görüşünde farklı bir biçimde ele alınmaktadır. Bundan böyle ölçme konusunu, her iki görüşü ortaya koyup karşılaştırarak sürdüreceğiz.

Gerçekçilik-karşıtlığı görüşünde a_2 çubuğunun a_1 çubuğundan uzun olması gözlem ve/veya deneyle işlemsel biçimde saptanabilen ilkel bir bağıntı sayılır. Yukarıdaki örneğe dönecek olursak, a_2 çubuğu 5 cm, a_1 çubuğu da 2 cm uzunluktadır. (Bundan böyle başka bir biçimde belirtilmedikçe *t* zamanını ve *u* yerini örtük sayıp ayrıca dile getirmeyeceğiz.)

Buna göre

(30) a_2 çubuğu a_1 çubuğundan daha uzundur.

önermesi doğru olur. Gerçekçiliğe göre, Tanım 1 gereği, bu önerme

(31) a_2 çubuğunun uzunluğu a_1 çubuğunun uzunluğundan daha büyüktür.

anlamına gelir. Buna karşılık gerçekçilik-karşıtı görüşe göre (31) önermesi, asıl anlamlı olan (30) önermesinin değişik bir ifadesinden başka şey değildir. Yani istenildiğinde (31) önermesi elenebilir. Bu görüşte (31) önermesinin anlamı beli bazı deneylerin sonucuna dayandırılır. İlk akla gelen deneysel sonuç şöyledir:

(32) Deneyci, a_1 ile a_2 çubuklarının her ikisinin birer ucunu aynı hizada olacak biçimde bitiştirir ise, a_1 çubuğunun öbür ucunun a_2 çubuğunun öbür ucundan önceki bir yerde gövdesine değdiğini gözlemler.

Öte yandan gerçekçiliğe göre (32) deneysel sonucu (31)'i gözlem ve deneyle *doğrular*, ama anlamını belirlemez. Nitekim (31) önermesi, (32) veya benzeri deneysel sonuçlardan bağımsız bir anlam ifade eder. Çubuklar arasındaki *uzun-olma* bağıntısı, başka bir deyişle *Uzunluk niceliğine özgü* olarak *daha-büyük-olma* bağıntısı, yansımasız, bakışımsız ve geçişlidir. Deneysel olarak iki çubuktan hiçbirinin öbüründen daha uzun olduğu saptanmazsa, bu iki çubuğun *Uzunluk niceliğine özgü* olarak *farksız* olduğu söylenir. Bu *farksız-olma* bağıntısı, kısaca *farksızlık* bağıntısı, yansımalı, bakışımlı ve geçişlidir.

Genel olarak *F* gibi herhangi bir niceliğe karşılık, nesne dizgeleri arasında (daha- uzun-olma, daha-ağır-olma, daha-sıcak-olma gibi) *F niceliğine özgü büyük-olma* bağıntısı ile *F*'ye *özgü farksızlık* bağıntısı bulunur.

Ölçek Fonksiyonları

Yukarıda incelediğimiz kavramlara dayanarak *ölçek* fonksiyonlarını ortaya koyacağız. Bu fonksiyonlar yoluyla da niceliklerin ölçme işlemlerini açıklayacağız. Ölçek fonksiyonları, gerçekçilik-karşıtı görüşte nesne dizgeleri arasındaki büyük-olma bağıntısı ile farksızlık bağıntısına dayanarak

(33) *a* çubuğu 20 cm uzunluğundadır.

gibi önermelerin anlamını açıklamak için ortaya konulmuştur. *F*, Uzunluk, Ağırlık, Sıcaklık gibi herhangi bir nicelik olduğunda, *gerçekçilik-karşıtı* görüşte *F niceliğine özgü ölçek fonksiyonları* aşağıdaki koşulları yerine getiren $f_F^1, f_F^2, \ldots, f_F^i, \ldots$ gibi fonksiyonlardır:

(i) a, f_F^i fonksiyonunun tanım kümesine ait bir nesne dizgesi ise, $f_F^i(a)$ bir reel sayıya eşittir.

(ii) a_1 ile a_2, f_F^i'nin tanım kümesine ait nesne-dizgeleri ise, $f_F^i(a_1) > (a_2)$ ancak ve ancak a_1, a_2'den *F*'ye özgü olarak büyük ise.

(iii) a_1 ile a_2, f_F^i'nin tanım kümesine ait nesne-dizgeleri ise, $f_F^i(a_1) = f_F^i(a_2)$ ancak ve ancak a_1 ile a_2, *F*'ye özgü olarak farksız ise.

Gerçekçi görüşte f_F^i ölçek fonksiyonları, ϕ_F^i sayısal değer fonksiyonları ile *F-lik* fonksiyonu yardımıyla şöyle tanımlanırlar:

Tanım 2: *a*, *F* özelliğinin bir değerini taşıyan herhangi bir nesne dizgesi olduğunda, f_F^i(a) = ϕ_F^i[*F-lik* (*a*)].

Dikkat edilirse *F-lik* (*a*), *a* 'nın taşıdığı *F* niceliğinin bir değeri, yani belli bir belirlenmiş özelliktir. Tanım 2'ye göre tanımlanmış f_F^i fonksiyonu yukarıda ortaya konulan gerçekçilik-karşıtı görüşe ilişkin ölçek fonksiyonlarının (i), (ii) ve (iii) koşullarının tümünü yerine getirir.

Öte yandan gerçekçilik-karşıtlığı görüşünde *F-lik* fonksiyonunun varlığı yadsınır; nitekim bu fonksiyon değerleri belirlenmiş özellikler sayıldığından gerçekçilik-karşıtlığı görüşünde yok sayılırlar. f_F^i ölçek fonksiyonları yukarıdaki (i), (ii) ve (iii) koşullarını yerine getiren ama başka fonksiyonlar yardımıyla tanımlanmayan ilkel fonksiyonlar sayılır.

F, uzunluk niceliği olduğunda, bu niceliğe ilişkin f_F^1, f_F^2, ... ölçek fonksiyonlarından her biri belli bir uzunluk birimini şöyle belirler. f_F^i, *F* 'ye ilişkin herhangi bir ölçek fonksiyonu ve *a*, çubuk gibi belli bir uzunluğu olan bir nesne dizgesi olduğunda, eğer $f_F^i(a)$ = 1 ise, *a* 'nın f_F^i 'nin belirlediği *birim-nesne* olduğunu söyleriz. $f_F^i(a)$ uzunluğuna ise f_F^i 'nin belirlediği *uzunluk birimi* diyoruz. Örneğin *b*, Paris'teki (İridyum'lu platinden yapılmış) standart metre, f_F^1 ise $f_F^1(b)$ = 1 koşulunu yerine getiren bir ölçek fonksiyonu olsun. Böylece *b,* yani standart metre, f_F^1'in belirlediği *birim-nesne*dir. *Metre birimi* ise birim-nesne'nin uzunluğudur. Buna göre *a* herhangi bir çubuk olduğunda *a* 'nın metre biriminde uzunluğu $f_F^1(a)$ metredir. Söz gelişi $f_F^1(a)$ = 12.20 olsa, *a* 'nın metre biriminde uzunluğu 12.20 metreye eşittir. *a* 'nın uzunluğunun *metre biriminde ifadesi, 12.20 metre* biçimindedir.

Genel olarak f_F^i herhangi bir ölçek fonksiyonu olduğunda f_F^i 'nin belirlediği birim B^i olsun. Yani b_i gibi öyle bir birim-nesne olsun ki $f_F^i(b_i)$ = 1. *a* herhangi böyle bir çubuk veya genel olarak uzunluğu olan bir nesne dizgesi olunca, *a* 'nın B^i biriminde uzunluğunu $f_F^i(a)B^i$ biçiminde ifade ederiz. Örneğin f_F^3 ölçek fonksiyonu *santimetre* (*cm*) birimini belirlesin. Buna göre, örneğin, $f_F^3(a)$ = 1222 olsa, a'nın santimetre biriminde ifadesi 1222 santimetre (1222 cm) biçiminde olurdu. *F* gibi herhangi bir niceliğe ilişkin f_F^1, f_F^2, ... ölçek fonksiyonları birbirinden bağımsız değildir. Bunlardan biri, söz gelişi f_F^1 verildiğinde, öbürleri f_F^1 ölçek fonksiyonundan *F* niceliğine özgü *dönüştürme fonksiyonları* denilen fonksiyonlar yardımıyla türetilir. Verilen f_F^1 ölçek fonksiyonunun değerleri, daha sonra göstereceğimiz gibi gözlem ve/veya deneyle belirlenmelidir. Dönüştürme fonksiyonlarının türüne göre dört çeşit ölçekten söz edilir. Bunlar sırasıyla, *oran ölçeği (ratio scale), aralık ölçeği (interval scale), sırasal ölçek (ordinal scale) ve adlandırıcı ölçek (nominal scale)* tir.

Oran Ölçeği

Örnek olarak gene Uzunluk niceliğini ele alalım. Verilen ölçek fonksiyonu, f_F^1 olarak gösterdiğimiz metre birimini belirleyen ölçek fonksiyonu olsun. Buna göre f_F^i herhangi bir ölçek fonksiyonu olduğunda, k gibi bir pozitif reel sayı olan bir katsayı vardır ki:

(34) $f_F^i = k f_F^1$

Bu eşitlik, "Uzunluk niceliğini taşıyan *a* gibi her nesne dizgesi için, $f_F^i(a) = k f_F^1(a)$ olur" önermesinin kısaltmasıdır. Dikkat edilirse (34) eşitliği gereği f_F^i ölçek fonksiyonu, f_F^1 ölçek fonksiyonunu "*k* katsayısı ile çarpma" biçimindeki dönüştürme fonksiyonu yardımıyla türetilir. Genel olarak her dönüştürme fonksiyonu, hem argümanları hem de fonksiyon değerleri reel sayı olan bir fonksiyondur. Uzunluk ve benzeri niceliklere özgü dönüştürme fonksiyonları, yukarıda belirtildiği gibi, *k* herhangi bir pozitif reel sayı olmak üzere, $f_F^i(a) = k f_F^1(a)$ biçimindedir.

Dönüştürme fonksiyonları sözü geçen biçimde olan niceliklere oran ölçeğinde nicelikler denir. Gerek Uzunluk, gerekse Zaman süresi, Kütle, Hız, Kuvvet, Enerji, Elektrik Yükü, vb. nicelikler oran ölçeğinde niceliklerdir. Genel olarak *F*, oran ölçeğinde bir nicelik, a_1 ile a_2, *F* niceliksel özelliğini taşıyan iki farklı nesne dizgesi, f_F^i ile f_F^j iki farklı ölçek fonksiyonu, f_F^1 ise değerleri gözlem ve/veya deneyle belirlenmiş ölçek fonksiyonu olsun. Buna göre, k_1 ile k_2 iki farklı reel sayı olmak üzere, $f_F^i = k_1 f_F^1$ ve $f_F^j = k_2 f_F^1$ yazabiliriz. Yukarıdaki iki eşitlikten

(35) $f_F^i(a_1) / f_F^i(a_2) = f_F^j(a_1) / f_F^j(a_2)$

eşitliği elde edilir. Nitekim $f_F^i(a_1) / f_F^i(a_2) = k_1 f_F^1(a_1) / k_1 f_F^1(a_2) = f_F^1(a_1) / f_F^1(a_2)$ ve $f_F^j(a_1) / f_F^j(a_2) = k_2 f_F^1(a_1) / k_2 f_F^1(a_2) = f_F^1(a_1) / f_F^1(a_2)$. Dolayısıyla (35) eşitliği doğrulanmış olur. Örneğin F, Uzunluk niceliği, a_1 ile a_2, sırasıyla 20 m ve 5 m uzunluğunda iki çubuk, f_F^1, f_F^2, f_F^3 ve f_F^4 sırasıyla metre, desimetre, santimetre ve milimetre birimlerini belirleyen ölçek fonksiyonları olsun. Buna göre (1 m = 10 dm = 100 cm = 1000 mm olduğundan):

$f_F^1(a_1) / f_F^1(a_2) = 20 / 5 = 4$
$f_F^2(a_1) / f_F^2(a_2) = 10 f_F^1(a_1) / 10 f_F^1(a_2) = (10 \times 20) / (10 \times 5) = 20 / 5 = 4$
$f_F^3(a_1) / f_F^3(a_2) = 100 f_F^1(a_1) / 100 f_F^1(a_2) = (100 \times 20) / (100 \times 5) = 20 / 5 = 4$
$f_F^4(a_1) / f_F^4(a_2) = 1000 f_F^1(a_1) / 1000 f_F^1(a_2) = (1000 \times 20) / (1000 \times 5) = 20 / 5 = 4$

Uzunluk ve benzeri niceliklere özgü dönüştürme fonksiyonları, *k* herhangi bir pozitif reel sayı olmak üzere, $f_F^i(a) = k f_F^1(a)$ biçimindedir. Dönüştürme fonksiyonları bu biçimde olan niceliklere **oran ölçeğinde nicelikler** denir.

Demek ki uzunlukların sayısal değerlerinin *oranı*, farklı ölçek fonksiyonlarından, dolayısıyla farklı uzunluk birimlerinden bağımsızdır. Bu nedenle Uzunluk niceliğinin **oran ölçeğinde nicelik** olduğu söylenir.

Oran ölçeğinde olan niceliklerin değerleri toplanabilir. Örneğin 5 m uzunluğuyla 17 cm uzunluğunun toplamı 5.17 m uzunluğuna eşittir. Genel olarak *F*, oran ölçeğinde bir nicelik olup F_1^* ile F_2^*, *F*'nin değerleri ise, F_1^* ile F_2^* değerlerinin toplamını $F_1^* \underset{F}{+} F_2^*$ biçiminde gösteriyoruz. Böyle bir toplamaya *F-toplaması* (örneğin, Uzunluk-toplaması) diyor ve "$\underset{F}{+}$" simgesi ile gösteriyoruz. F-toplaması şu koşulu yerine getirir:

(36) ϕ_F^i, *F* niceliğine ilişkin herhangi bir sayısal değer fonksiyonu olup, F_1^* ile F_2^*, *F*'nin değerleri ise: $\phi_F^i(F_1^* \underset{F}{+} F_2^*) = \phi_F^i(F_1^*) + \phi_F^i(F_2^*)$

Örneğin F, uzunluk niceliği, ϕ^i_F ise metre biriminin karşılığı olan sayısal değer fonksiyonu olsun. Buna göre $\phi^i_F(5 \text{ m} \underset{F}{+} 17 \text{ cm}) = \phi^i_F(5.17 \text{ m}) = 5.17$, $\phi^i_F(5 \text{ m}) = 5$, $\phi^i_F(17 \text{ cm}) = \phi^i_F(0.17 \text{ m}) = 0.17$ olur. $5 + 0.17 = 5.17$ olduğundan

$$\phi^i_F(5 \text{ m} \underset{F}{+} 17 \text{ cm}) = \phi^i_F(5 \text{ m}) + \phi^i_F(17 \text{ cm})$$

eşitliğinin doğru olduğu görülür. Bu koşula nicelik değerlerinin *toplanabilirliği*, toplanabilirlik koşulunu yerine getiren bir niceliğe de *toplanabilir nicelik* denir. Oran ölçeğinde olan tüm nicelikler toplanabilir niceliklerdir. Öte yandan niceliğin toplanabilir olması, onun oran ölçeğinde olmasını sağlar.

F herhangi bir toplanabilir nicelik olup, a_1 ile a_2, F niceliğini taşıyan iki nesne dizgesi, $F\text{-}lik(a_1) = F^*_1$ ve $F\text{-}lik(a_2) = F^*_2$ olsun. Örneğin F, Uzunluk niceliği, a_1, 5 m uzunluğunda bir çubuk, a_2 ise 17 cm uzunluğunda başka bir çubuk olsun. Bir deneycinin a_2 çubuğunu bulunduğu yerden alıp a_1'in bulunduğu yere getirerek bu iki çubuğu aynı doğru üzerinde uç uca bitiştirdiğini düşünelim. Böylece a_1 ile a_2 çubuğundan, a_3 gibi yeni bir çubuk oluşur. a_1 ile a_2, a_3'ün parçalarıdır. a_3 çubuğuna a_1 ile a_2 çubuklarının *uzunluğa özgü bitiştirici toplamı* veya kısaca *bitiştirilmesi* deyip $a_1 \underset{uz-bit}{+} a_2$ biçiminde gösteriyoruz. Dolayısıyla $a_1 \underset{uz-bit}{+} a_2 = a_3$ olur. Burada " $\underset{uz-bit}{+}$ " simgesi nesnelerin uzunluk açısından bitiştirilerek toplanması anlamına gelir. Örneğin a_1, 5 m ve a_2, 17 cm uzunluğunda çubuklar olsun. O halde Uzunluk $(a_1) = 5$ m ve Uzunluk $(a_2) = 0.17$ m. Dolayısıyla $a_1 \underset{uz-bit}{+} a_2$ çubuğunun uzunluğu 5.17 m'ye eşit olur. Öte yandan F, uzunluk niceliğini gösterdiğinde, $\phi^1_F(\text{Uzunluk } (a_1)) = 5$ ve $\phi^1_F(\text{Uzunluk } (a_2)) = 0.17$ elde edilir. Uzunluk niceliği toplanabilir olduğundan (36) gereği, $\phi^1_F(\text{Uzunluk } (a_1)) + \phi^1_F(\text{Uzunluk } (a_2)) = \phi^1_F(\text{Uzunluk } (a_1) + (\text{Uzunluk } (a_2)) = \phi^1_F(\text{Uzunluk } (a_1 \underset{uz-bit}{+} a_2))$. Böylece

(37) $f^1_F(a_1 \underset{uz-bit}{+} a_2) = f^1_F(a_1) + f^1_F(a_2)$

eşitliği elde edilir. Bu eşitlik gerçekçilik-karşılığı görüşünde niceliklerin toplanabilirliğini tanımlayan gerekli-yeterli koşuldur. Nitekim gerçekçi görüşte toplanabilirliği tanımlayan (36) koşulu, nicelik değerlerine ilişkin olması nedeniyle, gerçekçilik-karşıtlığı görüşünde anlamsız sayılır. Gerçekçi görüşte ise (37) koşulu, görüldüğü gibi (36) koşulundan türetilebilmektedir. Nesne dizgelerinin bitiştirici toplamı, yalnız uzunluğa özgü değil, F gibi herhangi bir oran ölçeğinde niceliğe özgü olarak vardır. a_1 ile a_2'nin *F niceliğine ilişkin bitiştirici toplamını* $a_1 \underset{F-bit}{+} a_2$ olarak gösteriyoruz. Örneğin F, Ağırlık niceliği ise, $a_1 \underset{F-bit}{+} a_2$ bitiştirici toplamı, a_1 ile a_2 nesne dizgelerini bir terazinin aynı kefesine koymakla elde edilir. Söz konusu $a_1 \underset{F-bit}{+} a_2$ nesne dizgesinin ağırlığı, a_1'in ağırlığı ile a_2'nin ağırlığının toplamına eşittir.

Aralık Ölçeği

Oran ölçeğinde olmayan Sıcaklık gibi nicelikler de vardır. Sıcaklık, *aralık* ölçeğinde bir niceliktir. Aralık ölçeği, *k* herhangi bir pozitif reel sayı, *l* ise herhangi bir reel sayı olmak üzere, $f^i_F(a) = k f^1_F(a) + l$ biçimindeki dönüştürme fonksiyonları ile belirlenir. Örneğin *G*, Sıcaklık, f^1_G, f^2_G , ... sıcaklığa ilişkin ölçek fonksiyonları olsun. f^1_G'in, sıcaklığı "derece santigrat" (°C) olarak belirleyen ölçek fonksiyonu, f^2_G'nin ise sıcaklığı "derece Fahrenheit" (°F) olarak belirleyen ölçek fonksiyonu olduğunu kabul edelim. Buna göre *a* bir nesne dizgesi olduğunda, $f^2_G(a) = 9/5 f^1_G(a) + 32$ dönüştürmesi f^1_G ile f^2_G'nin tanımlarından türetilebilir.

F, uzunluk niceliğini gösterdiğinde geçerli olan (34) eşitliği, yani $f^i_F = \mathrm{k} f^1_F$, ya da (35) eşitliği, yani $f^i_F(a_1) / f^i_F(a_2) = f^i_F(a_1) / f^i_F(a_2)$, *F*, sıcaklık niceliğini gösterdiğinde geçersizdir. Nitekim a_1 ile a_2 iki nesne dizgesi olduğunda, $f^1_F(a_1)$ °C = 25 °C ve $f^1_F(a_2)$ °C = 30 °C olsun. Buna göre yukarıdaki dönüştürme gereği $f^2_F(a_1)$ °F = 77 °C ve $f^2_F(a_2)$ °F = 86 °F olur. Oysa 25/30 ≠ 77/86. Böylece (35)'in yerine gelmediğini, dolayısıyla Sıcaklık niceliğinin oran ölçeğinde olmadığını görüyoruz. Öte yandan sıcaklık dereceleri ve genel olarak Sıcaklık gibi aralık ölçeğindeki niceliklerin değerleri arasındaki farklar aşağıdaki koşulu yerine getirir.

G aralık ölçeğinde bir nicelik olup, f^1_G, f^2_G ... *G*'ye ilişkin ölçek fonksiyonları, a_1 ile a_2 ise *G* niceliğini taşıyan iki nesne dizgesi olsun. *G* niceliğine özgü bir dönüştürme fonksiyonu gereği şu eşitlikleri elde ederiz:

(38) $f^2_G(a_1) = k f^1_G(a_1) + l$

(39) $f^2_G(a_2) = k f^2_G(a_2) + 1$

Burada *k* bir pozitif reel sayı, *l* ise herhangi bir reel sayı olabilir. $f^1_G(a_2) > f^1_G(a_1)$ olsun. O zaman $f^2_G(a_2) > f^2_G(a_1)$ olur. Sözü geçen (38) ile (39) eşitliklerinden şu eşitliği elde ederiz:

(40) $f^2_G(a_2) - f^2_G(a_1) = k\ [f^1_G(a_2) - f^1_G(a_1)]$

Dolayısıyla, *G* niceliğini taşıyan a_1 ve a_2 gibi tüm nesne dizgeleri için

(41) $[f^2_G(a_2) - f^2_G(a_1)] / [f^1_G(a_2) - f^1_G(a_1)] = k$

koşulu yerine gelir. Bu koşuldaki *k* reel sayısı a_1 ile a_2 nesne dizgelerinden bağımsız olmakla birlikte f^1_G ile f^2_G ölçek fonksiyonlarına bağlıdır. "Aralık ölçeği" terimindeki "aralık" sözcüğü $f^1_G(a_2) - f^1_G(a_1)$ biçimindeki aralıklara (farklara) ilişkindir. Dikkat edilirse (40) ya da eşdeğeri olan (41) koşulu, aralıklar (farklar) arasındaki bazı bağıntıların ölçek fonksiyonlarından bağımsız olmasını sağlar. Söz gelişi a_1, a_2, a_3 ve a_4, *G* niceliğini taşıyan dört nesne dizgesi olduğunda, $f^1_G(a_4) - f^1_G(a_3) = r[f^1_G(a_2) - f^1_G(a_1)]$ olsun. Söz konusu (4) koşulu gereği, $f^2_G(a_4) - f^2_G(a_3) = k\ [f^1_G(a_4) - f^1_G(a_3)]$ ve $f^2_G(a_2) - f^2_G(a_1) = k[f^1_G(a_2) - f^1_G(a_1)]$. O halde $f^2_G(a_4) - f^2_G(a_3) = k[f^1_G(a_4) - f^1_G(a_3)] = k\,r[f^1_G(a_2) - f^1_G(a_1)] = r[k(f^1_G(a_2) - f^1_G(a_1)]$

$= r[f_G^2(a_2) - f_G^2(a_1)]$ elde edilir. Örnek olarak Sıcaklık niceliğini ele alalım. 60 °C - 20 °C = 2(30 °C - 10 °C). Aynı bağıntı °F için geçerlidir. Örneğin 90 °F - 50 °F = 2(45 °F - 24 °F).

Burada belirtilmesi gereken önemli bir nokta, sıcaklık Kelvin (K) birimi ile ölçüldüğünde, oran ölçeğinde bir niceliğe dönüşür. Oran ölçeğinin aralık ölçeğinden farkı, ölçülen niceliğin aralık ölçeğinin bütün özelliklerini yerine getirmesi dışında, bu niceliğin *gerçek sıfır* değerini alabilmesidir. Bir niceliğin "gerçek sıfır" değerini alması, niceliği ölçülen nesne dizgesinin o nicelikten tümüyle *yoksun* olduğu anlamına gelir. İşte Kelvin sıcaklık biriminde gerçek sıfır bulunur. Bu nedenle Kelvin birimindeki ölçümler *mutlak sıcaklık* ölçümleridir. Fiziksel olarak bir nesne dizgesinin sıcaklığının 0 K olarak ölçülmesi, o nesne dizgesinin bulunduğu yerde hiçbir devinim olmaması ve dolayısıyla hiçbir sıcaklığı olmaması anlamına gelir.

Bu gün havanın en düşük sıcaklığının 15 °C, yarın ise en yüksek sıcaklığının 30 °C olduğunu varsayalım. Buna göre ikinci sıcaklık derecesinin birincisinin iki katı olduğunu söyleyebilir miyiz?

SIRA SİZDE 3

Sırasal Ölçek

Sertlik, Parlaklık, vb. belirlenebilir özelliklerin değerleri arasında doğrusal sıralama bulunmaktadır. Dolayısıyla bu özelliklere nicelik diyebiliriz. Ancak bu özellikler ne oran ölçeğinde ne de aralık ölçeğinde niceliklerdir. Bu niceliklerin, *sırasal ölçek*te nicelikler olduğu söylenir. Örnek olarak F olarak göstereceğimiz Sertlik özelliğini ele alalım. Bu belirlenebilir özelliğin değerleri, (katı halde bulunan) minerallerin sertlik derecelerini oluşturur. Bu minerallerin taşıdıkları sertlik derecelerinin sayısal değerleri $f_F^1, f_F^2, \ldots$ ölçek fonksiyonları ile belirlenir. Herkesçe bilinen Mohs sertlik ölçeğini f_F^1 olarak gösterelim. f_F^1'nin değerlerini belirlemek için önce mineraller arasında "daha sert olma" ile "aynı sertlikte olma" gibi iki bağıntı tanımlanır. a_1 ile a_2 gibi iki farklı mineralden oluşan katı parçaları birbirine sürttüğümüzde:

(i) Eğer a_1, a_2'yi çizer ama a_2, a_1'i çizmezse, a_1'in a_2'den *sert* olduğu söylenir.
(ii) Eğer a_1, a_2'yi çizmez ve a_2, a_1'i çizmezse, a_1 ile a_2'nin *aynı sertlikte* olduğu söylenir.

Buna göre ya a_1, a_2'den serttir ya a_2, a_1'den serttir, ya da a_1 ile a_2 aynı sertliktedir. f_F^1 fonksiyonunun değerleri, en az sertten (talk) en çok sert olana (elmas) doğru sıralanmış aşağıdaki on farklı mineral parçaları olan $a_1, \ldots, a_{10}$ ise, $f_F^1(a_1) = 1, \ldots, f_F^1(a_{10}) = 10$ eşitlikleriyle belirlenir. Bu on farklı mineralden başka bir mineralden yapılmış c gibi bir cisim verildiğinde, sözgelişi c, a_1'i çizer ama a_2 tarafından çizilirse, c, a_1'den sert ama a_2'den yumuşak olur. Dolayısıyla $f_F^1(c) = 1.5$ eşitliği ortaya konulabilir. Örneğin, burada c, bir grafit parçası olabilir.

f_F^1 ölçek fonksiyonu yerine, minerallerin (genel olarak homojen katı maddelerin) sertlik derecelerini belirleyen, f_F^2 örneğin, gibi bir ölçek fonksiyonu kullanılabilirdi, öyle ki: $f_F^2(a_1) = 2, \ldots, f_F^2(a_{10}) = 20$. Buna göre $f_F^2(a) = 2f_F^1(a)$. Ancak Sertlik ve benzeri niceliklere ilişkin dönüştürme fonksiyonları, k bir pozitif reel sayı olmak üzere, $f_F^i(a) = kf_F^1(a)$ biçimi ile sınırlı değildir. Aralık ölçeğinde gördüğümüz, k bir pozitif reel sayı olmak üzere, $f_F^i(a) = kf_F^1(a) + l$ biçiminde olabildiği gibi, örneğin, $f_F^i(a) = [f_F^1(a)]^2$ ya da $f_F^i(a) = k[f_F^1(a)]^2 + l$ biçiminde de olabilir. Dolayısıyla sırasal ölçeğe ilişkin dönüştürme fonksiyonlarının, aralık ölçeğine ilişkin dönüştürme fonksiyonlarının (41) koşulunu yerine getirmesi gerekli değildir. Böylelikle sırasal ölçeğin aralık ölçeğinden olan farkını da görmüş oluyoruz. Genel olarak sırasal ölçeğin uygulandığı Sertlik ve benzeri niceliklere özgü dönüştürme fonksiyonları $f_F^i(a) = g[f_F^1(a)]$ biçimindedir, öyle ki, g, reel sayılar arası bire-bir monoton-büyüyen bir fonksiyonudur; yani, $f_F^1(a_2) > f_F^1(a_1)$ ise $f_F^i(a_2) > f_F^i(a_1)$.

Adlandırıcı Ölçek

Gerçekçilik-karşıtı görüşte belli türden nesne dizgelerine beli kurallar gereği birer reel sayı tekabül ettiren her bire-bir fonksiyon geniş anlamda bir niceliktir. Örneğin bir okulun öğrencilerine okul numaraları, bir ülkenin vatandaşlarına kimlik numaralarının verilmesi bu gibi niceliklere örnektir. Bu numaralar isteğe bağlı değiştirilebilir, yeter ki (i) aynı numara farklı nesnelere verilmesin ve (ii) farklı nesnelere aynı numara verilmesin. Dolayısıyla tüm bire-bir reel sayı fonksiyonları bu gibi niceliklere özgü dönüştürme fonksiyonları olur. Bu türlü niceliklerin *adlandırıcı (nominal)* ölçekte olduğu söylenir. Genel olarak adlandırıcı ölçeğin uygulandığı niceliklere özgü dönüştürme fonksiyonları $f_F^i(a) = g[f_F^1(a)]$ biçimindedir, öyle ki, g, reel sayılar arası bire-bir bir fonksiyondur.

Niceliklerin Ölçülmesi

Şimdi ana konumuz olan nicelikleri *ölçme* işlemlerini inceleyelim. a bir nesne dizgesi, F ise a'nın (t zamanında ve u yerinde) taşıdığı bir nicelik, yani bir belirlenebilir niceliksel özellik olsun. F'nin değerleri, bu belirlenebilirin altındaki belirlenmiş niceliksel özelliklerdir. *Ölçme*, a nesne dizgesinin t zamanında ve u yerinde F niceliğinin hangi değerini taşıdığını gözlem ve/veya deneyle saptanması demektir. Burada şu iki koşul yerine gelmelidir:

(i) t zamanı ve u yeri, taşınılan değerin tek olmasını sağlamalı.
(ii) Ölçmeyi yapan bilim insanı (gözlemci veya deneyci) gözlem ve/veya deney sonucunu bir birim kullanarak belirtmelidir.

Örneğin

(38) a çubuğunun uzunluğu 5 metreye eşittir.

önermesini ele alalım. Söz konusu (38) önermesinin gerçekçilik görüşündeki mantıksal yapısı

(42) *Uzunluk (a)* = 5 metre

gerçekçilik-karşıtlığı görüşünde ise

(43) $f_{Uzunluk}^1(a) = 5$

yani

(44) a çubuğunun metre-olarak-uzunluğu 5 sayısına eşittir.

biçimindedir. Dikkat edilirse, gerçekçilik-karşıtlığı görüşünde “uzunluk” kavramı yerine “metre-olarak-uzunluk”, “desimetre-olarak-uzunluk”, “santimetre-olarak-uzunluk” gibi farklı kavramlar vardır. Bu görüşte, söz gelişi “5 m” ile “500 cm” özdeş değildir; ancak biri öbüründen uzunluğa özgü bir dönüştürme fonksiyonu yardımıyla türetilebilir. Gerçekçilik görüşünden ise daha önce belirtildiği gibi 5 m ile 500 cm özdeş varlıklar, yani özdeş nicelik değerleridir.

Toplanabilir bir niceliğin değerlerinin ölçülmesi, bu niceliğe özgü bitiştirici toplama işlemine dayanarak şöyle açıklanabilir. Örnek olarak sözü geçen (38) önermesini ele alalım. Bu önerme bir gözlem önermesidir. Önermeyi gözlem ve/veya deneyle sınamak, yani doğrulamak veya yanlışlamak bir ölçme işlemi olduğundan, (38) gibi önermelere *ölçme önermesi* diyoruz. (38) ölçme önermesini sınamak için şöyle bir deney yapılabilir. Paris’teki standart metre b_0 olduğunda, b_0 ile *aynı uzunluk*ta sınırsız sayıda çubuğun bulunduğunu varsayıyoruz. b_1, b_2, b_3 ve b_4 sözü geçen b_0 çubuğuyla aynı uzunlukta olan çubuklar olsun. Bu beş çubuğu art arda aynı doğru üzerinde bitiştirerek $b_0 + b_1 + b_2 + b_3 + b_4$ bitiştirici toplamı elde ederiz. Bu toplamın uzunluğu, onu oluşturan b_0, b_1, b_2, b_3 ve b_4 çubuklarının uzunluklarının toplamına eşit olduğundan, bu uzunluk 1 + 1 + 1 + 1 + 1 metre yani 5 metreye eşittir. Eğer $b_0 + b_1 + b_2 + b_3 + b_4$ çubuğu, uzunluğunu ölçtüğümüz *a* çubuğuyla aynı uzunlukta ise, *a*’nın uzunluğunun 5 m’ye eşit olduğu, yoksa olmadığı bu ölçme deneyi sonucu olarak saptanır.

Özet

AMAÇ 1

Bilimsel yöntemin bir fiziksel işlemi olan gözlemin ne olduğunu açıklamak ve tartışmak.

Gözlemin yapısı genellikle şu öğelerden oluşur: Gözlemci, gözlem aygıtı, gözlemlenen nesne dizgesi, gözlemin zaman ve yeri, gözlem verileri ve gözlem sonucu.

AMAÇ 2

Bilimsel yöntemin ikinci bir fiziksel işlemi olan deneyin ne olduğunu açıklamak ve tartışmak.

Deney, koşulları deneycinin müdahalesi yoluyla hazırlanmış bir gözlem demektir. Genellikle deney, “a nesne dizgesi t_1 anında D_1 nesne-durumunda ise, a nesne dizgesi t_2 anında D_2 nesne-durumunda olur mu?” biçimindeki deneye yol açan soruyu yanıtlamak amacıyla yapılan bir işlemdir. Sözü geçen sorunun olumlu yanıtı, “a nesne dizgesi t_1 anında D_1 nesne-durumunda ise, a nesne dizgesi t_2 anında D_2 nesne-durumunda olur” biçimindeki koşullu gözlem önermesi biçimindedir.

AMAÇ 3

Bilimsel yöntemin üçüncü bir fiziksel işlemi olan ölçmenin ne olduğunu açıklamak ve tartışmak.

Ölçme, gözlem ve/veya deney konusu olan nesne dizgelerinin niceliksel özelliklerine sayısal değer verme işlemidir. Ölçme işlemi, *gerçekçi* ile *gerçekçilik-karşıtlığı* görüşlerinde farklı biçimlerde belirlenir. *Gerçekçi görüşte*, F niceliğinin değerlerinin ölçülmesi için, *F-lik* fonksiyonunun F^*, F^{**}, F^{***}, … değerlerine birer reel sayı tekabül ettiren ϕ_F^1, ϕ_F^2, ..., ϕ_F^i, ... sayısal değer fonksiyonları kullanılır. Her sayısal değer fonksiyonu F niceliğinin ayrı bir *birimi*ni belirler. a nesne dizgesinin ϕ_F^i’nin belirlediği birim olarak *F-lik*’in (örneğin *Uzunluk*’un, *Sıcaklık*’ın, …) değeri ϕ_F^i(*F-lik* (a))’ya eşittir. $f_F^i(a) = \phi_F^i$(*F-lik* (a)), $i = 1, 2, 3,$ … biçiminde tanımlanan fonksiyonlarına f_F^i niceliğine özgü *ölçek fonksiyonları* denir. *Gerçekçilik-karşıtlığı* görüşünde *F-lik* fonksiyonunun varlığı yadsınıp, f_F^i, $i = 1, 2, 3,$ … ölçek fonksiyonları *ilkel* fonksiyonlar sayılır. f_F^2, f_F^3, … ölçek fonksiyonları f_F^1 ’den dönüştürme fonksiyonları yardımıyla türetilir. Dönüştürme fonksiyonlarının türüne göre *oran ölçeği, aralık ölçeği, sırasal ölçek* ve *adlandırıcı ölçek* olmak üzere dört çeşit *ölçek* tanımlanır.

Kendimizi Sınayalım

1. "23 Eylül 1846 tarihinde ve Le Verrier'in hesapladığı koordinatların belirttiği uzay bölgesinde Güneş'in bir gezegeni bulunuyor mu?" gözlem sorusu, aşağıdaki genel soru biçimlerinden hangisini örnekler?

a. *t* anında ve *u* yerinde *F* nesne-dizgesi türünden bir nesne dizgesi var mı?
b. *t* zaman anında *u* yerinde bulunan *a* nesne dizgesi, *F* özelliğini taşıyor mu?
c. *a* nesne dizgesi *t* zamanında *u* bölgesinde bulunuyor mu?
d. *t* zaman anında *u* yerindeki *a* nesne dizgesi, *F* belirlenebilir özelliğinin değeri olan hangi belirlenmiş özelliği taşır?
e. *a* nesne dizgesinde *u* yerinde ve [t_1, t_2] zaman aralığında hangi *F*-olayı meydana geliyor?

2. Aşağıdakilerden hangisi gözlemin yapısını oluşturan öğelerden biri **sayılmaz?**

a. Gözlemci ile gözlem aygıtı
b. Gözlemlenen nesne dizgesi ile gözlemin yapıldığı yer ve zaman
c. Gözlemin yapıldığı ülkenin sosyoekonomik yapısı
d. Gözlem verileri
e. Gözlem sonucu

3. Aşağıdakilerden hangisi bilim felsefesinde gözlem kavramına ilişkin bir sorun **sayılmaz?**

a. Hangi türden işlemlerin gözlem olarak ele alındığı
b. Hangi tür gözlem aygıtlarının daha güvenilir olduğu
c. Hangi tür nesne dizgelerinin varlık olarak ele alındığı
d. Gözlem önermelerinin ifade ettiği bilgi ile gözlemsel-olmayan önermelerin ifade ettiği bilgi arasındaki farkın kesin olup olmadığı
e. Gözlem önermelerinin ifade ettiği bilginin, teori öğesi kapsayan önermelerin ifade ettiği bilgiden bağımsız olup olmadığı

4. "*a* hidrojen gazı kitlesi t_1 zamanında *u* yerinde oksijenle tepkimeye girerse, tepkimenin bittiği t_2 zamanında *u* yerinde bir su kitlesi var olacak mı?" deney sorusu aşağıdaki genel soru biçimlerinden hangisini örnekler?

a. *a* nesne dizgesi *t* zamanında *D* nesne-durumunda mıdır?
b. *a* nesne dizgesi *t* zamanında *u* yerinde *F* belirlenebilir özelliğinin değeri olan bir belirlenmiş özellik taşır mı?
c. *a* nesne dizgesinde *u* yerinde ve [t_1, t_2] zaman aralığında *F*-olayı meydana gelir mi?
d. *a* nesne dizgesi *t* zamanında *u* yerinde *F* özelliğini taşır mı?
e. *a* nesne dizgesi t_1 zamanında *u* yerinde *D* nesne-durumunda ise, t_2 zamanında *u* yerinde *F* olan bir şey var mı?

5. Aşağıdakilerden hangisi renk benzerliği bağıntısı için söylenebilir?

a. Yansımasız, bakışımsız ve geçişsizidir.
b. Yansımalı, bakışımsız ve geçişsizdir.
c. Yansımalı, bakışımlı ve geçişlidir.
d. Yansımalı, bakışımlı ve geçişsizdir.
e. Yansımasız, bakışımsız ve geçişlidir.

6. Aşağıdakilerden hangisi oran ölçeğinde bir nicelik **değildir?**

a. Uzunluk
b. Kütle
c. Sıcaklık
d. Hız
e. Kuvvet

7. *k* herhangi bir pozitif reel sayı, *l* ise herhangi bir reel sayı olmak üzere, aşağıdakilerden hangisinin aralık ölçeğinin dönüştürme fonksiyonu olduğu söylenebilir?

a. $f^i_F(a) = kf^1_F(a) + l$
b. $f^i_F(a) = kf^1_F(a)$
c. $f^i_F(a) = [f^1_F(a)]^2$
d. $f^i_F(a) = k[f^1_F(a)]^2 + l$
e. $f^i_F(a) = g[f^1_F(a)]$

8. Aşağıdakilerden hangisi sırasal ölçekte bir niceliktir?

a. Enerji
b. Kütle
c. Sıcaklık
d. Zaman süresi
e. Sertlik

9. f_G^i ile f_G^j iki farklı ölçek fonksiyonu, k bir pozitif reel sayı, G, aralık ölçeğinde bir nicelik olduğunda, G niceliğini taşıyan a_1 ve a_2 gibi tüm nesne dizgeleri için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

a. $f_G^i(a_1) / f_G^i(a_2) = f_G^j(a_1) / f_G^j(a_2)$
b. $f_G^2(a_2) - f_G^2(a_1) = k[f_G^1(a_2) - f_G^1(a_1)]$
c. $f_G^2(a_2) + f_G^2(a_1) = f_G^1(a_2) + f_G^1(a_1)$
d. $f_G^2(a_2) f_G^2(a_1) = f_G^1(a_2) f_G^1(a_1)$
e. $f_G^2(a_2) + f_G^2(a_1) = [f_G^1(a_2) + f_G^1(a_1)]^2$

10. Aşağıdakilerden hangisi adlandırıcı ölçekte bir niceliktir?

a. Parlaklık
b. Yumuşaklık
c. Sıcaklık
d. Kimlik numarası
e. Kütle

Okuma Parçası

Ölçme ister geniş, ister dar anlamda alınsın daima bir çeşit ölçeğin kullanılmasını gerektirir. Ölçek, ... bir işaret (rakam) sisteminden [dizgesinden] başka bir şey değildir. Sistem derken sistemde yer alan işaretlerin sabit aralıklarla belli bir sıralanışını belirtmek istiyoruz. Bir ölçeğin niteliğini, nesnel şeyleri rakamlarla belirleme işleminde izlenen kural veya kurallar belirler. Uygulamada rakamların farklı kullanışı farklı ölçeklerden söz etmemize yol açmıştır. En basit düzeyde rakamlar nesneleri birbirinden ayırt edici işaret olarak kullanılır. Örneğin, bir futbol takımında oyuncuların sırtlarında taşıdıkları rakamlar böyle ayırt edici veya adlandırıcı işaretlerdir. Daha üst düzeyde rakamlar belli bir nitelik yönünden sıralanan nesnelerin sırasını veya sıra içindeki yerini göstermek amacı ile kullanılır. Örneğin, bir güzellik yarışmasında güzellerin birinci, ikinci, üçüncü, ... diye sıralanması gibi. En üst düzeyde rakamlar nesnelere ait niteliklerin miktar veya kantitesini veya bunlar arasındaki ilişkileri belirtmek amacıyla kullanılır. Örneğin bir küme veya çokluğun sayısını veya nesnelere ait ağırlık, uzunluk, yoğunluk gibi büyüklüklerin miktarını belirten rakamlar.

Ancak hemen belirtmeli ki, rakamların şu veya bu düzeyde kullanılması kişinin serbest seçim veya isteğine bağlı değildir. Nesnel şeylerin rakamlar gibi soyut işaretlerle belirlenmesi her şeyden önce iki sistem (rakamlar ve nesnel şeyler) arasında hiç değilse bir yönden bir eş-biçimliliğin (isomorphism) var olması ile mümkündür. He iki sistemin de kendine özgü çeşitli nitelikleri vardır. Bu niteliklerin tümü arasında tam bir eşleşme, bir birebir karşılaşım sağlamak çok kez olanaksızdır. Nesnel şeylere ilişkin bazı görüntü ve nitelikler bu şeyleri sadece sınıflamamıza, bazıları sınıflama ile birlikte onları sıralamamıza, bazıları ise bu şeylerin aralarındaki farkların ve oranların (rasyoların) mukayesesine elverişli işlemler kullanmamıza olanak vermektedir. Aynı veya benzer işlemlerin hepsini rakam sisteminde de bulmaktayız. Rakam sisteminin elverdiği işlemlerin tümünü nesnel şeylere her zaman anlamlı olarak uygulamak olanağı yoktur.

İlgi konumuz nesnelerin niteliği, rakamların hangi düzeyde veya rakamlara ilişkin ne gibi işlemlerin kullanılabileceğini belirler. Biz genellikle ölçmeden rakamların en üst düzeydeki kullanılışını, yani nesnel şeylerin aralarındaki farkların ya da oranların karşılaştırılmasını sağlayıcı kullanışını anlarız. Ne var ki, birçok durumlarda rakamların ancak ilk ilki düzeydeki kullanışları ile yetinmek zorunluluğu vardır.

Rakamların farklı kullanışları, biraz önce de işaret ettiğimiz gibi, farklı ölçeklere yol açmıştır. Bunlar ölçme gücü yönünden en zayıftan en kuvvetliye doğru şöyle adlandırılmışlardır:

Nominal Ölçek [Adlandırıcı Ölçek]
Ordinal Ölçek [Sırasal Ölçek]
İnterval Ölçek [Aralık Ölçeği]
Rasyo Ölçek [Oran Ölçeği]

Kaynak: Yıldırım, C. (2010). **Bilim Felsefesi,** 13. Basım. İstanbul: Remzi Kitabevi, s. 85.

Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı

1. a Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Gözlem" bölümünü yeniden okuyun. Sadece a şıkkındaki soru ifadesi, bir nesne dizgesinin (Güneş'in bir gezegeni) varlığına ilişkin bir soru biçimidir.
2. c Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Gözlem" bölümünü yeniden okuyun. Sadece c şıkkındaki yanıt gözlemin yapısını oluşturan öğelerden biri değildir.
3. b Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Gözlem" bölümünü yeniden okuyun. a, c, d ve e şıklarında verilen yanıtların hepsi bilim felsefesi sorunlarıdır. Öte yandan bir gözlem aygıtının güvenilir olup olmadığı sorunu bilim ve teknolojiyi ilgilendiren bir sorun olduğundan doğru yanıt b şıkkıdır.
4. e Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Deney" bölümünü yeniden okuyun. Dikkat edilirse bir deney sorusu, bir deney koşulu önermesini de içeren koşullu bir sorudur. a - d şıklarının hiçbiri bir deney koşulu önermesini içermez; tek deney koşulu önermesini içeren şık e şıkkı olup, söz konusu soru biçimini örnekler.
5. d Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Ölçme" bölümünü yeniden okuyun. Renk benzerliği bağıntısının yansımalı, bakışımlı ama geçişsiz olduğunu anımsayacaksınız.
6. c Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Ölçme" bölümünü yeniden okuyun. a, b, d ve e'de belirtilen niceliklerin hepsi oran ölçeğinde olup, yalnız c şıkkında yer alan Sıcaklık oran ölçeğinde olmayan bir niceliktir. Nitekim Sıcaklık aralık ölçeğinde bir niceliktir.
7. a Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Ölçme" bölümünü yeniden okuyun. Aralık ölçeğinin dönüştürme fonksiyonunun a şıkkında belirtilen fonksiyon olduğunu anımsayacaksınız.
8. e Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Ölçme" bölümünü yeniden okuyun. a, b ve d şıklarında belirtilen nicelikler oran ölçeğinde, c şıkkında belirtilen nicelik ise aralık ölçeğindedir. Yalnız e şıkkında yer alan Sertlik sırasal ölçekte bir niceliktir.
9. b Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Ölçme" bölümünü yeniden okuyun. Yalnız b şıkkındaki eşitlik aralık ölçeği için geçerlidir. Diğer şıklarda verilen eşitlikler aralık ölçeği için geçerli değildir.
10. d Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Ölçme" bölümünü yeniden okuyun. a ve b şıklarında verilen nicelikler sırasal ölçekte, c şıkkında verilen nicelik aralık ölçeğinde, e şıkkında verilen nicelik de oran ölçeğindedir. Yalnız d şıkkında yer alan Kimlik numarası adlandırıcı ölçekte bir niceliktir.

Sıra Sizde Yanıt Anahtarı

Sıra Sizde 1

Merkür gezegeninin günberisindeki (*perihelion*) sapma Newton'un devinim yasaları ile genel çekim yasasının öndeyide bulunduğundan 38″ (38 ark sekant) / Julian asrı farklı idi. (1 Julian yılı = 365.25 gün.) Bu farklılığı ilk kez Le Verrier 1859'da fark etmiş ve 1697 - 1848 arası yapılmış gözlemleri yeniden değerlendirerek belirlemişti. (Bu farklılığın daha sonraları 43″ olduğu saptanacaktı.) Le Verrier, Neptün gezegeninin buluşundaki başarısından da esinlenerek, Merkür'ün günberisindeki sapmanın farklılığını bu sefer Güneş ile Merkür arasında bulunabilecek (*Vulcan* isimli) bir gezegenin varlığı ile açıklamaya çalıştı. Başka bir deyişle Newton'un devinim yasaları ile genel çekim yasasına dayanarak böyle bir öndeyide bulundu. Ancak bu sefer yapılan gözlemler bu öndeyiyi doğrulamadı. Bu anlatılanlara dayanarak ilgili gözlem sorumuzu söyle ifade edebiliriz:

(i) Le Verrier'in hesapladığı koordinatların belirttiği uzay bölgesinde Güneş'in bir gezegeni bulunuyor mu?

Bu sorunun yanıtı, bu sefer olumsuzdur. Yani belirtilen koordinatlarda öndeyisinde bulunulan gezegene rastlanmamıştır. (i)'in genel biçiminin

(ii) t zamanında ve u yerinde F nesne-dizgesi türünden bir nesne dizgesi var mı?

olduğunu, olumsuz yanıtının genel biçiminin de son çözümlemede

(iii) Her x için, x, t zamanında u yerinde bulunan bir nesne dizgesi ise, x, F nesne-dizgesi türünden değildir

olduğunu söylemiştik. Aslında (iii), tümel-koşullu bir önerme olup, ilkece sonsuz örneği olduğundan doğrulanamaz. Ancak, anımsanacağı gibi, eğer t zamanının süresi yeterince kısa ve u uzay bölgesinin uzanımı yeterince küçük olursa, sözü geçen koşulun yerine gelebileceğini söylemiştik. Nitekim yukarıdaki örnekte sözde-Vulcan gezegeninin bulunup bulunmadığı sınırlı bir uzay bölgesinde, dolayısıyla sınırlı bir süre içinde, araştırılmış ve gözlemler sonucunda bulunmadığına karar verilmiştir.

Sıra Sizde 2

Deneyci t_1 zamanında *u* yerinde bir kaptaki bir miktar sülfür kitlesini bir kıvılcımla tutuşturup yakıyor, böylece bu kitleye bir müdahalede bulunmuş oluyor. Bu sülfür kitlesi *a* olsun. *a* 'nın havadaki oksijenle tepkimesi t_2 zamanında bitsin. Deneyci, tepkimenin bittiği t_2 zamanında *u* yerinde bir sülfür dioksit gazı kitlesinin açığa çıktığını gözlemliyor. Dolayısıyla bu deneye yol açan soru şöyle dile getirilebilir:

(i) *a* sülfür kitlesi t_1 zamanında *u* yerinde oksijenle tepkimeye girerse, tepkimenin bittiği t_2 zamanında *u* yerinde sülfür dioksit gazı açığa çıkacak mı?

Bu soru ise açık olarak

(ii) *a* nesne dizgesi t_1 zamanında *u* yerinde *D* nesne-durumunda ise, t_2 zamanında *u* yerinde *F* olan bir şey var olur mu?

biçimindedir. Öte yandan bu deneyin (S: Sülfür; O_2: Oksijen; SO_2: Sülfür dioksit olarak verildiğinde)

$$S + O_2 \rightarrow SO_2$$

formülüyle ifade edilen kimyasal tepkimeyi dile getiren hipotezi sınamak amacıyla yapıldığı söylenebilir. Bu hipoteze göre bir sülfür kitlesinin yanmasıyla (yani oksijenle tepkimeye girmesiyle) sülfür dioksit gazı elde edilir.

Sıra Sizde 3

Eğer sıcaklık K (Kelvin) birimi dışında (°C, °F gibi) bir birimle ölçülüyorsa, ölçüm oran ölçeğinde değildir. Dolayısıyla sıcaklığın 15 °C'tan 30 °C'ta yükselmesi sıcaklığın iki kat artması anlamına gelmez. Kaç kat arttığını anlamak için önce Kelvin'e çevirmek gerekir. *G*, Sıcaklık, f^1_G , sıcaklığı "derece santigrat" (°C) olarak belirleyen ölçek fonksiyonu, de sıcaklığı "Kelvin" (K) olarak belirleyen ölçek fonksiyonu f^3_G olsun. Buna göre *a* bir nesne dizgesi olduğunda, $f^3_G(a) = f^1_G(a) + 273$ dönüştürmesi (kısaca K = °C + 273) f^1_G ile f^3_G 'ün tanımlarından türetilebilir. (Tam olarak 0 °C = 273.15 K.) Dolayısıyla 15 °C'ın karşılığı (15 + 273) K = 288 K, 30 °C'ın karşılığı da (30 + 273) K = 303 K'dir. Buna göre havanın sıcaklığı 288 K'den 303 K'e yükselmiştir. Dolayısıyla sıcaklığın artış oranı 303 / 288 ≈ 1.05 tir.

Yararlanılan ve Başvurulabilecek Kaynaklar

Arabatzis, T. (2008). "Experiment", in S. Psillos and M. Curd (eds.), **The Routledge Companion to Philosophy of Science,** London and New York: Routledge, s. 159 - 170.

Bogen, J. (2010). "Theory and Observation in Science", **The Stanford Encyclopedia of Philosophy** (*Spring 2010 Edition*), Edward N. Zalta (ed.), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/spr2010/entries/science-theory-observation/>.

Chang, H. and Cartwright, N. (2008). "Measurement", in S. Psillos and M. Curd (eds.), **The Routledge Companion to Philosophy of Science,** London and New York: Routledge, s. 367 - 375.

Franklin, A. (2010). "Experiment in Physics", **The Stanford Encyclopedia of Philosophy** (*Spring 2010 Edition*), Edward N. Zalta (ed.), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/spr2010/entries/physics-experiment/>.

Grünberg, D. (2005). "Doğa Bilimleri Felsefesinde Fiziksel Nicelikler Problemi", **Yaman Örs Armağanı.** Yayına Hazırlayanlar: Prof. Dr. İlter Uzel *et al*., Adana: Çukurova Üniversitesi Basımevi, s. 421 - 434.

Hacking, I. (1983). **Representing and Intervening.** Cambridge: Cambridge University Press.

Hempel, C. G. (1965). **Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science.** Chicago and London: The University of Chicago Press.

Huang, K. (2007). **Fundamental Forces of Nature.** Singapore: World Scientific Publishing Co.

Johnson W. E. (1964). **Logic:** Part I, Ch. XI and Ch. XIV. New York: Dover Publications.

Kukla, A. (2008). "Observation", in S. Psillos and M. Curd (eds.), **The Routledge Companion to Philosophy of Science,** London and New York: Routledge, s. 396 - 404.

Yıldırım, C. (1971). **Science: Its Meaning and Method.** Ankara: METU Faculty of Arts and Sciences Publications No: 21, Başnur Matbaası.

Yıldırım, C. (2010). **Bilim Felsefesi** (13. Basım). İstanbul: Remzi Kitabevi.

3

Amaçlarımız

Bu üniteyi tamamladıktan sonra;

- Bilimsel açıklamaya yol açan niye sorularını ifade edebilecek,
- Yasacı açıklama modelinin ne olduğunu ifade edebilecek ve tartışabilecek,
- Birleştirici açıklama modellerini ifade edebilecek ve tartışabilecek,
- Pragmatik açıklama modelini ifade edebilecek ve tartışabilecek,
- Nedensel-düzeneksel açıklama modelini ifade edebilecek ve tartışabileceksiniz.

Anahtar Kavramlar

- Açıklamaya yol açan niye soruları
- Tümdengelimsel-yasacı açıklama
- Açıklayan-önerme
- Başlangıç önermesi
- Yasa-görünümünde önerme
- Açıklanan-önerme
- Yaklaştırma yoluyla açıklama
- Açıklanan-olay
- Bilimsel öndeyi
- Bilgisel olasılık
- Varlıksal olasılık
- İstatistiksel Olasılık
- Olasılıksal tümdengelimsel-yasacı açıklama
- Olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklama
- Birleştirici açıklama
- Şematik çıkarım
- Şematik önerme
- Pragmatik açıklama
- Alternatif açıklanan-önermeler kümesi
- Alternatif açıklanan-önerme
- Nedensel-düzeneksel açıklama
- Nedensel süreç
- Nedensel etkileme
- Sözde-süreç

İçindekiler

Bilim Felsefesi → Bilimsel Açıklama →

Bilimsel Açıklama

GİRİŞ

Daha önce Ünite 1'de belirttiğimiz gibi, bilimin amacı bir yandan konusuna giren olgular hakkında bilgi üretmek, öbür yandan bilgisine erişilen olguların açıklamasını sağlamaktır. İnsanlar yalnız bilim alanında değil, gündelik yaşamda ve genel olarak yaşamın kimi alanlarında karşılaştıkları olay ve olguları, ilgilerini çektiği ölçüde, açıklamayı amaçlarlar. Açıklama biçimleri alana göre değişik olabilir. Bilim alanında, olguların açıklanması bilimsel yönteme dayanarak yapılır. Dolayısıyla böyle bir açıklamaya *bilimsel açıklama* denir. Örneğin bir kap içindeki gaz kitlesinin basınçlı olmasını, gazı oluşturan moleküllerin kabın yüzeyine çarpması olgusu ile açıklamak bir bilimsel açıklamadır. Bu ünitede çeşitli bilimsel açıklama modellerini inceleyeceğiz. Bundan böyle "açıklama" sözcüğünü genellikle "bilimsel açıklama" anlamında kullanacağız.

BİLİMSEL AÇIKLAMAYA YOL AÇAN NİYE SORULARI

Açıklamalar, açıklanması istenilen olgulara göre farklı çeşitlere ayrılabilir. Böylece açıklamalar, yalın olguların açıklamaları ile düzenliliklerin açıklamalarına, ikincileri de yer ve zamanla sınırlı düzenliliklerin açıklamaları ile sınırsız doğa yasalarının açıklamalarına ayrılır. Örneğin Neptün gezegeninin belli bir t zamanında belli bir u yerinde bulunmasının açıklaması bir yalın olgu açıklamasıdır. Öte yandan Güneş'in gezegenlerinin yörüngesinin yaklaşık olarak elips biçiminde olmasının açıklaması bir sınırlı düzenlilik açıklaması, Newton'un genel çekim yasasının açıklaması ise bir doğa yasası açıklamasıdır.

Daha önce belirttiğimiz gibi her olgu bir gerçek durum, her durum bir önermenin karşılığıdır. Sözü geçen olgu aynı zamanda karşılığı olduğu önermenin doğru kılıcısıdır. Durum ve olguları *A, B, C, ...* biçiminde ve bunların karşılığı olduğu önermeleri sırasıyla *"A", "B", "C", ...* biçiminde gösteriyoruz. *A,* herhangi bir durum olduğunda, *bilgi üretimine yol açan sorular* diyeceğimiz

(i) *A* durumu gerçek mi?

(ii) *A* durumu niye gerçektir?

biçiminde iki temel soru vardır. Dikkat edilirse (ii) sorusunu sorabilmek için (i) sorusunun yanıtı olumlu olmalıdır. Başka bir deyişle

(iii) *A* durumu gerçektir

A durumu gerçek mi? sorusu, **sınamaya yol açan soru**dur. *A* durumu yalın ise, bu soru **gözleme yol açan soru**, *A* durumu olanaklı bir düzenlilik ise, bu soru **hipotez sınamaya yol açan soru** olarak adlandırılır. Öte yandan "*A* durumu niye gerçektir?" sorusu, **açıklamaya yol açan niye-sorusu**dur.

önermesi (ii) sorusunun bir öndayanağıdır. (i) sorusuna **sınamaya yol açan soru,** (ii) sorusuna ise **açıklamaya yol açan niye-sorusu** diyeceğiz. *A* durumu yalın ise sınamaya yol açan (i) sorusu **gözleme yol açan soru** olur. Eğer *A* durumu olanaklı bir düzenlilik ise, *"A"* önermesi bir hipotez olduğundan, (i) sorusuna **hipotez sınamaya yol açan soru** diyeceğiz.

Örneğin bir manometreye bağlı ve gaz ile dolu kapalı kaptan oluşan *a* gibi bir nesne dizgesini ele alalım. Buna göre:

(1) *a* gaz kitlesinin basıncı, $[t_1, t_2]$ zaman aralığında 1 atmosferden 2 atmosfere geçiyor mu?

sorusu, (i) biçiminde sınamaya yol açan bir soru,

(2) Niye *a* gaz kitlesinin basıncı, $[t_1, t_2]$ zaman aralığında 1 atmosferden 2 atmosfere geçiyor?

sorusu, (ii) biçiminde açıklamaya yol açan bir sorudur. (Dikkat edilirse (1) sorusu (i) biçimindeki "*a* gaz kitlesinin basıncının $[t_1, t_2]$ zaman aralığında 1 atmosferden 2 atmosfere geçmesi durumu gerçek mi?" sorusuyla eşdeğerdir.) Buna göre (1) sorusu gözleme (veya deneye) yol açan bir soru, (2) sorusu da bilimsel açıklamaya yol açan bir niye-sorusudur.

Görüldüğü gibi (1) sorusu gözleme yol açan bir soru, (2) sorusu da yalın olgu açıklamasına yol açan bir niye-sorusudur. Öte yandan,

(3) Her ideal gaz kitlesinin sabit sıcaklıktaki basıncı hacmi ile ters orantılı mı?

bir hipotez sınama sorusudur. (3) sorusunun olumlu yanıtı olan bu hipotez, Boyle-Mariotte yasasını dile getiren önerme, yani "Her ideal gaz kitlesinin sabit sıcaklıktaki basıncı hacmi ile ters orantılıdır" tümel-koşullu önermesidir. Buna karşılık,

(4) Niye her ideal gaz kitlesinin sabit sıcaklıktaki basıncı hacmi ile ters orantılıdır?

sorusu, bir düzenlilik açıklamasına yol açan bir niye-sorusudur.

Bilim felsefesinde, bilim insanlarının niye-sorularına yanıt olarak yaptıkları açıklamaları betimlemek amacıyla farklı bilimsel açıklama modelleri ortaya konulmuştur. Bu modellerin başlıcalarını inceleyip her birinin yol açtığı sorunları gözden geçireceğiz. Bu modeller sırasıyla *yasacı, birleştirici, pragmatik* ve *nedensel-mekanik* açıklama modelleridir. İlk üç model *epistemik (bilgisel),* sonuncusu da (Wesley C. Salmon tarafından) *ontik (varlıksal)* olarak nitelenmiştir.

YASACI AÇIKLAMA MODELİ

"Niye *A*?" biçiminde herhangi bir bilimsel açıklamaya yol açan niye-sorusunu ele alalım. Soruda sözü edilen *A* olgusunun karşılığı olduğu *"A"* önermesine *açıklanan-önerme,* sorunun yanıtını oluşturan önermelerin bütününe *açıklayan-önerme* denir. Yasacı açıklama modelinde, açıklayan-önerme en az bir yasa önermesini kapsamalıdır. Açıklanan-önerme, yasa önermesini kapsayan açıklayan-öneremeden tümdengelimsel ya da tümevarımsal bir çıkarımla türetilebilmelidir. Herhangi bir açıklamada, açıklanan-önerme, açıklayan-önermeden tümdengelimsel bir çıkarımla türetilebilirse, bu açıklamaya *tümdengelimsel-yasacı açıklama* denir. Tümdengelimsel-yasacı açıklamada, açıklayan-önermenin bileşenleri arasında en az bir olasılıksal yasa bulunursa, böyle bir açıklamaya *olasılıksal tümdengelimsel-yasacı açıklama* denebilir. Öte yandan açıklanan-önerme, açıklayan-önermeden bir tümevarımsal çıkarımla türetilebilirse, bu açıklamaya *olasılıksal tümevarımsal-yasacı* açıklama denir. Bu son iki açıklama biçimi *olasılıksal-yasacı* açıklama biçimi olarak adlandırılabilir. Aşağıda bu açıklama biçimlerini sırasıyla inceleyeceğiz.

Tümdengelimsel-Yasacı Açıklama

Tümdengelimsel-yasacı açıklamayı örneklendirmek için (2) niye-sorusunu ele alalım. Genel olarak "Niye *A*?" biçimindeki her niye-sorusu belli bir bağlam içinde sorulur. Bu bağlam, bir yandan soruyu soran *K* kişisi ile *K*'nin soruyu sorduğu *t* zamanı, öbür yandan *K* kişisinin *t* zamanındaki *arkaplan bilgileri*ni kapsar. Bu bilgiler *K*'nin üyesi olduğu bilim insanları topluluğunca pekiştirilerek *t* zamanında kabul edilmiş bilimsel önermeler (özellikle yasa önermeleri) ile *t* zamanında kabul edilmiş gözlem önermelerinin ifade ettiği tüm bilgiler demektir.

Örneğin (2) niye-sorusunun bağlamındaki *K* kişisi, sorusunu [t_1, t_2] zaman aralığından sonra gelen *t* gibi bir zamanda sormalıdır. *K*'nin arkaplan bilgisi ise *a* nesne-dizgesi konusunda, özellikle *a*'nın *u* yerinde t_1 ile t_2 anlarındaki nesne-durumlarına ilişkin bilgiler içermelidir. Sözgelişi, *a*'nın *u* yerinde t_1 anındaki nesne-durumunun (1 atm, 1 lt, 293 K) ve t_2 anındaki nesne-durumunun (2 atm, 0.5 lt, 293 K) olduğu; sıcaklığının da [t_1, t_2] zaman aralığındaki tüm anlarda sabit kaldığı arkaplan bilgisi *K*'nin *t* zamanındaki bilgi dağarcığının içinde bulunsun. Sözü geçen bu üç önermenin doğru olduğunu varsayıyoruz.

Şimdi genel olarak "Niye *A*?" biçimindeki bir niye-sorusunu ele alalım. Böyle bir sorunun *öndayanağı,*

(i) *"A"* önermesi doğrudur,

(ii) "Niye *A*?" sorusunun en az bir yanıtı vardır

koşullarından oluşur. "Niye *A*?" sorusunun bir *doğru yanıtı,*

(5) *A*, çünkü *B*

biçiminde doğru bir önermedir. Böyle bir önermeye *açıklama-önermesi* diyoruz. Söz konusu (5) açıklama-önermesinin *"A"* bileşeni, yukarıda belirtildiği gibi, *açıklanan-önerme, "B"* bileşeni de, "Niye *A*?" sorusunun yanıtını oluşturan önermelerin bütünü olduğundan, *açıklayan-önerme*dir. (5)'in doğru olması için hem *"A"* hem *"B"* önermeleri doğru olmalıdır. Dolayısıyla *"A"* ile *"B"* önermelerinin sırasıyla karşılığı olan *A* ile *B* durumları birer olgu olmalıdır. Buna göre *A* olgusuna *açıklanan-olgu, B* olgusuna da *açıklayıcı-olgu* denir.

Öte yandan *"A"* ile *"B"* önermelerinin ikisinin de doğruluğu (5) açıklama-önermesinin doğru olması için yeterli değildir. Açıklama-önermesini doğru kılan gerekli ve yeterli koşullar, genel olarak da (5) biçimindeki açıklama-önermelerinin yerine getirmeleri gereken koşullar, farklı bilimsel açıklama modellerinde farklı olabilir.

"*A*, çünkü *B*" açıklama-önermesinin **tümdengelimsel-yasacı bilimsel açıklama modeli**ndeki doğru olma koşulları şöyledir:

(i) "A" açıklanan-önermesi doğrudur.
(ii) "A" açıklanan-önermesi, "B" açıklayan-önermesinden bir tümdengelimsel çıkarımla türetilir.
(iii) "B" açıklayan-önermesi "$B_1 \wedge \ldots \wedge B_n \wedge C_1 \wedge \ldots \wedge C_k$" biçiminde bir tümel-evetleme önermesidir. (Burada "$\wedge$" simgesi tümel-evetleme eklemidir.) "B_1", ..., "B_n" bileşenlerinin her biri *başlangıç önermesi* denilen bir yalın

Tümdengelimsel-yasacı bilimsel açıklama modelinde, *A* olgusu, "B_1", ..., "B_n" başlangıç önermeleri ile "C_1", ..., "C_k" yasa-görünümlü önermelerden, *A* olgusunu betimleyen *"A"* önermesinin tümdengelimsel çıkarımla türetilmesiyle açıklanır.

önerme, "C_1", ..., "C_k" bileşenleri ise *yasa-önermeleri*dir. *"B"* açıklayan-önermesinin bileşenleri arasında en az bir yasa-önermesinin (yani "C_1" önermesinin) bulunması zorunludur. *"A"* açıklanan-önermesi yalın ise en az bir başlangıç önermesinin (yani "B_1" önermesinin) bulunması zorunludur. Ancak *"A"* yasa-önermesi ise hiçbir başlangıç önermesinin bulunmaması olanaklıdır.

(iv) *"B"* açıklayan-önermesi olumsal bir önermedir, yani *"B"* önermesinin doğru olması da yanlış olması da olanaklıdır. *"B"* önermesinin bilimsel yönteme dayanarak sınanması da olanaklıdır.

(v) *"B"* açıklayan-önermesi, dolayısıyla "B_1", ..., "B_n", "C_1", ..., "C_k" bileşenlerinin her biri doğrudur.

Tüm bunları göz önünde bulundurursak tümdengelimsel-yasacı bilimsel açıklama modelinin genel biçimini aşağıdaki tümdengelimsel çıkarımla gösterebiliriz (bkz. Hempel, 1965, s. 330 - 380):

"B_1", ..., "B_n"	(Başlangıç önermeleri)
"C_1", ..., "C_k"	(Yasa-görünümlü önermeler)
———————	
"A"	(Açıklanan olguyu betimleyen önerme)

Yasa-görünümlü önerme, sezgisel olarak ya doğru bir yasa-önermesi ya da "yanlış önerme ama doğru olsaydı yasa-önermesi olurdu" denilecek önerme demektir. Ancak "yasa- görünümlü önerme" kavramının kesin olarak tanımlama uğraşının güçlüklerle karşılaştığını Ünite 4'te göreceğiz.

Söz konusu (i)-(iv) koşullarını örneklendirmek amacıyla niye-sorusunun doğru yanıtını oluşturan "*A*, çünkü *B*" biçimindeki açıklama-önermesini ortaya koyalım. (2) sorusunun öndayanağı gereği doğru sayılan *"A"* açıklanan-önermesi

(6) *a* gaz kitlesinin basıncı *u* yerinde ve $[t_1, t_2]$ zaman aralığında 1 atmosferden 2 atmosfere geçiyor

önermesidir.

Şimdi de *"B"* açıklama-önermesini kurmaya çalışalım. Bu örnekte *"B"* önermesi "$B_1 \wedge B_2 \wedge B_3 \wedge C_1$" biçimindedir. "$C_1$", Boyle-Mariotte yasasını ifade eden bir yasa-önermesidir. Boyle-Mariotte yasası, sabit sıcaklıkta bir ideal gaz kitlesinin p basıncının V hacmiyle ters orantılı olduğunu belirtir. Böylece $p = \kappa \,/\, V$ elde edilir. Burada κ, ideal gaz kitlesine, bu kitlenin cinsine ve sabit sıcaklık derecesine bağlıdır. $[t_1, t_2]$ bu ideal gaz kitlesinin sıcaklığının sabit olduğu bir zaman aralığı, p_1 ile V_1, bu kitlenin t_1 anındaki basıncı ile hacmi, p_2 ile V_2, aynı kitlenin t_2 anındaki basıncı ile hacmi olsun. Buna göre $p_1V_1 = p_2V_2$. (Nitekim $p_1 = \kappa / V_1$, $p_2 = \kappa / V_2$. O halde $\kappa = p_1V_1 = p_2V_2$.) $p_1V_1 = p_2V_2$ denklemi ile ifade edilen Boyle-Mariotte yasası

(7) $\forall x \forall y \forall z_1 \forall z_2 [p(x, y, z_1) \times V(x, y, z_1) = p(x, y, z_2) \times V(x, y, z_2)]$

tümel-koşullu önermesiyle de ifade edilebilir. Burada x değişkeninin değerleri, sabit sıcaklıkta ideal gaz kitleleri, y değişkeninin değerleri, uzay yerleri, z_1 ile z_2 değişkenlerinin değerleri zaman anlarıdır. x'in değerleri olan gaz kitlelerinin y yerindeki sıcaklıklarının $[z_1, z_2]$ zaman aralığında sabit olduğunu varsayıyoruz. $p(x, y, z_1)$ ile $V(x, y, z_1)$, x ideal gaz kitlesinin y yerinde z_1 anındaki basıncı ile hacmi, $p(x, y, z_2)$ ile $V(x, y, z_2)$ de, x ideal gaz kitlesinin y yerinde z_2 anındaki basıncı ile hacmidir.

Öte yandan "B_1", "B_2" ve "B_3" önermeleri *başlangıç önermeleri* denilen

(8) $p(a, u, t_1) = 1$ atm, $V(a, u, t_1) = 1$ lt, $p(a, u, t_1) = 2$ atm

gözlem önermeleridir. Bu önermeler kısaca $p_1 = 1$ atm, $V_1 = 1$ lt ve $p_2 = 2$ atm biçiminde ifade edilir. Sözü geçen tümdengelimsel-yasacı açıklama modelinin (v) koşulu gereği (8) önermeleri doğru olmalıdır. Biz de öyle olduğunu varsayıyoruz. Görülebileceği gibi (6) açıklanan-önermesi, (7) yasa-önermesi ile (8) başlangıç önermelerinden tümdengelimsel çıkarımla niceleme mantığına dayanarak türetilebilir. Aynı sonuç (yani $p_2 = 2$ atm), $p_1 = 1$ atm, $V_1 = 1$ lt, $V_2 = 0.5$ lt ile $p_1V_1 = p_2V_2$ öncüllerinden matematiğe dayanarak daha kolay olarak elde edilebilir. Nitekim önce denklemde p_1, V_1 ve V_2 değişkenleri yerine değerleri yerine konur. Böylece (1 atm $\times$ 1 lt) = ($p_2 \times$ 0.5 lt) eşitliği, bu eşitlikten de $p_2 = 2$ atm sonucu elde edilir. Sonra $p_2 = 2$ atm sonucu ile eldeki $p_1 = 1$ atm eşitliğine dayanarak, (6) açıklanan-önermesi, yani "*a* gaz kitlesinin basıncı *u* yerinde ve $[t_1, t_2]$ zaman aralığında 1 atmosferden 2 atmosfere geçiyor" önermesi elde edilir. Böylece (2) niye-sorusunun doğru yanıtı olarak tümdengelimsel-yasacı bir bilimsel açıklama ortaya konulmuş oluyor.

Yukarıdaki açıklamadaki (6) açıklanan-önermesinin karşılığı olan olgu yalın bir olgudur. Yalın olguların yanı sıra yasaların da tümdengelimsel-yasacı açıklamaları yapılabilir. Örneğin Boyle-Mariotte yasasının böyle bir açıklamasını gösterelim. *"A"* açıklanan-önermesi Boyle-Mariotte yasasını dile getiren $p_1V_1 = p_2V_2$ denklemi olsun. Açıklayan-önerme *"B $\wedge$ C"* biçiminde olup, *"C"* yasa önermesi 1 mol gaza ilişkin İdeal Gaz Yasası'nı dile getiren

(9) $pV = RT$

denklemi, *"B"* başlangıç önermesi de

(10) $T_1 = T_2$

denklemidir. *T*, bir ideal gaz kitlesinin herhangi bir zaman anındaki mutlak sıcaklık derecesi, T_1 ile T_2 de aynı ideal gaz kitlesinin farklı zaman anlarındaki mutlak sıcaklıklarını gösteriyor. (9) denkleminde geçen ve gaz sabiti denilen *R* simgesi ise, yaklaşık 0.082'ye eşit bir sayıyı gösterir. (10) denklemi ise ideal gaz kitlesinin sıcaklığının sabit kaldığını ifade ediyor. (9) ile (10) denklemlerinden açıklanan-önerme olan $p_1V_1 = p_2V_2$ denklemi şöyle elde edilir. Önce (9) denkleminden *p, V* ve *T* değişkenlerinin yerine sırasıyla p_1, V_1, T_1 ile p_2, V_2, T_2 değişkenlerini koyarak $p_1V_1 = RT_1$ ile $p_2V_2 = RT_2$ denklemleri elde edilir. Bu iki denklem ile (10) denkleminden ise $p_1V_1 = p_2V_2$ denklemini türetiriz. Bu tümdengelimsel-yasacı açıklamayı aşağıdaki tümdengelimsel çıkarımla gösterebiliriz:

$$\begin{array}{l} T_1 = T_2 \\ pV = RT \\ \hline p_1V_1 = p_2V_2 \end{array}$$

Böylece Boyle-Mariotte yasasının tümdengelimsel-yasacı bir açıklamasını ortaya koymuş oluyoruz.

Bazen açıklanması istenilen *A* yasasını dile getiren *"A"* önermesini türetmek olanaksızdır. Onun yerine *A*'ya yaklaşık olan *A** gibi farklı bir yasayı dile getiren "*A**" önermesi türetilebilir. Bu türetme gene de *A* yasasının açıklaması sayılıp, *yaklaştırma (approximation) yoluyla açıklama* olarak adlandırılır. Bu türden bir açıklamayı aşağıdaki iki örnekle aydınlatalım.

ÖRNEK

Boyle-Mariotte yasası, ideal gaz yasasından daha genel olan ve

$$(9^*) \quad (p + \frac{a}{V^2})(V - b) = RT$$

biçimindeki denklem ile dile getirilen Van der Waals Yasası'yla şöyle açıklanabilir. (9) denklemi, (9) denklemi gibi 1 mola gaza ilişkindir. Denklemde geçen a ile b birer sabittir. (9*), yalnız ideal gazlar için değil, ideal olmaya gazlar için de geçerlidir. 1 mol gaz hacmi olan V, yeterince büyük ise,* $p + \frac{a}{V^2} \approx p$ *ve* $V - b \approx V$ *olur. ("≈" simgesi "yaklaşık olarak eşit" anlamına gelir.) Sözü geçen (9*) ile (10) denklemlerinden*

$$(p_1 + \frac{a}{V_1^2})(V_1 - b) = (p_2 + \frac{a}{V_2^2})(V_2 - b)$$

denklemi elde edilir. Bu denklem ile başlangıç önermeleri olarak ele aldığımız "$p_1 + \frac{a}{V^2} \approx p_1$", "$p_2 + \frac{a}{V^2} \approx p_2$", "$V_1 - b \approx V_1$" *ve* "$V_2 - b \approx V_2$" *yaklaşık eşitliklerinden* "$p_1V_1 \approx p_2V_2$" *yaklaşık eşitliğini türetebiliriz. Bu son yaklaşık eşitlik, Boyle-Mariotte yasasına yaklaşık olan bir düzenliliği dile getirir. Böylece Boyle-Mariotte yasasının kendisi açıklanmış sayılır. Türetilen bu düzenliliğin ne ölçüde Boyle-Mariotte yasasından saptığı, Van der Waals yasasınca açıklanır.*

ÖRNEK

Newton'un devinim yasaları ile genel çekim yasasına dayanarak, gezegen yörüngelerinin elips biçiminde olduğunu belirten Kepler yasasının açıklandığı kabul edilir. Ancak Newton yasalarından türetilen sonuç, gezegen yörüngelerinin tam olarak değil de yaklaşık olarak elips biçiminde olduğunu belirten bir düzenliliktir. Bu düzenliliğinin Kepler yasasından ne kadar saptığı, Newton yasalarınca başka gezegenlerin varlığıyla açıklanır.

Açıklanan-Olaylar

Dikkat edilirse (6) açıklanan-önermesinin karşılığı olan açıklanan-olgu, bir *olay*ın meydana gelmesi olgusudur. Nitekim *a* gaz kitlesinin basıncının *u* yerinde [t_1, t_2] zaman aralığında 1 atmosferden 2 atmosfere geçmesi, (Ünite 2, Gözlem Bölümü, Örnek 5'te belirtildiği gibi) kısmen belirlenmiş bir *olay*ın meydana gelmesi olgusudur. Söz konusu olaya *açıklanan-olay* denir. Genel olarak yalın olgu açıklamalarının birçoğunda açıklanan-olgu, (kısmen veya tamamen belirlenmiş) bir olayın meydana gelmesi olgusu olup bu olay açıklanan-olay sayılır. İlerde göreceğimiz gibi yalın olgu açıklamaları çoğunlukla *nedensel* açıklamalardır. Nedensellik ise genellikle olgular arasında değil olaylar arasında bir bağıntıdır. Dolayısıyla nedensel açıklamalarda açıklanan şey bir olaydır. Yukarıdaki örnekte *doğrudan* açıklanan şey, *a* gaz kitlesinin basıncının *u* yerinde [t_1, t_2] zaman aralığında 1 atmosferden 2 atmosfere *geçişi* olayıdır. Bu olayın meydana gelmesi olgusunun açıklanması, sözü geçen (kısmen belirlenmiş) olayın açıklanmasından kaynaklanır.

Öte yandan her yalın olgu açıklaması bir olay açıklamasına dayanmaz. Örneğin *a* gaz kitlesinin basıncının *u* yerinde ve t_1 anında 1 atmosfer olması olgusunun açıklanması bir yalın olgu açıklamasıdır. Ama bu olgu, bir olayın meydana gelmesi olgusuna indirgenemez, dolayısıyla söz konusu yalın olgu açıklaması bir olay açıklamasına dayandırılamaz.

Bilimsel Öndeyiler

Tümdengelimsel-yasacı açıklamalar ile *bilimsel öndeyi*ler arasında yapısal benzerlik vardır. Bunu göstermek için önce “bilimsel öndeyi” (kısaca “öndeyi”) kavramının anlamını aydınlatmak gerekiyor. *K* bilim insanının *t* zamanında doğru veya yanlış olduğunu *bilmediği “A”* önermesininin doğru olduğu *öndeyi*sinde bulunması, *K*'nin *“A”* önermesini *t* zamanında kabul ettiği *“B”* önermesinden türetmesi demektir. *“A”* önermesine *öndeyi-önermesi, “B”* önermesine *öndeyi-kaynağı önermesi, A* olgusuna *öndeyi-olgusu* ve *B* olgusuna *öndeyi-kaynağı olgusu* diyeceğiz. *“B”* öndeyi-kaynağı önermesi, tıpkı tümdengelimsel-yasacı açıklamadaki açıklayan-önerme gibi, “$B_1 \wedge ... \wedge B_n \wedge C_1 \wedge ... \wedge C_k$” biçiminde bir tümel-evetleme önermesi olup, “B_1”, ..., “B_n” önermeleri *t* zamanında doğrulanarak kabul edilmiş yalın önermelerdir. Buna karşılık “C_1”, ..., “C_k” yasa-görünümlü önermelerden bazılarının, sözgelişi “C_1” önermesinin, *t* zamanına değin ne pekiştirilmiş ne de çürütülmüş olması olanaklı olup, sınama amacıyla geçici olarak kabul edilmiş yasa-görünümlü hipotezlerdir.

Eğer *“B”* öndeyi-kaynağı önermesinin tüm bileşenleri doğrulanmış ya da pekiştirilmiş ise, söz konusu *“A”* öndeyisi-önermesinin doğrulanması durumunda, *K*'nin *“A”* önermesinin ifade ettiği bilgiyi *t* zamanından hemen sonraki arkaplan bilgilerine eklemesini sağlar. Öte yandan öndeyi-kaynağının bileşenleri arasında ne pekiştirilmiş ne de çürütülmüş “C_1” gibi yasa-görünümlü bir hipotez varsa, öndeyi işlemi “C_1” hipotezini Ünite 5'te göreceğimiz hipotezli-tümdengelimsel yöntem ile ya da yanlışlamacı yolla sınanmasını sağlar.

Öndeyi ile açıklama arasındaki yapısal benzerliği örneklendirmek için yukarıdaki açıklama örneğine dönelim. O örnekte, (6) açıklanan-önermesi, (8) başlangıç önermeleri ile Boyle-Mariotte yasasını dile getiren (7) yasa biçimindeki önermeden tümdengelimsel bir çıkarımla türetiliyor. (2) niye-sorusunu soran *K* kişisi, *t* zamanında açıklanmasını istediği (6) önermesinin doğru olduğunu, yani bir olgunun karşılığı olduğunu biliyor. Dikkat edilirse bu olgu, belli bir olayın [t_1, t_2] zaman aralığında meydana gelmesi olgusudur. *K*'nin *t* zamanında böyle bir olayın meydana geldiğini bilebilmesi için, t_2 anı *t* zamanından önce gelmeli veya *t*'nin başlangıcı ile özdeş olmalı.

Şimdi aynı örneği bir öndeyi olarak yeniden düzenleyelim. Buna göre (6) önermesinin (yani “*a* gazının basıncı *u* yerinde ve [t_1, t_2] zaman aralığında 1 atmosferden 2 atmosfere geçiyor” önermesinin) doğru olduğunu ama *K*'nin *t* zamanında (6)'nın doğruluk değeri konusunda hiçbir bilgisi olmadığını varsayıyoruz. Ayrıca (7) önermesi (yani Boyle-Mariotte yasasını dile getiren yasa-görünümlü önerme) ile (8) başlangıç önermelerinin tümünün doğru olduğunu, *K* kişisinin de *t* zamanında bunu bildiğini varsayıyoruz. Bu iki varsayım yerine gelirse şu sonuçlar çıkar. (2) niye-sorusunun öndayanağı yerine gelmiştir. Nitekim (6) açıklanan-önermesi doğrudur ve (i)-(iv) koşullarının tümü yerine geldiğinden (2) niye-sorusunun tümdengelimsel-yasacı açıklama anlamında bir doğru yanıtı vardır. Ama *K* kişisi, *t* zamanında (6) açıklanan-önermesinin doğru olduğunu bilmediği için açıklamaya yol açan (2) niye-sorusunu soramaz, bu sorunun doğru yanıtının bir açıklama olduğunu kavrayamaz. Nitekim *K* kişisi için (6) önermesinin *t* zamanında (7) ile (8) önermelerinden türetilmesi, (6) önermesini bir öndeyi-önermesi kılar. *K* kişisi (6) önermesini türettikten hemen sonra gözlem ve/veya deneyle doğrulayabilir ve böylece bu önermenin doğru olduğunu öğrenmiş olur. Ama (6) önermesi *K* için gene de bir açıklanan-önerme değil, bir öndeyi-önermesi olarak kalır.

Genel olarak *"A"* ile *"B"*, tümdengelimsel-yasacı açıklamanın (i) - (iv) koşullarını yerine getiren önermeler olup *A* bir yalın olgu olsun. *K* kişisinin *t* zamanında *"A"* önermesini tümdengelimsel çıkarımla *"B"* önermesinden türettiğini düşünelim. *K* kişisi *t* zamanında *"A"* önermesinin doğru olduğunu (bu önermenin gözlem ve/veya deneyle doğrulanmış olmasından ötürü) bilirse, sözü geçen çıkarım *K* kişisi için *A* olgusunun bir açıklamasını oluşturur. Ama *K* kişisi *t* zamanında *"A"* önermesinin doğru olduğunu bilmezse, sözü geçen çıkarım *K* kişisi için *A* olgusunun bir açıklamasını değil de bir öndeyisini oluşturur. Açıklama ile öndeyi arasında zorunlu olarak böyle bir ilişki bulunduğu görüşüne *açıklama ile öndeyinin yapısal özdeşliği veya simetri savı* denir.

Söz konusu *A* olgusuna ilişkin zaman t* olsun. Buna göre iki şık vardır:

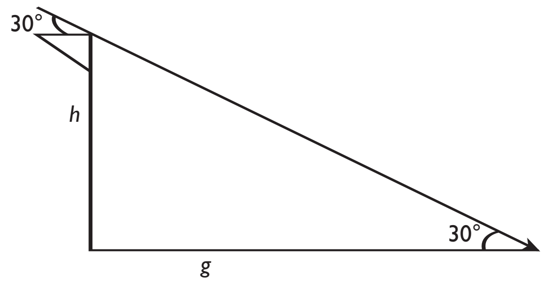
Birinci şık: *t* zamanı t* zamanı ile özdeştir veya ondan sonra gelir. Bu şıkta *K* kişisi *t* zamanında *"A"* önermesinin doğru olduğunu bilip *A* olgusunu açıklar ya da *"A"* önermesinin doğru olduğunu bilmeyip *A* olgusunun öndeyisinde bulunur. Dikkat edilirse, *t* zamanı t* zamanından sonra geldiğinde, *K* kişisi *"A"* önermesinin doğruluğunu bilmeyip, *A* olgusunun öndeyisinde bulunmazsa, *A* olgusu öndeyinin yapıldığı *t* zamanına göreli olarak *geçmişe* ilişkindir. Böyle bir öndeyiye, *gerideyi (retrodiction)* denir. Burada "öndeyi" sözcüğünü *geniş anlamda* gerideyiyi kapsayacak biçimde kullanıyoruz. Astronomi ve jeoloji gibi bazı bilimlerde sıkça gerideyiler yapılmaktadır.

İkinci şık: *t* zamanı t* zamanından önce geliyor. Böyle olunca *"A"* önermesi *t* zamanında (ve haydi haydi *t* zamanından önce) doğrulanamaz, doğruluğu da *K* kişisince *t* zamanında bilinemez. Dolayısıyla sözü geçen çıkarım *A* olgusunun *K* kişisi için *t* zamanında bir açıklaması değildir; ama bir öndeyidir. Üstelik bu ikinci şıktaki öndeyi *dar anlamda* öndeyidir, yani öndeyi gelecek zamana (t* zamanına) ilişkin bir öndeyidir.

Tümdengelimsel-Yasacı Açıklama Modelinin Karşılaştığı Güçlükler

Tümdengelimsel-yasacı açıklamayı tanımlayan (i) - (iv) koşullarının bilimsel açıklama için ne yeterli ne de gerekli olduğu karşı-örnekler yardımıyla gösterilmiştir. Yeterli olmadığını gösteren böyle bir karşı-örneği aşağıda anlatıyoruz.

Gönder ve gölgesi: Yaklaşık 10 metre yüksekliğindeki bir gönderin (bayrak direğinin) gölgesi, güneşin yükseliş açısı yaklaşık 30° olduğunda, yaklaşık 17.33 metredir. Gönderin yüksekliğini *h*, gölgesinin uzunluğunu *g* ve güneşin yükselişinin karşılığı olan açıyı α ile gösterelim. Buna göre "h = 10 m", "g = 17.33 m" ve "α = 30°" önermelerinden her biri söz konusu örnekte doğrudur. Işığın doğrusal yayılımı yasasını dile getiren, dolayısıyla doğru olan, önerme "C_1" olsun. Dikkat edilirse α açısı, gönderin tepesinden inen güneş ışını ile gölge çizgisi arasındaki açıya eşittir. Dolayısıyla $tg\ \alpha = h / g$ olur. ("*tg*" trigonometrik bir fonksiyon olan *tanjant fonksiyonu*nun kısaltmasıdır.) O halde $g = h / tg\ \alpha$ elde edilir. Bu durumda *K* kişisi *t* zamanında doğru olduğunu bildiği "h = 10 m" ve "α = 30°" başlangıç önermeleri ile "C_1" yasa-önermesinden tümdengelimsel bir çıkarımla "g = 17.33 m" önermesini türetebilir. Nitekim $g = h / tg\ \alpha = 10 \text{ m} / (1 / tg\ 30°) = 10 \text{ m} / (1 / \sqrt{3}) = \sqrt{3} \times 10 \text{ m} = 1.733 \times 10 \text{ m} = 17.33$ m. *K* kişisi *t* zamanında "g = 17.33 m" önermesinin doğruluğunu biliyorsa, bu önermenin tümdengelimsel-yasacı açıklama modeli gereği bir açıklamasını vermiş olur.



Eğer K kişisi t zaman anında gölgenin uzunluğunu ölçememesinden ötürü bilmediyse, bu çıkarım K kişisi için bir açıklama değil de bir öndeyi oluşturur. Çıkarımın yapıldığı zaman ile öndeyi-olgusunun ilişkin olduğu zaman aynı t anı olduğundan, böyle bir öndeyiye *eşzamanlı öndeyi* diyebiliriz.

Öte yandan K kişisi t zaman anında gönderin niye yaklaşık 10 metre uzunluğunda olduğunu sorabilir. Bu niye-sorusunun yanıtı olarak (i) - (iv) koşullarının tümünü yerine getirdiği için bir tümdengelimsel-yasacı açıklama oluşturan şu ikinci çıkarım yapılabilirdi. $tg\,\alpha = h / g$, $h = g \times tg\,\alpha = 17.33\text{ m} \times tg\,30° = 17.33\text{ m} \times (1 / \sqrt{3}) = 17.33\text{ m} \times (1 / 1.733) = 10\text{ m}$. Bu hesaplamaya dayanarak, "$h = 10$ m" açıklanan-önermesi, "$g = 17.33$ m" ve "$\alpha = 30°$" başlangıç önermeleri ile "C_1" yasa-önermesinden tümdengelimsel bir çıkarımla türetilebilir. Ama bu ikinci çıkarım sezgisel olarak kabul edilebilir bir açıklama sayılamaz. Nitekim açıklanan-olgu (yani gönderin yaklaşık 10 m yüksekliğinde olması olgusu), başlangıç olgularından biri olan gönderin gölgesinin yaklaşık 17.33 m uzunluğunda olması olgusunun nedenidir. Nedeni etkisiyle açıklama çabası sezgisel olarak kabul-edilebilir değildir. (Bkz. Salmon, 1999, s. 21.) Böylece tümdengelimsel-yasacı açıklamanın (i) - (iv) koşullarının bilimsel açıklama için yeterli olmadığını gösteren bir karşı-örnekle karşılaşmış oluyoruz.

Tümdengelimsel-yasacı bilimsel açıklama modeline (i)-(iv) koşullarını sağlayan başka bir karşı-örnek veriniz.

SIRA SİZDE 1

Diğer yandan tümdengelimsel-yasacı açıklamanın koşullarından (iii) koşulunun (yani açıklayanın bileşenlerinden en az birinin bir yasa olmasını öngören koşulun) gerekli olmadığını gösteren karşı-örneklerden birisi şöyledir.

Mürekkep şişesi: K kişisi, ağzı açık bir mürekkep şişesine t_1 zaman anında dikkatsizlikle dirseğini çarpıyor. Çarpma nedeniyle şişe devrilip düşüyor. Düşen şişenin ağzından mürekkep akıp yerdeki halıyı t_2 zaman anında lekeliyor. Buna göre t_2'de halının lekelenmiş olması olgusunun tek nedeni, açıklaması, K kişisinin mürekkep şişesini devirmesi olgusudur. Bu açıklamada bir yasanın yeri yoktur. (Bkz. Salmon, 1999, s. 23.)

Bu karşı-örnek Michael Scriven tarafından ortaya konulmuştur. (Bkz. Salmon, 1999, s. 23.) Scriven, genel olarak yalın olguların, bunların nedenleri olan yalın olgularla açıklandığını ileri sürmüştür. Öte yandan Scriven'e göre açıklanan ile açıklayan yalın olgular arasında niye bir nedensel bağıntı bulunduğu sorusu, açıklamaya yol açan soru değil, *temellendirmeye* yol açan bir sorudur. *Temellendirme* ise neden ile etki işlevindeki yalın olgular (veya olaylar) arasındaki nedensel bağıntıyı evrensel yasalara dayanarak ortaya koymak demektir.

Olasılıksal-Yasacı Açıklama

Bilgisel Olasılık, Varlıksal Olasılık ve İstatistiksel Olasılık

Bilim felsefesinde *bilgisel olasılık, varlıksal olasılık ve istatistiksel olasılık* olmak üzere üç çeşit olasılıktan söz edilir. Her üç olasılık, değerleri 0 ile 1 arasında reel sayılar olan fonksiyonlardır. Ancak bilgisel olasılık fonksiyonunun argümanları önermeler, varlıksal ile istatistiksel olasılık fonksiyonlarının argümanları ise olay-tipleri ve olaylardır. Bu üç fonksiyonu aşağıda sırasıyla inceliyoruz.

Bilgisel Olasılık Fonksiyonu

A gibi bir bilimsel önermenin *P(A)* olarak gösterilen *bilgisel olasılığı,* bu önermenin bilimsel yöntem gereği *kabul-edilebilirlik derecesi*ni belirten 0 ile 1 arasında bir reel sayıdır. Ünite 1'de görüldüğü gibi, bir bilimsel önermenin *kabul-edilebilirliği*, bu önermenin kabulünün bilimsel yöntem gereği gerekçelendirilmesi demektir. Eğer *A* bir gözlem önermesi ise, *A*'nın gözlem ve/veya deneyle doğrulanması bu önermeyi en üst derecede gerekçelendirir. Böyle olunca *A*'nın kabul-edilebilirlik derecesi en üst derecede gerçekleşir. Bu durum *A*'nın bilgisel olasılığının 1 reel sayısına eşit olmasıyla, yani $P(A) = 1$ eşitliği ile dile getirilir.

Öte yandan *A* gözlem-önermesi-olmayan bir önerme ise, Ünite 1'de görüldüğü gibi *A*, *kabul-edilebilir*dir ancak ve ancak "*A*, önceden doğrulanmış bazı gözlem önermeleri daha önce gerekçelendirilmiş bazı gözlem-önermesi-olmayan önermelere dayanarak tümdengelimsel ya da tümevarımsal bir çıkarımın sonucu olarak türetilebilir ise." Dolayısıyla, bu durumda, *A*'nın kabul-edilebilirlik derecesi ne en üst ne de en alt düzeyde olur. Bunu da $0 < P(A) < 1$ biçiminde dile getiririz. *P(A)*'nın değeri 1 sayısına eşit veya yaklaşık ise $P(A) \approx 1$, 0 sayısına eşit veya yaklaşık ise $P(A) \approx 0$ yazılır. $P(A) \approx 1$ durumunda *A*'nın kabul edilmesi, $P(A) \approx 0$ durumunda *A*'nın ret edilmesi uygundur. Bu iki durumun dışında, *A*'ya karşı çekimser kalınması uygun olur.

Genel olarak, *P bilgisel olasılık (probability)* fonksiyonu, *Kolmogorov aksiyomları* olarak adlandırılan aşağıdaki koşulları yerine getirir:

Ax1 *A* herhangi bir önerme ise, $P(A) \geq 0$.
Ax2 *A* bir mantıksal-doğru önerme ise, $P(A) = 1$.
Ax3 *A* ile *B* birer önerme olduğunda, $A \wedge B$ tutarsız ise, $P(A \vee B) = P(A) + P(B)$.

Yukarıdaki aksiyomlar yardımıyla aşağıdaki teoremler kanıtlanabilir:

T1 $P(\sim A) = 1 - P(A)$

Kanıt. $A \wedge \sim A$ tutarsızdır. O halde *Ax3* gereği, $P(A \vee \sim A) = P(A) + P(\sim A)$. Öte yandan $A \vee \sim A$ bir mantıksal-doğru önermedir. O halde *Ax2* gereği $P(A \vee \sim A) = P(A) + P(\sim A) = 1$. Dolayısıyla $P(\sim A) = 1 - P(A)$.

T2 *A* tutarsız ise, $P(A) = 0$

Kanıt. *A* tutarsız ise, $\sim A$ mantıksal-doğrudur. O halde *Ax2* gereği $P(\sim A) = 1$. Öte yandan *T1* gereği $P(\sim A) = 1 - P(A)$. O halde $1 = 1 - P(A)$'dan, $P(A) = 0$ olur.

T3 $0 \leq P(A) \leq 1$

Kanıt. *Ax1* gereği $0 \leq P(A)$. O halde yalnız $P(A) \leq 1$ olduğunu göstermek yeterlidir. Gene *Ax1* gereği $P(\sim A) \geq 0$. *T1* gereği, $1 - P(A) \geq 0$. Dolayısıyla $1 \geq P(A)$, yani $P(A) \leq 1$. (Bkz. T. Grünberg, 2000, s. 184 - 185.) (Bazen *P(A)*'nın 0 ile 1 arasında olduğunu vurgulamak için *Ax1* yerine *T3* kullanılır.)

P(A)'ya *mutlak olasılık* da denir ve "*A*'nın olasılığı" diye okunur. Örneğin "Yarın havanın güneşli olacağının olasılığı 0.90'dır" ifadesi ile dile getirilen bilgisel olasılık, *yarın havanın güneşli olacağı* önermesine ilişkin olup (bu önermeyi *A* ile gösterelim), $P(A) = 0.90$ olarak ifade edilebilir.

Mutlak olasılık dışında koşullu olasılıktan da söz ederiz. *A* ile *B* iki önerme olduğunda, *koşullu olasılık* $P(A \mid B)$ olarak ifade edilip, "*B*'ye göreli, *A*'nın olasılığı" diye okunur. Örneğin *A, yağmur yağacağı* önermesi, *B gökyüzünün kara bulutlarla kaplı olduğu* önermesi olduğunda, "Gökyüzü kara bulutlarla kaplı olduğuna göre, yağmur yağacağının olasılığı 0.85'tir" ifadesi bir koşullu bilgisel olasılık önermesi olup, $P(A \mid B) = 0.85$ olarak ifade edilir. $P(A \mid B)$ koşullu olasılık fonksiyonu, yukarıdaki mutlak olasılık fonksiyonunun yerine getirdiği koşulların (yani Kolmogorov aksiyomlarının) benzerlerini yerine getirir. *A, B* ile *C* herhangi üç önerme olup, $P(C) \neq 0$ ise,

Ax1′ $P(A \mid C) \geq 0$.

Ax2′ *A* mantıksal-doğru ise, $P(A \mid C) = 1$.

Ax3′ $A \wedge B$ tutarsız ise, $P(A \vee B \mid C) = P(A \mid C) + P(B \mid C)$.

Öte yandan $P(A \mid C)$ aşağıdaki gibi tanımlanır:

Tanım $\quad P(A \mid C) = \dfrac{P(A \wedge C)}{P(C)}, \quad P(C) \neq 0$ ise

Mutlak olasılık için türetilen teoremlerin benzerleri koşullu olasılık için de türetilebilir:

T1′ $\quad P(\sim A \mid C) = 1 - P(A \mid C)$

T2′ $\quad A$ tutarsız ise, $P(A \mid C) = 0$

T3′ $\quad 0 \leq P(A \mid C) \leq 1$

Varlıksal Olasılık Fonksiyonu

Varlıksal olasılık, argümanları olaylar ya da olay-tipleri, fonksiyon değerleri de 0 ile 1 arasında reel sayılar olan bir fonksiyondur. *Varlıksal olasılık fonksiyonları* diye adlandırılan bu fonksiyonlardan her biri belli bir *rastlantı deneyi* denilen bir deney türüne bağlı olarak belirlenir.

Rastlantı deneyi, istenildiği kadar çok kez yinelenebilen bir deney türüdür. Herhangi bir deneyi başlatan ve bu deneyin koşullarını belirleyen müdahale işlemine, o deneyin bir *denemesi (trial)* denir. Deneyi sonlandıran gözlem sonucuna da *deney sonucu* denir. Deneyin her denemesinin bir tek sonucu vardır. Bu sonuca *gerçek sonuç* da denir. Eğer deney bir rastlantı deneyi ise, o deneyin farklı denemelerinin farklı sonuçları olabilir. Bu farklı sonuçlara rastlantı deneyinin *olanaklı sonuçları* denir. Bir deneyin birden çok sayıda olanaklı sonuçları varsa, olanaklı sonuçların her biri deneyin en az bir denemesinin gerçek sonucu olup, en az başka bir denemenin de gerçek sonucu olmaz.

Genel olarak deneyler *tek-sonuçlu* ve *çok-sonuçlu* olmak üzere iki çeşide ayrılır. Tek-sonuçlu deneylere *gerekirci (determinist)* deney de denir. Nitekim böyle bir deneyin her denemesinin sonucu aynıdır. Dolaysıyla denemenin belirlediği koşullar hep aynı sonucun gerçekleşmesini gerektirir. Ünite 2'de ele aldığımız deney örnekleri hep tek-sonuçlu (gerekirci) deneylerdir. Çok-sonuçlu olan rastlantı deneylerini aşağıda örneklendiriyoruz.

Örnek 1: (Bkz. Popper, 1957, s. 65 - 70, Giere, 1973, s. 467 - 483, D. Grünberg, 1985, s. 15 - 17 ve D. Grünberg, 2005, s. 238 - 241.) R deneyi tek bir karbon-14 atomunun (kısaca C14 atomunun) 1 yıl süresince radyoaktif bozunuma uğrayıp uğramadığının bir kayıt edici aygıtla izlenmesi deneyidir. Deneyin konusu olan C14 atomunun deney başlangıcındaki nesne-durumu, D olarak gösterdiğimiz r*adyoaktif bozunuma uğramamış* olmasıdır. C14 atomunun deneyin sonundaki (yani 1 yıl sonraki) nesne-durumu ise ya gene D'dir, ya da $\overline{D}$ olarak gösterdiğimiz *radyoaktif bozunuma uğramış* olmasıdır. D'den D'ye geçiş olay-tipini S olarak, D'den $\overline{D}$'ye geçiş olay-tipini de $\overline{S}$ olarak gösteriyoruz. S ile $\overline{S}$ olay tipleri, R deneyinin *olanaklı sonuçları*dır.

Söz konusu R deneyinin R_1, ..., R_N olarak gösterdiğimiz N gibi büyük sayıda denemesi şöyle tanımlanabilir. R_i denemesi, $i = 1, ..., N$, a_i gibi bir C14 atomunun $[t_i, t_i + 1]$ zaman aralığında radyoaktif bozunumu kayıt eden aygıtla izlenmesi işlemidir. Burada a_1, ..., a_N farklı atomlardır. Öte yandan t_1, ..., t_N zaman anları farklı olabildikleri gibi birbiriyle özdeş olabilir. Örneğin söz konusu N tane C14 atomu, $[t_1, t_1 + 1]$ zaman aralığında radyoaktif bozunumu kayıt edici aygıtla gözlemlenen bir karbon-14 kitlesinin atomları olabilirler.

Her $i = 1, ..., N$ için, R_i denemesinin bir tek *gerçek sonucu* vardır. Bu gerçek sonuç iki olanaklı sonucun biri olmalıdır. Bunlar S_i olarak gösterdiğimiz a_i *atomunun* $[t_i, t_i + 1]$ *zaman aralığında radyoaktif bozunuma uğramama* olayı ile $\overline{S}_i$ olarak gösterdiğimiz a_i *atomunun* $[t_i, t_i + 1]$ *zaman aralığında radyoaktif bozunuma uğrama* olayıdır. R_i'nin öbür olanaklı sonucuna ise R_i'nin *salt-olanaklı sonucu* diyoruz.

Bugünkü fiziğe göre atomların radyoaktif bozunumu önceden belirlenemez, ama gerek bozunuma uğramamanın gerekse bozunuma uğramanın olasılıkları belirlenebilir. Buna göre her $i = 1, ..., N$ için R_i denemesinin olanaklı sonuçları olan S_i ile $\overline{S}_i$ olaylarının sırasıyla $P(S_i)$ ve $P(\overline{S}_i)$ olarak gösterdiğimiz belirli olasılıkları vardır. Bu çeşit olasılıklara *tekil-olay olasılığı (single-case probability)* denir. Nitekim $P(S_i)$ ile $P(\overline{S}_i)$ argümanları birer olay-tipi değil birer olaydır. Tekil-olay olasılığı, bir bilgisel olasılık çeşidi değil, olayların bir nesnel özelliğini belirten bir *fiziksel olasılık* veya daha genel olarak bir *varlıksal (ontic)* olasılıktır.

Varlıksal olasılıklar, tikel-olay olasılıklarının yanı sıra bir de olay-tipi olasılıklarını da kapsar. Böylece R deneyinin iki olanaklı sonuçları olan S ile $\overline{S}$ olay-tiplerinin sırasıyla $P(S)$ ve $P(\overline{S})$ olarak gösterdiğimiz olasılıkları vardır. Bunlara *olay-tipi olasılığı* diyoruz. Tekil-olay olasılıkları ile olay-tipi olasılıkları arasında şu eşitlikler geçerlidir:

(i) $P(S)=P(S_1) = ... = P(S_N)$

(ii) $P(\overline{S})=P(\overline{S}_1) = ... = P(\overline{S}_N)$

Genel olarak, S bir olay-tipi olduğunda, ***S*'**nin varlıksal olasılığını dile getiren *P(S)* ifadesi şöyle tanımlanabilir:

Tanım $P(\boldsymbol{S}) = r$ ancak ve ancak $\boldsymbol{S}$ olay-tipini örnekleyen her S_i olayı için $P(S_i) = r$ ise.

Örnek 1'deki R deneyinin *rastlantı deneyi* olması, R deneyinin belirli olasılıklara sahip birden çok sayıda olanaklı sonuçlarının bulunması demektir.

Varlıksal olasılıkların *yaklaşık* değerlerini *ölçmek* için, ilgili rastlantı deneyinin N gibi büyük sayıda denemesi yapılır. Örnek 1'deki R rastlantı deneyinin R_1, ..., R_N denemelerini ele alalım. Bu denemelerden bazılarının gerçek-sonucu S_i biçiminde, öbürlerininki ise $\overline{S}_j$ biçimindedir. Başka bir deyişle, C14 atomu, birinci çeşit denemelerde radyoaktif bozunuma uğramaz, ikinci çeşit denemelerde ise radyoaktif bozunuma uğrar. Birinci çeşit denemelerin sayısını N_S, ikinci çeşit denemelerin sayısını da $N_{\overline{S}}$ ile olarak gösteriyoruz. Dikkat edilirse $N_S + N_{\overline{S}} = N$ eşitliği geçerlidir. Öte yandan N_S/N oranına, S olay-tipinin R_1, ..., R_N *denemelerine dayalı göreli sıklığı,* kısaca *sıklığı,* $N_{\overline{S}}/N$ oranına da $\overline{S}$ olay-tipinin R_1, ..., R_N *denemelerine dayalı sıklığı* denir. N sayısı yeterince büyük ise, N_S/N sıklığı $P(S)$ olay-tipi olasılığına, $N_{\overline{S}}/N$ sıklığı da $P(\overline{S})$ olay-tipi olasılığına yaklaşık olur. Bu durumu, sırasıyla $P(S) \approx N_S/N$ *ve* $P(\overline{S}) \approx N_{\overline{S}}/N$ önermeleriyle dile getiririz. Genel olarak bir rastlantı deneyinin belli bir olanaklı sonucunun olasılığının yaklaşık değeri, bu sonucun yeterince çok sayıda denemelere dayalı sıklığına eşit olur.

Örnek 2: (Bkz. D. Grünberg, 2005, s. 238 - 241.) R rastlantı deneyi, tek bir C14 atomunun, radyoaktif bozunumu kayıt eden aygıtla sürekli olarak izlenip, bu C14 atomunun kaçıncı yılda radyoaktif bozunuma uğradığını saptama işlemidir. R rastlantı deneyinin $S^{(1)}$, $S^{(2)}$, $S^{(3)}$, ..., $S^{(n)}$, ... olarak gösterdiğimiz sonsuz sayıda olanaklı sonucu vardır. Bu olanaklı sonuçlar aşağıda sırasıyla belirttiğimiz olay-tipleridir:

$S^{(1)}$: C14 atomunun 1. yıl içinde radyoaktif bozunuma uğraması.
$S^{(2)}$: C14 atomunun 2. yıl içinde radyoaktif bozunuma uğraması.
$S^{(3)}$: C14 atomunun 3. yıl içinde radyoaktif bozunuma uğraması.

.
.
.

$S^{(n)}$: C14 atomunun n. yıl içinde radyoaktif bozunuma uğraması.

.
.
.

C14 atomunun radyoaktif olması, bu atomun *er geç* radyoaktif bozunuma uğrayacağının kesin olması demektir. Başka bir deyişle, öyle bir n sayısı vardır ki C14 atomu n yıl sonra radyoaktif bozunuma uğrayacaktır. Örnek 2'de, tıpkı Örnek 1'de olduğu gibi, her olanaklı sonucun belirli bir olasılığı vardır. Bu olasılığın değeri de rastlantı deneyinin büyük sayıda denemesine dayanan sıklık yardımıyla ölçülür. Denemeler R_1, ... R_i, ..., R_N olduğunda, R_i'nin olanaklı sonuçları $S_i^{(1)}$, $S_i^{(2)}$, $S_i^{(3)}$, ... $i = 1, ..., N$ biçimindedir.

Olay-tipleri ve olayların varlıksal olasılığı da, bilgisel olasılığın Kolmogorov aksiyomlarını yerine getirir. Bunu sağlamak için "~", "∧" ve "∨" eklemleri olay-tipleri ve olaylara da uygulanır. Örneğin $\sim S^{(1)}$ olay-tipi, C14 atomunun 1. yıl içinde radyoaktif bozunuma uğramaması; $\sim S^{(1)} \wedge S^{(2)}$ olay-tipi, C14 atomunun 1. yıl içinde radyoaktif bozunuma uğramaması ve 2. yıl içinde radyoaktif bozunuma uğraması; $S^{(1)} \vee S^{(2)}$ olay-tipi, C14 atomunun 1. yıl veya 2. yıl içinde radyoaktif bozunuma uğraması anlamına gelir. Benzeri olaylar için geçerlidir. Öte yandan zorunlu önermenin karşılığı olan *zorunlu olay-tipi*nin örneği olarak $S^{(1)} \vee \sim S^{(1)}$ olay-tipini verebiliriz. Öte yandan sonsuz bileşenli $S^{(1)} \vee S^{(2)} \vee S^{(3)} \vee$... olay-tipi, mantıkça zorunlu değil, *fizikçe zorunlu*dur. Olanaksız olay-tipine örnek olarak mantıkça olanaksız $S^{(1)} \wedge \sim S^{(1)}$ olay-tipini; fizikçe olanaksız olay-tipine örnek olarak $S^{(1)} \wedge S^{(2)}$ olay-tipini gösterebiliriz. Bu son örnek, aynı C14 atomunun hem birinci hem ikinci yılda radyoaktif bozunuma uğraması olay-tipidir. Böyle bir olay-tipi ise, fizikçe olanaksızdır.

Kolmogorov aksiyomlarını Örnek 2'ye uygulayarak örneğin şu önermeler ileri sürülebilir:

$P(\sim S^{(1)}) = 1 - P(S^{(1)})$
$P(S^{(1)} \wedge S^{(2)}) = 0$
$P(S^{(1)} \vee S^{(2)}) = P(S^{(1)}) + P(S^{(2)})$

Radyoaktif bozunum yasalarına dayanarak, $P(S^{(1)}) = \lambda$ olduğunda,

$P(S^{(i)}) = \lambda(1-\lambda)^{i-1}, \quad i = 1, 2, 3, ...$

eşitlikleri elde edilir. (Bkz. Suppes, 1973, s. 524 - 527 ve D. Grünberg, 2005, s. 238 - 239)

İstatistiksel Olasılık Fonksiyonu

Bilgisel olasılık ve varlıksal olasılık fonksiyonlarının yanı sıra bir de aşağıdaki örnekte ortaya koyacağımız üçüncü bir tür olan *istatistiksel olasılık fonksiyonu*ndan söz edilir.

Örnek 3: R rastlantı deneyi, içinde 999 tane beyaz ve 1 tane siyah bilye bulunan torbadan tek bir bilyenin rastgele çekilişi işlemidir. Torbadaki bilyelerin renk dışındaki özelliklerinin özdeş olduğunu ve torbanın içinde *rastgele* dağılmış olduklarını varsayıyoruz. Olay-tipi sayılabilen rastgele bilye çekiliş işlemini *Ç* olarak gösteriyoruz. Öte yandan *R* deneyinin sırasıyla *S* ve $\overline{S}$ olay-tipleri olarak gösterilen ve aşağıda betimlenen iki olanaklı sonucu vardır:

S: Torbadan çekilen bilyenin siyah çıkması olay-tipi
$\overline{S}$: Torbadan çekilen bilyenin beyaz çıkması olay-tipi

Söz konusu *R* deneyinin *N* tane farklı denemesini gerçekleştirmek amacıyla, *R* deneyi sırasıyla $[t_1, t'_1]$, ..., $[t_i, t'_i]$, ..., $[t_N, t'_N]$ zaman aralıklarında ve u_1, ..., u_i, ..., u_N yerlerinde yinelenir. Bu denemeleri sırasıyla R_1, ..., R_i, ..., R_N olarak gösteriyoruz. R_i denemesinin (i = 1, ..., *N*) iki olanaklı sonucu vardır. S_i olarak gösterdiğimiz olanaklı sonuç, R_i denemesinde $[t_i, t'_i]$ zaman aralığında ve u_i yerinde çekilen bilyenin siyah çıkması olayı; $\overline{S}_i$ olarak gösterdiğimiz olanaklı sonuç, R_i denemesinde $[t_i, t'_i]$ zaman aralığında ve u_i yerinde çekilen bilyenin beyaz çıkması olayıdır. (R_i denemesindeki bilye çekiliş olayı yukarıdakine benzer bir biçimde $Ç_i$ olarak gösterilebilir.) Siyah bilye çekilen denemelerin sayısı N_S, beyaz bilye çekilen denemelerin sayısı da $N_{\overline{S}}$ olsun. $N_S + N_{\overline{S}} = N$. Buna göre *S* olay-tipinin sıklığı N_S/N, $\overline{S}$ olay-tipinin sıklığı da $N_{\overline{S}}/N$ olur. Bu sıklıklar *N* ile birlikte değişebilir. Ancak R_1, ..., R_i, ..., R_N denemelerinin her birinde, torbadaki bilyelerin *gerçekten rastgele* dağıldığı ve bilyelerin *gerçekten rastgele* çekildiği varsayıldığında, N_S/N ile $N_{\overline{S}}/N$ dizileri yakınsak olup $\lim_{n\to\infty} N_S / N$ ve $\lim_{n\to\infty} N_{\overline{S}} / N$, 0 ile 1 arasında belli reel sayılara eşit olurlar.

S ile $\overline{S}$ olay-tiplerinin *P(S)* ile $P(\overline{S})$ olasılıklarını sırasıyla $P(S) = \lim_{n\to\infty} N_S / N$ ve $P(\overline{S}) = \lim_{n\to\infty} N_{\overline{S}} / N$ biçiminde tanımlıyoruz. *S* ile $\overline{S}$ olay-tiplerinin olasılıkları *Ç* olay-tipine (rastgele bilye çekiliş işlemi) göreli olduğundan bu olasılıkları sırasıyla $P(S|Ç) = \lim_{n\to\infty} N_S / N$ ve $P(\overline{S}|Ç) = \lim_{n\to\infty} N_{\overline{S}} / N$ biçiminde de tanımlayabiliriz. Buna karşılık, her *sonlu N* sayısı için, eğer *N* yeterince büyük ise, N_S/N ile $N_{\overline{S}}/N$ ile sıklıkları sırasıyla $P(S|Ç)$ ile $P(\overline{S}|Ç)$ olasılıklarının *ölçü*leridir.

Öte yandan *S* olay-tipinin karşılığı olan S_1, ..., S_N ve $\overline{S}$ olay-tipinin karşılığı olan $\overline{S}_1$, ..., $\overline{S}_N$ olaylarına ilişkin tekil-olay olasılıkları (Örnek 1 ve Örnek 2'nin tersine) varlıksal olasılıklar değildir. Nitekim Örnek 3'te R_i gibi bir denemenin gerçek sonucunun S_i olayı, R_j gibi başka bir denemenin gerçek sonucunun $\overline{S}_i$ olayı olması, R_i ile R_j denemelerinin aslında *farklı* koşullarda yapılmasından kaynaklanır. Nitekim Örnek 3'teki deney aslında gerekirci *(determinist)* fizik yasalarına bağlıdır. Torbadan bilye çekilişi işleminin tüm etmenleri eksiksizi hesaba katılabilseydi, hangi bilyenin çekileceği gerekirci fizik yasalarına dayanarak belirlenecekti. İşte bu nedenle Örnek 3'teki olasılığa, varlıksal (fiziksel) olasılık değil, *istatistiksel olasılık* denilir. İstatistiksel olasılık da (bilgisel olasılık ve varlıksal olasılık gibi) Kolmogorov aksiyomlarını yerine getirir.

Olasılığa ilişkin verilen bu önbilgilerin ışığında şimdi olasılıksal-yasacı açıklamaya geçebiliriz. Bu açıklama biçimi *olasılıksal tümdengelimsel-yasacı açıklama* ile *olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklama* olmak üzere iki çeşide ayrılır.

Olasılıksal Tümdengelimsel-Yasacı Açıklama

Bir tümdengelimsel-yasacı açıklamada, açıklayanın bileşenleri arasında en az bir olasılıksal yasa bulunursa, böyle bir açıklamaya **olasılıksal tümdengelimsel-yasacı açıklama** denir. (Bkz. Hempel, 1965, s.380 - 381 ve Railton, 1988, s.24 - 128.) Bu model aslında tümdengelimsel-yasacı modelin bir alt modelidir. Dolayısıyla bu modelin tümdengelimsel-yasacı modelin bir alt modeli olduğu söylenebilir. Olasılıksal olmayan yasalar gerekirci (determinist) yasalardır. Tümdengelimsel-yasacı açıklamada yer alan yasaların hepsi gerekirci yasalardır. Dolayısıyla tümdengelimsel-yasacı açıklamaya *gerekirci tümdengelimsel-yasacı açıklama* da diyebiliriz. Olasılıksal tümdengelimsel-yasacı açıklamada açıklayanın bileşenleri arasında yer alan yasa-görünümlü önermelerden en az biri olasılıksal yasa-görünümlü bir önermedir. Olasılıksal tümdengelimsel-yasacı açıklamayı aşağıda örneklendiriyoruz.

Olasılıksal tümdengelimsel-yasacı açıklama, açıklayanın bileşenleri arasında en az bir olasılıksal yasa bulunan bir tümdengelimsel-yasacı açıklamadır.

Örnek 2'deki R rastlantı deneyi ile bu deneyin olanaklı sonuçları olan $S^{(1)}$, $S^{(2)}$, $S^{(3)}$, ..., $S^{(n)}$, ... olay-tiplerini ele alalım. $P(S^{(1)}) = \lambda$ olduğunda,

(i) $P(S^{(i)}) = \lambda(1-\lambda)^{i-1}$, $i = 1, 2, 3, ...$

eşitliğinin geçerli olduğunu söylemiştik. (i) bir olasılık yasasını dile getirir. Şimdi $S^{(1^*)}$, $S^{(2^*)}$, $S^{(3^*)}$, ..., olay-tiplerini sırasıyla şöyle tanımlayalım. $S^{(1^*)} = S^{(1)}$, $S^{(2^*)} = S^{(1)} \vee S^{(2)}$, $S^{(3^*)} = S^{(1)} \vee S^{(2)} \vee S^{(3)}$, ... (Dikkat edilirse $S^{(i^*)}$ olay-tipi, tek bir C14 atomunun i sayıdaki yıl süresi içinde radyoaktif bozunuma uğraması anlamına gelir.) Bu tanımlar ile (i) olasılıksal yasa önermesinden tümdengelimsel çıkarımla

(ii) $P(S^{(i^*)}) = 1 - (1-\lambda)^i$, $i = 1, 2, 3, ...$

önermesi türetilebilir. Dolayısıyla bu türetimi

(i) $P(S^{(i)}) = \lambda(1-\lambda)^{i-1}$, i = 1, 2, 3, ...

(ii) $P(S^{(i^*)}) = 1 - (1-\lambda)^i$, $i = 1, 2, 3, ...$

biçiminde gösterebiliriz. (ii) önermesi de bir olasılıksal yasayı dile getirir. Böyle bir türetim, (ii) yasasının bir olasılıksal tümdengelimsel-yasacı açıklamasını sağlar. Nitekim (ii) açıklanan-önerme, (i) ise açıklayan-önerme işlevini görür. (Bkz. Suppes, 1973, s. 524 - 527 ve D. Grünberg, 2005, s. 238 - 240)

Olasılıksal Tümevarımsal-Yasacı Açıklama

Bir yasacı-açıklamada, açıklanan önerme açıklayan-önermenin bileşenlerinden tümdengelimsel değil de tümevarımsal bir çıkarımla türetilebilirse, böyle bir açıklama tümevarımsal bir açıklama olur. Bu çeşit açıklamalarda, açıklayan-önermenin bileşenleri arasında en az bir olasılıksal yasa-görünümlü önerme bulunduğundan bu açıklamalara olasılıksal **tümevarımsal-yasacı açıklama** denir. Sözü geçen açıklamaların *yalın* olanları

Tümevarımsal-yasacı açıklamada, açıklanan önerme açıklayan-önermenin bileşenlerinden tümdengelimsel değil de tümevarımsal bir çıkarımla türetilir.

(14) (i) $P(G \mid F) = r_1$

(ii) Fa

$\overline{}$ $[r_2]$

(iii) Ga

biçiminde dile getirilebilir. (Bkz. Hempel, 1965, s. 381 - 391) (14) ifadesi belli türden tümevarımsal çıkarımların genel biçimidir. (i) ile (ii) önermeleri, çıkarımın öncülleri, (iii) önermesi de çıkarımın sonucunu gösteriyor. (i) önermesi, olasılıksal yasa-görünümlü bir önerme, (ii) ile (iii) önermeleri ise yalın gözlem önermeleridir. *F* ile *G* sırasıyla *"F"* ile *"G"* yüklemlerince gösterilen olay-tipleridir. Öncülleri ile sonucu ayıran çift yatay çizginin hizasındaki r_2, belli bir bilgisel olasılık derecesini gösteren 0 ile 1 arasındaki bir reel sayıdır. (14) çıkarımı, (i) ile (ii) öncüllerinin (iii) sonucunu r_2 bilgisel-olasılık derecesiyle tümevarımsal olarak gerektirdiğini belirtiyor. Söz konusu çıkarımın geçerli bir tümevarımsal çıkarım olabilmesi için r2 reel sayısının sözgelişi 0.9, 0.99, 0.999 sayıları gibi 1 sayısına yakın olması gerekir.

Öte yandan (14) çıkarımının (i) öncülündeki r_1 reel sayısı genellikle bir varlıksal veya istatistiksel olasılığı gösterir. Eğer r_1 olasılık derecesi yeterince büyük ise (yani 1 sayısına çok yakın ise), $P(G \mid F) = r_1$ ile *Fa* öncülleri r_1 sayısına eşit olan bir bilgisel olasılık derecesiyle *Ga* sonucunu tümevarımsal olarak gerektirir. Bu bir metafizik ilkedir. Varlıksal veya istatistiksel olasılığı *P*, bilgisel olasılığı da P_b olarak gösterelim. Buna göre söz konusu ilke

(15) $P_b[(Ga \mid (P(G \mid F) = r \wedge Fa)] = r$

biçiminde dile getirilebilir. (15) ilkesine dayanarak (14) biçimindeki tümevarımsal çıkarımlarda r_2 bilgisel olasılık derecesi, birinci öncüldeki r_1 istatistiksel olasılık derecesi ile özdeşleştirilebilir. Dolayısıyla yalın olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklamayı oluşturan çıkarım şu biçimi alır (bkz. Hempel, 1965, s. 390):

(16) $P(G \mid F) = r$

Fa

$\overline{}$ $[r]$

Ga

Söz konusu (16) çıkarımında 1 sayısına yakın olan *r* reel sayısının ilk geçişi bir istatistiksel olasılık derecesini, ikinci geçişi de bu istatistiksel olasılık derecesine eşit olan bir bilgisel olasılık derecesini gösterir.

Örnek olarak, Örnek 3'ü, yani içinde 999 tane beyaz ve 1 tane siyah bilye bulunan torbadan bir bilyenin rastgele çekilişini ele alalım. *F* olay-tipi sözü geçen torbadan bilye çekilişi, *G* olay-tipi çekilen bilyenin beyaz çıkması, *a* (tekil) olayı da belli bir çekiliş olsun. Buna göre $P(G \mid F) = 999 / 1000 = 0.999$ olup

$P(G \mid F) = 0.999$

Fa

$\overline{}$ $[0.999]$

Ga

tümevarımsal çıkarımı geçerli olur. Böylece *a* çekilişinde beyaz çıkması yalın olgusu, olasılıksal tümevarımsal-yasacı bir açıklama yoluyla açıklanmış olur.

İkinci bir örnek olarak belli bir yer ve zamanda streptokok enfeksiyonu geçiren ve penisilin tedavisi gören 100 kişilik bir hasta grubunu ele alalım. Söz konusu kişilerin ortak özelliğini *F* ile gösteriyoruz. 100 kişiden 98'inin kısa bir sürede iyileştiğini varsayalım. Bu son özelliği *G* ile, iyileşen hastalardan belli birini de *a* ile gösterelim. Buna göre *a* hastasının iyileşmesi olgusunu, $r = 0.99$ olmak üzere, (16) biçimindeki bir çıkarıma dayanarak olasılıksal tümevarımsal-yasacı bir açıklama ile açıklayabiliriz. *a*'nın penisilin tedavisi görmesi (*a*'nın *F* olması), *a*'nın iyileşmesinin (*a*'nın *G* olmasının) nedeni sayılabildiğinden, sözü geçen açıklama bir nedensel açıklamadır. Ancak böyle bir nedensellik gerekirci değil, olasılıksal bir nedenselliktir.

Olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklama, *olasılıksal tümevarımsal-öndeyi* ile yapısal olarak özdeştir. Nitekim *K* kişisi (16) biçimindeki bir çıkarımı, *"Ga"* sonuç önermesinininin doğru olduğunu bilmeksizin yaparsa, açıklama yapacak yerde bir öndeyide bulunmuş olur. Bu öndeyi kesin değil olasılıksal olup, *r* olasılık derecesiyle yapılmaktadır. Sözü geçen çıkarımın öndeyiye yol açması için *r*'nin yeterince büyük olması, yani 1 sayısına yakın olması gereklidir.

Olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklamanın gerekli ve yeterli koşulları, tümdengelimsel-yasacı açıklamanınkilerinden (ii) koşulundaki "tümdengelimsel çıkarımla türetilir" ifadesi yerine "tümevarımsal çıkarımla türetilir" ifadesi koymakla elde edilir. Bu koşulların da ne yeterli ne de gerekli olduğu aşağıdaki karşı-örneklerle gösterilmiştir.

C Vitamini ve Nezle Olma: Koşulların yeterli olmadığını göstermek için nezle olan *a* kişisinin tedavi olmak amacıyla bol miktarda C vitamini aldığını ve bir hafta içinde iyileştiğini düşünelim. Burada F_1, nezle olma, F_2, bol miktarda C vitamini alma özelliği, *G* ise bir hafta içinde iyileşme özelliği olsun. Buna göre $P(G \mid F_1 \wedge F_2)$ olasılık derecesi büyüktür. Çünkü nezle olan kişilerin pek çoğu ister C vitamini alsın ister almasınlar, bir hafta içinde iyileşirler. O halde (16) biçiminde bir çıkarım yapılabilir; dolayısıyla *a*'nın bir hafta içinde iyileşmesi, olasılıksal tümevarımsal-yasacı bir açıklama yoluyla C vitamini almasıyla açılanmış olur. Ama böyle bir açıklama başarılı bir bilimsel açıklama olamaz. Çünkü nezle olan *a* kişisinin bol miktarda C vitamini alması, onun bir hafta içinde iyileşmesinin nedeni olamaz. Nitekim $P(G \mid F_1 \wedge F_2) = P(G \mid F_1 \wedge \sim F_2) = P(G \mid F_1)$ eşitlikleri geçerli olduğundan F_2 özelliği elenmiş olur. (Burada "~" değilleme eklemidir.) Böylece olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklamanın tüm kurallarını yerine getiren ama başarılı bir bilimsel açıklama olmayan bir karşı-örnekle karşılaşmış oluyoruz. (Bu karşı-örnek için bkz. Salmon, 1999, s. 27 - 28 ve Psillos, 2007, s. 133 - 134.) Bu karşı-örnek açıklayan-önermelerin açıklanan-önermeyi *büyük* olasılıkla gerektirmesinin (yani olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklamanın koşullarının (ii)'incisinin) ve diğerlerinin yerine gelmesinin *yeterli olmadığını* gösterir.

Olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklamanın başarılı olması için, açıklayan-önermelerin açıklanan-önermeyi *büyük* olasılıkla gerektirmesinin (diğer koşulların yerine gelmesiyle birlikte) *yeterli olmadığını* gösteren yukarıdakine benzer bir karşı-örnek veriniz.

SIRA SİZDE 2

Öte yandan olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklamanın koşullarının gerekli olamadığı da aşağıdaki örnekle gösterilebilir:

Sifilis ve Parezi: Parezi *(paresis)*, *yalnız* daha önce sifilis (frengi) hastalığına yakalanmış kişilerde ortaya çıkabilen bir hastalıktır. Ancak parezi hastalığına yakalananların oranı oldukça düşüktür. Bu oran yaklaşık % 25'tir. Buna göre bu hastalığa yakalanmayanların oranı yaklaşık % 75 olduğundan, bu kişilerin parezi hastalığına yakalanmayacaklarını % 75 olasılıkla kestirebilir, yani öndeyide bulunabiliriz. Oysa önceleri sifilis geçirmiş bir kişi parezi hastalığına yakalanırsa, bu olgu ancak önceleri sifilis hastalığını geçirmiş olması olgusuyla açıklanır. Ama bu açıklama, olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklamanın (ii) kuralına aykırıdır. Dolayısıyla (ii) kuralı söz konusu olguyu açıklamak için *gerekli değildir*.

SIRA SİZDE 3

Olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklamanın başarılı olması için, açıklayan-önermelerin açıklanan-önermeyi *büyük* olasılıkla gerektirmesinin (diğer koşulların yerine gelmesiyle birlikte) *gerekli olmadığını* gösteren yukarıdakine benzer bir karşı-örnek veriniz.

Monotonik-olmama: Olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklamanın karşılaştığı "monotonik-olmama" olarak adlandırılabileceğimiz üçüncü bir güçlüğü göstermek için yukarıdaki streptokok enfeksiyonu geçiren hastaların penisilin ile iyileşmesi örneğini yeniden ele alalım. F_1, F_2 ve G sırasıyla streptokok enfeksiyonu geçirme, penisilin alma ve hastalıktan kısa sürede iyileşme özellikleri olsun. Ayrıca F_1^* penisiline dirençli streptokok enfeksiyonu geçirme özelliği olsun. Böyle bir enfeksiyonu olan hastaların kısa sürede *iyileşme* olasılığı çok küçük olup, kısa sürede *iyileşmeme* olasılığı çok büyüktür. Dolayısıyla olasılıksal yasa-görünümlü önermeler olan

$$P(G \mid F_1 \wedge F_2) = r$$

ile

$$P(\sim G \mid F_1^* \wedge F_2) = r$$

doğru olur.

Şimdi a'nın öyle bir kişi olduğunu varsayalım ki, "F_1a", "F_1^*a", "F_2a" ve "Ga" önermelerinin tümü de doğru olsun. Buna göre sonuçları çelişik olan şu iki tümevarımsal çıkarım yapılabilir:

$$(17)\quad \begin{array}{l} P(G \mid F_1 \wedge F_2) = r \\ F_1a \wedge F_2a \\ \hline Ga \end{array}\ [r]$$

ile

$$(18)\quad \begin{array}{l} P(\sim G \mid F_1^*a \wedge F_2) = r \\ F_1^*a \wedge F_2a \\ \hline \sim Ga \end{array}\ [r]$$

(17) çıkarımı a kişisinin iyileşmesini penisilin almasıyla açıklıyor. Oysa (18) çıkarımı, a'nın penisilin almakla iyileşmeyeceği öndeyisini dile getiriyor. Böylece (18) çıkarımı, (17) çıkarımını haksız kılıyor. Nitekim (17) çıkarımının öncüllerini (18)'inkilerine eklemekle elde edilen dört öncül (17)'nin sonucu olan Ga önermesini tümevarımsal olarak gerektirmez; tam tersine (1 sayısına yakın r olasılığı ile) $\sim Ga$ önermesini gerektirir. Dolayısıyla olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklamaya yol açan (17) çıkarımına (doğru olduğu bilinen) yeni öncüller eklemekle bu çıkarım geçersiz kılınabilir. Başka bir deyişle, tümevarımsal çıkarım *monotonik-olmayan* bir çıkarımdır. Genel olarak herhangi bir geçerli çıkarımın *monotonik* olması, bu çıkarımın öncüllerine ne kadar çok sayıda yeni öncül eklesek de, çıkarımın geçersiz kılınamaması, yani geçerliliğini koruması demektir. Bütün tümdengelimsel çıkarımlar monotonik olmasına karşın, tümevarımsal çıkarımlar monotonik-olmayan çıkarımlardır. (Krş. Ünite 1.) Tümevarımsal çıkarımın monotonik-olmama özelliğinden dolayı arkaplan bilgilerini ifade eden (doğru olduğu bilinen) farklı önerme-

lerden geçerli tümevarımsal çıkarımlar yoluyla birbiriyle çelişen sonuçlar türetilebilir. Bu ise-önlem alınmazsa-bilim insanları topluluğunca kabul edilen önermeler dağarcığında çelişki bulunması tehlikesine yol açar. Bu tehlikeyi önlemek için bilimsel açıklama ile bilimsel öndeyiler için yapılan tümevarımsal çıkarımın öncülleri arkaplan bilgileri arasında bulunan ve çıkarımın sonucunu etkileyen tüm bilgileri ifade etmelidir. Öncülleri eksik bilgi ifade eden tümevarımsal çıkarımlar geçerli olmasına karşın hükümsüz sayılır.

BİRLEŞTİRİCİ AÇIKLAMA MODELLERİ

Birleştirici açıklama modeli denilen bilimsel açıklama modelinde A_1 açıklanan-olgusu tek başına değil de, A_2, A_3, ..., A_n gibi çok sayıda başka açıklanan-olgularla birlikte açıklanır. Böyle bir birleşik açıklama, açıklanan olguları birleştirerek daha iyi anlaşılmalarını sağlar. Oysa yasacı model gereğince olguları tek tek açıklamak onların yeterince anlaşılmalarını sağlar.

Birleştirici açıklama modelinde, açıklanan-olgusu pek çok sayıda başka açıklanan-olgularla birlikte açıklanır.

Birleştirici açıklama modelinin iki biçimi vardır. Friedman'ın ortaya koyduğu birinci açıklama modelinde, açıklamanın birleştirici gücü, *açıklayan-olguların sayısının* (açıklanan-olguların sayısına göreli olarak) *az* olmasına dayanır. Kitcher'in ortaya koyduğu birleştirici açıklama modelinde açıklamanın birleştirici gücü, *çok* sayıda açıklanan-olguyu birlikte açıklamak amacıyla kullanılan (tümdengelimsel ve/veya tümevarımsal) çıkarımların *tip*lerinin *az* olmasına dayanır. Bu iki birleştirici modeli sırasıyla aşağıda inceliyoruz.

Friedman'ın Birleştirici Açıklama Modeli

Michael **Friedman'ın birleştirici açıklama modeli,** yalnız düzenliliklerin, özellikle yasaların açıklanmasına yöneliktir. Yalın olguların açıklanması ise ele alınmamaktadır. Buna göre belli bir alanda açıklanması istenilen B_1, ..., B_n olguları birer yasadır. Bu yasalar sırasıyla "B_1", ..., "B_n" yasa-önermeleri ile dile getirilir. Bu önermeler, ilgili bilim insanları topluluğunca belli bir zamanda kabul edilen önermeler dağarcığına aittir.

Friedman'ın birleştirici açıklama modelinde yalnız düzenlilikler açıklanır, yalın olgular açıklanmaz.

Örneğin Boyle-Mariotte yasasının açıklanmasını ele alalım. Tümdengelimsel-yasacı modelde, bu yasanın tümdengelimsel bir çıkarımla türetilmesi yoluyla açıklanabileceğini görmüştük. Böyle bir açıklama sözü geçen yasayı yeterince anlamamızı sağlayamaz. Friedman'ın birleştirici modelinde ise Boyle-Mariotte yasası (T sabit ise, $p_1V_1 = p_2V_2$) tek başına değil de, Charles yasası (p sabit ise, $V_1/T_1 = V_2/T_2$) ve Gay-Lussac yasası (V sabit ise, $p_1/T_1 = p_2/T_2$) gibi klasik termodinamik yasalar ile birlikte açıklanır. Üstelik bu termodinamik yasalar Galileo Galilei'nin (1564 - 1642) serbest düşüş yasası ($h = 1/2\ gt^2$) ve Johannes Kepler'in (1571 - 1630) yasaları gibi astronomi yasaları ile birlikte az sayıda aynı açıklayan-önermelerden tümdengelimsel çıkarımlarla türetilerek açıklanabilirler. Bu açıklayan-önermeler Isaac Newton'un (1643 - 1727) üç devinim yasası ile genel çekim yasasından oluşur. Klasik termodinamik yasaların açıklanması istatistiksel mekaniğe dayanan kinetik gaz teorisi çerçevesinde yapılır.

Genel olarak "A_1", ..., "A_n" açıklanan yasa-önermeleri olduğunda, bu önermeler *"B"* gibi ortak bir açıklayan-önerme tarafından açıklanabilirler. *"B"* önermesi genellikle sırasıyla "$B_1 \wedge ... \wedge B_k$" gibi birden çok sayıda bileşeni olan bir tümelevetleme biçimindedir. "B_1", ..., "B_k" bileşenlerinden her biri bir yasa-önermesidir. Yukarıdaki örnekte *"B"* açıklayan-önermesinin bileşenleri, Newton'un devinim yasaları ile genel çekim yasası, bir de kinetik gaz teorisinin ilkelerini dile getiren önermelerdir. "A_1", ..., "A_n" açıklanan-önermelerin her biri, tıpkı tümdengelimsel-yasacı modelde olduğu gibi, *"B"* açıklayan-önermesinden bir tümdengelimsel çıkarımla türetilir. Birleştirici modelin farkı, açıklanan-önermelerin aynı zamanda tümüne ortak olan aynı "B" açıklayan-önermesinden türetilmeleridir.

Friedman'ın birleştirici açıklama modelinin **başarılı** olabilmesi için, açıklayan-önermenin bileşen sayısı, açıklanan-önermelerin sayısından çok küçük olmalıdır.

Başarılı açıklamalarda *"B"* açıklayan-önermesinin bileşen sayısı olan *k*, açıklanan "A_1", ..., "A_n" açıklanan-önermelerin sayısı olan *n*'den çok küçük olur. Örneğin mekanik ve astronominin çok büyük sayıdaki yasa-önermeleri Newton'un üç devinim yasası ile genel çekim yasasından türetilmiştir. Bunlara istatistiksel mekaniğin ilkelerini eklemekle, ideal gaz yasası gibi pek çok klasik termodinamik yasa da türetilir. "A_1", ..., "A_n" yasa-önermeleri gerek birbirinden gerekse *"B"* açıklayan-önermesinden bağımsız olarak pekiştirilerek kabul edilmiştir. Gene Boyle-Mariotte yasasını pekiştirmeye yeten gerekçeler kuşkusuz Newton yasalarını pekiştirmeye yetmez. Ama Boyle-Mariotte yasası önünde sonunda Newton yasalarından türetilebilmesinden dolayı, Newton yasaları Boyle-Mariotte yasasından bağımsız olarak kabul edilebilir değildir. Çünkü Newton yasalarını kabul etmek, bu yasaların tümdengelimsel sonuçlarının kabul edilmesini gerektirir.

Friedman'ın birleştirici açıklama modelinde, birbirinden bağımsız kabul edilebilir önermeler olan "A_1", ..., "A_n" yasa-önermelerine *"B"* açıklayan-önermesini ekleyerek açıklanan yasalar kümesi *indirgenir.* Böyle bir indirgemenin anlamı şudur. "$A_1 \wedge ... \wedge A_n \wedge B$ " tümel-evetleme önermesi *"B"* önermesine yani "$B_1 \wedge ... \wedge B_k$" önermesine eşdeğerdir, çünkü "$B_1 \wedge ... \wedge B_k$", "$A_1$", ..., "$A_n$" önermelerinin her birini gerektirir. Buna göre *n* sayıdaki "A_1", ..., "A_n" açıklanan-önermeleri, açıklama işlemi sonucunda sayısı *n*'den çok küçük olan *k* sayıda sırasıyla "B_1", ..., "B_k" açıklayan-önermelerine indirgenir. (Bkz. Friedman, 1988, s. 188 - 198.)

Kitcher'in Birleştirici Açıklama Modeli

Kitcher'in birleştirici açıklama modeli, hem düzenlilikler ile yasaların hem de olguların açıklanmasına yönelik olup, açıklamaların birleştirici gücü bu açıklamaların dayandığı çıkarım tiplerinin sayısının azlığı ve bu az sayıda çıkarım tipine ait çıkarımların toplam sonuçlarının sayısının büyük olması ile tanımlanır.

Philip Stuart **Kitcher' in** (1947 -) **birleştirici açıklama modeli,** daha önce de belirtildiği gibi Friedman'ınkinden farklı olarak yalnız düzenlilikler ve yasaların değil, yalın olguların da açıklamasını sağlar. Açıklamaların *birleştirici gücü* ise, ortak açıklayan-önermelerin (başka bir deyişle aksiyomların) sayısının azlığı değil, açıklamaların dayandığı *çıkarım tipleri*nin sayısının azlığı ve bu az sayıda çıkarım tipine ait çıkarımların toplam sonuçlarının sayısının büyük olması ile tanımlanır. *"Çıkarım tipi"* kavramı, ilgili bilim insanları topluluğunun belli bir zamanda kabul ettikleri *K* önermeler kümesi ve bu kümenin öğelerinden oluşan çıkarımlara ilişkindir. *K* kümesinin öğelerine *K-önermesi,* öncülleri ve sonucu *K*-önermeler olan tümdengelimsel ve tümevarımsal çıkarımlara *K*' ye göreli olarak kabul-edilebilir çıkarım, kısaca *K-çıkarımı* diyoruz. *K*'nın (yani *K*-önermeleri kümesinin) tutarlı olduğu ve *K*'nin tümdengelimsel sonuçlarının gene *K*' ye ait olduğu varsayılır. Dolayısıyla öncülleri *K'* ye ait olan her geçerli tümdengelimsel çıkarım bir *K*-çıkarımıdır. Öte yandan tümevarımsal *K*-çıkarımlarının öncülleri, sonucu etkileyen tüm *K*-önermelerini kapsamalıdır. Yoksa iki farklı tümevarımsal *K*-çıkarımının sonuçları çelişkili olabilir. Dolayısıyla (her *K*-çıkarımının sonucu, tanım gereği, *K*' ya ait olduğundan) *K* kümesinde çelişik önermeler bulunacaktı. Bu ise, *K* tutarlı olduğundan, olanaksızdır.

Dikkat edilirse, gerek yasacı açıklama modeli, gerekse Friedman'ın birleştirici açıklama modelindeki açıklamaları oluşturan çıkarımların her biri bir *K*-çıkarımıdır. Örneğin *a*, Ünite 2'de sözünü ettiğimiz gaz kitlesi, t_1 ile t_2 ardışık zaman anları olduğunda şöyle bir *K*-çıkarımı kurabiliriz:

(19) 1. *a* bir ideal gazdır.
2. *a*'nın t_1'deki basıncı = 1 atm.
3. *a*'nın t_1'deki hacmi = 1 lt.
4. *a*'nın t_1'deki hacmi = 0.5 lt.
5. *a*'nın $[t_1, t_2]$ zaman aralığındaki sıcaklığı sabittir.
6. (*a*'nın t_1'deki basıncı × *a*'nın t_1'deki hacmi) = (*a*'nın t_2'deki basıncı × *a*'nın t_2'deki hacmi)
7. *a*'nın t_2'deki basıncı = (1 atm × 1 lt) / 0.5 lt = 2 atm.
8. *a*'nın basıncı, $[t_1, t_2]$ zaman aralığında 1 atmosferden 2 atmosfere geçiyor.

Sözü geçen 1 - 8 önermeleri bir geçerli tümdengelimsel çıkarımı oluşturur. Bu çıkarımın öncülleri olan 1 - 6 önermelerinin ilgili *K* kümesine ait olduğu varsayılır. 7 önermesi 1, 3, 4 ve 6'dan hesaplama yoluyla türetilir. 1 - 6 önermeleri *K*' ya ait olduğundan 7 de *K*' ya ait olur. 8 önermesi ise 1 - 7'den türetilip söz konusu (19) çıkarımının sonucunu oluşturur.

Şimdi (19) çıkarımında geçen ve belirlenmiş özellikle gösteren "1 atm", "1 lt", "2 atm" ve "0.5 lt" terimlerinin yerine sırasıyla p_1, V_1, p_2 ve V_2 simgelerini koyalım. Böylece (19) çıkarımından aşağıdaki (20) ifadeleri dizisi elde edilir:

(20) 1. *a* bir ideal gazdır.
2. *a*'nın t_1'deki basıncı = p_1
3. *a*'nın t_1'deki hacmi = V_1
4. *a*'nın t_1'deki hacmi = V_2
5. *a*'nın $[t_1, t_2]$ zaman aralığındaki sıcaklığı sabittir.
6. p_1V_1 = *a*'nın t_2'deki basıncı × V_2
7. a'nın t_2'deki basıncı = p_1V_1 / V2 = p2
7′. $p_1V_1 / p_2 V_2$
8. *a*'nın basıncı, $[t_1, t_2]$ zaman aralığında p_1'den p_2'ye geçiyor.

Söz konusu (20)'nin her bir satırındaki ifadeye *şematik önerme,* (20)'deki alt alta yazılı şematik önermeler dizisine de *şematik çıkarım* denir. Bu şematik önermelerde ve bunlardan oluşan şematik çıkarımda geçen p_1, p_2, V_1, V_2 yerine sırasıyla belli basınç ve hacim değerlerini gösteren ifadeler (söz gelişi "3 atm", "6 atm", "4 lt", "2 lt") konulursa, sözü geçen şematik önermeler birer önermeye, şematik çıkarım da bir çıkarıma dönüşür. Genel olarak bir bilimsel önermede geçen belirlenmiş (niteliksel veya niceliksel) özellikler gösteren terimler yerine simgeler koymak yoluyla önerme bir şematik önermeye çevrilir. Bilimsel önermeler dizisinden oluşan bir çıkarım da aynı biçimde bir çıkarım şemasına dönüşür. Tersine şematik önerme ile şematik çıkarımda geçen simgeler yerine bu simgelere uyan belirlenmiş özellikler gösteren terimler koyarak önermeler ile çıkarımlar elde edilir.

"Çıkarım tipi" kavramı, "çıkarım şeması" kavramı yardımıyla şöyle tanımlanır. Bir *çıkarım tipi,* (i) bir çıkarım şeması, (ii) çıkarım şemasındaki simgelerin yerine konulabilen kimi terimlerin kümeleri ve (iii) çıkarımın mantıksal yapısını belirleyen kurallar kümesinden (yani hangi terimlerin mantıksal terim, hangi önermelerin öncül hangisinin sonuç olduğunu belirten ve her önermeyi önceki önermelerden türetmeye yarayan kurallardan) oluşan bir sıralanmış üçlü demektir.

Tüm öğeleri birer *K*-çıkarımı olan bir kümeye *K-dizgeleşimi* diyoruz. Her *K*-dizgeleşimi *K* kümesini belli bir biçimde dizgeleştirir. Dikkat edilirse *K* kümesinin her aksiyomlaştırılması özel bir *K*-dizgeleşimidir. Nitekim bir *K*-dizgeleşimi oluşturan tüm çıkarımların öncülleri ortak ise, bu öncüller aksiyom işlevinde, çıkarımların sonuçları ise bu aksiyomlara dayanarak ispat edilebilen teorem işlevinde olur. Friedman'ın birleştirici açıklamaları, aslında *K* kümesinin aksiyomlaştırılmasına dayanır. Nitekim Friedman'a göre birleştirme, açıklanan-önermelerin az sayıda ortak öncülden (yani aksiyomdan) türetme demektir. Dolayısıyla Friedman anlamında açıklama oluşturan tüm çıkarımlar aynı bir *K*-dizgeleşiminin öğeleridir.

Kitcher'e göre de açıklama oluşturan tüm çıkarımlar aynı bir *K*-dizgeleşiminin öğeleridir. Ama bu dizgeleşim genellikle *K* kümesini aksiyomlaştırmaz. Farklı çıkarımların öncülleri farklı olabilir, tüm öncüllerin sayısı da büyük olabilir. Buna karşılık bütün bu çıkarımların ait olduğu çıkarım tiplerinin sayısı *en az* olmalıdır. Bir de bu az sayıda çıkarım tipine ait çıkarımların toplam sonuçlarının sayısı *en büyük* olmalıdır. Böyle olunca söz konusu *K*-dizgeleşiminin birleştirici gücü en büyük olur. Açıklama oluşturan tüm çıkarımlar, birleştirici gücü en büyük olan bu *K*-dizgeleşiminin öğeleri olarak belirlenir. Bu seçkin *K*-dizgeleşimine, *K* kümesine ilişkin *açıklayıcı dağarcık (explanatory store)* denir. Buna göre bir *K*-çıkarımının bir bilimsel açıklama oluşturması, bu çıkarımın açıklayıcı dağarcığın öğesi olması biçiminde tanımlanır. Örneğin (19) çıkarımı böyle bir açıklayıcı dağarcığın öğesi olabilir.

Kitcher'in birleştirici modeli, tümdengelimsel-yasacı modeline karşı-örnek oluşturan gönder ve gölgesi sorununa bir çözüm getirir. Yukarıda görüldüğü gibi tümdengelimsel-yasacı modelde, (i) gölgenin uzunluğunun gönderin yüksekliğine dayanarak hesaplanması ile (ii) gönderin yüksekliğinin gölgenin uzunluğuna dayanarak hesaplanması aynı derecede kabul edilebilir olan açıklamalar oluşturur. Oysa sezgisel olarak (i) ile (ii) hesaplamaları, birer öndeyi olmasına karşın yalnız (i) bir açıklama oluşturur. Kitcher'in birleştirici modelinde ise sözü geçen iki hesaplama iki farklı çıkarım olarak ele alınıp, (i) çıkarımının ait olduğu dizgeleşiminin birleştirici gücünün, (ii) çıkarımının ait olduğu dizgeleşiminin birleştirici gücünden daha büyük olduğu haklı olarak (Kitcher tarafından) gösterilmiştir. (Bkz. Kitcher, 1988, s. 167 - 187.)

PRAGMATİK AÇIKLAMA MODELİ

Bas van Fraassen (1941 -) tarafından ortaya konulmuş **pragmatik açıklama** denilen bilimsel açıklama modelinde, açıklama, bir önerme, bir çıkarım ya da bir dizi önerme ile özdeş olmayıp, "Niye *A*?" biçiminde açıklamaya yol açan bir niye-sorusunun bir *yanıtı*dır. Bu nedenle bir açıklama kuramı, bir niye-sorusu kuramı olmalıdır. (Bkz. van Fraassen, 1988, s. 137 - 138.) Niye-sorusunun kabul-edilebilir yanıtı veya yanıtları, bu sorunun kullanım bağlamınca belirlenen *olanaklı-yanıtlar* arasında yer almalıdır. Dolayısıyla böyle bir soruyu yanıtlama anlamına gelen açıklama pragmatik bir işlem sayılmalıdır. Nitekim işlemin *pragmatik* olması kullanım bağlamınca belirlenmesi demektir. Modelin "pragmatik" olarak nitelenmesi, yanıtın kullanım bağlamınca belirlenmesinden kaynaklanır.

"Niye *A*?" biçimindeki açıklamaya yol açan soruyu yanıtlamayı amaçlayan **pragmatik açıklama modeli**nde, bu sorunun yanıtı kullanım bağlamınca belirlenen olanaklı-yanıtlar arasında yer alır.

"Niye *A*?" sorusuna ilişkin *A* açıklanan-olgusu, her biri ayrı olarak sorunun *ilgi konusu* olabilen farklı yapıtaşları içerir. Bu yapıtaşları nesne dizgeleri, belirli zaman ve yerler ile belirlenmiş özelliklerdir. Zaman ile uzayı belirlenebilir, bunların altındaki belirlenmişin de belli zaman anları (ya da zaman aralıkları) ve uzay yerleri olduğunu kabul ediyoruz. Buna göre her ilgi konusunun ya bir nesne dizgesi ya da bir nesne dizgesine ilişkin belli bir belirlenebilirin altındaki bir belirlenmiş olduğunu söyleyebiliriz. Örneğin (2) niye-sorusuna ilişkin (6) açıklanan-önermesinin dile getirdiği yalın olgu, *a* gaz kitlesi, *u* yeri, $[t_1, t_2]$ zaman aralığı, *a*'nın t_1 anındaki 1 atmosferlik basıncında olma özelliği ile *a*'nın t_2 anındaki 2 atmosferlik basıncında olma özelliğini içerir. Bu yapıtaşlarından her biri aynı (2) niye-sorusunun farklı bir ilgi konusu olarak seçilebilen bir nesne dizgesi ya da bir belirlenmiştir. Hangi nesne dizgesinin (genel olarak bir niye-sorusu birden fazla nesne dizgesi içerebilir) ya da hangi belirlenmişin ilgi konusu olarak seçileceği sorunun bağlamıyla tek bir biçimde belirlenir. Farklı ilgi konuları, aynı soruya birbirinden farklı yanıtların verilmesine yol açabilir.

Örneğin yukarıdaki "Tümdengelimsel-Yasacı Açıklama" alt-bölümünde (2) niye-sorusunu yanıtlarken örtük olarak ilgi konusunu, *a*'nın t_2 anındaki 2 atmosferlik basıncında olma özelliğini seçmiştik. Bu seçimi (2) sorusunun yerine

(2.1) *a* gaz kitlesinin basıncı, t_1 anında 1 atmosfer iken t_2 anında *niye 2 atmosfere* geçiyor?

sorusu ile daha iyi dile getirebiliriz. Dikkat edilirse (2.1) sorusunda "niye" sözcüğü ilgi konusunu dile getiren " 2 atmosfer" teriminin önündedir. Öte yandan

(2.2) t_2 anında basıncı 2 atmosfer olan *a* gaz kitlesinin basıncı t_1 anında *niye* 1 *atmosferdir*?

sorusu, ilgi konusunun *a*'nın t_1 anında 1 atmosfer olma özelliği olduğunu gösterir.

(2.3) *a* gaz kitlesinin basıncının 1 atmosferden 2 atmosfere geçişi niye $[t_1, t_2]$ zaman aralığında meydana geliyor?

sorusu ise ilgi konusunun $[t_1, t_2]$ zaman aralığı olduğunu gösterir. En sonda

(2.4) $[t_1, t_2]$ zaman aralığında basıncı 1 atmosferden 2 atmosfere geçen gaz kitlesi niye *a* nesne dizgesidir?

sorusu, ilgi konusunun a olduğunu gösterir.

Pragmatik açıklama modelinde, "Niye *A*?" sorusunun ilgi konusunu belirtmek amacıyla sorunun bağlamı *alternatif açıklanan-önermeler kümesi* denilen bir önermeler kümesini içerir. $\mathcal{A}$ olarak gösterdiğimiz bu kümenin öğeleri arasında "Niye *A*?" sorusundaki "A" açıklanan-önermesi bulunur, yani *"A"* $\in \mathcal{A}$. $\mathcal{A}$ kümesinin öbür öğeleri *"A"* ile bağdaşmayan alternatif açıklanan-önermelerdir. "A" önermesi doğru olduğuna göre, $\mathcal{A}$'nın *"A"* dışındaki *"A*"*, *"A**"*, ... olarak gösterdiğimiz tüm öğeleri yanlış önermelerdir. Ancak bu alternatif açıklanan-önermeler *"A"* açıklanan-önermesi için seçilen belli bir ilgi konusuyla bağıntılı olup bu ilgi konusunu belirtmeye yararlar. Bu bağıntıyı aydınlatmak için gene (2) niye-sorusuna dönelim. Yukarıda bu soruya ilişkin farklı ilgi konularını (2.1) - (2.4) sorularıyla göstermiştik. Bu dört sorunun her biri aşağıdaki farklı bir alternatif açıklanan-önermeler kümesini belirler. Bu dört kümeyi sırasıyla $\mathcal{A}^1$, $\mathcal{A}^2$, $\mathcal{A}^3$ ve $\mathcal{A}^4$ ile gösterelim. (2) niye-sorusunun açıklanan-önermesi olan (6) önermesi bu dört kümenin her birinin öğesi olmalıdır.

Önce (2.1) sorusunun belirlediği $\mathcal{A}^1$ alternatif açıklanan-önermeler kümesini ele alalım. Bu kümenin öğeleri (6) önermesi dışında

(6.1*) *a* gaz kitlesinin basıncı *u* yerinde ve $[t_1, t_2]$ zaman aralığında 1 atmosferden 2.1 atmosfere geçiyor,

(6.2*) *a* gaz kitlesinin basıncı *u* yerinde ve $[t_1, t_2]$ zaman aralığında 1 atmosferden 1.8 atmosfere geçiyor

gibi önermelerdir. Bütün bu önermeler, (6) önermesinin dile getirdiği açıklanan-olguda, *a* gaz kitlesinin t_2 anında 2 atmosfer basıncında olma özelliğini, 2.1 atmosfer, 1.8 atmosfer, ... gibi farklı belirlenmişlerle değiştirilmesi yoluyla oluşan alternatif açıklanan-olguları dile getiren önermelerdir. Dikkat edilirse "*a*'nın t_2 anındaki basıncı" bir belirlenebiliri gösterir. *a*'nın t_2 anında 2 atmosfer basıncında olma özelliği, 2.1 atmosfer basıncında olma özelliği, 1.8 atmosfer basıncında olma özelliği, ... bu belirlenebilirin altındaki belirlenmişlerdir. Bunların her birinin karşılığı olan belli bir alternatif açıklanan-olgu ve bu olguyu dile getiren bir alternatif açıklanan-önerme vardır. Bu önermeler $\mathcal{A}^1$ kümesinin öğeleridir.

$\mathcal{A}^2$, $\mathcal{A}^3$ ve $\mathcal{A}^4$ alternatif alternatif açıklanan-önermeler kümeleri de benzer bir biçimde oluşturulur. "*a*'nın t_1 anındaki basıncı"nın gösterdiği belirlenebilirin altındaki değişik belirlenmişler $\mathcal{A}^2$ kümesine, "zaman aralığı"nın gösterdiği belirlenebilirin altındaki değişik belirlenmişler $\mathcal{A}^3$ kümesine ve "gaz kitlesi"nin gösterdiği belirlenebilirin altındaki değişik belirlenmişler $\mathcal{A}^4$ kümesine yol açar.

Yukarıda (2) niye-sorusunun ilgi konusu olarak $\mathcal{A}^1$ alternatif açıklanan-önermeler kümesinin örtük olarak seçildiğini söyleyebiliriz. Pragmatik açıklama modelinde genel olarak herhangi bir niye-sorusunun bağlamı bir ve yalnız bir alternatif açıklanan-önermeler kümesini içerir. Ancak aynı niye-sorusunun birden çok sayıda farklı bağlamı olabilir. Her farklı bağlamın ise farklı bir alternatif açıklanan-önermeler kümesi olabilir. Yukarıda gördüğümüz gibi (2) niye-sorusunun (dört farklı bağlamda) bu türlü dört farklı kümesi vardır. "Niye *A*?" sorusunu belli bir bağlamda soralım ve bu bağlamdaki alternatif açıklanan-önermeler kümesi $\mathcal{A}$, {*"A"*, *"A*"*, *"A**"*, ...} biçiminde olsun. "Niye *A*?" sorusu yerine

(21) Niye *A*'dır da *A** değildir ve *A*** değildir ve ... ?

biçiminde bir soru sorulabilir. Örneğin

(22) Niye *a*'nın basıncı *u*'da ve [t_1, t_2]'de 1 atmosferden 2 atmosfere geçiyor da, *a*'nın basıncı *u*'da ve [t_1, t_2]'de 1 atmosferden 2.1 atmosfere geçmiyor ve *a*'nın basıncı *u*'da ve [t_1, t_2]'de 1 atmosferden 1.8 atmosfere geçmiyor ve ...?

sorusu (21) biçimindedir.

Öte yandan {*"A"*, *"A*"*, *"A**"*, ...} biçimindeki $\mathcal{A}$ alternatif açıklanan-önermeler kümesi "Niye *A*?" sorusunun bağlamının bir bileşeni sayıldığından, bu sorunun yol açtığı açıklamanın yapılması için ayrıca (21) sorusunun sorulmasına gereksinme yoktur.

Genel olarak "Niye *A*?" biçimindeki bir sorunun belli bir kişi tarafından belli bir yer ve belli bir zamanda sorulduğunda belli bir bağlam ortaya çıkar. Bağlam üç farklı bileşenden oluşur. Birinci bileşen, soruyu soran kişinin sorma yer ve zamanındaki arkaplan bilgilerini ifade eden kabul-edilen önermeler kümesidir. Daha önce yaptığımız gibi bu kümeyi *K* ile gösteriyoruz. İkinci bileşen, $\mathcal{A}$ ile gösterdiğimiz alternatif açıklanan-önermeler kümesidir. Üçüncü bileşen ise, olanaklı açıklayan-önermeleri belirleyen ve $\mathfrak{R}$ ile gösterdiğimiz bağıntıdır. Dolayısıyla bağlamı (K, $\mathcal{A}$, $\mathfrak{R}$) üçlüsü ile gösterebiliriz. Buna göre

(23) *"B"* gibi bir önerme, *"A"* açıklayan-önermesi için $\mathcal{A}$ kümesine göre bir *olanaklı-açıklayan önermesi*dir ancak ve ancak *"B"* önermesi ile (*"A"*, $\mathcal{A}$) sıralı-ikilisi arasında $\mathfrak{R}$ bağıntısı varsa.

Dikkat edilirse *"B"* önermesinin $\mathcal{A}$'ya göre bir olanaklı açıklayan-önermesi olması, böyle bir açıklamanın $\mathcal{A}$'nın belirlediği *ilgi konusu* bakımından yapılması demektir.

"Niye *A*?" sorusunun (K, $\mathcal{A}$, $\mathfrak{R}$) bağlamındaki öndayanağı şöyledir:

(24) (i) *"A"* açıklanan-önermesi doğrudur.
(ii) $\mathcal{A}$ kümesinin *"A"* önermesinden farklı her öğesi yanlış bir önermedir.
(iii) *"A"* açıklanan-önermesinin olanaklı açıklayan-önermelerinden en az biri doğrudur.

Eğer öndayanağın (i) ile (ii) koşulları, (K, $\mathcal{A}$, $\mathfrak{R}$) bağlamının birinci bileşeni olan K önermeler kümesinin tümdengelimsel sonuçları ise, "Niye *A*?" sorusuna "(K, $\mathcal{A}$, $\mathfrak{R}$) bağlamında *sorulabilen* niye-sorusu" denir.

Eğer "Niye *A*?" biçimindeki bir soru, (K, $\mathcal{A}$, $\mathfrak{R}$) bağlamında sorulabilir soru değilse, bu soru yanıtsız bırakılıp ret edilir. Buna karşılık soru sorulabilir bir soru ise, K kümesine dayanarak *"B"* gibi kabul-edilebilir bir açıklayan-önermeyi bulma amacıyla bilimsel araştırma yapılır. Böyle bir araştırma sonucunda ortaya konulan *"B"* önermesine dayanarak *"Niye A?" sorusunun* (K, $\mathcal{A}$, $\mathfrak{R}$) *bağlamında yanıtı "Çünkü B"* biçiminde olur. Dikkat edilirse "Niye A?" sorusunun (K, $\mathcal{A}$, $\mathfrak{R}$) bağlamında geçen $\mathfrak{R}$ bağıntısını öyle bir biçimde seçebiliriz ki, *A* açıklayan-olgusunun tümdengelimsel-yasacı modeldeki her açıklaması pragmatik açıklama modelinde bir açıklamaya indirgensin. Bu amaçla $\mathfrak{R}$ bağıntısı (dolayısıyla *olanaklı açıklayan-önermeleri*) şöyle tanımlanmalıdır:

(25) *"B"* herhangi bir önerme olduğunda, *"B"* önermesi ile (*"A"*,$\mathcal{A}$) ikilisi ara sında $\mathfrak{R}$ bağıntısı bulunur ancak ve ancak *"A"* ile *"B"* önermeleri tümden gelimsel-yasacı modelin (i), (ii), (iii) ve (iv) koşullarını yerine getirir ise.

(26) "*B"* önermesi "Niye *A*?" sorusunun (K, $\mathcal{A}$, $\mathfrak{R}$) bağlamında kabul-edilebilir bir önermedir, ancak ve ancak *"B"* ile (*"A"*, $\mathcal{A}$) arasında $\mathfrak{R}$ bağıntısı vardır ve "*B"* önermesi tümdengelimsel-yasacı modelin (v) koşulunu yerine geti rir, yani *"B"* önermesi doğru olur ise.

Örneğin (2) niye-sorusunun yol açtığı ve tümdengelimsel-yasacı modelde ortaya konulan açıklama, (K, $\mathcal{A}$, $\mathfrak{R}$) bağlamındaki $\mathcal{A}$ kümesi olarak yukarıda sözü edilen $\mathcal{A}^1$ kümesini seçerek (25) ve (26) tanımları gereği pragmatik açıklama modelindeki bir açıklamaya dönüşür.

Tümdengelimsel-yasacı açıklama modeline karşı-örnek olarak ortaya konulan Gönder ve Gölgesi örneği, pragmatik açıklama modelinde şöyle ele alınır. (i) Olağan bağlamda $\mathfrak{R}$ bağıntısı öyle saptanır ki gölgenin uzunluğuna ilişkin bir önerme, hiçbir *olanaklı* açıklayan-önermesinin (dolayısıyla hiçbir açıklayan-önermesinin) bileşeni olmasın. Böylece gönderin yüksekliğinin, gölgesinin uzunluğuna dayanarak açıklanması önlenmiş olur. (ii) Öte yandan öyle bir olağandışı bağlam vardır ki durum tersine dönüşür. Nitekim van Fraassen (1988, s. 136 - 137) şöyle bir örnek ortaya koymuştur. Bir kişi, Güneş'in ışınları yeryüzüne belli bir açıda yansıdığında belli bir uzunlukta bir gölgeyi elde etmek istiyor. Bu amaçla öyle bir kule inşa ettiriyor ki bu kulenin gölgesinin uzunluğu (Güneş'in ışınları yeryüzüne o açıda yansıdığı zamanda) istenilen uzunlukta oluyor. Böyle bir bağlama uygun $\mathfrak{R}$ bağıntısının belirlediği olanaklı açıklayan-önermeler kümesinin *"B"* gibi öyle bir öğesi bulunur ki, *"B"* önermesinin bir bileşeni gölgenin uzunluğuna ilişkin olur. Bu önerme doğru olursa, kulenin yüksekliğinin gölgenin uzunluğu ile açıklanmasını sağlar. (Bkz. van Fraassen, 1988, s. 136 - 155.)

NEDENSEL-DÜZENEKSEL AÇIKLAMA MODELİ

Nedensel-düzeneksel açıklama modelinde, bilimsel açıklama çıkarıma değil, açıklanan-olgunun gerçekleşmesine yol açan nedensel süreçler ve nedensel etkilemelere dayanır.

Wesley C. Salmon (1925 - 2001) tarafından ortaya konulan **nedensel-düzeneksel model** denilen bilimsel açıklama modelinde açıklama işlemi, çıkarım yapmaya dayanmaz. Onun yerine açıklanan-olgunun gerçekleşmesine yol açan *nedensel süreçler ve nedensel etkilemeler* ortaya konulur. (Bkz. Salmon, 1984, s. 261 - 262 ve s. 267 - 276.)

Örneğin daha önce sözünü ettiğimiz *a* gaz kitlesinin 20 °C yani 293 K sabit sıcaklıkta (1 atmosfer, 1 litre, 293 K) nesne-durumundan (2 atmosfer, 0.5 litre, 293 K) nesne-durumuna [t_1, t_2] zaman aralığında *sürekli* olarak geçmesi bir *nedensel süreç*tir. Bu nedensel süreci meydana getiren *nedensel etkileme* ise *a*'nın hacminin [t_1, t_2] zaman aralığında 1 litreden 0.5 litreye indirilmesidir. Bu etkileme bir deneycinin müdahalesi biçiminde olup açıklanan-olgu ilgili deneyin sonucudur. Deneye konu olan *a* nesne dizgesi deneysel düzenektir. Deneycinin müdahalesi, bu nesne dizgesinde bir nedensel sürecin meydana gelmesine yol açan deneysel etkileme işlevini görür. Sözü geçen düzenek (yani *a* gaz kitlesi) gözlemlenebilir bir nesnedir. Ancak söz konusu açıklanan-olgu bir de gözlemlenemez bir nedensel düzenekle açıklanabilir. Bu düzenek *a* gaz kitlesini oluşturan ve rastgele devinimde bulunup birbiriyle çarpışan büyük sayıda gaz molekülü topluluğudur. Gaz moleküllerinin devinimleri nedensel süreçler, çarpışmaları ise nedensel etkilemelerdir. Kuşkusuz açıklanan-olguyu deneysel olarak gerçekleştirmek genellikle olanaksızdır. Bu durumda açıklanan-olguyu açıklayan nedensel düzenek, süreç ve etkilemeler ancak betimleme yoluyla ortaya konulabilir.

Tümdengelimsel-yasacı açıklama modelinin bir karşı-örneği olan gönder ve gölgesi örneği, nedensel-düzeneksel açıklama modeli için bir güçlük oluşturmaz. Nitekim bu modelde, Güneş ışınlarının yeryüzüne geliş açısı 30° iken, 10 metre yüksekliğindeki gönderin gölgesinin 17.33 metre olması şöyle açıklanır. Nedensel düzenek, gönder ile Güneş'in oluşturduğu nesne dizgesidir. Gönderin durduğu zemin ve bu zemindeki gölge söz konusu düzeneğe ait sayılır. Gölgenin meydana gelmesine yol açan nedensel süreç, Güneş'ten göndere, gönderin kenarından da zemine yayılan güneş ışınlarından oluşur. Gönderin gövdesine ulaşan güneş ışınları durdurulup zemine ulaşmıyor, zemine ulaşan ışınlar ise ulaştıkları bölgeyi aydınlatıyor. Aydınlanmayan bölge gölge oluyor. Yani gölgenin oluşması anlık bir olay değil bir süreçtir. Bu süreç, gölgeyi oluşturması bakımından bir *nedensel* süreçtir. (Bkz. Salmon, 1984, s. 95.)

Öte yandan gönderin 10 metre yüksekliğinde olması olgusunu gölgenin 17.33 metre uzunluğunda olması olgusuyla açıklamak olanaksızdır. Çünkü sözü geçen süreç, Güneş'ten göndere ve gölgeye bir süreçtir. Buna karşılık gölgeden göndere uzanan bir nedensel süreç yoktur. Dikkat edilirse gönderin gölgesinin zaman içinde değişimi bir süreç sayılabilir. Ancak böyle bir süreç nedensel bir süreç değildir. Salmon bu gibi nedensel olmayan süreçlere *sözde-süreç (pseudo-process)* diyor. (Bkz. Salmon, 1984, s. 142 - 147 ve s. 153.)

Özet

Bilimsel açıklamaya yol açan niye sorularını ifade etmek.

A bilim konusu bir yalın olgu veya bir düzenlilik olduğunda, *"Niye A?"* biçimindeki soruya *bilimsel açıklamaya yol açan niye sorusu* denir. *"Niye A?"* sorusunun yanıtı "*A,* çünkü *B*" biçimindedir. *"A"* önermesine *açıklanan-önerme*, *"B"* önermesine *açıklayan-önerme* denir.

Yasacı açıklama modelinin ne olduğunu ifade etmek ve tartışmak.

*Yasacı açıklama*da, *"A"* açıklanan-önermesi ile *"B"* açıklayan-önermesi şu koşulları yerine getirmelidir: (i) *"A"* doğru olmalı, yani *A* bir olgu olmalıdır. (ii) *"A", "B"* önermesinden tümdengelimsel ya da tümevarımsal çıkarımla türetilebilmelidir. (iii) *"B"* bir tümel-evetleme önermesi olup en az bir bileşeni bir (gerekirci ya da olasılıksal) yasa-görünümlü önerme olmalıdır. (iv) *"B"*, doğru olması da yanlış olması da olanaklı olan ve bilimsel yöntemle sınanabilen bir önerme olmalıdır. (v) *"B"* doğru olmalıdır. Eğer *"B"* önermesinin bileşeni olan yasa-görünümlü önermelerin her biri gerekirci bir yasayı ifade ederse böyle bir yasacı açıklamaya *tümdengelimsel-yasacı açıklama,* bu önermelerden en az birisi bir olasılıksal yasayı ifade ederse, böyle bir yasacı açıklamaya *olasılıksal tümdengelimsel-yasacı açıklama* denir. Yasacı açıklamada *"A", "B"* önermesinden tümdengelimsel çıkarımla değil de tümevarımsal çıkarımla türetilebilirse ve *"B"* önermesinin en az bir bileşeni bir olasılıksal yasayı ifade ederse, yasacı açıklamaya *olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklama* denir.

Birleştirici açıklama modellerini ifade etmek ve tartışmak.

Birleştirici açıklama modelinde A_1, … , A_n gibi birden çok sayıda olgu bir arada açıklanır. *Friedman'ın birleştirici açıklama modeli*nde, "A_1", … , "A_n" açıklanan-önermeleri yalın olguları değil düzenlilikleri, özellikle yasaları ifade ederler. "A_1", … , "A_n" önermeleri bir arada bir teorinin aksiyomları veya postulatları olan n sayısından çok daha küçük k sayıda "B_1", … , "B_k" önermelerinden tümdengelimsel çıkarımla türetilebilir. *Kitcher'in birleştirici açıklama modeli*nde ise, yalnız düzenlilikler ve yasaların değil, yalın olguların da açıklanması sağlanır. Açıklamaların *birleştirici gücü* ise, açıklamaların dayandığı çıkarım tiplerinin sayısının azlığı ve bu az sayıda *çıkarım tipi*ne ait çıkarımların toplam sonuçlarının sayısının büyük olması ile tanımlanır.

Pragmatik açıklama modelini ifade etmek ve tartışmak.

Van Fraassen'in *pragmatik açıklama modeli*nde her bilimsel açıklama şu öğelerden oluşur: (i) *"Niye A?"* biçimindeki *niye-sorusu.* (ii) *"Niye A?"* sorusunun (*K, A,* $\mathfrak{R}$) biçimindeki *bağlamı*. Burada *K,* niye-sorusunu soran kişinin bilgilerini ifade eden *kabul-edilen önermeler* kümesidir. *A,* niye-sorusunun ilgi-konusunu belirleyen *alternatif açıklanan-önermeler* kümesidir. $\mathfrak{R}$, olanaklı açıklayan-önermeleri belirleyen bağıntıdır. *"B"* önermesinin *A*'ya göre bir olanaklı-açıklayan önerme olması, *"B"* önermesi ile (*"A", A*) sıralı-ikilisi arasında $\mathfrak{R}$ bağıntısının bulunması demektir.

Nedensel-düzeneksel açıklama modelini ifade etmek ve tartışmak.

Salmon'un *nedensel-düzeneksel açıklama modeli*nde her bilimsel açıklama, açıklanan-olgunun gerçekleşmesine yol açan *nedensel süreçler* ve *nedensel etkilemeler*in ortaya konulması demektir.

Kendimizi Sınayalım

1. Aşağıdakilerden hangisi bir düzenlilik açıklamasına yol açan bir niye-sorusudur?

a. Niye *a* gaz kitlesinin basıncı, [t_1, t_2] zaman aralığında 1 atmosferden 2 atmosfere geçiyor?
b. Niye her ideal gaz kitlesinin sabit sıcaklıktaki basıncı hacmi ile ters orantılıdır?
c. Niye *a* gaz kitlesinin hacmi, [t_1, t_2] zaman aralığında 1 litreden 0.5 litreye düşüyor?
d. Niye *a* gaz kitlesinin sıcaklığı, [t_1, t_2] zaman aralığında 288 K'den 303 K'e çıkıyor?
e. Niye *a* gaz kitlesinin basıncı, [t_1, t_2] zaman aralığında 2 atmosferden 1 atmosfere düşüyor?

2. Aşağıdakilerden hangisi "*A*, çünkü *B*" açıklama-önermesinin *tümdengelimsel-yasacı* bilimsel açıklama modelindeki doğru olma koşullarından biri **değildir?**

a. *"A"* açıklanan önermesi doğrudur.
b. *"A"* açıklanan-önermesi, *"B"* açıklayan-önermesinden bir tümdengelimsel çıkarımla türetilir.
c. *"B"* açıklayan-önermesi mantıksal-doğru bir önermedir.
d. *"B"* açıklayan-önermesi "$B_1 \wedge ... \wedge B_n \wedge C_1 \wedge ... \wedge C_k$" biçiminde bir tümel-evetleme önermesidir.
e. "B_1", ..., "B_n" bileşenlerinin her biri *başlangıç önermesi* denilen bir yalın önerme, "C_1", ..., "C_k" bileşenleri ise *yasa-önermeleri*dir.

3. Aşağıdakilerden hangisi "bilimsel öndeyi" kavramını tanımlamaktadır?

a. *K* bilim insanının *t* zamanında doğru veya yanlış olduğunu *bilmediği "A"* önermesininin doğru olduğu *öndeyi*sinde bulunması, *K*'nin *"A"* önermesini *t* zamanında kabul ettiği *"B"* önermesinden türetmesi demektir.
b. Bir *K* bilim insanının *t* zamanında doğru veya yanlış olduğunu *bildiği "A"* önermesininin doğru olduğu *öndeyi*sinde bulunması, *K*'nin *"A"* önermesini *t* zamanında kabul ettiği *"B"* önermesinden türetmesi demektir.
c. *K* bilim insanının *t* zamanında doğru olduğunu *bildiği "A"* önermesininin doğru olduğu *öndeyi*sinde bulunması, *K*'nin *"A"* önermesini *t* zamanında kabul ettiği *"B"* önermesinden türetmesi demektir.
d. Bir *K* bilim insanının *t* zamanında yanlış olduğunu *bildiği "A"* önermesininin doğru olduğu *öndeyi*sinde bulunması, *K*'nin *"A"* önermesini *t* zamanında kabul ettiği *"B"* önermesinden türetmesi demektir.
e. Bir *K* bilim insanının *t* zamanında doğru veya yanlış olduğunu *bilmediği "A"* önermesininin doğru olduğu *öndeyi*sinde bulunması, *K*'nin *"A"* önermesini *t* zamanında yanlış olduğunu bildiği *"B"* önermesinden türetmesi demektir.

4. Aşağıdakilerden hangisi *olasılıksal tümdengelimsel-yasacı açıklama* modelinin bir tanımıdır?

a. Bir tümdengelimsel-yasacı açıklamada, açıklayanın bileşenlerinin her biri bir olasılıksal yasa ise, böyle bir açıklamaya *olasılıksal tümdengelimsel-yasacı açıklama* denir.
b. Bir tümdengelimsel-yasacı açıklamada, açıklayanın bileşenleri arasında en az bir gerekirci yasa bulunursa, böyle bir açıklamaya *olasılıksal tümdengelimsel-yasacı açıklama* denir.
c. Bir tümdengelimsel-yasacı açıklamada, açıklayanın bileşenleri arasında en az bir olasılıksal yasa ve en az bir gerekirci yasa bulunursa, böyle bir açıklamaya *olasılıksal tümdengelimsel-yasacı açıklama* denir.
d. Bir tümdengelimsel-yasacı açıklamada, açıklayanın bileşenleri arasında en az bir olasılıksal yasa bulunursa, böyle bir açıklamaya *olasılıksal tümdengelimsel-yasacı açıklama* denir.
e. Bir tümdengelimsel-yasacı açıklamada, açıklayanın bileşenlerinin çoğu olasılıksal yasa, geriye kalanlar da gerekirci yasa ise, böyle bir açıklamaya *olasılıksal tümdengelimsel-yasacı açıklama* denir.

5. Aşağıdakilerden hangisi *birleştirici açıklama* modellerinin ortak bir özelliğidir?

a. Birleştirici açıklama modellerinde bir açıklanan-olgu tek başına değil de, çok sayıda başka açıklanan-olgularla birlikte açıklanır.
b. Birleştirici açıklama modelleri yalnız düzenliliklerin, özellikle yasaların açıklanmasına yöneliktir.
c. Birleştirici açıklama modelleri yalnız yalın olguların açıklanmasına yöneliktir.
d. Birleştirici açıklama modellerinde açıklamanın birleştirici gücü, açıklayan-olguların sayısının (açıklanan-olguların sayısına göreli olarak) *az* olmasına dayanır.
e. Birleştirici açıklama modellerinde açıklamanın birleştirici gücü, *çok* sayıda açıklanan-olguyu birlikte açıklamak amacıyla kullanılan (tümdengelimsel ve/veya tümevarımsal) çıkarımların *tip*lerinin *az* olmasına dayanır.

6. Aşağıdakilerden hangisi *olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklama* modelinin bir tanımıdır?

a. Bir yasacı-açıklamada, açıklanan önerme açıklayan-önermenin bileşenlerinden tümevarımsal bir çıkarımla türetilebilirse ve açıklayan-önermenin bileşenlerinin her biri olasılıksal yasa-görünümlü önerme ise, bu açıklamalara *olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklama* denir.

b. Bir yasacı-açıklamada, açıklanan önerme açıklayan-önermenin bileşenlerinden tümevarımsal bir çıkarımla türetilebilirse ve açıklayan-önermenin bileşenlerinin bazıları olasılıksal yasa-görünümlü önerme bazıları da gerekirci yasa-görünümlü önerme ise, bu açıklamalara *olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklama* denir.

c. Bir yasacı-açıklamada, açıklanan önerme açıklayan-önermenin bileşenlerinden tümevarımsal bir çıkarımla türetilebilirse ve açıklayan-önermenin bileşenleri arasında en az bir gerekirci yasa-görünümlü önerme bulunursa, bu açıklamalara *olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklama* denir.

d. Bir yasacı-açıklamada, açıklanan önerme açıklayan-önermenin bileşenlerinden tümevarımsal bir çıkarımla türetilebilirse ve açıklayan-önermenin bileşenlerinin büyük çoğunluğu olasılıksal yasa-görünümlü önerme ise, bu açıklamalara *olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklama* denir.

e. Bir yasacı-açıklamada, açıklanan önerme açıklayan-önermenin bileşenlerinden tümevarımsal bir çıkarımla türetilebilirse ve açıklayan-önermenin bileşenleri arasında en az bir olasılıksal yasa-görünümlü önerme bulunursa, bu açıklamalara *olasılıksal tümevarımsal-yasacı açıklama* denir.

7. Aşağıdakilerden hangisi *Friedman'ın birleştirici açıklama modeli* için doğrudur?

a. Başarılı açıklamalarda *"B"* açıklayan-önermesinin bileşen sayısı olan *k*, açıklanan "A_1", ..., "A_n" açıklanan-önermelerin sayısı olan *n*'den çok büyük olur.

b. Başarılı açıklamalarda *"B"* açıklayan-önermesinin bileşen sayısı olan *k*, açıklanan "A_1", ..., "A_n" açıklanan-önermelerin sayısı olan *n*'e çok yakın bir sayıdır.

c. Başarılı açıklamalarda *"B"* açıklayan-önermesinin bileşen sayısı olan *k*, açıklanan "A_1", ..., "A_n" açıklanan-önermelerin sayısı olan *n*'den çok küçük olur.

d. Başarılı açıklamalarda *"B"* açıklayan-önermesinin bileşen sayısı olan *k*, açıklanan "A_1", ..., "A_n" açıklanan-önermelerin sayısı olan *n*'in yarısı kadardır.

e. Başarılı açıklamalarda *"B"* açıklayan-önermesinin bileşen sayısı olan *k*, açıklanan "A_1", ..., "A_n" açıklanan-önermelerin sayısı olan *n*'in iki katıdır.

8. Aşağıdakilerden hangisi *Kitcher'in birleştirici açıklama modeli* dikkate alındığında doğrudur?

a. Açıklamaların *birleştirici gücü,* açıklamaların dayandığı *çıkarım tipleri*nin sayısının çok olması ve bu çok sayıda çıkarım tipine ait çıkarımların toplam sonuçlarının sayısının büyük olması ile tanımlanır.

b. Açıklamaların *birleştirici gücü*, açıklamaların dayandığı *çıkarım tipleri*nin sayısının azlığı ve bu az sayıda çıkarım tipine ait çıkarımların toplam sonuçlarının sayısının büyük olması ile tanımlanır.

c. Açıklamaların *birleştirici gücü,* açıklamaların dayandığı *çıkarım tipleri*nin sayısının çıkarım tipine ait çıkarımların toplam sonuçlarının sayısına eşit olması ile tanımlanır.

d. Açıklamaların *birleştirici gücü,* açıklamaların dayandığı *çıkarım tipleri*nin sayısının, bu çıkarım tipine ait çıkarımların toplam sonuçlarının sayısının üç katı olmasıyla tanımlanır.

e. Açıklamaların *birleştirici gücü*, açıklamaların dayandığı *çıkarım tipleri*nin sayısının, bu çıkarım tipine ait çıkarımların toplam sonuçlarının sayısının üçte biri olmasıyla tanımlanır.

9. Aşağıdakilerden hangisi van Fraassen tarafından ortaya konulmuş *pragmatik açıklama* modeli için **söylenemez?**

a. Niye-sorusunun kabul-edilebilir yanıtı veya yanıtları, bu sorunun kullanım bağlamınca belirlenen *olanaklı-yanıtlar* arasında yer almalıdır.

b. "Niye *A*?" sorusuna ilişkin *A* açıklanan-olgusu, her biri ayrı olarak sorunun *ilgi konusu* olabilen farklı yapıtaşları içerir.

c. "Niye *A*?" sorusunun ilgi konusunu belirtmek amacıyla sorunun bağlamı *alternatif açıklanan-önermeler kümesi* denilen bir önermeler kümesini içerir.

d. "Niye *A*?" sorusu yerine "Niye *A*'dır da *A** değildir ve *A*** değildir ve ... ?" biçiminde bir soru sorulabilir.

e. "Niye *A*?" sorusunun (K, $\mathcal{A}$, $\Re$) bağlamındaki öndayanaklarından birisi, *"A"* açıklanan-önermesinin olanaklı açıklayan-önermelerinin hepsinin doğru olmasıdır.

10. Aşağıdakilerden hangisi *nedensel-düzeneksel açıklama modeli* için geçerlidir?

a. Bilimsel açıklama işlemi tümdengelimsel çıkarım yapmaya dayanır.
b. Bilimsel açıklama işlemi tümevarımsal çıkarım yapmaya dayanır.
c. Tümdengelimsel-yasacı açıklama modelinin bir karşı-örneği olan gönder ve gölgesi örneği, nedensel-düzeneksel açıklama modeli için *de* bir güçlük oluşturur.
d. Bilimsel açıklama işlemi çıkarım yapmaya dayanmaz. Onun yerine açıklanan-olgunun gerçekleşmesine yol açan nedensel süreçler ve nedensel etkilemeler ortaya konulur.
e. Gönder ve gölgesi örneğinde, gölgeden göndere uzanan bir nedensel süreç vardır.

Okuma Parçası

(...) Gerçekten, bilimsel açıklama sürecini tam aydınlığa çıkarmak için, hipotez, doğa yasası, teori, nedensellik ve olasılık ilkeleri gibi kavramları ele almaya ihtiyaç vardır. Ancak, bu konulara geçmeden önce, bilimsel açıklama kavramını kalın çizgilerle belirlemek yerinde olur, herhalde.

Bazı bilgin veya düşünürler (örneğin, Gustav Kirchhoff, Ernst Mach, Karl Pearson, vb.) bilimde olgu veya olgular arasındaki ilişkileri saptama, sınıflama ve betimleme dışında bir açıklamadan söz edilemeyeceğini ileri sürmüşlerdir. Bunlara göre, "açıklama" denilen şey aslında iyi ve tam yapılmış bir betimlemeden başka bir şey değildir. Bilim metafizik nitelikte olan "niçin" veya "neden" sorusuna değil, "ne" veya "nasıl" sorusuna yanıt arar, böyle düşünenlere göre. Bu görüşün savunucusu günümüzde yok denecek kadar azdır. Özellikle olguları toplama ve sınıflama aşamasını çoktan geride bırakmış teorik bilim dallarında "açıklama"nın tuttuğu önemli yer göz önüne alındığında, bilimin "ne" ve "nasıl" sorularına olduğu kadar, hatta belki de daha fazla "niçin" veya "neden" sorusuna yanıt aradığı kolayca anlaşılır.

Açıklama bir olgunun oluş biçimini değil, oluş nedenini gösterme sürecidir. Bir ay tutulmasını veya bir gel-git olayını baştan sona dikkatle izleyebilir, gözlemlerimizi bütün ayrıntıları ve oluş sırası içinde kaydedebiliriz. Bu bize ay tutulması veya gel-git fenomenlerinin nasıl olduğunu anlatır, fakat neden meydana geldiğini göstermez. Bir olguyu betimlemek için o olgunun dışına çıkmaya gerek yoktur; olguyu oluş süreci içinde algılama ve kaydetmek yeter. Oysa bir olguyu açıklamak için o olgunun dışında başka olgulara başvurmak gereği vardır. Bu ise, iki olgu türü arasında ilişki kuran bir veya daha fazla genellemenin elimizde olmasına bağlıdır.

Kaynak: Yıldırım, C. (2010). **Bilim Felsefesi,** 13. Basım. İstanbul: Remzi Kitabevi, s. 95 - 96.

Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı

1. b Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Bilimsel Açıklamaya Yol Açan Niye-Soruları" bölümünü yeniden okuyun. Sadece b şıkkındaki yanıt bir düzenlilik açıklamasına yol açan bir niye-sorusu olup, diğer şıklardaki yanıtlar yalın olgu açıklamasına yol açan niye-sorularıdır.
2. c Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Yasacı Açıklama Modeli" bölümünü yeniden okuyun. *"B"* açıklayan-önermesinin olumsal bir önerme olması gerektiğini, dolayısıyla mantıksal-doğru bir önerme *olamayacağını* anımsayacaksınız.
3. a Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Yasacı Açıklama Modeli" bölümünü yeniden okuyun. *"A"* önermesinin bir öndeyi-önermesi olabilmesi için, *K* bilim insanının öndeyide bulunduğu *t* zamanında bu önermenin doğru veya yanlış olduğunu *bilmiyor* olması gerekir.
4. d Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Yasacı Açıklama Modeli" bölümünü yeniden okuyun. Bir tümdengelimsel-yasacı açıklamanın *olasılıksal* tümdengelimsel-yasacı açıklama olabilmesi için, açıklayanın bileşenleri arasında en az bir olasılıksal yasanın bulunmasının yeterli olduğunu anımsayacaksınız.
5. a Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Birleştirici Açıklama Modelleri" bölümünü yeniden okuyun. Yalnız a şıkkındaki yanıt birleştirici açıklama modellerinin ortak özelliğidir. Diğer şıklardaki yanıtların her biri ya Friedman'ın ya da Kitcher'in birleştirici açıklama modeline özgü bir özelliktir.
6. e Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Yasacı Açıklama Modeli" bölümünü yeniden okuyun. Bir tümevarımsal yasacı-açıklamanın *olasılıksal* tümevarımsal-yasacı açıklama olabilmesi için, açıklayanın bileşenleri arasında en az bir olasılıksal yasanın bulunmasının yeterli olduğunu anımsayacaksınız.
7. c Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Birleştirici Açıklama Modelleri" bölümünü yeniden okuyun. Friedman'ın birleştirici açıklama modelinde açıklamanın başarılı olarak nitelenebilmesi için, açıklayan-önermenin bileşen sayısının açıklanan-önermelerin sayısından çok küçük olması gerektiğini anımsayacaksınız.
8. b Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Birleştirici Açıklama Modelleri" bölümünü yeniden okuyun. Yalnız b şıkkındaki yanıtın Kitcher'in birleştirici açıklama modeli için geçerli olduğunu anımsayacaksınız.
9. e Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Pragmatik Açıklama Modeli" bölümünü yeniden okuyun. a - d şıklarındaki yanıtların her biri pragmatik açıklama modelinin bir özelliğidir. Buna karşılık e şıkkındaki yanıtın da bu modelin bir özelliği olabilmesi için, bu şıkkın sonundaki "olanaklı açıklayan-önermelerinin *hepsinin* doğru olmasıdır" ifadesinin yerine "olanaklı açıklayan-önermelerinin *en az birinin* doğru olmasıdır" ifadesi olması gerekirdi. Dolayısıyla e şıkkı doğru yanıttır.
10. d Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Nedensel-Düzeneksel Açıklama Modeli" bölümünü yeniden okuyun. Yalnız d şıkkındaki yanıtın nedensel-düzeneksel açıklama modeli için geçerli olduğunu anımsayacaksınız.

Sıra Sizde Yanıt Anahtarı

Sıra Sizde 1

Barometre ve fırtına:

"B": Barometre ibresi hızlıca düşmeye başlıyor.
"C": Barometre ibresi her hızlı düştüğünde, bir fırtına yaklaşıyor demektir.

"A": Bir fırtına yaklaşıyor.

Yukarıdaki tümdengelimsel çıkarım geçerli olup, sözü geçen (i) - (iv) koşullarının hepsi yerine gelir. Ancak gene de barometre ibresinin hızlıca düşüyor olmasının, bir fırtınanın yaklaşıyor olmasını *açıkladığını* söyleyemeyiz. Gerçekte atmosfer basıncının hızlıca düşmesi, hem barometre ibresinin hızlıca düştüğü olgusunu hem de bir fırtınanın yaklaşıyor olduğu olgusunu açıklar. Başka bir deyişle bir neden (atmosfer basıncının hızlıca düşmesi) iki etkiyi (barometre ibresinin hızlıca düşmesi ile bir fırtınanın yaklaşıyor olması) birden açıklar. Ancak biz bir etkinin (barometre ibresinin hızlıca düşmesi) diğer etkiyi (bir fırtınanın yaklaşıyor olması) açıkladığını söyleyemeyiz. (Bkz. Salmon et al., 1999, s. 22.)

Sıra Sizde 2

Psikolojik Tedavi 1: Oldukça inatçı *N* tipinde nörotik belirtileri olan *K* kişisi, psikolojik tedavi sonucunda bu belirtileri artık göstermiyor olsun. *K*'nin iyileşmesini, gördüğü psikolojik tedaviye dayandığını açıklamak amacıyla aşağıdaki olasılıksal-tümevarımsal çıkarımı ortaya koymuş olalım:

N tipinde nörotik belirtileri olan kişilerin çoğu psikolojik tedavi sonucunda bu belirtilerden kurtulur.

K kişisi, *N* tipinde nörotik belirtiler gösteren biri olup psikolojik tedavi görmüştür.

——————————————————————— [*r*]

K kişisi, *N* tipinde nörotik belirtilerden kurtulmuştur.

Bunun yanı sıra *N* tipinde nörotik belirtileri olan kişilerin psikolojik tedavi görmeseler de büyük oranda kendiliğinden iyileşiyor oldukları bir olgu olsun. Buna göre *r* olasılık derecesi ne kadar büyük olursa olsun, yukarıdaki çıkarımın başarılı bir olasılıksal-tümevarımsal açıklama örneği olduğunu söyleyemeyiz. Dolayısıyla yukarıdaki *r* olasılık derecesinin büyük olması, açıklamanın başarılı olması için *yeterli* değildir. (Bkz. Salmon *et al.*, 1999, s. 27.)

Sıra Sizde 3

Psikolojik Tedavi 2: Bu sefer gene oldukça inatçı *N′* tipinde nörotik belirtileri olan *K′* kişisi, psikolojik tedavi sonucunda bu belirtileri artık göstermiyor olsun. K(kişisinin iyileşmesini, gördüğü psikolojik tedaviye dayandığını açıklamak amacıyla aşağıdaki olasılıksal-tümevarımsal çıkarımı ortaya koymuş olalım:

N′ tipinde nörotik belirtileri olan kişilerin % 60'ı psikolojik tedavi sonucunda bu belirtilerden kurtulur.

K′ kişisi, *N′* tipinde nörotik belirtiler gösteren biri olup psikolojik tedavi görmüştür.

——————————————————————— [*r* = 0.60]

K′ kişisi, *N′* tipinde nörotik belirtilerden kurtulmuştur.

Bunun yanı sıra *N′* tipinde nörotik belirtileri olan kişilerin psikolojik tedavi görmedikleri durumda yalnız %20'sinin kendiliğinden iyileşiyor oldukları bir olgu olsun. Buna göre yukarıdaki çıkarımın, *r* olasılık derecesinin 1'e yakın olmamasına karşın, belli bir oranda da olsa, 0.60, 0.20'den oldukça büyük olduğundan, başarılı bir olasılıksal-tümevarımsal açıklama örneği olduğunu söyleyebiliriz. Dolayısıyla söz konusu açıklamanın başarılı olabilmesi için *r* olasılık derecesinin 1'e yakın olması *gerekli değildir*. (Bkz. Salmon *et al.*, 1999, s. 27.)

Yararlanılan ve Başvurulabilecek Kaynaklar

Friedman, M. (1988). "Explanation and Scientific Understanding", J. C. Pitt (ed.) içinde, s. 188 - 198.

Giere, R. N. (1973). "Objective Single-Case Probabilities and the Foundations of Statistics", P. Suppes *et al.* (eds.) içinde, s. 467 - 483.

Grünberg, D. (1985). *T-Theoreticity of the Single-Case Propensity Conception of Probability,* Ankara, METU. (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi.)

Grünberg, D. (2005). "T-Theoretical Single-Case Ontic Probability", *Yeditepe'de Felsefe* 4, s. 226 - 248.

Grünberg, T. (2000). **Sembolik Mantık El Kitabı, Cilt 3.** Ankara: METU Press.

Grünberg, T. ve Grünberg, D. (2010). **Metafizik.** Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.

Güzel, C. (2010). **Bilim Felsefesi.** İstanbul: Kırmızı Yayınları.

Hempel, C. G. (1965). **Aspects of Scientific Explanation.** New York: The Free Press.

Kitcher, P. (1988). "Explanatory Unification", J. C. Pitt (ed.) içinde, s. 167 - 187.

Pitt, J. C. (ed.) (1988). **Theories of Explanation.** New York: Oxford University Press.

Popper, K. R. (1957). "The Propensity Interpretation of the Calculus of Probability, and the Quantum Theory", S. Körner (ed.), **Observation and Interpretation in the Philosophy of Physics** içinde, New York: Dover Publications, s. 65 - 70.

Psillos, S. (2007). **Philosophy of Science A-Z.** Edinburgh: Edingburgh University Press.

Railton, P. (1988). "A Deductive-Nomological Model of Probabilistic Explanation", J. C. Pitt (ed.) içinde, s. 119 - 135.

Salmon, M. H. *et al.* (1999). **Introduction to the Philosophy of Science.** Indianapolis/Cambridge: Hackett Publishing Company.

Salmon, W. S. (1999). "Scientific Explanation", M. H. Salmon, *et al.* içinde, s. 7 - 41.

Salmon, W. S. (1984). **Scientific Explanation and the Causal Structure of the World.** Princeton, NJ: Princeton University Press.

Suppes, P. (1973). "New Foundations of Objective Probability: Axioms for Propensities", Suppes *et al.* (eds.) içinde, s. 524 - 527.

Suppes, P. *et al.* (eds.) (1973). **Logic, Methodology and Philosophy of Science IV.** Amsterdam: North Holland Publishing Company.

Van Fraassen, B. C. (1988). “ The Pragmatic Theory of Explanation”, J. C. Pitt (ed.) içinde, s. 136 - 155.

Yıldırım, C. (1971). **Science: Its Meaning and Method.** Ankara: METU Faculty of Arts and Sciences Publications No: 21, Başnur Matbaası.

Yıldırım, C. (2010). **Bilim Felsefesi** (13. Basım). İstanbul: Remzi Kitabevi.

4

Amaçlarımız

Bu üniteyi tamamladıktan sonra;

- Bilimsel yasaların ne olduğunu açıklayabilecek ve tartışabilecek,
- Bilimsel teorilerin ne olduğunu açıklayabilecek ve tartışabileceksiniz.

Anahtar Kavramlar

- Gözlemlenebilir nesne dizgesi
- Gözlemlenebilir özellik
- Makro-nesne dizgesi
- Makro özellik
- Gözlem terimi
- Deneysel yasa
- Gözlemlenemez nesne dizgesi
- Gözlemlenemez özellik
- Mikro-nesne dizgesi
- Mikro özellik
- Teorik terim
- Teorik yasa
- Yasa-görünümlü önerme
- Teori
- Teorilerin sözdizimsel yaklaşımı
- Postulat
- Aksiyom
- Bağlantı postulatı
- Kısmen yorumlanmış teori
- Teorik postulat
- Teorilerin anlambilimsel yaklaşımı
- Model
- Teorinin hedef uygulamaları kümesi

İçindekiler

Bilimsel Teorilerin Yapısı

GİRİŞ

Bu Ünitede amaçlanan, "bilimsel teori" kısaca "teori" kavramını ortaya koymaktır. Bir teori bilimsel yasalardan oluşur. Bu nedenle Ünitenin birinci bölümünde bilimsel yasaları, kısaca yasaları inceliyoruz. Yasalar, yasa-görünümlü önermelerle dile getirilir. Eğer yasa-görünümlü önermenin mantıksal-olmayan tüm terimleri gözlem terimi ise, bu önerme bir deneysel yasayı, teorik terim ise, bir teorik yasayı dile getirir. Bu kavram çerçevesini göz önünde tutarak Ünitenin ikinci bölümünde bilimsel teorilere ilişkin iki yaklaşımı ele alıyoruz. *Teorilerin sözdizimsel yaklaşımı* olarak adlandırılan birincisinde, bir teori, teorik postulatlarla (aksiyomlarla), bu postulatlarda geçen teorik terimler ile gözlem terimleri arasındaki bağlantıyı kuran bağlantı postulatlarından oluşur. Bağlantı postulatlarında hem teorik terimler hem de gözlem terimleri geçer. Böylelikle teorik postulatlar ile bağlantı postulatlarından yalın olguları ya da düzenlilikleri dile getiren gözlem önermeleri türetilebilir. Böylece teori açıklama yapar ya da öndeyide bulunur. *Teorilerin anlambilimsel yaklaşımı* olarak adlandırılan ikincisinde ise, sözü geçen postulatların (aksiyomların) yanı sıra gerçek bir nesne dizgesini ve/veya özelliklerini temsil eden *model* denilen matematiksel yapılar bulunur ve teorinin doğruluğu bu modellere dayanır.

BİLİMSEL YASALAR

Gözlem Terimleri ve Deneysel Yasalar

Daha önce belirtildiği gibi herhangi bir bilim dalında güdülen amaç, o dalın konusuna giren olguların bilgisine erişmek ve bu olguları açıklamaktır. Öte yandan olguların açıklanmasının düzenlilikler yardımıyla, düzenliliklerin açıklamasının da daha genel düzenlilikler yardımıyla yapılabildiğini görmüştük.

Evrenin her yerinde her zaman geçerli olan düzenliliklere yasa, yasaları dile getirebilecek nitelikte önermelere de *yasa-görünümlü önerme* denildiğini daha önce belirtmiştik. Belli bir bilim dalının konusuna giren yasalar bir *bilimsel teori*, kısaca *teori*, çerçevesinde dizgeleştirilir. Böylece yasaların birleştirici açıklama modeline göre bir arada açıklanıp daha iyi anlaşılmaları sağlanmış olur.

Ünite 3'te görüldüğü gibi Boyle-Mariotte, Charles ve Gay-Lussac yasaları gibi klasik termodinamik gaz yasaları kinetik gaz teorisi çerçevesinde birleştirici modele göre açıklanabilirler. Gözlem önermelerinde geçip gözlemlenebilir bir nesne dizgesini, olayı ya da özelliği gösteren terime *gözlem terimi* denir. Yukarıda sözü geçen yasaları dile getiren önermelerdeki "basınç" *(p)*, "hacim" *(V)* ve "sıcaklık" *(T)* terimleri birer gözlem terimidir. Nitekim bunlar sırasıyla, söz gelişi, "$p(a, t) = 2$ atm", "$V(a, t) = 0.5$ lt", "$T(a, t) = 273$ K" gibi gözlem önermelerinde geçebilen terimler olup, bu terimler gözlemlenebilir bir nesne dizgesi olan *a* gaz kitlesinin gözlemlenebilir (basınç, hacim, sıcaklık) özelliklerini gösterir. Bu özellikler, gözlem ve/veya deneyle ölçülebilen belirlenmiş niceliksel özelliklerdir. Dikkat edilirse yukarıdaki her üç önermede geçen *"t"* terimi de gözlem ve/veya deneyle ölçülebilen gözlemlenebilir zamanı gösterir. Dolayısıyla *"t"* terimi de bir gözlem terimidir. Gözlemlenebilir nesne dizgelerine *makro-nesne dizgesi*, bunların özelliklerine de *makro-özellik* de denir. Buna göre bir gaz kitlesi bir makro-nesne dizgesi, basıncı, hacmi ve mutlak sıcaklığı makro-özelliklerdir.

Böylece sözü geçen üç gaz yasasını sırasıyla dile getiren yasa-önermelerinin mantıksal-olmayan tüm terimlerinin birer gözlem terimi olduğunu görüyoruz. Bu çeşit yasa-önermelerinin karşılığı olan yasalara *deneysel yasa* denir. Nitekim bu yasaları dile getiren tümel-koşullu önermeler, sonlu sayıda gözlem önermelerinden tümevarımsal çıkarım (genelleme) yoluyla türetilebilirler.

Teorik Terimler ve Teorik Yasalar

"Gözlem terimi" ile "teorik terim" ayrımı "gözlemlenebilir" ile "gözlemlenemez" ayrımına koşuttur. Oysa bu son ayrım tartışmalıdır. Gerçekçilik karşıtlığını benimseyen bilim felsefecileri yalnız duyu organlarıyla gözlem aygıtı kullanmadan doğrudan algılanan nesne ve özelliklerin gözlemlenebilir olduğunu ileri sürerler. Örneğin odadaki cıvalı termometreye bakılarak saptanan odanın 20°C sıcaklığında olma özelliğini gözlemlenebilir saymazlar. Onlara göre asıl gözlemlenebilir olan özellik, termometrenin cıva sütununun tepesinin "20" işaretli çizginin hizasında bulunması özelliğidir. Başka bir deyişle yalnız *gözlem verileri*ni gözlemlenebilir sayıp, *gözlem sonuçları*nı gözlemlenebilir saymazlar. Öte yandan gerek gerçekçiliği benimseyen bilim felsefecileri gerekse bilim insanlarının çoğu termometre gibi yalın bir gözlem aygıtı yardımıyla saptanabilen özelliklerin gözlemlenebilir olduğunu kabul ederler. Aslında doğrudan duyu organlarıyla algılanan özellikler ile ancak karmaşık gözlem aygıtlarıyla saptanabilen özellikler arasında sürekli bir geçiş vardır. Hiçbir gözlem aygıtıyla ilkece saptanamayan bir özellik bilimsel bir özellik olamaz. Dolayısıyla *gözlemlenebilirlik*, herhangi bir gözlem aygıtıyla saptama anlamına gelseydi, tüm bilimsel özellikler gözlemlenebilir özellik, tüm bilimsel terimler de gözlem terimi sayılırdı. Gözlemlenebilir-gözlemlenemez ayrımını kabul eden bilim felsefecilerinin çoğu yalın gözlem aygıtlarıyla saptanabilen nesne ve özellikleri gözlemlenebilir, elektron mikroskobu gibi karmaşık aygıtlarla saptanabilen nesne ve özellikleri gözlemlenemez saymaktadır. Biz de bu görüşü izleyeceğiz.

Sözü geçen gaz yasalarının birleştirici açıklaması için başvurulan kinetik gaz teorisi, gaz kitlesini oluşturan gaz molekülleri gibi gözlemlenemez nesne dizgelerine ve moleküllerin kütleleri ile hızları gibi gözlemlenemez özelliklere ilişkindir. Gözlemlenemez nesne dizgelerini ve özellikleri gösteren terimler gözlem önermelerinde geçmez. Nitekim gözlemlenemeyen şeylere, kısaca *gözlemlenemez*lere ilişkin bir önermeyi gözlem ve/veya deneyle doğrulamak ya da yanlışlamak olanaksızdır. Dolayısıyla söz konusu terimler gözlem terimi değildir. Belli bir teorinin ilişkin olduğu gözlemlenemezleri gösteren terimlerin, o teoriye ait **teorik terimler** olduğu söylenir. Örneğin "molekül", "molekül kütlesi", "molekül hızı", "molekül kinetik enerjisi" ve "molekül sayısı" kinetik gaz teorisine ait teorik terimlerdir. α_1 molekülünün kitlesini $m(\alpha_i)$ biçiminde, α_i molekülünün *t* anındaki hızını da $v(\alpha_i, t)$ biçiminde gös-

Teorik terimler, bir teorinin ilişkin olduğu gözlemlenemezleri gösteren terimler demektir. Bir **teorik önerme**, içinde geçen mantıksal-olmayan terimlerinin tümü teorik terim olan önerme olup, bu önermelerin dile getirdiği yasalara **teorik yasa** denir.

teriyoruz. İçinde geçen mantıksal-olmayan terimlerinin tümü teorik terim olan önermeye **teorik önerme** denir. Buna göre teorik önermelerde hiçbir gözlem terimi bulunamaz. Dolayısıyla teorik önermeler gözlemlenebilirlere değil gözlemlenemezlere ilişkin önermelerdir. Teorik önermelerin dile getirdiği yasalara **teorik yasa** denir.

Bu Ünitede teori örneği olarak kinetik gaz teorisinin bir alt teorisi olan *tek-atomlu (monatomic) ideal gazların kinetik teorisi*ni ele alıyoruz. Bu teoriye göre kapalı kapta bulunan a gibi bir gaz kitlesi, N çok büyük bir sayı (10^{23} veya 10^{24} gibi) olduğunda (α_i, ..., α_N gaz moleküllerinden oluşur. Gözlemlenemez nesneler olan bu moleküllerin topluluğunu α olarak gösteriyoruz. Gaz molekülleri gibi çok küçük olan gözlemlenemez nesne dizgelerine *mikro-nesne dizgesi*, onların özelliklerine de *mikro-özellik* de denir.

Gaz molekülleri kapalı kabın içinde farklı hızlarla rastgele devinirler. Kabın içinde doğrusal olarak devinen bu moleküller, kabın çeperlerine çarpınca basınç yaparlar. Basınç, yüzey birimine uygulanan kuvvet olarak tanımlanır. Kinetik teoriye göre gazın basıncı, çarpan moleküllerin sayısına ve onların kinetik enerjilerine bağlıdır. Hızı v_i olan m kütlesinde bir molekülün kinetik enerjisi e_i olduğunda,

(1) $$e_i = \frac{1}{2} m v_i^2$$

olur. Sözü geçen (1) önermesi bir teorik önermedir. İçinde geçen mantıksal-olmayan tüm terimler birer teorik terimdir. (1) önermesi örnek seçilen teoriye ait bir teorik yasa önermesi sayılabilir.

Yasa-Görünümlü Önermeler

Deneysel yasa ile teorik yasa arasındaki ayrımı böylece ortaya koyduktan sonra, bir de yasaları dile getiren önermeleri ve genel olarak yasa-görünümlü önermeleri (bu ayrımdan bağımsız olarak) genel bir biçimde inceleyelim. Bilim insanları bilgisine eriştikleri yasaları bilim diline ait yasa-görünümlü önermelerle dile getirirler. Her yasa evrendeki bir düzenliliktir, ama her düzenlilik bir yasa değildir. Bilgisine erişilen bir düzenliliğin yasa olduğunu saptamak için o düzenliliği dile getiren önermenin bir yasa-görünümlü önerme olup olmadığına bakılır. Ancak yasa-görünümlü önerme kavramının tanımlanmasının güçlüklere yol açtığını daha önce söylemiştik. Şimdi bu kavramın başlıca özelliklerini sıralayıp sözü edilen güçlükleri ortaya koyacağız.

Bilim diline ait yasa-görünümlü önermeler, bilim insanlarının bilgisine eriştikleri yasaları dile getirir. Her yasa evrendeki bir düzenlilik olup, tersine, her düzenlilik bir yasa değildir.

(i) Herhangi bir yasa-görünümlü önerme doğru ise bir yasayı gösterir. Bir yasayı gösteren önermeye de, daha önce belirtildiği gibi, *yasa-önermesi* denir.

Örneğin "Bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşir" doğru olan bir yasa-görünümlü önerme olduğundan bir yasa-önermesidir.

(ii) Her yasa-görünümlü önerme (ister doğru ister yanlış olsun) tümel-koşullu önerme biçimindedir.

Yukarıdaki örnekte anılan önerme bir tümel-koşullu önermedir. Ancak her tümel-koşullu önerme yasa-görünümlü önerme değildir. Örneğin

(2) t anında s sepetinde bulunan bütün elmalar kırmızıdır

önermesi tümel-koşullu önerme biçimindedir. (Bu örnek için bkz. Hempel and Oppenheim, 1988: 23). Nitekim (2) önermesi, açık olarak tümel-koşullu önerme biçiminde, yani ($\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ biçiminde, olan

(2*) Her x için, eğer x bir elma olup t anında s sepetinden bulunur ise, x kırmızı olur

önermesi ile eşdeğerdir. Ancak aşağıdaki gerekçelerden dolayı (2) önermesi, doğru olsa bile, yasa-görünümlü bir önerme olamaz. Oysa (2) önermesi bir tümel-koşullu önermedir. Dolayısıyla "yasa-görünümlü önerme, tümel-koşullu önerme demektir" biçiminde bir tanım yapılamaz.

(iii) Hiçbir yasa-görünümlü önermenin kapsamı yalnız bir veya yalnız belli sonlu sayıda nesne dizgesine, zaman anına veya uzay yerine sınırlı *değildir.*

Nitekim (2) önermesi (iii) koşuluna aykırıdır. (2) önermesinin kapsamı s sepetindeki elmalara, bu elmaların kapladığı uzay yerlerine ve t zaman anına sınırlıdır. Sepetteki elmaların sayısı t zaman anında n olup, elmaların kendileri sırasıyla a_1, ..., a_n ve bu elmaların kapladığı yerler sırasıyla u_1, ..., u_n olsun. Buna göre (2) önermesinin kapsamının t zaman anına, a_1, ..., a_n nesne dizgelerine ve u_1, ..., u_n uzay yerlerine sınırlı olduğunu görüyoruz. (iii) koşulu, yasa-görünümlü önermelerin gerekli koşulu olduğuna göre, (2) önermesinin tümel-koşullu olmasına karşın yasa-görünümlü olmaması açıklanmış olur. Buna göre yasa-görünümlü önermelerin, (i) koşulunun yanı sıra, (ii) ile (iii) koşullarını yerine getiren önermeler olarak tanımlanabileceği düşünülebilir. Ancak böyle bir tanımın geçersiz olduğunu görebiliriz. Çünkü (ii) koşulunu yerine getirmekle birlikte (iii) koşulunu yerine getirmeyen yasa-görünümlü önermeler vardır. Dolayısıyla (iii) koşulu bir gerekli koşul değildir. Öte yandan (ii) ile (iii) koşulu birlikte yeterli değildir; çünkü her iki koşulu yerine getiren ama yasa-görünümlü olmayan önermeler vardır.

Sözü geçen (iii) koşulunu yerine getirmeyip yasa-önermesi olan önermelere örnek olarak Galileo'nun serbest düşme yasasını veya Kepler'in Güneş'in gezegenlerinin yörüngelerine ilişkin yasaları dile getiren önermelerini gösterebiliriz. Bu önermelerin kapsamı, Dünya, Güneş, Güneş'in gezegenleri gibi az sayıda nesne dizgesine sınırlıdır. Yani (iii) koşulunu yerine getirmezler. Ancak bu önermeler yasa-önermesi, dolayısıyla yasa-görünümlü önerme sayılırlar.

Öte yandan (ii) ile (iii) koşulunu yerine getirmekle birlikte yasa-görünümlü olmayan önermelere örnek olarak şu önerme gösterilebilir (bkz. Salmon, 1999: 18):

(3) Bütün saf altın küreler 100.000 kilogramdan hafiftir.

Dikkat edilirse (3) önermesi,

(3*) Her x için, x bir küre olup saf altından yapılmış ise, x'in kütlesi 100.000 kilogramdan hafiftir,

önermesi ile eşdeğerdir. Oysa (3*) önermesi açık olarak bir tümel-koşullu önermedir. Dolayısıyla önermesi (ii) koşulunu yerine getirir. O halde (3) önermesi de (ii) koşulunu yerine getirir. Öte yandan (3) ile (3*) önermeleri (iii) koşulunu da yerine getirirler. Ama biz doğru olan (3) önermesinin bir yasa-önermesi (dolayısıyla yasa-görünümlü önerme) olduğunu söylemek istemeyiz.

Birçok yasa-önermesi (dolayısıyla yasa-görünümlü önerme) (iii) koşulunu yerine getirir. Ama bu koşulu yerine getirmeyen (Galileo ve Kepler'in yasalarını dile getiren önermeler gibi) önermelerin bulunduğunu gördük. Bu durum yasa-görünümlü önermelerin tanımlanması için bir güçlük oluşturur. Bu güçlüğü gidermek amacıyla *temel yasa-görünümlü önerme* ile *türetilmiş yasa-görünümlü önerme* ayrımı yapılmıştır. (Bu ayrım için bkz. Hempel and Oppenheim, 1988: 24). Temel yasa-görünümlü önerme, hem (ii) hem (iii) koşulunu yerine getiren önerme, *türetilmiş yasa-görünümlü önerme* ise (ii) koşulunu yerine getirmekle birlikte (iii) koşulunu yerine getirmeyen ve bir veya birden çok sayıda temel yasa-önermesinden tümdengelimsel çıkarımla türetilebilen önerme demektir. Temel yasa-görünümlü önerme ile dile getirilebilen yasaya *temel yasa,* türetilmiş yasa-görünümlü önerme ile dile getirilebilen yasaya da *türetilmiş yasa* denir. Örneğin Newton'un devinim yasaları ile Newton'un genel çekim yasası temel yasalardır. Kepler'in yasaları ile Galileo'nun serbest düşme yasası ise türetilmiş yasalardır.

Temel yasa ile türetilmiş yasa ayrımı (ii) ile (iii) koşullarının biraradalığının gerekli olmasının yol açtığı güçlüğe bir çözüm getirmektedir. Ancak bu iki koşulun birlikte yeterli olmaması güçlüğü giderilmiş değildir. Bu güçlüğü gidermek için (ii) ile (iii) koşullarına aşağıdaki koşul eklenebilir:

(iv) Her yasa-görünümlü önerme, eğer doğru ise yasacı açıklamalarda öncül olarak kullanılabilir; ancak yasa-görünümlü olmayan tümel-koşullu önermeler, doğru olsalar bile yasacı açıklamalarda öncül işlevinde bulunamaz.

Örneğin Boyle-Mariotte yasasını dile getiren yasa-görünümlü önermenin bir tümdengelimsel-yasacı açıklamada öncül işlevinde olduğunu Ünite 3'te görmüştük. Öte yandan yukarıda sözü edilen (2) önermesi, yasa-görünümlü olmadığından bir açıklamanın öncülü olamaz. (2) önermesinin ilişkin olduğu s sepetindeki elmalardan biri a_1, bu elmanın t anında sepet içinde kapladığı yer de u_1 olsun. Buna göre s sepetinde t anında u_1 yerinde bulunan a_1 elmasının bu zaman anında ve yerde kırmızı olması olgusunu açıklamak amacıyla

1. a_1 nesne dizgesi bir elmadır ve t anında s sepetinin içinde u_1 yerinde bulunuyor.
2. s sepetinin içinde t anında bulunan bütün elmalar kırmızıdır.
3. O halde, a_1 nesne dizgesi t anında u_1 yerinde kırmızıdır.

çıkarımını ele alalım. Bu çıkarım geçerli bir tümdengelimsel çıkarımdır. Çıkarımın her iki öncülünün doğru olduğunu varsayıyoruz. Dolayısıyla çıkarımın sonucu doğru olup, a_1 nesne dizgesinin t anında u_1 yerinde bulunup kırmızı olması gerçek bir durum yani bir olgudur. Öte yandan ikinci öncül tümel-koşullu bir önermedir. Ama söz konusu çıkarım bir *açıklama sağlamaz*. Açıklama sağlamaması, ikinci öncülün yasa-görünümlü olmamasından ötürüdür. Nitekim a_1 kırmızı elmasının t anında s sepetinde bulunması o elmanın kırmızı olmasını açıklayamaz.

Yasa-görünümlü önermelerin tanımına (iv) koşulunu eklemekle yukarıdaki (3) önermesinin yasa-görünümlü önerme sayılması engellenir. Nitekim altından yapılmış küre biçiminde bir külçenin 100.000 kilogramdan hafif olması, bütün altın kürelerin 100.000 kilogramdan hafif olmasıyla açıklanamaz.

Temel yasa-görünümlü önermeleri, (i)'in yanı sıra, (ii), (iii) ve (iv) koşullarının biraradalığı ile tanımlama önerisine şöyle bir eleştiri yapılabilir. Yapısı bakımından (3) önermesine benzeyen

(4) Bütün zenginleştirilmiş uranyum küreleri 100.000 kilogramdan hafiftir,

önermesini ele alalım. (Bu örnek için bkz. Salmon, 1999: 19). (3) önermesinin tersine (4) önermesi yasa-görünümlü doğru bir önermedir. Nitekim fizik yasaları gereği zenginleştirilmiş uranyum küresinin kütlesi yalnız birkaç kilograma eşit olan kritik kütleyi aşarsa nükleer bölünme tepkimesi oluşup nükleer patlama olur. Dolayısıyla kritik kütleden ağır olan zenginleştirilmiş uranyum küresi varolamaz. Yasa-görünümlü (4) önermesi, kritik kütleden hafif olan bir zenginleştirilmiş uranyum küresinin 100.000 kilogramdan hafif olması olgusunu açıklamak için şöyle bir bağlamda kullanılabilir: "Küre niye hafiftir?" sorusuna "Çünkü yeterince hafif olmasaydı patlayıp yok olurdu" biçiminde bir yanıt verilebilir. Görüldüğü gibi (3) önermesinin açıklamada kullanılamamasının gerekçesi bir yasayı dile *getirmemesi,* (4) önermesinin açıklamada kullanılabilmesinin gerekçesi ise bir yasayı dile getirmesidir. Dolayısıyla yasa-görünümlü önermeleri (iv) koşuluyla tanımlama önerisi kısır döngüye yol açıyor. Nitekim bir yandan yasa-görünümlü olmayı açıklama yetisiyle gerekçelendiriyoruz, öte yandan açıklama yetisini yasa-görünümlü olmaya dayandırıyoruz.

SIRA SİZDE 1

Yasa-görünümlü önermenin doğru olmasının anlamını bir örnekle aydınlatınız.

BİLİMSEL TEORİLER

Her bilimsel teori, kısaca *teori, aksiyom* veya *postulat* olarak adlandırılan yasa-görünümlü önermeler içerir. Teorinin aksiyomları, doğru olduklarında, ilgili bilim dalının *temel yasaları*nı ifade ederler. Buna göre, aksiyomlardan tümdengelimsel çıkarımla türetilebilen yasa-görünümlü önermeler, bilim dalının öbür yasalarını ifade ederler. Teoriler genellikle gözlemlenemez nesne dizgelerine ve bunların özelliklerine de ilişkindir. Dolayısıyla aksiyomlarda teorik terimler geçer.

Bilim felsefecileri teorilere yapıları bakımından biri *sözdizimsel (sentaktik)* öbürü *anlambilimsel (semantik)* olmak üzere iki farklı biçimde yaklaşmışlardır. *Sözdizimsel yaklaşım*da her teori aksiyomlar (postulatlar) ile onlardan türetilebilen önermelerden oluşan aksiyomlaştırılmış dizgeden başka bir şey değildir. *Anlambilimsel yaklaşım*da ise her teori aksiyomlar ile onlardan türetilebilen önermelerin yanı sıra teorinin konusu olan nesne dizgeleri ile bunların özelliklerini temsil eden *model* denilen matematiksel yapılar içerir. Her iki yaklaşımda teori kurmanın başlıca amaçları (i) önceden bilinen deneysel yasaları açıklamak, (ii) daha önce bilinmeyen deneysel ya da teorik yasaları ortaya çıkarmak ve (iii) daha önce bilinmeyen yalın olgulara ve/veya (deneysel ya da teorik) yasalara ilişkin öndeyilerde bulunmaktır. Sözü geçen iki teori yaklaşımını sonraki iki alt bölümde sırasıyla inceliyoruz.

Bilimsel Teorilerin Sözdizimsel Yaklaşımı

Bilimsel Teorilerin Sözdizimsel Yaklaşımı, XX. yüzyılın ilk yarısında mantıkçı empirist bilim felsefecileri tarafından geliştirilmiştir. Genellikle gerçekçilik karşıtlığı görüşünü benimseyen bu felsefeciler bilimin konusu olan nesne dizgeleri ile onlara ilişkin özellikleri, olayları ve olguları, daha önce belirttiğimiz gibi, gözlemlenebilir ve gözlemlenemez olmak üzere iki kategoriye ayırıp yalnız gözlemlenebilir kategorisine ait şeylerin varolduğunu ileri sürmüşlerdir. Gözlemlenebilirleri gösteren terimler *gözlem terimi*dir. Öte yandan bilimde sözü edilen "molekül", "atom" "elektron", "proton", "nötron" gibi en azından dolaysız olarak gözlemlenebilirleri göstermeyen terimler de *teorik terim*lerdir. Gerçekçilik karşıtı bilim felsefecilerine göre teorik terimler, gözlem terimlerinin tersine hiçbir varlığı göstermezler. Ancak bu terimlerin bilimsel teorilerde kullanılması kaçınılmaz olduğundan teorik terimlerin, gözlem terimlerinin yanı sıra anlamlı sayılması gerektiğini görmüşlerdir. Gerçekçilik karşıtlığı için teorik terimleri anlamlı kılmanın tek yolu bu terimler ile önceden anlamlı olan gözlem terimleri arasında bağlantı kurmaktır. Ancak böyle bir bağlantı teorik terimlerin gözlem terimleri yardımıyla tanımlanması biçiminde olamaz. Yoksa teorik terimler gözlemlenemez şeyleri değil de onların tanımında yer alan gözlem terimlerinin gösterdiği gözlemlenebilirleri gösterirdi.

Mantıkçı empiristlere göre, teorik terimler ile gözlem terimleri arasında kurulan bağlantılar, teorik terimlerin *kısmen* yorumlanmasını sağlar. Söz konusu bağlantılar, bağlantı postulatları aracılığıyla olur. *Bağlantı postulatları,* içinde hem teorik terimler hem de gözlem terimleri geçen önermelerdir. Yorumlama, anlam verme demektir. Teorik terimlerin, bağlantı postulatlarına dayanarak kısmen yorumlanması, o terimleri tam anlamlı değil de *kısmen anlamlı* kılar. Teorik terimleri kısmen yorumlanmış olan teorilere *kısmen yorumlanmış teoriler* denir. "Kısmen yorumlanmış teori" kavramını aydınlatmak için, örnek olarak daha önce sözü edilen *kinetik gaz teorisi*ninin bir alt türü olan *tek-atomlu (monatomic) ideal gazların kinetik teorisi*ni kısmen yorumlanmış teori biçiminde dile getiriyoruz.

Genel olarak Θ ile gösterdiğimiz belli bir *kısmen yorumlanmış teori* şu öğelerden oluşur. (i) Teorinin dili. (ii) Teorik postulatlar. (iii) Teorinin bağlantı postulatları *(correspondence postulates).* (iv) Teorinin açıklamaları ve öndeyileri. (Bkz. Carnap, 1966: Chs. 23 - 25, s. 225 - 246.)

(i) Teorinin Dili

Teorinin dili, teorinin terimleri ile bu terimlerden oluşan önermeleri kapsar. Teorinin terimleri, *mantıksal terimler* ile *mantıksal-olmayan terimler*e ayrılır. Mantıksal terimler, bir yandan "değil", "ve", "veya", "ise", "bütün", "bazı" gibi temel mantık değişmezlerini, öbür yandan teoride kullanılması gereken tüm matematiksel terimleri kapsar. Mantıksal-olmayan terimler, daha önce belirtildiği gibi gözlem terimleri ile teorik terimlere ayrılır.

Gözlem Terimleri

Örnek olarak kinetik gaz teorisinin bir alt türü olan *tek-atomlu (monatomic) ideal gazların kinetik teorisi*ni seçtiğimizi söylemiştik. Bu teorinin gözlem terimleri *a, b, c* gibi çeşitli gözlemlenebilir gaz kitlelerini dile getiren tekil terimler ile sırasıyla basınç, hacim ve mutlak sıcaklığı gösteren *P, V, T* fonksiyon terimleridir. (Dikkat edilirse basıncı göstermek için küçük *p* harfi değil de büyük *P* harfini kullandık, çünkü küçük *p* harfini Ünite 6'da "momentum" terimi için kullanacağız.) Gaz kitlesinin *M kütlesi* ile kapladığı *u* uzay bölgesini gösteren terimler de gözlem terimleri arasında yer alır. Gözlem terimleri gaz kitlelerinin *makro-özellikleri*ni gösterir. Gaz kitlesinin kendisi de bir *makro-nesne* dizgesidir.

Teorik Terimler

Teorik terimler tekil ve genel olmak üzere ikiye ayrılır. *Tekil teorik terimler* bir yandan $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \ldots$ gibi tek tek gaz moleküllerinden söz eden tekil terimler, öbür yandan $\alpha, \beta, \ldots$ gibi çok sayıda gaz moleküllerinden oluşan molekül topluluklarından söz eden tekil terimlerdir. *Genel teorik terimler* de ikiye ayrılır. Bir yandan "molekül", "gaz molekülü", "tek-atomlu gaz molekülü", "helyum gazı molekülü" gibi terimler gözlemlenemez *nesne dizgesi* türlerinden söz eden teorik terimlerdir. Öbür yandan aşağıdaki *nicelik terimleri,* gözlemlenemez tek-atomlu gaz moleküllerinin *niceliksel özellik*lerini gösterdiğinden, teorik terimlerdir:

Koordinatlar: Her α_i ($i = 1, \ldots, N$) gaz molekülünün *t* gibi herhangi bir zaman anında uzaydaki konumun noktasal olduğunu, dolayısıyla x_i, y_i, z_i *koordinatları*yla belirlenebildiğini varsayıyoruz. α_i molekülü farklı zamanlarda farklı yerlerde bulunabildiğinden x_i, y_i, z_i değişkenleri *t* zaman anının birer fonksiyonudur. Başka bir deyişle x_i, y_i, z_i bağımlı değişkenler, *t* ise bağımsız değişkendir. Buna göre $x_i = x_i(t)$, $y_i = y_i(t)$, $z_i = z_i(t)$ yazabiliriz. Öte yandan $x_i(t), y_i(t), z_i(t)$'nin α_i molekülünün sırasıyla *x-*, *y-*, *z-* koordinatları olduğunu belirtmek amacıyla $x_i(t) = x_i(\alpha_i, t)$, $y_i(t) = y_i(\alpha_i, t)$, $z_i(t) = z_i(\alpha_i, t)$ yazabiliriz. Dikkat edilirse x, y, z ile x_i, y_i, z_i birer fonksiyon veya bağımlı değişken olarak belirlenebilir niceliksel özelliklerdir. Bu belirlenebilirlerin değerleri olan belirlenmiş özellikler belirli uzunluklardır.

Kütle, hız, ivme, kuvvet: α molekül topluluğunu oluşturan α_1, ..., α_N moleküllerinin tümü (Helyum-4 molekülleri gibi) *tek-atomlu (monatomic)* olduğundan, bu moleküllerin kütleleri birbirine eşittir. Bu ortak *kütle*yi *m* olarak gösteriyoruz. Örneğin Helyum-4 molekülleri tek-atomlu olup bu moleküllerin kütleleri birbirine eşittir. Helyum-4, atom numarası 2, atom kütlesi (= mol kütlesi) 4 olan bir gazdır. Buna göre, mol kütlesi 4 olduğundan, 4 gr Helyum-4 gazını oluşturan molekül sayısı N_A ile gösterilen Avogadro sayısına eşit olup bu sayının yaklaşık değeri 6.02 x 10^{23}'tür. Dolayısıyla 1 Helyum-4 gazı molekülünün m kütlesi yaklaşık olarak 4 / 6.02 x 10^{23} grama eşittir.

Her α_i (i = 1, ..., *N*) molekülünün *t* anında uzayda kapladığı yerin noktasal olduğunu, yani bir tek noktadan oluştuğunu varsaydığımızı, dolayısıyla koordinatlarının x_i, y_i, z_i olduğunu belirtmiştik. Şimdi α_i'nin içinde bulunduğu kapalı kabın çeperlerine çarpmadığı sürece aynı doğru üzerinde *sabit hız*la devindiğini varsayıyoruz. α_i'nin *t* anındaki *hız vektörü*nün *x, y, z* bileşenleri, v_{x_i}, v_{y_i}, v_{z_i} olduğunda, $v_{x_i} = \frac{dx_i}{dt}$, $v_{y_i} = \frac{dy_i}{dt}$, $v_{z_i} = \frac{dz_i}{dt}$ olur. α_i'nin *t* anındaki *ivme vektörü*nün *x, y, z* bileşenleri, a_{x_i}, a_{y_i}, a_{z_i} olduğunda, $a_{x_i} = \frac{dv_{x_i}}{dt}$, $a_{y_i} = \frac{dv_{y_i}}{dt}$, $a_{z_i} = \frac{dv_{z_i}}{dt}$ olur. α_i'yi *t* anında etkileyen *kuvvet vektörü*nün *x, y, z* bileşenlerini sırasıyla F_{x_i}, F_{y_i}, F_{z_i} olarak gösteriyoruz.

(ii) Teorik Postulatlar

Bir teorinin **teorik postulat**ları, o teorinin diline ait teorik önermeler olup, diğer teorik önermelerden türetilemez. Öte yandan bu diğer teorik önermeler, teorik postulatlardan tümdengelimsel çıkarımla türetilebilir.

Θ gibi bir teorinin **teorik postulat**ları Θ teorisinin diline ait teorik önermelerdir. Teorik postulatlar öbür teorik önermelerden türetilemez. Öbür teorik önermeler ise teorik postulatlardan (tümdengelimsel çıkarımla) türetilebilir. Örnek olarak seçtiğimiz tek-atomlu ideal gazların kinetik teorisinin teorik postulatlarını aşağıda dile getirelim. Bu amaçla yukarıda sözü edilen α gaz molekülü topluluğunu ele alalım. (Bkz. Khinchin, 1949: 100 - 102 ve Feynman *et al.,* 1989, Cilt 1, Bölüm 39.)

Postulat I

α topluluğu, kapalı kap içinde α_1, ..., α_N tek-atomlu gaz moleküllerinden oluşuyor. α_i (i = 1, ..., *N*) molekülünün *t* anındaki koordinatları x_i, y_i, z_i olduğunda aşağıdaki denklemler geçerli olup teorik postulatlar bu denklemlerle dile getirilir:

$$(\mathrm{Ia}) \quad F_{x_i} = m\frac{dv_{x_i}}{dt} \qquad i = 1, ..., N$$

$$(\mathrm{Ib}) \quad F_{y_i} = m\frac{dv_{y_i}}{dt} \qquad i = 1, ..., N$$

$$(\mathrm{Ic}) \quad F_{z_i} = m\frac{dv_{z_i}}{dt} \qquad i = 1, ..., N$$

Bu üç denklem Newton'un "kuvvet = kütle × ivme" yani $F = ma$, olarak dile getirilen temel devinim yasasının α_i molekülüne uygulanmasıdır.

Postulat II

Kabın çeperlerinin *potansiyel*ini temsil eden öyle bir $U_i = U_i(x_i, y_i, z_i)$ fonksiyonu vardır ki (i = 1, ..., *N*),

(IIa) $F_{x_i} = -U'_{i,x_i}$

(IIb) $F_{y_i} = -U'_{i,y_i}$

(IIc) $F_{z_i} = -U'_{i,z_i}$

Burada U'_{i,x_i}, U'_{i,y_i}, U'_{i,z_i}, $U_i = U_i(x_i, y_i, z_i)$ fonksiyonunun sırasıyla x_i, y_i, z_i'ye göre kısmi türevini gösterir.

Postulat III

(III) $U_i(x_i, y_i, z_i) = 0$, eğer x_i, y_i, z_i kabın içindeki bir noktanın koordinatları ise;

$U_i(x_i, y_i, z_i) = +, \infty$ eğer x_i, y_i, z_i kabın dışındaki bir noktanın koordinatları ise (i = 1, ..., *N*).

Postulat III gereği α_i molekülü hep kabın içinde devinir; α_i kabın dışına çıkamaz. Nitekim çıksaydı $U_i = +\infty$ olurdu. Bu ise olanaksızdır. α_i hep kabın içinde kaldığından $U_i = 0$ her zaman doğrudur. (II ve III postulatları için bkz. Khinchin, 1949: 101.) Postulat I, III ve III gereği, α_i molekülü, kabın çeperlerine çarpmadığı sürece kabın içinde *sabit* hızla devinir. Nitekim bu durumda $U_i(x_i, y_i, z_i) = 0$ olur. Dolayısıyla $U'_{i,x_i}(x_i, y_i, z_i) = 0$, $U'_{i,y_i}(x_i, y_i, z_i) = 0$, $U'_{i,z_i}(x_i, y_i, z_i) = 0$ ve Postulat II gereği $F_{x_i} = 0$, $F_{y_i} = 0$, $F_{z_i} = 0$ olur. Buna göre Postulat I gereği $\frac{dv_{x_i}}{dt} = 0$, $\frac{dv_{y_i}}{dt} = 0$ ve $\frac{dv_{z_i}}{dt} = 0$ olur. O halde α_i'nin hız vektörünün, v_{x_i}, v_{y_i}, v_{z_i} bileşenleri sabit olup, α_i'nin v hızı da sabit kalır.

Postulat IV

α_i molekülünün kinetik enerjisi e_i olduğunda,

(IV) $e_i = \frac{1}{2} m v_i^2, \quad i = 1, ..., N$

(iii) Bağlantı Postulatları

Bağlantı postulatları, daha önce belirtildiği gibi, içinde hem teorik terimler hem de gözlem terimleri geçen önermeler olup teorik terimlere dolayısıyla da teorik önermelere kısmî bir anlam verir. Bu nedenle teorik terimler, *tam anlamlı* olan gözlem terimlerinin tersine, daha önce belirtildiği gibi, ancak *kısmen anlamlı*dırlar. Bağlantı postulatlarına **karma teorik önerme** diyebiliriz. Böylece teorik postulatların **salt teorik önerme**ler, bağlantı postulatlarının da *karma teorik önerme*ler olduğunu söyleriz.

Bağlantı postulatlarına, içlerinde hem teorik terimler hem de gözlem terimleri geçtiğinden, **karma teorik önerme**ler diyebiliriz. Öte yandan teorik postulatlarda yalnız teorik terimler geçtiğinden, bunlara da **salt teorik önerme**ler diyebiliriz.

Tek-atomlu ideal gazların kinetik teorisinin başlıca bağlantı postulatlarını aşağıda gösteriyoruz. *a* nesne dizgesi, kapalı kap içinde bir tek-atomlu ideal gaz kitlesi olsun. Öyle ki belli bir zaman aralığında sürekli olarak gazın basıncı *P,* hacmi *V* ve mutlak sıcaklığı *T*'ye eşittir. *P, V, T,* teorinin gözlem terimleri arasında yer alan terimlerdir. Öte yandan teorinin teorik terimleri, gözlemlenebilir a gaz kitlesini oluşturan ama kendileri gözlemlenemeyen α_1, ..., α_N moleküllerine ilişkin özellikleri gösteren terimleridir. Teorinin bağlantı postulatlarında yer alan teorik terimler şu özellikleri gösterir. 1. *a* gaz kitlesini oluşturan α molekül topluluğundaki *N* molekül sayısı. 2. Bu moleküllerin her birinin kütlesi. 3. α_1, ..., α_N moleküllerinin hızları: sırasıyla $v_1, \ldots, v_N$. 4. $\alpha_1, \ldots, \alpha_N$ moleküllerinin kinetik enerjileri: sırasıyla $e_1, \ldots, e_N$. Buna göre sözü geçen gözlem terimleri ve teorik terimleri kapsayan bağlantı postulatları aşağıdaki gibidir:

Postulat V

(V) $$P = \frac{1}{3} \times \frac{N}{V} \times m \times \frac{v_1^2 + \ldots + v_N^2}{N}$$

(V) postulatı,

$$P = \frac{1}{3} \times \frac{N}{V} \times m \times \frac{2(v_1^2 / 2 + \ldots + v_N^2 / 2)}{N}$$

biçiminde de yazılabilir. (IV) postulatına göre $e_1 = \frac{1}{2} m v_i^2, \ldots, e_N = \frac{1}{2} m v_N^2$ olduğundan, (V) postulatı

(V′) $$P = \frac{2}{3} \times \frac{N}{V} \times m \times \frac{e_1 + \ldots + e_N}{N}$$

biçimine dönüştürülebilir. Burada geçen *N/V* oranına *molekül sayısı yoğunluğu* denir. Nitekim bu oran birim hacmindeki molekül sayısına eşittir. Öte yandan (v_1^2 +...+ v_N^2) oranı, *molekül hızı karelerinin ortalaması*dır. ($e_1, \ldots, e_N$) / *N* oranı ise molekül kinetik enerjilerinin ortalamasıdır. Sözü geçen oranlar da teorik terim sayılmalıdır. Böylece (V) ve (V′) denklemlerinde *P* gözlem teriminin yanı sıra teorik terimlerin de geçtiğini görüyoruz.

Postulat VI

(VI) $$T = \frac{2}{3} \times \frac{N_A}{R} \times \frac{e_1 + \ldots + e_N}{N}$$

N_A, daha önce sözü edilen Avogadro sayısıdır. *R* ise ideal gazlara özgü ve değeri 0.0082 atm . lt / mol . K'e eşit olan gaz *sabiti*dir.

$\alpha_1, \ldots, \alpha_N$ moleküllerinin ortalama kinetik enerjisini gösteren (e_1^2 +...+ e_N^2)/*N* ifadesi kısaca <e> biçiminde kısaltılır. Buna göre (V′) denklemi

(V″) $$P = \frac{2}{3} \times \frac{N}{V} \times \langle e \rangle$$

biçimine, (VI) denklemi de

(VI′) $$T = \frac{2}{3} \times \frac{N_A}{R} \times \langle e \rangle$$

biçimine çevrilebilir. (VI′) denklemi *a* ideal gaz kitlesinin mutlak sıcaklığının, bu kitleyi oluşturan gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisiyle orantılı olduğunu, orantı katsayısının da $2N_A / 3R$ olduğunu dile getirir.

Dikkat edilirse (V″) ve (VI′) denklemlerindeki gözlem terimleri *P* ile *T* olup teorik terimler *N/V* ile <e>'dir. Bunların değerleri sözü geçen iki denkleme dayanarak şöyle saptanabilir.

(2) $$\langle e \rangle = \frac{3RT}{2N_A}$$

(3) $\frac{N}{V} = \frac{3P}{2 < e >} = \frac{PN_A}{RT}$

Böylece bazı teorik terimlerin gösterdiği niceliklerin biri ölçme öbürü de hesaplama olmak üzere iki aşamada saptanabildiğini görüyoruz. Yukarıdaki örnekte birinci aşamada basınç ile mutlak sıcaklığın değerleri gözlem ve/veya deneyle ölçülür, ikinci aşamada ise (2) ile (3) denklemlerinde ölçülen bu değerler sırasıyla *P* ile *V* değişkenlerinin yerine koyularak *N/V* ile <e> teorik terimlerinin gösterdiği niceliklerin değerleri hesaplanmış olur. Ancak böyle bir değer saptama biçimi tüm teorik terimleri için geçerli değildir. Söz gelişi tek tek moleküllerin $v_1, ..., v_N$ hızlarını veya $e_1, ..., e_N$ kinetik enerjilerini bu yolla saptamak olanaksızdır.

Postulat VII

a gaz kitlesinin kütlesi *M, a'* yı oluşturan moleküllerin ortak kütlesi *m* ve bu moleküllerin sayısı *N* olduğunda,

(VII) $M = Nm$

denklemi geçerlidir. (VII) denklemi bir bağlantı postulatıdır. Çünkü *M,* gözlemlenebilir *a* gaz kitlesinin gözlemlenebilir bir özelliğini, *N* ile *m* ise, gözlemlenemez moleküllerin bazı gözlemlenemez özelliklerini gösterir. Görüldüğü gibi (VII) postulatı *N* ile *m* teorik terimlerine kısmî anlam verir. (VII) denklemi *N x m* çarpımının değerini belirler. Bu bakımdan *N* ile *m* terimleri anlam kazanır, başka bir deyişle bu iki teorik terime bir *yorum* verilmiş olur. Ancak *N* ile *m* terimlerinin değerlerinin ayrı ayrı saptanamamasından ötürü bu yorum *kısmî* yorum sayılmalıdır.

Öte yandan $m = M_A/N_A$ denklemi geçerlidir. Nitekim M_A *mol kütlesi,* N_A sayıda molekülün kütlesidir. Bu denklem ile (VII) denkleminden gene bir bağlantı postulatı olan

(VII′) $M = \frac{N}{N_A} \times M_A$

denklemi türetilebilir.

Postulat VIII

a gaz kitlesinin *içsel enerji*si (ya da *toplam enerji*si) *E, a*'yı oluşturan $\alpha_1, ..., \alpha_N$ moleküllerinin kinetik enerjileri sırasıyla $e_1, ..., e_N$ olduğunda,

(VIII) $E = e_1 + ... + e_N$

denklemi geçerlidir. Nitekim gaz *içsel enerjisi,* gazı oluşturan moleküllerin kinetik enerjilerinden kaynaklanan enerjidir. Öte yandan teorik postulat (IV) gereği $e_i = \frac{1}{2}mv_i^2$ ($i = 1, ..., N$) denklemleri geçerli olduğundan, bu denklemler ile (VIII) denkleminden

(VIII′) $E = \frac{1}{2}mv_1^2 + ... + \frac{1}{2}mv_N^2$

denklemi elde edilir. (VIII) ile (VIII′) birer bağlantı postulatını dile getirir. Nitekim *E,* gözlemlenebilir *a* gaz kitlesinin gözlemlenebilir bir özelliği olan içsel enerjisini gösterir. Oysa $e_1, ..., e_N$ ile $m, \nu_1, ..., \nu_N$ gözlemlenemez moleküllerin gözlemlenemez bazı özelliklerini gösteren teorik terimlerdir. (VIII) ile (VIII$'$) bu teorik terimleri kısmen yorumlar.

(iv) *Teorinin Açıklamaları ve Öndeyileri*

Teorinin teorik postulatları ile bağlantı postulatları bir arada teorinin postulatlarını veya başka bir deyişle teorinin aksiyomlarını oluşturur. "Postulat" sözcüğü teorilerin sözdizimsel yaklaşımını ortaya koyan mantıkçı-empirist bilim felsefecileri tarafından kullanılmıştır. Ancak bilim insanları bu felsefeciler tarafından "postulat" olarak nitelenen bilimsel önermeleri *"temel yasa"* veya *"aksiyom"* olarak nitelemişlerdir. Biz de bilim insanlarını izleyerek teorilerin teorik postulatları ile bağlantı postulatlarının ortak adı olarak "aksiyom" sözcüğünü kullanıyoruz.

Daha önce belirttiğimiz gibi teorinin amaçları (i) önceden bilinen deneysel yasaları (birleştirici açıklama biçiminde) *açıklamak* ve (ii) önceden bilinmeyen deneysel veya teorik yasaların ve/veya olguların varolduğunun *öndeyi*sinde bulunmaktır. Bu açıklamalardan ve öndeyilerden her biri teorinin diline ait bir önermeyle dile getirilir. Böyle bir önerme birinci durumda bir *açıklama-önermesi* ikinci durumda ise bir *öndeyi-önermesi*dir. Her açıklama-önermesi ya da öndeyi-önermesi, (a) teorinin aksiyomlarından (yani teorik postulatlar ile bağlantı postulatlarından) ve (b) teorinin diline ait önceden doğrulanmış gözlem önermelerinden tümdengelimsel çıkarımla türetilebilmelidir. Teorinin açıklamalarını ve öndeyilerde bulunmasını örneklendirmek için gene tek-atomlu ideal gazların kinetik teorisinden yararlanıyoruz. Bu teoriyi Θ ile gösteriyoruz. Önce açıklama, sonra da öndeyi örneklerini ele alıyoruz.

(a) Kinetik Teoride Açıklama

İdeal gazların kinetik teorisinden bağımsız olarak önceden bilinen deneysel ideal gaz yasaları arasından, Boyle-Mariotte, Charles ve Gay-Lussac yasalarından daha önce söz etmiştik. Öte yandan bir bağlantı postulatı olan Postulat VIII'de E ile gösterilen bir gaz kitlesinin içsel enerjisi ile o gaz kitlesini oluşturan moleküllerin kinetik enerjileri arasındaki ilişkiyi görmüştük. *Tek-atomlu* bir ideal gaz kitlesinin içsel enerjisi, *İçsel Enerji Yasası* olarak adlandırılan ve salt gözlemsel terimlerden oluşan $PV = \frac{2}{3}E$ denklemi ile de ifade edilir. (Bkz. Feynman *et al.,* 1989, Cilt I, s. 39.5.) Şimdi yukarıda sözü geçen yasalardan bazıları ile başka iki yasa kinetik teoriden nasıl türetildiğini, dolayısıyla açıklandığını görelim.

Örnek 1

İçsel Enerji Yasası'nın Açıklanması: Kinetik teoride Postulat (V'') gereği, $P = \frac{2}{3} \times \frac{N}{V} \times < e >$ denklemi geçerlidir. Buradan

$$PV = \frac{2}{3} \times N \times < e < = \frac{2}{3} \times N \times \frac{e_1 + ... + e_N}{N} = \frac{2}{3}\left(e_1 + ... + e_N\right) = \frac{2}{3}E$$

elde edilir. Böylece

(4) $$PV = \frac{2}{3}E$$

denklemi elde edilir. (Bkz. Feynman *et al.,* 1989, Cilt I, s. 39.4 - 39.5.) (4) denkleminde geçen *P, V, E* terimlerinin her biri gözlem terimidir. Öte yandan bu denklem *tek-atomlu* ideal gazlara özgü içsel enerji yasasıdır. İçsel Enerji Yasası'nı dile getiren (4) denkleminde teorik terim geçmediğinden, söz konusu yasa önceden bilinen bir deneysel yasadır. (4) denkleminin Θ teorisinin çerçevesinde türetilmiş olması, bu yasanın açıklanması anlamına gelir.

SIRA SİZDE 2

İçsel Enerji Yasası denilen $PV = \frac{2}{3}E$ biçimindeki (4) denklemi, yalnız tek-atomlu gazlar için geçerlidir. Bu yasanın, tüm gazlar için geçerli olan genel bir yasanın özel bir durumu olduğunu gösteriniz.

Örnek 2

İdeal Gaz Yasası: Postulat (V'')'den yani $P = 2N\langle e\rangle/3V$ denkleminden, $\langle e\rangle=3PV/2N$ elde edilir. Öte yandan Postulat (VI$'$)'den yani $T = 2N_A\langle e\rangle/3R$ denkleminden, $\langle e\rangle=3R\,/2N_A$ elde edilir. O halde $3PV/2N = 3R\,/2N_A$. Böylece

$$(5) \quad PV = \frac{N}{N_A}RT$$

denkleminin geçerli olduğu ortaya çıkar. Söz konusu (5) denklemi *İdeal Gaz* Yasası olarak adlandırılan yasayı dile getirir. Bu denklemde, *a* herhangi bir ideal gaz kitlesi olduğunda, *P, V, T, a'* nın sırasıyla eşzamansal basıncını, hacmini ve mutlak sıcaklığını gösterir. *P, V, T* daha önce belirtildiği gibi gözlem terimleridir. Öte yandan *N* terimi *a* gaz kitlesini oluşturan molekül sayısını gösterir. Dolayısıyla *N* (daha önce belirtildiği gibi) bir teorik terimdir. Buna göre İdeal Gaz Yasası deneysel yasa değildir. Ancak (5) denkleminde *P, V, T* gözlem terimleri bulunduğundan İdeal Gaz Yasası'nı dile getiren önerme teorik önerme de değildir. Bundan dolayı İdeal Gaz Yasası ne deneysel yasa ne de teorik yasadır. Böyle bir yasaya *karma-teorik yasa* diyebiliriz.

Buna karşılık *PV çarpımının T ile doğru orantılı olduğu*nu veya eşdeğer olarak *PV/T oranının sabit olduğu*nu belirten *Birleşik Gaz Yasası* olarak bilinen $P_1V_1\,/\,T_1 = P_2V_2\,/\,T_2$ denklemiyle dile getirilen yasa, kinetik teoriden bağımsız ve ondan önce bilinen deneysel bir yasadır. Bu deneysel yasa, İdeal Gaz Yasası'nın dolaysız sonucudur. *M, a* gaz kitlesinin gözlemlenebilir kütlesi, M_A, *a* gaz kitlesini oluşturan saf maddenin (örneğin Helyum-4'ün) mol kütlesini gösterdiğinde, (5) denkleminde N/N_A oranı yerine, $M\,/\,M_A$ oranını koyabiliriz. Nitekim $N/N_A = mN/mN_A = M\,/\,M_A$. Sözü edilen saf maddenin mol kütlesini gösteren M_A terimi gözlem terimi değil teorik terimdir. N/N_A veya onunla eşit olan $M\,/\,M_A$ oranı *a* gaz kitlesinin *mol sayısı*nı gösterir. Mol sayısı *n* ile gösterildiğinde (5) denklemi

$$(5^*) \quad PV = nRT$$

biçimini alır. Öte yandan n yerine $M\,/\,M_A$ koyarsak (5*) denklemi

$$(5^{**}) \quad PV = \frac{M}{M_A}RT$$

biçimini alır. Daha önce sözü edilen Boyle-Mariotte, Charles ve Gay-Lussac deneysel yasalarını dile getiren yasa-önermeleri, (5) denkleminden kolayca türetilebilir. Böylece bu deneysel yasalar kinetik teoride açıklanmış olur. Biz aşağıda Boyle-Mariotte yasasını dile getiren önermenin nasıl türetildiğini gösteriyoruz.

Örnek 3

Boyle-Mariotte Yasası: a gibi herhangi bir ideal gaz kitlesine ilişkin İdeal Gaz Yasası'nı dile getiren (5) denkleminin sağ yanını k_1 olarak kısaltalım, yani k_1'i, $k_1 = \frac{N}{N_A} RT$ eşitliğiyle tanımlayalım. Böylece (5) denklemi $PV = k_1$ biçimini alır. k_1, a gaz kitlesini oluşturan N molekül sayısının, bir de bu gaz kitlesinin T mutlak sıcaklığının bir fonksiyonudur. O halde T sabit tutulursa, k_1, yalnız Nye dolayısıyla a' ya bağlı bir sabit olur. Böylece a ideal gaz kitlesinin sabit sıcaklıkta basıncı ile hacminin çarpımının, yani PV çarpımının, yalnız a' ya bağlı bir sabite eşit olduğunu dile getiren

(6) $PV = k_1$

denklemi İdeal Gaz Yasası'ndan türetilmiş olur. (6) denklemi Boyle-Mariotte Yasası'nı dile getirir. Aynı yasanın

(6*) $P_1V_1 = P_2V_2$

denklemiyle dile getirilebildiğini Ünite 3'te görmüştük.

Örnek 4

Avogadro Hipotezi: Sözü geçen (5*) denkleminden $V = \frac{RT}{V} x\, n$ denklemi elde edilir. k_2' yi, $k_2 = RT/V$ biçiminde tanımlayalım. Böylece (5*) denkleminden, Avogadro Hipotezi'ni (ya da Yasası) dile getiren

(7) $V = k_2\, n$

denklemi elde edilir. (7) denklemi herhangi bir ideal gaz kitlesinin V hacminin, bu gaz kitlesinin n mol sayısıyla doğru orantılı olduğunu dile getirir. Orantı katsayısı da k_2 'dir. Böylece Avogadro Hipotezi, Ideal Gaz Yasası'dan türetildiğinden açıklanmış olur. Dikkat edilirse n mol sayısı $n = N/N_A$ biçiminde tanımlandığından gözlem terimi değil, teorik terimdir. Dolayısıyla (7) denkleminin dile getirdiği hipotez (ya da yasa) karma-teoriktir.

(b) Kinetik Teoride Öndeyide Bulunma

Örnek 4

Foton Gazlarının İçsel Enerjisi Yasası: Kinetik teoriden bağımsız ve ondan önce *bilinmeyen* bir yasa örneği foton gazlarına ilişkin

(8) $PV = \frac{1}{3}E$

denklemiyle dile getirilen *Foton Gazlarının İçsel Enerjisi Yasası*'dır. (Bkz. Feynman *et al.,* 1989: Cilt I, s. 39.6.) "Kapalı kutu içinde foton gazı" astronomi alanında ortaya çıkar. Çok sıcak yıldızlarda (bunlar Güneş'ten sıcak olan yıldızlardır) çok büyük sayıda fotondan oluşan bir gaz kitlesi kapalı kutu işlevindeki yıldızın içinde bulunur. Yıldızın çok sıcak olması, içinde *yalnız* foton bulunmasına yol açar. Çok sayıda fotondan oluşan topluluk tek-atomlu ideal gaz kitlesine benzeyen bir foton gazı kitlesini oluşturur. Feynman *et al.*(1989) böyle foton gazı kitleleri için sözü geçen (8) denkleminin geçerli olduğunu şöyle ispatlıyor. Bütün fotonların hızı, ışığın hızı olan yaklaşık 300.000 km/sn'ye eşit olup *c* sabitiyle gösterilir. (Nitekim ışık, foton denilen mikro-taneciklerden oluşur.) Bir foton, kütlesi *m* olduğunda, toplam enerjisi (Einstein denklemi gereği) mc^2' ye eşittir. Fotonun *e* kinetik enerjisi, toplam enerjisine eşit olduğundan mc^2' ye eşittir. Buna göre yukarıdaki (V) postulatını fotonlara uyguladığımızda, $(v_1^2, \ldots, v_N^2)$ ifadelerinin her birinin yerine c^2 koymalıyız. Böylece (V) postulatı, fotonlar için

$$P = \frac{1}{3} \times \frac{N}{V} \times m \times \frac{Nc^2}{N} = \frac{Nmc^2}{3V}$$

biçimine dönüşür. Oysa $mc^2 = e$. O halde $P = \frac{Ne}{3V}$. Dolayısıyla $P = \frac{Ne}{3}$, buradan da postulat VIII gereği $Ne = E$ olduğundan $PV = \frac{1}{3}E$, yani (8) denklemi elde edilir. Kinetik teoriden türetilen (8) denklemi önceden bilinmediği için bir öndeyi-önermesidir. Dolayısıyla bu son örnek Kinetik teoride bir öndeyide bulunma örneğidir.

Görüldüğü gibi (4) ile (8) denklemlerinin her ikisi de bir ideal gazın içsel enerjisinin nasıl *PV* çarpımıyla ilişkili olduğunu belirtmesine karşın, bu ilişkinin moleküllerden oluşan ideal gazlar ile fotonlardan oluşan ideal gazlar için farklı olduğunu görüyoruz.

Teorilerin Anlambilimsel Yaklaşımı

Öte yandan teorilerin anlambilimsel yaklaşımını benimseyen görüşte, teori aksiyomlaştırılmış önermeler dizgesinin yanı sıra, matematiksel yapılar olan modeller kapsamaktadır. Önce "model" kavramını genel olarak ele alalım. *Model,* gerçek (yani evrende varolan) bir nesne dizgesini ve/veya özelliklerini *temsil* eden maddesel ya da matematiksel bir nesnedir. Örneğin biyolojide DNA molekülünün yapısını temsil eden metal parçalarından yapılmış nesne DNA molekülünün bir maddesel modelidir. Buna karşılık önceki bölümde sözü edilen tek-atomlu Helyum-4 gaz molekülü topluluğunun *noktasal* tanecikler olarak temsil edilmesi, evrende varolan gerçek nesne dizgeleri sayılan bu molekül topluluğunun bir matematiksel modelini oluşturur. Bu matematiksel modeli teorilerin sözdizimsel yaklaşımına ilişkin önceki bölümde ele almamızın gerekçesi, örnek olarak seçtiğimiz kinetik teorinin postulatlarını okuyucu için anlaşılır kılmaktı. Yoksa bu modelin sözdizimsel yaklaşımda hiçbir işlevi yoktur. Bu yaklaşımın *sözdizimsel* olarak adlandırılması da tam bu nedenden ötürüdür. Buna karşılık bu bölümde incelediğimiz anlambilimsel yaklaşımda matematiksel modellerin temel bir işlevi vardır. Bundan böyle "model" sözcüğünü hep "matematiksel model" ifadesinin kısaltması olarak kullanacağız.

"Model" kavramını aydınlatmak amacıyla tek postulatı (5**), yani ideal gaz yasası, olan teoriyi ele alıyoruz. Bu teoriyi "ideal gaz teorisi" olarak adlandırıp θ ile gösteriyoruz. θ teorisinin konusu olan ideal gaz kitlelerinin kimyasal olarak saf olduklarını, dolayısıyla her birinin M_A gibi belli bir mol kütlesi olduğunu varsayıyoruz. Örneğin (daha önce belirtildiği gibi) *a* bir Helyum-4 gazı kitlesi ise, mol kütlesi 4 gramdır. Bunu $M_A(a)$ = 4 gr biçiminde dile getiriyoruz. Nitekim M_A, saf gaz kitlelerinin bir fonksiyonu sayılır. M_A fonksiyonu bu gaz kitlelerinin belli bir belirlenebilir özelliğini oluşturur. Söz konusu gaz kitlelerinin M_A dışındaki belirlenebilir özellikleri sırasıyla *Kütle (M), Basınç (P), Hacim (V) ve Mutlak Sıcaklık (T)* fonksiyonlarıdır. M_A ile *M* yalnız *a* gaz kitlesine bağlı olup, *t* zaman anına bağlı değildir. Dolayısıyla M_A ile *M* fonksiyonlarının değerleri sırasıyla $M_A(a)$ ve $M(a)$ biçiminde dile getirilmelidir. Bu değerler *a* gaz kitlesinin birer belirlenmiş özelliğidir.

Örneğin *a,* Helyum-4 gazı olup kütlesi 10 grama eşit olsun. Buna göre $M_A(a) = 4$ gr ve $M(a) = 10$ gr yazarız. $M_A(a)$ ve $M(a)$ belirlenmiş özellikleri *a'* nın (zamandan bağımsız) *değişmez* özellikleridir. Öte yandan *P, V, T* hem *a'* ya hem *t'* ye (zamana) bağlı belirlenebilir özelliklerdir. Bunların değerleri olan belirlenmiş özellikler sırasıyla $P(a, t)$, $V(a, t)$, $T(a, t)$ biçimindedir. Daha önce belirtildiği gibi *P, V, T nesne-durumu değişkenleri*dir. Nitekim $P(a, t) = P^*$, $V(a, t) = V^*$, $T(a, t) = T^*$ olduğunda (P^*, V^*, T^*) sıralanmış üçlüsü, *a ideal gaz kitlesinin t anındaki nesne-durumu*nu gösterir. Ayrıca $M_A(a, t) = M^*_A$, $M(a, t) = M^*$ olduğunda, *a* gazının, M^*_A, P^*, V^*, T^* belirlenmiş özellikleri (5**) biçimindeki İdeal Gaz Yasası'na uyumlu olmalıdırlar.

İdeal gaz kitlelerini temsil eden modelleri tanımlamak için, önce (geçmişte, şimdiki zamanda veya gelecekte) varolan tüm ideal gaz kitlelerini sıralayarak her birine belli bir sıra sayısı verilir. Buna göre *a* gaz kitlesinin sıra sayısını $\bar{a}$ ile gösteriyoruz. $\bar{a}$ sayısının *a* ideal gaz kitlesini temsil ettiğini söyleyeceğiz.

İdeal gaz kitlelerini *temsil* eden (matematiksel) modelleri şöyle tanımlıyoruz. (Bkz. Carnap, 1963, "My Conception of Semantics", s. 900 - 905.) Önce (geçmişte, şimdiki zamanda veya gelecekte) varolan tüm ideal gaz kitlelerini sıralayarak her birine belli bir sıra sayısı verelim. *a* gaz kitlesinin sıra sayısını $\bar{a}$ ile gösteriyoruz. $\bar{a}$ sayısının *a* ideal gaz kitlesini *temsil* ettiğini söyleyeceğiz. Zaman anları da öncelik/sonralık bağıntısıyla doğrusal olarak sıralanmışlarıdır. Belli bir sıfır anını seçtikten sonra her zaman anına pozitif veya negatif bir reel sayıyı sıra sayısı olarak veririz. *t* herhangi bir zaman anı olduğunda, *t'* ye verilen sıra sayısını $\bar{t}$ olarak gösteriyoruz. $\bar{t}$'nin *t* zaman anını *temsil* ettiğini söyleyeceğiz.

Öte yandan ideal gaz kitlelerinin belirlenmiş özellikleri olan M^*_A, M^*, P^*, V^*, T^*'ı sırasıyla $\bar{M}^*_A$, $\bar{M}^*$, $\bar{P}^*$, $\bar{V}^*$, $\bar{T}^*$, olarak gösterdiğimiz sayılarla şöyle temsil ediyoruz:

(9) ($M^*_A = r_1$ gr ve $M^* = r_2$ gr ve $P^* = r_3$ atm ve $V^* = r_4$ lt ve $T^* = r_5$ K) ise,
($\bar{M}^*_A = r_1$ ve $\bar{M}^* = r_2$ ve $\bar{P}^* = r_3$ ve $\bar{V}^* = r_4$ ve $\bar{T}^* = r_5$) olur.

Örneğin $M^*_A = 4$ gr, $M^* = 8$ gr, $P^* = 1$ atm, $V^* = 44.8$ lt, $T^* = 273$ K ise, $\bar{M}^*_A = 4$, $\bar{M}^* = 8$, $\bar{P}^* = 1$, $\bar{V}^* = 44.8$, $\bar{T}^* = 273$ olur.

En sonda M_A, *M, P, V, T* fonksiyonlarının (yani belirlenebilir özelliklerin) $\bar{M}_A$, $\bar{M}$, $\bar{P}$, $\bar{V}$, $\bar{T}$, olarak gösterdiğimiz sayısal fonksiyonlarla nasıl *temsil* edildiklerini görelim. Sözü geçen sayısal fonksiyonlar (yani reel sayıya reel sayı tekabül ettiren fonksiyonlar) şu koşulları yerine getirmelidirler:

(10) (i) $M_A(a, t) = M^*_A$ ise, $\bar{M}_A(a, t) = M^*_A$ olur.
(ii) $M(a, t) = M^*$ ise, $\bar{M}(a, t) = \bar{M}^*$ olur.
(iii) $P(a, t) = P^*$ ise, $\bar{P}(a, t) = \bar{P}^*$ olur.
(iv) $T(a, t) = T^*$ ise, $\bar{T}(a, t) = \bar{T}^*$ olur.

Yukarıdaki kavramlara dayanarak söz konusu θ teorisinin *model* lerini şöyle tanımlayabiliriz:

Tanım 1: θ teorisinin modeller kümesi aşağıdaki koşulları yerine getiren

$(\{\bar{a}_1, ..., \bar{a}_n\}, [\bar{t}_1, \bar{t}_2], \bar{M}_A, \bar{M}, \bar{P}, \bar{V}, \bar{T})$

biçiminde tüm matematiksel yapıların kümesi demektir:

1. $\{\bar{a}_1, ..., \bar{a}_n\}$, öğeleri *n* tane farklı pozitif tam sayı olan bir kümedir. (Bu sayılar ideal gaz kitlelerini temsil edebilir.)
2. $\bar{t}_1$ ile $\bar{t}_2$ iki reel sayı olup $\bar{t}_1 < \bar{t}_2$' dir. $[\bar{t}_1, \bar{t}_2]$, $\bar{t}_1$ ile $\bar{t}_2$ ile arasındaki tüm reel sayılardan oluşan sayı aralığıdır. (Bu sayılar zaman anlarını temsil edebilirler.)

3. $\overline{M}_A$, tanım kümesi $\{\overline{a}_1, ..., \overline{a}_n\}$ kümesine eşit olup, değerleri pozitif tam sayı olan tek değişkenli bir fonksiyondur. (Bu sayı mol kütlesinin gram sayısı olabilir.)
4. $\overline{M}$, tanım kümesi $\{\overline{a}_1, ..., \overline{a}_n\}$ kümesine eşit olan tek değişkenli bir fonksiyondur. Her $\overline{a}_i$ için $\overline{M}(\overline{a}_i)$ bir pozitif reel sayıdır. (Bu sayı bir gaz kitlesinin gram sayısı olabilir.)
5. $\overline{P}$, $\overline{V}$, $\overline{T}$, iki değişkenli fonksiyonlardır. Birinci değişkenin tanım kümesi $\{\overline{a}_1, ..., \overline{a}_n\}$, ikinci değişkenin tanım kümesi ise $[\overline{t}_1, \overline{t}_2]$, aralığının öğelerinden oluşan kümedir. Her üç fonksiyonun değerleri birer pozitif reel sayıdır. (Bu sayılar bir ideal gaz kitlesinin sırasıyla basıncının atmosfer sayısı, hacminin litre sayısı ve mutlak sıcaklığının Kelvin derecesi sayısı olabilir.)
6. $\overline{P}$, $\overline{V}$, $\overline{T}$, fonksiyonları her sayısı ile $[\overline{t}_1, \overline{t}_2]$ aralığındaki her $\overline{t}$ sayısı için aşağıdaki koşulu yerine getirir:

$$\overline{P}\left(\overline{a}, \overline{t}\right) \times \overline{V}\left(\overline{a}_i, \overline{t}\right) = \frac{\overline{M}\left(\overline{a}_i\right)}{\overline{M}_A\left(\overline{a}_i\right)} \times R\overline{T}\left(\overline{a}, \overline{t}\right).$$

Tanım 2: θ teorisinin hedef uygulamaları kümesi, söz konusu ideal gaz teorisini benimseyen bilim insanlarının bu teori ile uyumlu olmasını bekledikleri nesne dizgelerinin kümesi, yani varolmuş, varolan ve varolacak tüm ideal gaz kitlelerinin kümesi demektir.

Tanım 3: θ teorisi, Tanım 1 gereği tanımlanan modeller kümesi ile Tanım 2 gereği tanımlanan hedef uygulamalar kümesinden oluşan sıralanmış ikiliyi kapsar.

Yukarıdaki Tanım 1, Tanım 2 ve Tanım 3 genelleştirilerek her teori için geçerli olacak bir biçim alır.

Dikkat edilirse *a* gibi bir ideal gaz kitlesi, varolduğu sürenin tümünde ideal gaz olma özelliğini korumayabilir. Nitekim her gaz kitlesi yeterince düşük sıcaklıkta sıvılaşıp gaz olma, dolayısıyla ideal gaz olma özelliğini yitirir. Üstelik her ideal gaz kitlesi, gaz olma özelliğini korumasına karşın belli sıcaklık ve basınç koşullarında ideal gaz olma özelliğini yitirir; başka bir deyişle bu gaz kitlesinin basınç, hacim ve sıcaklığı İdeal Gaz Yasası'na aykırı olur. İşte bu nedenle θ teorisinin hedef uygulamaları kümesini tanımlamak için yalnız hangi nesne dizgelerinin ideal gaz kitlesi sayıldığını belirtmek yetmez; ayrıca bu nesne dizgelerinin hangi *zaman aralıklarında* ideal gaz özelliğini taşıdıklarını da belirtmek gerekir. Dolayısıyla θ teorisinin hedef uygulamalarının genel biçimi

(11) $(\{a_1, ..., a_n\}, [t_1, t_2])$

sıralanmış ikilileri biçiminde olmalıdır. Bu sıralanmış ikili, $a_1, ..., a_n$ nesne dizgelerinin $[t_1, t_2]$ zaman aralığında ideal gaz olma özelliğini taşıdıklarını gösterir. $a_1, ..., a_n$ nesne dizgeleri bu zaman aralığı dışında ideal gaz olma özelliğini taşıyabilir veya taşımayabilir.

Tanım 4: θ teorisi *doğru*dur ancak ve ancak teorinin hedef uygulamaları kümesinin öğesi olan her uygulama, teorinin modeller kümesinin öğesi olan bir model tarafından temsil edilebilirse.

Tanım 4'ten şu sonuç çıkar: Bir teorinin doğru olması için, bu teorinin herhangi bir uygulamasını temsil eden model, bu teorinin temel yasasını ya da öbür yasalarını yerine getirmesi gerekir. Örneğin eğer ideal gaz teorisi doğru ise, ideal gaz teorisinin herhangi bir uygulamasını temsil eden model, belirtilen zaman aralığında İdeal Gaz Yasası'nı yerine getirir.

İdeal gazların kinetik teorisinin anlambilimsel yaklaşımındaki modelleri, yukarıda sözü edilen modellere, mikro-nesne dizgelerinin (yani gaz moleküllerinin) temsilcileri ve ilgili mikro-özelliklerin (moleküllerin koordinatları, hızları, kinetik enerjileri vb.) temsilcilerini eklemekle oluşturulur. Böyle oluşan matematiksel yapıların teorinin bir modeli olması için kinetik teorinin tüm postulatlarını (gerek teorik postulatları gerekse bağlantı postulatlarını) yerine getirmelidir. Bu postulatlar anlambilimsel yaklaşımda modellerin yerine getirmesi gereken koşulları dile getirip, *temel yasa* olarak adlandırılır. Dikkat edilirse anlambilimsel yaklaşımda (İdeal Gaz Yasası gibi) temel yasaların asıl işlevi, ait oldukları teorinin modellerinin tanımlanmasında ortaya çıkar.

SIRA SİZDE 3

Sözü geçen θ teorisinin *nesne-dizgeleri uzayı*na dayalı (bkz. van Fraassen, 1989) bir *geometrik modeli*ni kurunuz.

Özet

Bilimsel yasaların ne olduğunu açıklamak ve tartışmak.

Evrenin her yerinde her zaman geçerli olan düzenliliklere yasa, yasaları dile getirebilecek önermelere de *yasa-görünümlü önerme* denir. Bir bilim dalına ilişkin yasa-görünümlü önermelerin dizgeleştirilmesi, bir *bilimsel teori,* kısaca *teori* oluşturur. Teori kurmanın amacı, önceden bilinen olgu ile deneysel yasaları açıklamak ve önceden bilinmeyen yeni olgu ve deneysel yasalara ilişkin öndeyileri türetmektir. Gözlemlenebilir varlıkları gösteren terimlere *gözlem terimi,* yalnız gözlemlenebilir varlıklara ilişkin yasalara deneysel yasa denir. Gözlemlenemez bir şeye ilişkin terime *teorik terim,* gözlemlenemez şeylere ilişkin yasalara da *teorik yasa* denir.

Bilimsel teorilerin ne olduğunu açıklamak ve tartışmak.

Sözdizimsel denilen teori yaklaşımında, teori *kısmen yorumlan*mıştır. Yalnız gözlem terimleri birer varlık gösterir. Teoride geçen teorik terimler ise *kısmen anlamlı* sayılır. Her teori, içinde yalnız teorik terimler geçen *teorik postulatlar,* içinde hem gözlem terimleri hem teorik terimler geçen *bağlantı postulatları* ve her iki çeşit postulattan türetilebilen açıklamalar ile öndeyilerden oluşur. Teorik terimler bağlantı postulatlarıyla kısmen yorumlanır. *Anlambilimsel* denilen teori yaklaşımında her teori, aksiyomlaştırılmış önermeler dizgesinin yanı sıra *modeller* kümesi ile *hedef uygulamaları* kümesini kapsar. Bir teorinin *modelleri,* bu teorinin uygulanabildiği nesne dizgelerini ve bunların özelliklerini matematiksel nesnelerle temsil ederler. Şöyle ki, teorinin herhangi bir postulatı, ilgili nesne dizgelerinin arasında bir bağıntı kurarsa, aynı bağıntı bu özelliklerin (matematiksel) temsilcileri arasında da bulunmalıdır. Örneğin $PV = \frac{M}{M_A} RT$ teorinin postulatı ise $\overline{P}, \overline{V}, \overline{M}, \overline{M}_A, \overline{T},$ sırasıyla P, V, M, M_A, T niceliksel özelliklerin temsilcileri olduğunda, $\overline{P}\,\overline{V} = \frac{\overline{M}}{\overline{M}_A} R\overline{T}$ eşitliği matematiksel bir doğruluğu dile getirmelidir. Öte yandan teorinin *hedef uygulamaları,* teoriyi benimseyen bilim insanlarının bu teori ile uyumlu olmasını bekledikleri nesne dizgeleridir. Herhangi bir teorinin hedef uygulamaları kümesi bu teorinin bir modeli tarafından temsil edilebilirse, teori *doğru* olur.

Kendimizi Sınayalım

1. Aşağıdakilerden hangisi bir gözlem terimi **değildir?**
a. Basınç
b. Gaz molekülü
c. Hacim
d. Sıcaklık
e. (Makro-)gaz kitlesi

2. Aşağıdakilerden hangisi bir teorik terim **değildir?**
a. Mutlak sıcaklık
b. Molekül kütlesi
c. Molekül hızı
d. Molekül kinetik enerjisi
e. Molekül sayısı

3. Aşağıdakilerden hangisi bir yasa-görünümlü önerme **değildir?**
a. Tüm metaller elektriği iletir.
b. Tüm metaller yeterince ısıtıldığında genleşir.
c. Bugün mutfağımda bulunan tüm armutlar yeşildir.
d. Tüm su kitleleri yaklaşık 0°C'ta donar.
e. Tüm ideal gaz kitlelerinin basıncı, sabit sıcaklıkta, hacimleriyle ters orantılıdır.

4. Aşağıdakilerden hangisi bir teorinin teorik postulatları için söylenebilir?
a. Teorik postulatlar, deneysel yasalar ile diğer teorik yasalardan türetilebilir.
b. Teorik postulatlar, salt deneysel yasalardan türetilebilir.
c. Teorik postulatlar, bağlantı postulatları ile deneysel yasalardan türetilebilir.
d. Teorik postulatlar, teorinin diline ait teorik önermeler olup diğer teorik önermelerden türetilemez.
e. Teorik postulatlar, teorinin diline ait teorik önermeler olup diğer teorik önermelerden türetilebilir.

5. Aşağıdakilerden hangisi bir teorinin bağlantı postulatları için söylenebilir?
a. Bağlantı postulatları, içinde yalnız teorik terimler geçen postulatlardır.
b. Bağlantı postulatları, içinde yalnız gözlem terimleri geçen postulatlardır.
c. Bağlantı postulatları, içinde hem teorik terimler hem de gözlem terimleri geçen önermeler olup teorik terimleri kısmen anlamlı kılarlar.
d. Bağlantı postulatları, içinde hem teorik terimler hem de gözlem terimleri geçen önermeler olup teorik terimleri tam anlamlı kılarlar.
e. Bağlantı postulatları, içinde yalnız teorik terimler geçen postulatlar olup teorik terimleri kısmen anlamlı kılarlar.

6. Aşağıdakilerden hangisi bir deneysel yasa **değildir?**
a. İdeal gaz yasası
b. Boyle-Mariotte yasası
c. Charles yasası
d. Gay-Lussac yasası
e. Birleşik gaz yasası

7. Aşağıdakilerden hangisi karma-teorik bir yasadır?
a. $P_1V_1 = P_2V_2$
b. $e_i = \frac{1}{2}mv_i^2 \quad i = 1, \ldots, N$
c. $PV = \frac{2}{3}E$
d. $V / n = sabit$
e. $PV = \frac{1}{3}E$

8. Aşağıdakilerden hangisi tek-atomlu kinetik gaz teorisinin bir teorik postulatıdır?
a. $PV = nRT$
b. P sabit ise, $V_1 / T_1 = V_2 / T_2$
c. $e_i = \frac{1}{2}mv_i^2 \quad i = 1, \ldots, N$
d. V sabit ise, $P_1 / T_1 = P_2 / T_2$
e. $P_1V_1 / T_1 = P_2V_2 / T_2$

9. Aşağıdakilerden hangisi tek-atomlu kinetik gaz teorisinin açıkladığı değil de, **özellikle** öndeyide bulunduğu bir yasadır?
a. Foton gazlarının içsel enerjisi yasası
b. İçsel enerji yasası
c. İdeal gaz yasası
d. Birleşik gaz yasası
e. Avogadro yasası (hipotezi)

10. Aşağıdakilerden hangisi *teorilerin anlambilimsel yaklaşımı* için söylenebilir?
a. Teori, yalnız aksiyomlaştırılmış teorik önermeler dizgesinden oluşur.
b. Teori, aksiyomlaştırılmış teorik önermeler ile karma-teorik önermeler dizgesinden oluşur.
c. Teori, aksiyomlaştırılmış önermeler dizgesinin yanı sıra, matematiksel yapılar olan modellerden oluşur.
d. Teori, aksiyomlaştırılmış teorik önermeler ile gözlem önermeleri dizgesinden oluşur.
e. Teori, aksiyomlaştırılmış karma-teorik önermeler ile gözlem önermeleri dizgesinden oluşur.

Okuma Parçası

Bilimsel bir teori birtakım olguları veya olgusal ilişkileri açıklayan kavramsal bir sistemdir. Böyle bir sistemi kurmak, bilimde en üst düzeyde düşünsel bir çalışmayı gerektirir. Özellikle iki yönden bilimsel bir teoriyi anlama önemlidir. Önce, iyi kurulmuş bir teorinin bir sanat yapıtı gibi entelektüel ilgilere hitap eden ve dünya görüşümüzü etkileyen bir niteliği vardır. Olup bitenlere belli bir teori açısından bakmak, alışık olduğumuz pek çok şeye yeni bir anlama kazandırır, bilgi ve anlayışımızı beklemediğimiz ölçülerde zenginleştirebilir. Sonra, bilimsel bir teori, bilimsel düşünme ve araştırmanın erişilmesi güç bir ürünü olarak hem bu düşünme biçimini, hem de bilimde gerçek başarının niteliğini yansıtması bakımından üzerinde durulmaya değer. Başka bir deyişle, bilimsel bir teorinin yapı ve işlevinde tüm bilimin kristalize olmuş bir örneğini bulabiliriz. Ama her şeyden önce, “teori” sözcüğü üzerinde açıklığa ulaşmamız gerekir.

Günlük dilde “teori” denince genellikle olgusal olmayan veya uygulama dışı kalan soyut bir şey akla gelir. Bilim adamları arasında bile bu noktada tam bir açıklık olduğu söylenemez. Kimisi için “teori”, felsefe türünden geniş ve belki de sorumsuz bir spekülasyon; kimisi için algı verilerimizi ve gözlemlerimizi aşan herhangi bir kavram veya genelleme anlamına gelmektedir. Birçoğu “teori” kelimesini hipotez, varsayım hatta yasa anlamında kullanmaktadır. Örneğin fizik ders kitaplarında genellikle “yasa” diye geçen evrensel çekim ilişkisinin bazen teori, bazen hipotez, bazen varsayım olarak belirtildiğini görmekteyiz.

“Teori” kelimesinin böyle değişik anlamlarda kullanılışından doğan karışıklık karşısında tam bir açıklığa ulaşmak son derece güçtür. Ancak bazı ayrımlar yoluyla karışıklıktan bir ölçüde de olsa kurtulmaya çalışabiliriz.

Hemen akla gelen bir ayrım teori ile olgu arasındadır. Olgu, daha önce de belirtildiği üzere, doğrudan veya dolaylı ortak gözleme konu ve doğada yer alan bir oluştur. Teori ise, düşünme yetimizin bir ürünüdür; olguları açıklamak veya evreni hiç değilse bir yanı ile anlama için kurulur. Ancak hemen eklemeli ki, olguları içermeyen bilimsel bir teori olmadığı gibi teorinin az çok bulaşmadığı hiçbir gözlem veya deney verisi de yoktur. Ne yalın bir olgudan, ne de olgulara ilişkin olmayan bir teoriden (formel mantık ve matematik dışında) söz edilebilir.

Kaynak: Yıldırım, C. (2010). **Bilim Felsefesi,** 13. Basım. İstanbul: Remzi Kitabevi, s. 132.

Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı

1. b	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Bilimsel Yasalar” bölümünü yeniden okuyun. Yalnız b şıkkındaki yanıt bir gözlem terimi değildir, diğer şıklardaki yanıtların hepsi gözlem terimlerinden oluşmaktadır.
2. a	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Bilimsel Yasalar” bölümünü yeniden okuyun. Yalnız a şıkkındaki terim bir teorik terim değildir. Diğer şıklardaki bütün terimler teorik terimlerdir.
3. c	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Bilimsel Yasalar” bölümünü yeniden okuyun. Yalnız c şıkkındaki önerme bir yasa-görünümlü önerme değildir.
4. d	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Bilimsel Teoriler” bölümünü yeniden okuyun. Yalnız d şıkkındaki betimleme doğru olup diğer şıklardaki betimlemeler yanlıştır.
5. c	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Bilimsel Teoriler” bölümünü yeniden okuyun. Bağlantı postulatlarında hem teorik terimlerin hem de gözlem terimlerinin geçtiğini ve bu postulatların teorik terimleri kısmen anlamlı kıldığını anımsayacaksınız.
6. a	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Bilimsel Teoriler” bölümünü yeniden okuyun. İdeal gaz yasasında bir teorik terim geçerken diğerlerinde hiç teorik terim geçmez.
7. d	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Bilimsel Teoriler” bölümünü yeniden okuyun. d şıkkındaki yanıt Avogadro yasası (hipotezi) olup içinde bir teorik terim *(n)* bir de gözlem terimi *(V)* geçer; dolayısıyla karma-teoriktir. Öte yandan a, c ve e şıklarındaki yanıtlarda yalnız gözlem terimleri, b şıkkındaki yanıtta ise yalnız teorik terimler geçer.
8. c	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Bilimsel Teoriler” bölümünü yeniden okuyun. c şıkkındaki postulat, tek-atomlu gaz moleküllerinin kinetik enerjisi yasası olup içinde yalnız teorik terimler geçer. Öte yandan a şıkkındaki yanıt bir karma-teorik yasa, b, d ve e şıklarındaki yanıtlar ise deneysel yasalardır.
9. a	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Bilimsel Teoriler” bölümünü yeniden okuyun. Yalnız a şıkkındaki yanıt bir öndeyidir. Diğer şıklardaki yanıtlar açıklama örnekleridir.
10. c	Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Bilimsel Teoriler” bölümünü yeniden okuyun. Sözü edilen yaklaşımda aksiyomlaştırılmış önermeler dizgesinin yanı sıra, matematiksel yapılar olan modellerin de bulunduğunu anımsayacaksınız.

Sıra Sizde Yanıt Anahtarı

Sıra Sizde 1

Örnek olarak Boyle-Mariotte yasasını, yani sabit sıcaklıkta bir ideal gaz kitlesinin p basıncının V hacmiyle ters orantılı olduğunu dile getiren yasa-görünümlü tümel-koşullu önermeyi ele alalım. Bu gerçekten bir yasayı dile getiriyorsa *doğru* olması gerekir. Önermenin doğru olup olmadığını *bilmek* için onu sınamalıyız; yani pekiştirmeli ya da çürütmeliyiz. Bunu Ünite 5'te göreceğiz. Burada ise önermenin *doğru* olmasının anlamını (sınama işleminden bağımsız olarak ve ondan önce) araştırıyoruz. Tümel-koşullu olan bu önerme ideal gazlara ilişkindir. Her *gerçek* gaz kitlesi ise tam-somut olan bir nesnedir. Ancak bazı türden gaz kitleleri bazı nesne-durumlarında *yaklaşık* olarak ideal gaz kitlesi sayılabilir. İşte Boyle-Mariotte yasasını dile getiren önermenin doğru olması (i) yaklaşık olarak ideal gaz sayılabilen gerçek gaz kitlelerinin varolması, (ii) varolan bu gerçek gaz kitlelerinin p basıncının yaklaşık olarak sabit olan sıcaklıkta V hacmiyle yaklaşık olarak ters orantılı olması demektir.

Sıra Sizde 2

Tüm gazların içsel enerjilerine ilişkin genel yasa

(i) $PV = (\gamma - 1)E$

biçimindedir. (Bkz. Feynman *et al.,* 1989, Cilt I, s. 39.5, formül (39.11). Feynman *et al.* *"E"* yerine *"U"* kullanılıyor.) Bu arada γ, ilgili gaza özgü bir sabittir. Ünite 6'da (i) denklemini gene ele alıp, γ sabitinin tanımını vereceğiz. Burada ise $PV = \frac{2}{3}E$ yasasının, (i) genel yasasından nasıl türetilebildiğini gösteriyoruz. Önce, $(\gamma - 1) = \frac{2}{3}$ denklemini çözelim. Böylece $\gamma = \frac{5}{3}$ eşitliğini elde ederiz. Bu eşitliğe dayanarak (i) denkleminden

(4*) $PV = \left(\frac{5}{3} - 1\right)E$

denklemi, yani yukarıdaki

(4) $PV = \frac{2}{3}E$

denklemi elde edilir. Dolayısıyla (4) denklemi, (i) denkleminin gösterdiği genel yasanın özel durumudur.

Sıra Sizde 3

P (basınç), V (hacim) ve T (mutlak sıcaklık) daha önce belirtildiği gibi nesne-durumu değişkenleridir. a herhangi bir ideal gaz kitlesi ve t bir zaman anı olduğunda, a'nın t anındaki basıncı, hacmi ve mutlak sıcaklık derecesi sırasıyla $P(a, t) = P^*$, $V(a, t) = V^*$, $T(a, t) = T^*$ olur ve (P^*, V^*, T^*) sıralı üçlüsü, a ideal gaz kitlesinin t anındaki nesne-durumunu gösterir. Buna karşılık $P°$, $V°$, $T°$ negatif olmayan herhangi üç reel sayı olduğunda, $(P°, V°, T°)$ sıralı üçlüsü, bir olanaklı nesne-durumu sayılır. Her gerçek nesne-durumu aynı zamanda bir olanaklı nesne-durumu olduğundan, (P*, V*, T*) sıralı üçlüsü de aynı zamanda bir olanaklı nesne-durumudur. *Olanaklı nesne-durumları* kümesi, üç-boyutlu bir uzayı oluşturur. Bu uzayın koordinatları, x, y, z yerine sırasıyla P, V, T değişkenleridir. *Olanaklı nesne-durumları uzayı*nı U olarak gösterelim. U uzayının her noktası $(P°, V°, T°)$ biçimindedir. a gibi herhangi bir ideal gaz kitlesi U uzayında bir eğri ile şöyle temsil edilebilir. a ideal gaz kitlesi her t anında D_{a}, t olarak gösterdiğimiz belli bir nesne-durumudur. D_{a}, t ise U uzayının bir noktasıdır. Aynı a ideal gaz kitlesinin (zamana bağlı olarak farklı olabilen) tüm nesne-durumları, U uzayının içinde bir *eğri*yi oluşturur. $\bar{a}$ olarak gösterdiğimiz bu eğriye a'nın geometrik temsilcisi diyoruz. $\bar{a}$ eğrisinin her noktası $(P°, V°, T°)$ biçiminde olup θ teorisinin tek postulatı olan ideal gaz yasasını yerine getirir. Her ayrı gaz kitlesine karşılık onu U uzayında temsil eden ayrı bir eğri vardır. İşte U nesne-durumları uzayına ait olan ve her noktası sözü geçen postulatı yerine getiren bu eğrilerin kümesi θ teorisinin *geometrik model*ini oluşturur. θ teorisi *doğru*dur ancak ve ancak: θ'ın uygulaması olan a nesne dizgesinin geometrik temsilcisi, θ'nın geometrik modeline ait bir eğri ise.

Yararlanılan ve Başvurulabilecek Kaynaklar

Carnap, R. (1966). **Philosophical Foundations of Physics.** New York and London: Basic Books, Inc.

Carnap, R. (1963). "My Conception of Semantics", P. A Schilpp (ed.) içinde, s. 900 - 905.

Carnap, R. (1963). "Carl G. Hempel on Scientific Theories", P. A Schilpp (ed.) içinde, s. 958 - 966.

Feynman, R. P. *et al.* (1989). **The Feynman Lectures on Physics.** Reading, Mass.: Addison-Wesley Pub. Co.

Hempel, C. G. and P. Oppenheim (1988). "Studies in the Logic of Explanation", J. C. Pitt (ed.), **Theories of Explanation** (New York: Oxford University Press, 1988) içinde, s. 9 - 46.

Khinchin, A. I. (1949). **Mathematical Foundations of Statistical Mechanics,** trans by G. Gamow. New York: Dover Publications.

Salmon, M. H. et al. (1999). **Introduction to the Philosophy of Science.** Indianapolis/Cambridge: Hackett Publishing Company.

Salmon, W. S. (1999). "Scientific Explanation", M. H. Salmon, *et al.* içinde, s. 7 - 41.

Schilpp, P. A. (ed.) (1963). **The Philosophy of Rudolf Carnap.** London: Cambridge University Press.

Van Fraassen, B. C. (1988). **Laws and Symmetry.** Oxford and New York: Oxford University Press.

Yıldırım, C. (1971). **Science: Its Meaning and Method.** Ankara: METU Faculty of Arts and Sciences Publications No: 21, Başnur Matbaası.

Yıldırım, C. (2010). **Bilim Felsefesi** (13. Basım). İstanbul: Remzi Kitabevi

5

Amaçlarımız

Bu üniteyi tamamladıktan sonra;

- Salt tümevarımcı görüşü ifade edebilecek,
- Hipotez-pekiştirmesi görüşlerini ifade edebilecek ve tartışabilecek,
- Salt tümdengelimsel-hipotez-yanlışlamacı görüşü ifade edebilecek ve tartışabilecek,
- Hipotez buluşu görüşünü ifade edebileceksiniz.

Anahtar Kavramlar

- Tümevarımsal genelleme önermesi
- Hipotez
- Örnekleme yoluyla pekiştirme
- Nicod yöntemi
- Hempel yöntemi
- Kuzgun paradoksu
- Sonsuz öğeli evren sorunu
- Teorik hipotezler sorunu
- Glymour'un kendi-kendini pekiştirme yöntemi
- Hipotezli-tümdengelimsel pekiştirme yöntemi
- Duhem-Quine sorunu
- Duhem-Quine tezi
- Bayesci (olasılıkçı) pekiştirme yöntemi
- Bayes teoremi
- Hipotezin sınama-öncesi olasılık derecesi
- Hipotezin sınama-sonrası olasılık derecesi
- Kanıtın hipoteze göre beklenebilirliği
- Salt tümdengelimci-yanlışlamacı görüş
- Hipotez buluşu görüşü

İçindekiler

Bilimsel Hipotezlerin Pekiştirilmesi

GİRİŞ

Bu Ünitede genelde bilimsel hipotezlerin *pekiştirilmesi*ne ilişkin yöntemleri ortaya koyuyor, olumlu yönlerinden ve karşılaştıkları güçlüklerden söz ediyoruz. "Genelde" sözcüğünü kullanmamızın nedenlerinden biri, birinci bölümün konusunu oluşturan *salt tümevarımcı* görüşün bir hipotez pekiştirmesi yöntemi olmasının yanı sıra bir *hipotez buluşu* görüşü de olmasıdır. İkinci nedenimiz ise, son bölümün konusunun tümüyle *hipotez buluşu*na ilişkin olmasıdır. Ancak, dikkat edilirse, bu iki bölüme ayrılan yer, ünitenin tümüyle karşılaştırıldığında çok azdır. İlk ve son bölümü oluşturan konulara çok az yer ayrılmasının nedenleri birbirinden çok farklıdır. Salt tümevarımcı görüşe çok az yer verilmesinin nedeni, bu görüşün gerek hipotez pekiştirmesi gerekse hipotez buluşu açısından çok sınırlı uygulamaları olmasından ötürü yetersiz kalması ve çok önceleri terk edilmiş olmasıdır. Hipotez buluşu görüşüne çok az yer verilmesinin nedeni ise, hipotez buluşunun bir mantığı olduğu görüşüne çok az bilim felsefecinin katılıyor oluşudur. Buna karşılık, son yıllarda hipotez buluşu görüşü üzerine çalışmalar yoğunluk kazanmıştır. Ancak bu konuda bilim felsefecileri arasında bir ortak görüş oluştuğunu söyleyemeyiz. Öte yandan sondan bir önceki bölüm olan, K. R. Popper'in ortaya koymuş olduğu salt *tümdengelimci-hipotez-yanlışlamacı* görüş, adından da anlaşılacağı gibi, bir hipotezin pekiştirilmesine değil, yanlışlanmasına odaklanmaktadır. Ancak "pekiştirme yöntemi" denildiğinde, aslında "sınama yöntemi" anlaşılmaktadır. Nitekim aşağıda göreceğimiz gibi, her pekiştirme yöntemi, bir hipotezin hem pekiştirme hem de yanlışma ölçütlerini ortaya koymaktadır. Tüm bu nedenlerden ötürü, ünitenin başlığının "Bilimsel Hipotezlerin Pekiştirilmesi" olmasında karar kıldık.

SALT TÜMEVARIMCI GÖRÜŞ

Francis Bacon (1561 - 1626)'dan kaynaklanan bu görüşte tümevarım, doğruya erişmenin tek geçerli yöntemidir. (Bkz. Yıldırım, 1971, s. 81.) Bu görüşte bilimsel yöntem üç aşamadan oluşur:

(i) Gözlem ve/veya deney yoluyla ilgili bilim dalının konusuna giren yalın olguların bilgisi türetilir. Bu bilgiler, yapılan gözlem ve/veya deneylerle doğrulanmış gözlem önermeleri ile ifade edilir. Örnek olarak yeterince ısıtıldığında genleşen a_1, ..., a_n metal parçalarını gösterebiliriz. F, "yeterince ısıtılır", G de, "genleşir" yükleminin kısaltması olduğunda, gözlem ve/veya deneylerle doğrulanmış gözlem önermelerini $Fa_1 \wedge Ga_1$, ... , $Fa_1 \wedge Ga_n$ olarak gösterebiliriz.

(ii) Gözlem ve/veya deneyle doğrulanmış sonlu sayıda gözlem önermesinden tümevarımsal çıkarımla bir tümel-koşullu önerme türetilir. Böyle bir önermeye *tümevarımsal genelleme* önermesi de denir. Örneğin yukarıdaki doğrulanmış gözlem önermelerinden $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ tümevarımsal genelleme önermesi türetilir. *Tüm Gen* olarak kısaltarak adlandıracağımız bu çıkarımı aşağıdaki gibi gösterebiliriz:

(Tüm Gen)

$$
\begin{array}{l}
Fa_1 \wedge Ga_1 \\
\bullet \\
\bullet \\
\bullet \\
Fa_n \wedge Ga_n \\
============= \\
\forall x(Fx \rightarrow Gx)
\end{array}
$$

(Ünite 1'den "===========" simgesini tümevarımsal çıkarımlar için kullandığımızı anımsayalım.) Buna göre yukarıdaki çıkarım, $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ önermesi, doğrulanmış $Fa_1 \wedge Ga_1, \ldots, Fa_n \wedge Ga_n$ gözlem-önermelerinin tümevarımsal sonucudur diye okunur.

Salt tümevarımcı görüşte $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ biçimindeki hipotez, doğrulanmış $Fa_1 \wedge Ga_1, \ldots, Fa_n \wedge Ga_n$ gözlem-önermelerinden tümevarımsal çıkarımla türetilerek bulunur. Öte yandan hipotez buluşundan sonra, $Fa_{n+1} \wedge Ga_{n+1}$ gibi yeni doğrulanmış bir gözlem-önermesi, $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ hipotezinin daha da pekişmesini sağlar.

(iii) Türetilen tümevarımsal genelleme önermesi başka gözlem ve/veya deneylerle daha da pekiştirilebilir. Örneğin bilim insanı daha önce gözlemlenmeyen a_{n+1} gibi bir metal parçasını ısıtır ve ısıtınca genleştiğini gözlemler. Başka bir deyişle, bilim insanı $Fa_{n+1} \wedge Ga_{n+1}$ gözlem-önermesini doğrulamış olur. Bu gözlem sonucunda tümevarımsal genelleme önermesi daha da pekişmiş olur.

Dolayısıyla (ii) ve (iii)'e dayanarak Salt Tümevarımcı Görüş'ün hem bir hipotez buluşu görüşü hem de bir hipotez pekiştirmesi görüşü olduğunu söyleyebiliriz.

Salt tümevarımcı görüşün şu üç eleştirisi yapılabilir: 1. Tümevarımsal genelleme önermesinin yanlışlanabileceği göz ardı edilir. 2. Bilimsel yöntemde tümevarımın yanı sıra tümdengelime de gereksinim olduğu göz ardı edilir. Aslında bir sonraki görüşte göreceğimiz gibi yanlışlama tümdengelimsel bir çıkarımla yapılır. 3. Tümevarımsal genelleme önermesi bilimsel açıklama için kullanılamaz. Isıtılan a_{n+1} metal parçasının neden genleştiği sorusunun yanıtı "Bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşir" önermesinin doğruluğu olamaz. Çünkü sorulan zaten niye bir metalin ısıtıldığında genleşiyor olduğu sorusudur.

HİPOTEZ-PEKİŞTİRMESİ GÖRÜŞLERİ

Bu görüşlerde bilimsel yöntem hem tümdengelimsel hem tümevarımsal çıkarım biçimlerini hem de hipotez kurmayı içerir. Gerek gözlem önermelerinin gerekse gözlem-önermesi-olmayan önermelerin, özellikle düzenlilik ifade eden tümel-koşullu önermelerin, bilim insanlarınca sınama amacıyla geçici olarak kabul edilmesi bütünüyle serbesttir. Daha önce belirtildiği gibi bilim insanları sınamaya-değer buldukları gözlem önermelerini gözlem ve/veya deneyle sınarlar, doğrulananlar kabul edilir, yanlışlananlar ret edilir. Çok nadir olarak gözlem ya da deney hatası nedeniyle daha önce kabul edilmiş bir gözlem önermesi ret edilebilir, daha önce ret edilen bir gözlem önermesi de kabul edilebilir. Öte yandan bilim insanları yaratıcı hayal güçleriyle diledikleri gözlem-önermesi-olmayan bilimsel önermeleri, özellikle düzenlilik ifade edebilen tümel-koşullu önermeleri sınamak amacıyla *hipotez* sıfatıyla geçici olarak kabul etmeye yetkilidir. Sınanan hipotez pekiştirilirse kalıcı olarak kabul edilir; ama çürütülürse ret edilir, yani bilim insanları topluluğunun kabul ettiği bilimsel önermeler dağarcığından çıkarılır. Öte yandan belli bir zamanda pekiştirilmiş bir hipotez sonraki bir zamanda çürütülüp ret edilebilir. Bu nedenle hipotezler bazı görüşlerde pekiştirildikten sonra da “hipotez” olarak nitelenmeye devam edilir.

Ancak genel olarak belli bir zaman ile belli bir yere sınırlı olmayan düzenlilikleri ifade eden pekiştirilmiş hipotezlere **yasa** denilir. Birbirinden çok farklı olan hipotez pekiştirme yöntemleri vardır. Bunların en önemlilerini aşağıda inceliyoruz.

Belli bir zaman ile belli bir yere sınırlı olmayan düzenlilikleri ifade eden pekiştirilmiş hipotezlere **yasa** denilir.

Örnekleme Yoluyla Pekiştirme Yöntemleri

Nicod Yöntemi

Sınama amacıyla ortaya konulan hipotez

(1) $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$

biçiminde bir tümel-koşullu önerme, *F* ile *G* ise gözlem önermelerinin yüklemi olabilen yüklemler olsun. (1) önermesini daha açık olan

(1) $\forall x \forall u \forall t$(*x, u* ve *t*'de *F* ise, *x, u* ve *t*'de *G*'dir)

önermesinin kısaltması olarak kabul ediyoruz. Gözlem önermesi olan $Fa \wedge Ga$ tümel-evetleme önermesinin (1)'in bir **olumlu örneklemesi** olduğu, $Fa \wedge \sim Ga$ tümel-evetleme önermesinin de (1)'in bir **olumsuz örneklemesi** olduğu söylenir. (Buna göre $Fa \wedge Ga$, (*a, u* ve *t*'de *F*'dir) ve (*a, u* ve *t*'de *G*'dir)'in, $Fa \wedge \sim Ga$ da (*a, u* ve *t*'de *F*'dir) ve (*a, u* ve *t*'de *G* değildir)'in kısaltmasıdır.) Söz konusu (1) hipotezinin ilgili bilim insanları topluluğunca t zamanında pekiştirilmiş olması, bu topluluğun üyesi olan bilim insanlarının t zamanına dek yaptıkları gözlem ve/veya deneyler sonucunda (i) yeterince büyük sayıda olumlu örnekleri gözlemlemiş olmaları ve (ii) hiçbir olumsuz örneklemeyi gözlemlememiş olmaları demektir. Örneğin salt tümevarımsal görüşte türetilebilen (1) biçiminde bir tümevarımsal genelleme olan

$Fa \wedge Ga$ gözlem önermesinin, $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ hipotezinin **bir olumlu örneklemesi**, $Fa \wedge \sim Ga$ gözlem önermesinin de bu hipotezin bir **olumsuz örneklemesi** olduğu söylenir.

(2) Bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşir

önermesini bir hipotez olarak ele alalım. Tümevarımsal çıkarımın öncülleri (2) hipotezinin olumlu örneklemelerini oluştururlar. Olumsuz örnekleme gözlemlenmemiş olduğu varsayılırsa, bu olumlu örneklemeler (2) hipotezini pekiştirir.

Dikkat edilirse belli bir zaman anında pekiştirilmiş hipotez daha sonra bir olumsuz örneklemenin gözlemlenmesi sonucu olarak çürütülebilir. $Fa \wedge \sim Ga$ biçimindeki olumsuz örneklemenin (1)'i, yani $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ hipotezini, çürütmesi tümdengelimsel mantığa dayanır. Nitekim (1) önermesinden tümel-özelleme kuralı denilen tümdengelimsel çıkarım kuralı gereği Fa (Ga gözlem önermesi türetilebilir. $Fa \rightarrow Ga$, $\sim(Fa \wedge \sim Ga)$ ile eşdeğerdir. Demek ki olumsuz örnekleme olan $Fa \wedge \sim Ga$ önermesi, $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$'in sonucu olan $Fa \rightarrow Ga$ önermesiyle çelişiktir. Dolayısıyla olumsuz örnekleme ile hipotez tutarsızdır, yani iki önerme birlikte doğru olamaz. O halde $Fa \wedge \sim Ga$ olumsuz örneklemesi doğrulanırsa, $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ hipotezi yanlış olur. Yanlış olduğu, $Fa \wedge \sim Ga$ gözlem önermesinin doğrulanmış olmasının zorunlu sonucudur. Buna göre $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ önermesinin yalnız yanlış olduğunu değil, üstelik yanlışlanmış olduğunu söyleyebiliriz.

Hempel Yöntemi

Nicod yönteminin uygulanabildiği hipotezlerden farklı biçimde olan hipotezler de vardır. Örneğin

(3) Her yıldızın en az bir gezegeni vardır

hipotezi (1) biçiminde değildir. "*x* bir yıldızdır" ifadesini Fx ile, "*y, x*'in gezegenidir" ifadesini de Gyx ile gösterelim. Buna göre (3) hipotezinin biçimi aşağıdaki gibidir:

(4) $\forall x(Fx \rightarrow \exists yGyx)$

(4) biçimindeki hipotezler-bunlara "tümel-tikel niceleyicili hipotezler" diyelim-Nicod yöntemi ile sınanamazlar. İşte Hempel, Nicod yöntemini her türlü hipoteze uygulanabilecek bir şekilde genelleştirmiştir. Bu genelleştirilmiş yönteme de *Hempel yöntemi* denir. Bu yöntem niceleme mantığı diline ait bir önermenin belli bir evrende *açılımı* kavramına dayanır. $a_1, \dots, a_n$ gözlemlenebilen n tane nesne-dizgesi olduğunda, A gibi bir önermenin $U = \{a_1, \dots, a_n\}$ sonlu evreninde açılımı aşağıdaki iki kuralı A önermesinin bileşenlerine uygulamakla elde edilen önerme demektir.

(i) $\forall xBx$ biçimindeki her bileşenin yerine $Ba_1 \wedge \dots \wedge Ba_n$ konulur.
(ii) $\exists xBx$ biçimindeki her bileşenin yerine $Ba_1 \vee \dots \vee Ba_n$ konulur.

Buna göre sınanan hipotezin yeterli sayıda ögesi olan U gibi bir sonlu evrendeki açılımı, doğrulanmış gözlem önermelerinden tümdengelimli geçerli bir çıkarımla türetilebilirse hipotez Hempel yöntemince *pekiştirilmiş* sayılır. Öte yandan doğrulanmış bir gözlem önermesi hipotezin değillemesini pekiştirirse hipotezin kendisi Hempel yöntemince çürütülmüş olur. Hempel yöntemini örneklendirmek için (4)'ün $U = \{a, b\}$ evrenindeki açılımını ele alalım:

(5) $(Fa \rightarrow Gaa \vee Gba) \wedge (Fb \rightarrow Gab \vee Gbb)$

a, Güneş'i, *b*, Dünya'yı gösteriyor olsun. Buna göre $Fa \wedge Gba$ (yani "Güneş bir yıldızıdır ve Dünya, Güneş'in gezegenidir") gözlem önermesi doğrudur. Öte yandan Gaa ile Fb yanlış olduğundan (5) aşağıdaki önermeyle eşdeğerdir:

(6) $Fa \rightarrow Gba$

Böylece (6) doğru olan $Fa \wedge Gba$ gözlem önermesinden türetilebildiği için, (4) hipotezi Hempel yöntemi gereği pekiştirilmiş sayılır. Öte yandan Hempel yöntemince bir hipotezin çürütülmesi, hipotezin değillemesinin verilen bir evrendeki açılımının doğrulanmış bir gözlem önermesinden türetilmesi ile gerçekleşir. Örnek olarak gene (4) biçiminde dile getirilen (3) hipotezini ele alalım. *a*, gene Güneş, *b* ise Güneş'ten farklı bir yıldızın gezegeni olsun. Buna göre $Fa \wedge \sim Gba$ doğru bir gözlem önermesidir. (4) önermesinin değillemesi

(7) $\exists x(Fx \wedge \forall y \sim Gyx)$

olup, $U = \{a, b\}$ evrenindeki açılımı aşağıdaki gibidir:

(8) $(Fa \wedge \sim Gaa \wedge \sim Gba) \vee (Fb \wedge \sim Gab \sim\wedge \sim Gbb)$

Fb yanlış, $\sim Gaa$ doğru olduğundan, (8),

(9) $Fa \wedge \sim Gba$

önermesine eşdeğer olup (kendisiyle eşdeğer olan) $Fa \wedge \sim Gba$ doğru gözlem önermesinden tümdengelimsel olarak türetilir. Böylece $\forall x(Fx \rightarrow \exists yGyx)$ hipotezinin Hempel yöntemince çürütüldüğü söylenir.

Nicod yönteminin, Hempel yönteminin özel bir durumu olduğu şöyle anlaşılır. $Fa \wedge Ga$ önermesi, $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ hipotezinin bir olumlu örneği olsun. $Fa \wedge Ga$ önermesinden, hipotezin $U = \{a\}$ evrenindeki açılımı olan $Fa \rightarrow Ga$ önermesi tümdengelimsel olarak türetilebilir. Dolayısıyla hipotez Hempel yöntemiyle pekiştirilmiş olur.

Nicod ile Hempel Yönteminin Karşılaştığı Güçlükler

Kuzgun Paradoksu: Herhangi bir pekiştirme kuramı, *eşdeğerlik koşulu* olarak adlandırılan aşağıdaki sezgisel olarak kabul edilmesi gereken koşulu yerine getirmelidir: E bir gözlem önermesi, H ile H' iki hipotez olduğunda,

(EK) E, H hipotezini pekiştirirse ve $H \equiv H'$ ise, E, H' hipotezini de pekiştirir.

(Burada "≡", "eşdeğer" anlamına gelir. $A \equiv B$ ancak ve ancak $A \leftrightarrow B$ bir teorem ise.) H, "Bütün siyah-olmayan şeyler, kuzgun-olmayan şeylerdir" hipotezi olsun. Fx, "x bir kuzgundur" ifadesinin, Gx, "x siyahtır" ifadesinin kısaltması olduğunda H, $\forall x(\sim Gx \rightarrow \sim Fx)$ biçimindedir. a, gözlemlediğimiz bir beyaz ayakkabı olsun. Buna göre $\sim Ga \wedge \sim Fa$ doğru olup $\forall x(\sim Gx \rightarrow \sim Fx)$ hipotezinin olumlu örneklemesi olduğundan, bu hipotezi pekiştirir. Hempel yöntemine göre söylersek, bu hipotezsin $U = \{a\}$ evrenindeki açılımı olan, $\sim Ga \rightarrow \sim Fa$ önermesi, $\sim Ga \wedge \sim Fa$ gözlem önermesinden tümdengelimsel olarak türetilebildiğinden, sözü geçen gözlem önermesi hipotezi pekiştirmiş olur. Öte yandan H' olarak gösterdiğimiz, "Bütün kuzgunlar siyahtır", $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$, hipotezinin, H ile eşdeğer olduğundan, (EK) gereği gene $\sim Ga \wedge \sim Fa$ gözlem önermesince (beyaz bir ayakkabının gözlemlenmesiyle) pekiştirildiğini söylememiz gerekir. (Dikkat edilirse $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$, hipotezinin $U = \{a\}$ evrenindeki açılımı olan $Fa \rightarrow Ga$ önermesi de $\sim Ga \wedge \sim Fa$ önermesinden tümdengelimsel olarak türetilebilir.) Ancak bu kabul edilemez; nitekim beyaz bir ayakkabının gözlemlenmesinin, "Bütün kuzgunlar siyahtır" hipotezini pekiştirdiğini söylemek sağduyuya aykırı bir tutumdur. (Bkz. Earman, J. and W. C. Salmon, 1999, s. 50 ve s. 54.)

Sonsuz Öğeli Evren Sorunu: Öğle bazı önermeler vardır ki, ancak sonsuz öğeli bir evrende doğru olup, sonlu bir evrende tutarsızdır; yani tüm yorumlamalarda yanlıştır. Örneğin "Her doğal sayıdan büyük bir doğal sayı vardır" önermesi, sayallığı (*cardinality*) sonsuz olan tüm doğal sayılardan oluşan evrende doğru olmasına karşın, bu evrenin sayallığı sonlu olan herhangi bir altkümesinden oluşan evrende tutarsızdır. Dolayısıyla bu önerme (hipotez) Hempel yöntemince pekiştirilemez. Bunu aşağıda iki öğeli bir evren için gösteriyoruz. x ile y değişkenlerinin değer alanı doğal sayılar olmak üzere, Fxy, "y, x'ten büyüktür" ifadesinin kısaltması olsun. Buna göre "Her doğal sayıdan büyük bir doğal sayı vardır" önermesi

(10) $\forall x \exists y\, Fxy \wedge \forall x \sim Fxx \wedge \forall x \forall y \forall z\, (Fxy \wedge Fyz \rightarrow Fxz)$

biçiminde olup, yukarıda verilen yorumlamada (U = doğal sayılar kümesi; Fxy: $y > x$) doğrudur. (Bkz. Earman, J. and W. C. Salmon, 1999, s. 52.) Şimdi (10)'nun açılımının iki öğeli bir evrende tutarsız olduğunu görelim. a, 0 sayısını, b, 1 sayısını gösterdiğinde (10)'nun $U = \{a, b\}$ evrenindeki açılımı-tümel-evetlemenin üçüncü öğesinin açılımında yapılan çeşitli işlemler sonucunda-aşağıdaki gibidir:

(11) $(Faa \vee Fab) \wedge (Fba \vee Fbb) \wedge \sim Faa \wedge \sim Fbb \wedge (Fab \wedge Fba \rightarrow Faa) \wedge (Fba \wedge Fab \rightarrow Fbb)$

(11) önermesi,

(12) $(Fab \wedge Fba \wedge \sim Faa \wedge \sim Fbb) \wedge (Fab \wedge Fba \rightarrow Faa) \wedge (Fba \wedge Fab \rightarrow Fbb)$

önermesine eşdeğer olup, bu önermeden $Faa \rightarrow \sim Faa$ çelişkisi türetilir. Buna göre (11) tutarsızdır. Dolaysıyla bu açılım (ve (10)'un herhangi bir sonlu evrendeki açılımı) hiçbir doğru gözlem önermesinden tümdengelimsel olarak türetilemeyeceğinden, (10) önermesi (hipotezi) Hempel yöntemince pekiştirilemez.

Böylelikle Hempel yöntemince Kuzgun Paradoksu'ndan ötürü pekişmemesi gereken bazı hipotezlerin pekiştirildiğini, sonsuz öğeli evren sorunundan ötürü de pekişmesi gereken bazı hipotezlerin pekiştirilmediğini görüyoruz. Başka bir deyimle Hempel yönteminin uygulama alanının birinci sorundan ötürü fazla geniş, ikinci sorundan ötürü de fazla dar olduğu söylenebilir. (Bkz. Earman, J. and W. C. Salmon, 1999, s. 52.)

Teorik Hipotezler Sorunu: Ünite 4'te gözlem terimi/teorik terim ayrımından söz etmiştik. Eğer bir hipotezde geçen mantıksal-olmayan terimlerin hepsi teorik ise, o hipotez teorik hipotezdir. Teorik hipotezler-hipotezin mantıksal biçiminden kaynaklanan bazı özel ve ilginç olmayan durumlar dışında-Hempel yöntemince pekiştirilemez. (Bkz. Earman, J. and W. C. Salmon, 1999, s. 52.) Nitekim hipotezin verilen bir evrendeki açılımının türetileceği gözlem önermesinde yalnız gözlem terimleri geçer. Bu nedenle teorik hipotezin sözü geçen evrendeki açılımından söz edilemeyeceğinden, gözlem önermesi ile hipotezin açılımı arasındaki tümdengelimsel çıkarımdan da söz edilemez.

Glymour'un Kendi-kendini Pekiştirme (Bootstrap Confirmation) Yöntemi

Glymour'un ortaya koyduğu **kendi-kendini pekiştirme yönteminde**, deneysel hipotezlerin yanı sıra, Hempel yönteminden farklı olarak, teorik hipotezlerin de örnekleme yoluyla pekiştirilebileceği, böylelikle, hipotezli-tümdengelimsel pekiştirme yönteminin tersine, bu hipotezlerin bütüncül olarak değil, tek tek sınanabileceği ileri sürülmektedir.

Örnekleme Yoluyla Pekiştirme Yöntemi'nin en gelişmiş biçimi, Glymour'un **Kendi-kendini Pekiştirme (Bootstrap Confirmation) yöntemi**dir. Glymour, ortaya koyduğu bu yöntemle hem (Hempel yönteminde olanaklı olmayan) teorik hipotezlerin de örnekleme yoluyla sınanabileceğini hem de-daha sonra göreceğimiz Hipotezli-Tümdengelimsel Pekiştirme Yöntemi'nde ortaya çıkan Duhem-Quine sorununa bir çözüm olarak-bu hipotezlerin bütüncül olarak değil, tek tek sınanabileceğini ileri sürmektedir.

Glymour'un pekiştirme kuramı şöyle özetlenebilir: E kanıt önermelerinin kümesi, H pekiştirilmeye çalışılan hipotez, T ise, H hipotezini de içeren, birtakım hipotezlerin mantıksal sonuçlarının kümesinden oluşan teori olsun. Buna göre H ile diğer hipotezler T teorisinin aksiyomları olur. Genel olarak *teori*, bir aksiyomlar kümesinden türetilen önermelerden oluşur. Bu kümeye aksiyomların *mantıksal kapanışı* da denir. Bu durumda E kanıt kümesinin H hipotezini T teorisine dayanarak pekiştirmesi, kısaca *Pkş(E, H, T)* bağıntısının yerine gelmesi-başka bir deyişle biçimsel olarak *geçerli* olması-aşağıdaki koşullarla belirlenir (bkz. Earman and Glymour, 1988; ayrıca krş. Glymour, 1975 ve Glymour, 1980, s. 130 - 31.):

(I) $E \cup \{H\} \cup T$ kümesi tutarlıdır.

(II) $T \cup H$ kümesinden türetilebilen *Yrd* gibi öyle bir *yardımcı hipotezler* kümesi vardır ki:

(II.1) E $\cup$ *Yrd* kümesinden D gibi bir değerler kümesi türetilebilir şöyle ki bu küme H hipotezinde özsel geçen terimlerin değerlerinden oluşur; bu değerler ise

H için olumlu bir örnekleme oluşturur, yani *H* hipotezinin açılımı bu değerlerden tümdengelimsel olarak türetilir.

(II.2) *E*'ye ilişkin dilde E^* gibi olanaklı bir karşı-kanıtlar kümesi vardır ki, $E^* \cup Yrd$ kümesinden D^* gibi bir değerler kümesi türetilebilir öyle ki:

(II.2.1) $E^* \cup Yrd$ kümesi tutarlıdır.

(II.2.2) D^*, *H* için olumsuz bir örnekleme, yani ~H için olumlu bir örneklemedir.

(Dikkat edilirse, *H* hipotezinin sınanmasını sağlayacak gerek *D* gerekse D^* değerler kümesini türetmek için *H* hipotezinin kendisi kullanılabilir. Tam da bu nedenle bu yönteme kendi-*kendini pekiştirme (bootstrap confirmation)* yöntemi denmiştir.) Bu koşullara göre Glymour'un pekiştirme yöntemini örneklendirelim:

E: $\{Za,\ Ya\}$
H: $\forall x\ (Zx \rightarrow Sx)$
H_2 : $\forall x\ [Zx \rightarrow (Sx \leftrightarrow Yx)]$

olarak verilmiş olsun. (Yukarıda H_1 yerine H_2 kullanmamızın nedeni, aşağıdaki karşı-örnekte birinci aksiyomlaştırmada H_1'in geçiyor olmasıdır; ikinci aksiyomlaştırma ise yukarıdaki örneğin kendisidir.) Dikkat edilirse *E*'de geçen *Z* ile *Y* birer gözlemsel terim, *S* terimi ise, *E*'de geçmediğinden, bir teorik terim olup, *H* de, bu nedenle, teorik bir hipotezdir. Dolayısıyla pekiştirme, bir teorik hipotezin pekiştirilmesidir. *T* teorisi de *H* ile H_2 aksiyomlarından oluşur.

Pkş(*E, H, T*) biçimsel bağıntısının bir yorumu verildiğinde, aşağıdaki beklentilerin yerine gelmesi doğal olacaktır: (i) Pekiştirme bağıntısının *biçimsel* olarak geçerli olması durumunda verilen yorumda *sezgisel* olarak da geçerli olması, yani *E* kanıtlar kümesinin *T* teorisine dayanarak *H* hipotezini sezgisel olarak pekiştirmesi beklenir. (ii) Pekiştirme bağıntısının biçimsel koşullarını yerine getiren *T* teorisinin iki farklı aksiyomlaştırılması verildiğinde, verilen yorumda pekiştirme bağıntısı bunların birinde sezgisel olarak geçerli ise öbüründe de sezgisel olarak geçerli olmalıdır. $T = \{H,\ H_2\}$ aksiyomlaştırmasında (i) koşulunun yerine geldiğini aşağıda göreceğiz. Dolayısıyla yukarıdaki örnek Glymour'un pekiştirme yönteminin nasıl yürüdüğünü gösterir. Ancak (i) ve (ii) koşulunun her zaman yürümediği Christensen'in karşı-örnekleri ile gösterilmiştir. Bu ise Glymour yöntemine yapılan en önemli eleştirilerden birini oluşturur.

Christensen'in Karşı-Örnekleri

Christensen'in karşı-örnekleri her iki beklentinin, yani (i) ile (ii)'nin, her zaman yerine gelmediğini ortaya koymaktadır. Christensen'in karşı-örneklerinden birini aşağıda açıklıyoruz. Bu karşı-örnekte aynı *T* teorisinin iki farklı aksiyomlaştırılması verilmektedir. Birincisinde *H* ile H_1, ikincisinde ise *H* ile H_2 aksiyomlarından oluşuyor. $\{H,\ H_1\}$ ile $\{H,\ H_2\}$ kümelerinin kapanışları birbirlerine eşittir. Bu kapanış ise *T* teorisini oluşturur. Buna göre karşı-örnek şöyle dile getirilir:

Birinci aksiyomlaştırma	İkinci aksiyomlaştırma (yukarıdaki örnek)
E: $\{Za,\ Ya\}$	E: $\{Za,\ Ya\}$
H: $\forall x\ (Zx \rightarrow Sx)$	H: $\forall x\ (Zx \rightarrow Sx)$
H_1: $\forall x\ (Zx \rightarrow Yx)$	H_2 : $\forall x\ [Zx \rightarrow (Sx \leftrightarrow Yx)]$

Her iki aksiyomlaştırmada üçlü *Pkş(E, H, T)* bağıntısının sağlaması gereken koşullar yerine gelir. (Bkz. Christensen, 1983, s. 478 - 79.) Birinci aksiyomlaştırmada öncelikle $E \cup \{H\} \cup T$ kümesi tutarlıdır. Dolayısıyla (I) koşulu yerine gelmiş olur. Şimdi de aynı aksiyomlaştırmada (II) koşulunun yerine geldiğini görelim: H ve H_1'den

Yrd: $\{\forall x\,[Zx \rightarrow (Sx \leftrightarrow Yx)]\}$

türetilir. $E \cup Yrd$ kümesinden Sa önermesi türetilir $\{Za, Sa\}$'ya eşit olan D değerler kümesi elde edilir. *a, E* kanıt kümesinde geçen tek tekil terim olduğundan, H hipotezinin {a} kümesine göre açılımı yapılmalıdır ki, bu açılım H hipotezindeki tümel niceleyicinin kaldırılması ile elde edilen $Zx \rightarrow Sx$ açık önermesindeki x değişkeni yerine a tekil teriminin konulması ile elde edilen $Za \rightarrow Sa$ önermesidir. Bu açılım da D kümesinden türetildiğinden, *D, H* için olumlu bir örneklemedir. Böylece (II.1) koşulunun yerine geldiğini görüyoruz. Öbür yandan E *, {Za, (Ya} kümesi olarak seçilsin. O zaman $E^* \cup Yrd$ kümesi tutarlı olduğundan (II.2.1) koşulu yerine gelmiş olur. E^* ve *Yrd*'den $\sim Sa$ türetilir, dolayısıyla $D^* = \{Za, Sa\}$ olur. D* ise H için olumsuz bir örnekleme, yani $\sim H$ için olumlu bir örnekleme oluşturur. Böylece (II.2.2) koşulunun da yerine gelmiş olduğunu görüyoruz. İkinci aksiyomlaştırmaya gelecek olursak, birincisinden tek farkı *Yrd*'nin $\{H_2\}$ olmasıdır. Böylece tüm işlemler birinci aksiyomlaştırmada yapılanların tam aynısı olduğundan, (I) ve (II) koşulları ikinci aksiyomlaştırmada da yerine gelmiş olur.

Christensen örneğindeki *Zx, Yx* ve *Sx* açık önermelerini sırasıyla "*x* kuzgundur", "x'in belli bir türden tüyü vardır" ve "*x* siyahtır" olarak yorumluyor. Öte yandan *a, H* hipotezindeki bağlı x değişkeninin gözlemlenmiş belli bir değeri olan nesne olsun. Buna göre söz konusu *E, H* (pekiştirilmek istenen hipotez), H_1 ve H_2 şöyle yorumlanır:

E: (Gözlemlenmiş nesne bir kuzgundur, Gözlemlenmiş nesnenin belli türden tüyü vardır(H: Bütün kuzgunlar siyahtır.

H_1: Bütün kuzgunların belli türden tüyü vardır.

H_2: Eğer bir nesne kuzgun ise, bu nesnenin siyah olması ile belli türden tüyü olması eşdeğerdir.

Bu durumda yorumlanmış H hipotezinin birinci aksiyomlaştırmada sezgisel olarak pekiştirilmediğini, ancak ikinci aksiyomlaştırmada sezgisel olarak pekiştirildiğini görüyoruz. Nitekim birinci aksiyomlaştırmada kanıt olarak belli türden tüyü olan bir kuzgunun gözlemlenmesine ve H_1 aksiyomuna, yani tüm kuzgunların belli türden tüyü olmasına, bakarak aynı kuzgunun bir de siyah olduğu sonucuna sezgisel olarak varamayız. Dolayısıyla H hipotezinin sezgisel olarak pekiştirildiğini söyleyemeyiz. Öte yandan ikinci aksiyomlaştırmada aynı kanıta ve H_2 aksiyomunun yorumuna bakarak salt mantık yoluyla bu gözlemlenmiş kuzgunun bir de siyah olduğu sonucunu çıkartıyoruz. Gözlemlenmiş kuzgunun siyah olması ise H hipotezinin bir olumlu örneklemesidir. O zaman da hipotez bu kez sezgisel olarak pekiştirilmiş oluyor. (Bu alt bölümün anlatımı için bkz. Grünberg, 2011.)

Hipotezli-Tümdengelimsel Pekiştirme Yöntemi

Hipotezli-Tümdengelimsel Pekiştirme Yöntemi'nde, pekiştirilecek hipotez ile önceden doğrulanmış gözlem önermelerinden yeni gözlem önermeleri türetilir. Türetilmiş gözlem önermeleri de (sınamaya-değer bulunup) gözlem ve/veya deneyle sınanırlar. Eğer bu türetilmiş gözlem önermeleri doğrulanırsa hipotez pekiştirilmiş olur. Ama eğer bazı türetilmiş gözlem önermeleri yanlışlanırsa hipotez çürütülmüş (üstelik yanlışlanmış) olur. Bu yöntemi aşağıdaki çıkarımla örneklendirelim:

(13) Bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşir.
a nesne dizgesi yeterince ısıtılan bir metaldir.

---

a nesne dizgesi genleşir.

(Ünite 1'den "————" simgesini tümdengelimsel çıkarımlar için kullandığımızı anımsayalım.) Buna göre, tümdengelimsel çıkarımın öncüllerini dikey değil de, yatay bir biçimde yazarsak, $\frac{A_1,\ldots,A_n}{B}$, "*B* önermesi, A_1, ..., A_n önermelerinin tümdengelimsel sonucudur" diye okunur. (13) çıkarımında, birinci önerme hipotez, ikinci önerme doğrulanmış bir gözlem önermesi, üçüncü önerme ise birinci ve ikinci önermenin tümdengelimsel sonucu olan bir öndeyidir. Eğer üçüncü önerme gözlem ve/veya deneyle doğrulanırsa, hipotezin, Hipotezli-Tümdengelimsel Pekiştirme Yöntemi gereğince pekiştiğini, yanlışlanırsa, hipotezin çürütüldüğünü söyleriz. Bunu daha biçimsel olarak aşağıda anlatıyoruz. *Fx*, "*x* yeterince ısıtılan bir metaldir" ifadesinin kısaltması, *Gx*, "*x* genleşir" ifadesinin kısaltması olduğunda, (13) çıkarımını aşağıdaki biçimde de ifade edebiliriz:

(14) $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$
Fa

Ga

Dikkat edilirse birli-yüklemler mantığının çıkarım kuralları gereği, *Ga*, $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ ile *Fa*'dan geçerli bir tümdengelimsel çıkarımla türetilir. Hipotez ve doğrulanmış gözlem önermelerinden türetilen ve sonradan doğru olduğu gösterilen öndeyilerin sayısı arttıkça, hipotezin pekiştirilme derecesinin arttığını söyleyebiliriz. Bu ise tümdengelimsel değil, tümevarımsal bir çıkarıma dayanır. Bunun biçimi ise tıpatıp yukarıda *Tüm Gen* olarak ortaya konulmuş olan biçimdir. Öte yandan diyelim ki Ga, gözlem ve/veya deney sonucu yanlış, yani ~*Ga* doğru bulundu. "A ⊢ B" ifadesini, "*B, A*'nın tümdengelimsel sonucudur" ifadesinin kısaltması olarak kullanırsak aşağıdaki çıkarımı ortaya koyabiliriz:

(15) 1. $\forall x(Fx \rightarrow Gx) \wedge Fa \vdash Ga$	((13)'ten)
2. $\sim Ga \vdash \sim[\forall x(Fx \rightarrow Gx) \wedge Fa]$	(1'den)
3. $\sim Ga \vdash \sim\forall x(Fx \rightarrow Gx) \rightarrow \sim Fa$	(2, De Morgan)
4. $\sim Ga \vdash Fa \rightarrow \sim \forall x(Fx \rightarrow Gx)$	(3, önermeler mantığı)
5. $\vdash \sim Ga \rightarrow [Fa \rightarrow \sim\forall x(Fx \rightarrow Gx)]$	(4, tümdengelim (*deduction*) teoremi)
6. $\vdash \sim Ga \wedge Fa \rightarrow \sim \forall x(Fx \rightarrow Gx)$	(5, tümdengelim teoreminin evriği)
7. $\sim Ga \wedge Fa \vdash \sim \forall x(Fx \rightarrow Gx)$	(6, tümdengelim teoremi)
8. $Fa \wedge \sim Ga \vdash \sim \forall x(Fx \rightarrow Gx)$	(7, önermeler mantığı)

Buna göre $Fa \wedge \sim Ga$ gözlem önermesinin tümdengelimsel bir çıkarımla $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ hipotezini çürüttüğünü görüyoruz. Dikkat edilirse $Fa \wedge \sim Ga$ gözlem önermesi Nicod yöntemine göre $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ hipotezinin olumsuz örneklemesidir. Dolayısıyla, yukarıdaki örnekte olduğu gibi, sınanan hipotezde yalnız gözlem terimleri geçiyorsa, Hipotezli-Tümdengelimsel yöntemde bir hipotezin çürütülmesi, Nicod yöntemince bir hipotezin çürütülmesi ile koşut olmuş olur. Ancak ileride göreceğimiz gibi bu koşutluk ancak yukarıda sözü geçen biçimdeki hipotezler için geçerlidir. Hipotezli-Tümdengelimsel yöntemin daha genel biçimlerini aşağıda bu yöntemin karşılaştığı güçlükleri incelerken ortaya koyacağız.

SIRA SİZDE 1

Hipotezli-Tümdengelimsel Pekiştirme Yöntemi'nce önce pekiştirilmiş ancak daha sonra yanlışlanmış bir hipotez örneği vererek, bu yöntem gereği önce nasıl pekiştirilmiş olup daha sonra yanlışlandığını anlatınız.

Hipotezli-Tümdengelimsel Pekiştirme Yönteminin Karşılaştığı Güçlükler

Kuzgun Paradoksu: Bu paradoksun Hipotezli-Tümdengelimsel Pekiştirme yönteminde de çıktığını söyleyebiliriz. Gene a, gözlemlediğimiz bir beyaz ayakkabı, F, "bir kuzgundur" ifadesinin, G, "siyahtır" ifadesinin kısaltması olsun. Buna göre $\sim Ga$ ile $\sim Fa$ önermleri doğru olup aşağıdaki geçerli tümdengelimsel çıkarımı ortaya koyabiliriz:

(16)	1. $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$	
	2. $\forall x(\sim Gx \rightarrow \sim Fx)$	(1, önermeler mantığı)
	3. $\sim Ga$	(a, beyaz olduğundan)
	4. $\sim Ga \rightarrow \sim Fa$	(2, tümel özelleme)
	5. $\sim Fa$	(3, 4, önermeler mantığı)

Öte yandan yukarıda söylendiği gibi, a, gözlemlediğimiz bir beyaz ayakkabı olduğundan, $\sim Fa$ önermesi doğrudur. Buna göre Hipotezli-Tümdengelimsel pekiştirme yöntemi gereği, gözlemlediğimiz bir beyaz ayakkabının "Bütün kuzgunlar siyahtır" hipotezini pekiştirdiğini söylemek durumunda kalırız ki, bu daha önce sözü edilen Kuzgun Paradoksu'dur. (Bkz. Lipton, 2004, s. 15 - 16.)

Alternatif Hipotezler Sorunu: Bu sorunu ortaya koymak için Boyle-Mariotte Yasası'nı ele alalım. Aşağıda Şekil 1'de H grafiği ile gösterdiğimiz Boyle-Mariotte Yasası, daha önce de gördüğümüz gibi, herhangi bir ideal gaz için, mutlak sıcaklık sabit tutulduğunda, gazın basıncı ile hacminin çarpımının sabit olduğunu belirtir. Simgesel olarak bu yasa PV=κ ya da $P_1V_1 = P_2V_2$ (sıcaklık, T, sabit tutulduğunda) biçiminde ifade edilir. Şekil 1'deki (r_1, r_1) ile (r_3, r_4) noktaları, verilen gazın iki ayrı zamanda ölçülmüş basınç ve hacim değerlerinden oluşuyor olup, H bu noktaları keser. H eğrisinin bu iki noktayı kesiyor olması, Hipotezli-Tümdengelimsel pekiştirme yönteminde aşağıdaki çıkarıma ve onu izleyen ölçüme karşılık gelir:

(17)	1. $P_1V_1 = P_2V_2$ (T sabit tutulduğunda)
	2. $P_1 = r_1$; $V_1 = r_2$; $P_2 = r_3$
	3. $V_2 = r_1r_2 / r_3$

(17) çıkarımında 3 önermesi, 1 hipotezi (Boyle-Mariotte Yasası) ile *başlangıç koşulları* da denilen 2 gözlem önermelerinden geçerli bir tümdengelimsel çıkarımla türetilen bir öndeyi önermesidir. Öte yandan $V_2 = r_4$ olarak ölçülmüş olup, r_1r_2 / r_3 değerine çok yakın bir değerdir. Dolaysısıyla 3, sözü geçen yöntem gereği H hipotezini pekiştirmiş olur. Ancak Şekil 1 gereği aşağıdaki alternatif tümdengelimsel çıkarım da geçerlidir:

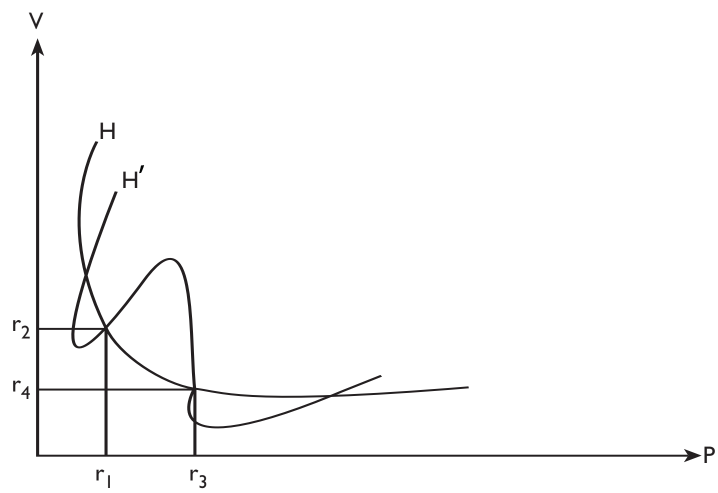
(18) 1 H'
2. $P_1 = r_1$; $V1 = r_2$; $P_2 = r_3$

---

3. $V_2 = r_1 r_2 / r_3$

Öte yandan gene $V_2 = r_4$ olarak ölçülmüş olup, $r_1 r_2 / r_3$ değerine çok yakın bir değerdir. Dolayısıyla (17) çıkarımındaki doğrulanmış 3 numaralı gözlem önermesi (sözü geçen yöntem gereği), *H* hipotezi ile bağdaşmayan *H'* hipotezini de pekiştirir. İlkece bu gözlem önermesi sonsuz sayıda birbiri ile bağdaşmayan alternatif hipotezi pekiştirir. Başka bir deyimle, (r_1, r_2) ile (r_3, r_4) noktalarından sonsuz sayıda eğri geçer. O zaman da bu gözlem önermesinin sonsuz sayıda birbiri ile bağdaşmayan alternatif hipotezi pekiştirmesine karşın niye H hipotezini diğerlerine yeğliyoruz sorunu ile-başka bir deyimle *alternatif hipotezler sorunu* ile-karşı karşıya kalıyoruz. (Bkz. Earman, J. and W. C. Salmon, 1999, s. 48 - 49.)

Şekil 5.1



Duhem-Quine Sorunu: Hipotezli-Tümdengelimsel Pekiştirme Yöntemi'nin genel yapısında aslında çoğu kez hipotez ve çeşitli gözlem önermelerinden oluşan başlangıç koşulları (*initial conditions*) dışında bir de genellikle niceliklerin ölçülmesinde kullanılan ölçüm aygıtlarının işleyişine ilişkin ilkeler ve bu aygıtların güvenirliğine ilişkin önermelerden oluşan yardımcı hipotezler (*auxiliary hypotheses*) bulunur. (Bkz. Earman, J. and W. C. Salmon, 1999, s. 46.) Buna göre Hipotezli-Tümdengelimsel yöntemin genel biçimi aşağıdaki gibidir:

(19) *H* (sınanan hipotez)
I (başlangıç koşulları)
A (yardımcı hipotezler)

E (gözlemsel öndeyi önermesi)

Örneğin, (17) çıkarımı aslında aşağıdaki gibidir:

(20) H: $P_1V_1 = P_2V_2$ (T sabit tutulduğunda)
I: $P_1 = r_1$; $V_1 = r_2$; $P_2 = r_3$
A: Basıncı, hacmi ve sıcaklığı ölçen aygıtların işleyişine ilişkin ilkeler bu aygıtların güvenirliğine ilişkin önermeler

---

E: $V_2 = r_1r_2 / r_3$

(19) tümdengelimsel çıkarım biçiminin, geçerli bir hipotezli-tümdengelimsel pekiştirme biçimi olabilmesi için, *E* öndeyisinin doğru olmasının yanı sıra, $H \wedge I \wedge A$ önermesinin tutarlı olması ve $H \wedge I \wedge A \vdash E$ ile $I \wedge A \nvdash$ E koşullarının yerine gelmesi gerekir. (Genel olarak $\boldsymbol{A} \nvdash \boldsymbol{B}$, "$\boldsymbol{B}$, $\boldsymbol{A}$'nın tümdengelimsel sonucu *değildir*" olarak okunur.) $H \wedge I \wedge A$ tutarlı olması gerekir, çünkü tümdengelimsel mantık kuralları gereği, tutarsız bir önermeden her önerme türetilebilirdi. Öte yandan ($H \wedge I \wedge A \nvdash E$ ile birlikte) I ∧ A $\nvdash$ E koşulunun yerine gelmesi gerekir, çünkü yerine gelmeseydi, *E*, ilgisiz herhangi bir *H* hipotezini pekiştirmiş olurdu. (Bkz. Glymour, 1980, s. 36 ve s. 168.)

Öte yandan Hipotezli-Tümdengelimsel yöntemde bir hipotezin çürütülmesinin (yanlışlanmasının) yukarıdaki (15) tümdengelimsel çıkarımına dayandığını söylemiştik. Bu çıkarımın son adımı olan $Fa \wedge \sim Ga \vdash \sim \forall x(Fx \rightarrow Gx)$, yukarıda da belirttiğimiz gibi, $Fa \wedge \sim Ga$ gözlem önermesinin tümdengelimsel bir çıkarımla $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ hipotezini çürüttüğünü ortaya koyar. Ancak bu gözlem ve/veya deneyle Ga'nın yanlış olmasının saptanmış olmasının yanı sıra, *Fa*'nın da doğru olduğunun saptanmış olduğu varsayımına dayanır. Ancak gelişmiş bilimlerde bir gözlem önermesinin doğrulanması, çeşitli ölçüm aygıtları kullanarak bir niceliğin değerini saptamak demektir. Dolayısıyla (19) çıkarımına geri dönecek olursak, başlangıç koşullarının doğru olması, yardımcı hipotezlerin doğru olmasına dayanacaktır. Buna göre Hipotezli-Tümdengelimsel yöntemde (19)'a dayanarak varacağımız yanlışlama, *E* öndeyisinin gözlem ve/veya deneyle yanlış olduğu saptandığında, aşağıdaki biçimi alır:

(21) $H \wedge I \wedge A \vdash E$
$\sim E$

$\sim (H \wedge I \wedge A)$

Öte yandan $\sim (H \wedge I \wedge A) \equiv \sim H \vee \sim I \vee \sim A$. Dolayısıyla $\sim E$'den tümdengelimsel olarak ancak *H*, *I* veya *A*'dan en az birinin yanlış olduğunu çıkartabiliriz; ancak kesin olarak H'nin yanlış olduğu sonucunu çıkartamayız. İşte *Duhem-Quine tezi* *H* gibi bir hipotezin sınanmasının (bu bağlamda yanlışlanmasının) tek başına değil de bütüncül bir biçimde (bu bağlamda *I* ve *A* ile birlikte) olduğunu ileri süren tezdir. Oysa Hipotezli-Tümdengelimsel yöntemin savlarından biri de *H*'ın tek başına yanlışlanabileceği savıdır. Yukarıda ise bunun olanaklı olmayıp *I* ve *A* ile birlikte yanlışlanabildiğini gördüğümüz için, sözü geçen yöntemin *Duhem-Quine sorunu* ile karşılaştığı söylenir. Burada aslında *A*, yalnız ilgili nicelikleri ölçen aygıtların işleyişine ilişkin ilkeler ve bu aygıtların güvenirliğine ilişkin önermeler olmak zorunda değildir. Sınanacak olan *H* hipotezinin teoriklik derecesi arttıkça, *E*'yi türetmek için çeşitli düzeylerde yardımcı hipotezler gerekir. Bunu aslında yukarıda Glymour'un kendi-kendini pekiştirme yönteminde görmüştük. Bunun için başlangıç koşulları ile bütün yardımcı hipotezlerin tümel-evetlemesi *T arkadüzlem (background)* teorisi olarak gösterilir ve (19) çıkarımı daha genel olarak

(19*) H (sınanan hipotez)
T (arkadüzlem teorisi)

E (gözlemsel öndeyi önermesi)

biçimini alır. Dolayısıyla hipotezli-tümdengelimsel yönteminin koşullarını (i) $H \wedge T$ tutarlıdır, (ii) $H \wedge T \vdash E$ ve (iii) $T \nvdash E$ biçiminde yeniden düzenleyebiliriz.

SIRA SİZDE 2

İlk bakışta geçerli bir hipotezli-tümdengelimsel pekiştirme örneği gibi görülmesine karşın, $T \nvdash E$ koşulu yerine gelmediği için öyle olmayan bir örnek veriniz.

Bayesci (Olasılıkçı) Pekiştirme Yöntemi

Bayesci Pekiştirme Yöntemi'nde hipotezler, *kanıt önermeleri* de diyeceğimiz eldeki doğrulanmış gözlem önermeleri ve *arkadüzlem* bilgisini dile getiren önermelere göre koşullu olasılıklarına dayanılarak sınanırlar. Burada olasılık teorisinin *Bayes Teoremi* olarak tanınan olasılık yasası kullanılır. Bu nedenle bu pekiştirme yöntemine *Bayesci Pekiştirme Yöntemi* denmiştir. Bayesci pekiştirme yöntemi, Bayes teoreminin özellikle aşağıdaki biçimine dayandırılabilir. Sınanan hipotezi H, kullanılan kanıt önermelerinin tümünü E, arkadüzlem bilgisi denilen teorideki temel yasalar ile gerektiğinde kullanılan öbür yasaların tümünü, yani H dışındaki teoriyi, T ile gösterelim. Ünite 3'te genel olarak A gibi bir önermenin B önermesine göre *koşullu olasılık* derecesinin $P(A \mid B)$ ile gösterildiğini görmüştük. Buna göre $P(H \mid T)$'ye H'nin *sınama-öncesi olasılık derecesi*, $P(H \mid E \wedge T)$'ye H'nin *sınama-sonrası olasılık derecesi*, $P(E \mid H \wedge T)$'ye, $H \wedge T$ olduğunda, E'nin *beklenebilirliği (likelihood)* ve $P(E \mid \sim H \wedge T)$'ye $\sim H \wedge T$ olduğunda, E'nin *beklenebilirliği* diyoruz. Bunlara dayanarak Bayes Teoremi'nin bir biçimi aşağıdaki gibi dile getirilebilir:

$$(22) \qquad P(H \mid E \wedge T) = \frac{P(H \mid T) \times P(E \mid H \wedge T)}{P(H \mid T) \times P(E \mid H \wedge T) + P(\sim H \mid T) \times P(E \mid \sim H \wedge T)}$$

Bayesci sınama yönteminde (22)'ye dayanarak H gibi hipotezin pekiştirilme ve çürütülmesi şöyle tanımlanır. $P(H \mid E \wedge T)$, yani E ve T'ye göreli olarak H'nin sınama-sonrası olasılık derecesi, $P(H \mid T)$'den, yani T'ye göreli olarak H'nin sınama-öncesi olasılık derecesinden, büyük ise, E kanıtı T arkadüzlem bilgisinde H hipotezini pekiştirir, küçük ise çürütür. Fark ne denli büyük ise pekiştirmenin veya çürütmenin derecesi o denli büyük olur. Buna karşılık H'nin bu iki olasılık derecesi eşit ise kararsızlık durumu ortaya çıkar, yani hipotez ne pekiştirilmiş ne de çürütülmüş olur.

Bayesci (Olasılıkçı) görüşte bir hipotezin pekiştirilmesi, sınama sonrası-olasılık derecesinin sınama-öncesi olasılık derecesinden büyük olması, hipotezin çürütülmesi ise, sınama sonrası-olasılık derecesinin sınama-öncesi olasılık derecesinden küçük olması demektir.

Bayesci pekiştirme yönteminde sınanan hipotezlerin sınama-öncesi olasılık derecesinin hep 0'dan büyük ve 1'den küçük olduğu, yani hipotezlerin kesin olarak yanlış veya kesin olarak doğru olarak bilinmediği kabul edilir. Bunun dışında Bayesci yöntemde H gibi bir hipotezin sınama-öncesi olasılık derecesi, bu hipotezi kabul eden ilgili bilim insanları topluluğuna ve hipotezi kabul edildiği zamana bağlıdır. Buna göre H hipotezinin böyle bir toplulukta t zamanındaki sınama-öncesi olasılık derecesi, hipotezin toplulukça t zamanında kabul-edilebilirlik derecesiyle özdeşleştirilir. Genel olarak Hipotez-Pekiştirmesi Görüşü'nde, hipotezler bilim insanlarınca hayal gücüyle serbest olarak sınama amacıyla kabul edildiğinden, bu görüşün bir biçimi olan Bayesci (Olasılıkçı) yöntemde, bir hipotezin *sınama-öncesi olasılık derecesi* hipotezi kabul eden bilim insanının öznel tutumuna bağlıdır. Ancak hipotezin sınama-öncesi olasılık derecesi öznel olmakla birlikte, sınama sonrası-olasılık derecesi *nesnel*dir. Nitekim (i) sınama sonrası-olasılık derecesinin dayandığı kanıtların sayısı arttıkça-eğer H doğru ise-bu olasılık derecesinin 1'e yakınsadığı ve (ii) farklı bilim insanlarının bir hipoteze farklı sınama-öncesi olasılık derecesi vermelerine karşın, bu hipoteze ilişkin kanıtlar arttıkça-eğer H doğru ise-hipotezin tek bir sınama-sonrası olasılık derecesine-yani 1'e-yakınsadığı gösterilmiştir. Bu durumu aşağıda örneklendiriyoruz.

K kişisi, Arda'nın gözleme olanağı olmadığı bir yerde bir zar atıyor ancak Arda'ya zar atışının sonuçları güvenli bir şekilde bildiriliyor. Diyelim ki Arda, zarın tüm yüzlerinin 6 olduğuna ilişkin bir duyum almış olsun ve bu duyumun doğru olup olmadığını sınamak istesin. Buna göre sınanacak hipotez aşağıdaki gibidir:

H: Zarın tüm yüzleri 6'dır

Örneği yalınlaştırmak adına zarın ya tüm yüzlerinin 6 olduğunu ya da zarın hilesiz olduğunu, yani tüm yüzlerinin 1, 2, 3, 4, 5 ve 6'dan oluşup her birinin gelme olasılığının 1/6 olduğunu varsayalım. Dolayısıyla

$\sim H$: Zar hilesiz bir zardır

K'nin zarı ilk atışının sonucu 6 olsun. Buna göre $P(E \mid H \wedge T) = 1$ olur. Öte yandan $P(E \mid \sim H \wedge \mathrm{T}) = 1/6$'dır. Arda, gelen duyuma pek inanmayıp, ın sınama-öncesi olasılığını $P(H \mid T) = 1/60 \approx 0.02$ olarak belirlemiş olsun. Buna göre olasılık teorisinin bir teorimi olan $P(\sim A \mid B) = 1$ ($P(A \mid B)$ eşitliğini kullanırsak, $P(\sim H \mid \mathrm{T}) = 59/60$ olur. Tüm bu verileri kullanarak, K'nin zarı ilk atışının sonucunda, Arda (22)'ye (yani Bayes Teoremi'ne) dayanarak, H'ın sınama-sonrası olasılık derecesini-yani $P(H \mid E \wedge T)$'yi-aşağıdaki gibi hesaplar:

$$\frac{1/60 \times 1}{1/60 \times 1 + 59/60 \times 1/6} = \frac{6}{65} \approx 0.09$$

0.09 > 0.02. Dolayısıyla H, Arda için belli bir derecede pekişmiş olur. K ikinci kez 6 atmış olsun. Buna göre $P(E \mid \sim H \wedge \mathrm{T}) = 1/36$ olur. (Dikkat edilirse hilesiz bir zarın arka arkaya iki kez 6 gelmesinin olasılığı 1/6 (1/6 = 1/36, n kez 6 gelmesinin olasılığı da $1/6^n$'dir.) Arda, bu yeni gözlem önermesine (yani zarın ikinci kez de 6 gelmesine) dayanarak, H'ın sınama-sonrası olasılık derecesini bu kez

$$\frac{1/60 \times 1}{1/60 \times 1 + 59/60 \times 1/36} = \frac{36}{95} \approx 0.38$$

olarak hesaplar. 0.38 > 0.02. Dolayısıyla H, Arda için daha da pekişmiş olur. K altıncı kez 6 atmış olduğunda da

$$\frac{1/60 \times 1}{1/60 \times 1 + 59/60 \times 1/46656} = \frac{46656}{46715} \approx 0.99$$

olarak hesaplar. 0.99 > 0.02. Artık H'ın sınama-sonrası olasılık derecesinin 1'e yaklaştığını dolayısıyla Arda için iyice pekiştiğini görüyoruz. Böylece yukarıdaki (i) nesnellik koşulu gerçekleşmiş olur.

Şimdi başka biri, diyelim Burcu, H hipotezine olan kanısı daha güçlü olduğundan H'ın sınama-öncesi olasılığını 1/3 olarak belirliyor. Dolayısıyla ilk 6 geldiğinde aşağıdaki hesaplamayı yapar:

$$\frac{1/3\times1}{1/3\times1+2/3\times1/6}=\frac{4}{9}\approx0.44$$

İkinci kez 6 geldiğinde

$$\frac{1/3\times1}{1/3\times1+2/3\times1/36}=\frac{36}{38}\approx0.95$$

hesaplamasını, altıncı kez 6 geldiğinde ise

$$\frac{1/3\times1}{1/3\times1+2/3\times1/46656}=\frac{46656}{46658}\approx0.99$$

hesaplamasını yapar. Böylece yukarıdaki (ii) nesnellik koşulunun da yerine geldiğini görüyoruz. Yani farklı sınama-öncesi olasılık derecelerinden başlanmasına karşın kanıt arttıkça, hipotez doğru olduğunda, bu hipotezin sınama-sonrası olasılık derecesinin 1'e yakınsadığını görüyoruz. (Bayes teoremi, bu örneğin uyarlanması ve nesnellik koşulları için bkz. Earman, J. and W. C. Salmon, 1999, s. 83 - 84.)

Bayesci sınama yönteminin üstünlüklerinden biri, Kuzgun Paradoksu'na bir çözüm önerisi getiriyor olmasıdır. Nitekim

E_1: $Fa \wedge Ga$	(a, siyah bir kuzgun olarak gözlenmiştir)
E_2: $\sim Fb \wedge \sim Gb$	(b, kuzgun-olmayan ve siyah olmayan bir şey, örneğin, bir beyaz ayakkabı olarak gözlenmiştir)
H: $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$	(Bütün kuzgunlar siyahtır)

olarak verildiğinde, hem $P(H \mid E_1 \wedge T) > P(H \mid T)$ hem $P(H \mid E_2 \wedge T) > P(H \mid T)$ olur. Dolayısıyla hem E_1 hem E_2, H hipotezini pekiştirir. Ancak T, evrende kuzgun-olmayan şeylerin sayısının kuzgunların sayısından çok daha fazla olduğu *arkadüzlem (background)* bilgisini barındırırsa, $P(H \mid E_1 \wedge T) - P(H \mid T)$ farkı, $P(H \mid E_2 \wedge T) > P(H \mid T)$ farkından çok daha büyük bir fark olur. Bu ise E_1'in E_2'ye göre H hipotezini çok daha büyük bir dereceyle pekiştirdiği anlamına gelir. Yani siyah bir kuzgunun gözlemlenmesi, beyaz bir ayakkabının gözlemlenmesiyle karşılaştırıldığında, "Bütün kuzgunlar siyahtır" hipotezini çok daha büyük bir dereceyle pekiştirir. (Bkz. Psillos and Curd, 2008, s. 120 ve Earman, J. and W. C. Salmon, 1999, s. 92 - 93.)

Buna karşılık Bayesci sınama yöntemi *eski kanıt sorunu (the problem of old evidence)* olarak adlandırılan aşağıdaki sorunla karşı karşıya kalır (bkz. Glymour, 1980, s. 85 - 93.) Nitekim

$$P(E \mid T) = P(H \mid T)P(E \mid H \wedge T) + P(\sim H \mid T)P(E \mid \sim H \wedge T)$$

olduğundan Bayes teoreminin daha yalın biçimi

$$\text{(23)}\quad P(H \mid E \wedge T)=\frac{P(H \mid T)\times P(E \mid H \wedge T)}{P(E \mid T)}$$

olarak ifade edilir.

SIRA SİZDE 3

$P(E \mid T) = P(H \mid T)P(E \mid H \wedge T) + P(\sim H \mid T)P(E \mid \sim H \wedge T)$ eşitliğini Ünite 3'te ortaya konulan Kolmogorov aksiyomlarına ve koşullu olasılık tanımına dayanarak kanıtlayın.

Öte yandan E, daha önce bilindiğinden, yani "eski" bir kanıt olduğundan, $P(E \mid T) = 1$. $P(E \mid T) = 1$ ise $P(E \mid H \wedge T) = 1$. Dolayısıyla (23)'ten $P(H \mid E \wedge T) = P(H \mid T)$ çıkar. Ancak bu Bayesci sınama yönteminin tanımı gereği, E'nin H'yi pekiştirmediği anlamına gelir. Bu ise bilim tarihindeki bazı durumlara aykırı olduğu için Bayesci sınama yöntemi için bir sorun oluşturur. En çarpıcı örneklerden biri Merkür gezegeninin günberisindeki (*perihelion*) sapmaya ilişkindir. Einstein'in Genel Görelilik Teorisi (H) bu sapmayı 1915'te açıklamıştır. Ancak sözü geçen sapma (E) 1915'ten çok önce biliniyordu. Dolayısıyla Merkür gezegeninin günberisindeki sapma, Bayesci sınama yönteminine göre, Einstein'in Genel Görelilik Teorisi'ni pekiştirmez. Ancak bilim insanları Merkür gezegeninin günberisindeki sapmanın, Einstein'in Genel Görelilik Teorisi'ni pekiştiren en önemli örneklerden biri sayarlar. (Bkz. Earman, J. and W. C. Salmon, 1999, s. 98.)

SALT TÜMDENGELİMCİ-HİPOTEZ-YANLIŞLAMACI GÖRÜŞ

Karl R. Popper (1902 - 1994)'in öncülüğünü yaptığı Salt Tümdengelimci-Hipotez-Yanlışlamacı (kısaca Tümdengelimci-Yanlışlamacı) görüşte tümevarımsal çıkarım yoktur, tek geçerli çıkarım biçimi tümdengelimsel çıkarımdır. Bunun nedeni, Popper'e göre, biçimi tümel-koşullu, yani $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$, ya da daha genel olarak tümel-genelleme, yani $\forall xAx$, olan H gibi bir hipoteze (mantıksal doğru olmadıkça) 0 dışında hiçbir pekiştirme derecesi veremeyeceğimizdir. Dolayısıyla, Bayes yöntemince böyle bir hipoteze 0'dan büyük sınama-öncesi olasılık derecesi veremeyiz. Başka bir deyimle $P(H \wedge T) = 0$. Buna göre, (23)'ten, H'ın sınama-sonrası olasılığı da 0 olur; yani $P(H \mid E \wedge T) = 0$. Bu ise Bayes yönteminde sınamanın olanaksız olduğu anlamına gelir. Öte yandan, diğer hipotez-pekiştirme yöntemleri de son çözümlemede tümevarıma dayandığından, aynı sorun bu yöntemler için de geçerlidir. Buna göre, örneğin, "Bütün kuzgunlar siyahtır" hipotezi, ne kadar çok sayıda olumlu örneklemesi bulunursa bulunsun, salt tümevarımcı görüşün yanı sıra, yukarıda ortaya konulan hiçbir sınama yöntemine dayanarak pekiştirilemez. Popper'in uslamlaması aşağıdaki gibidir. H, $\forall xAx$ olsun. Öte yandan $Aa_1, \ldots, Aa_n, \ldots$, H'nin birbirinden farklı örneklemleri olsun. Her n için,

$$H \vdash Aa_1, \ldots, Aa_n$$

olduğundan,

(24) $$P(H \mid T) \leq \lim_{n\to\infty} P(Aa_1, \ldots, Aa_n \mid T)$$

$P(H \mid T) = 0$ sonucuna varmak için aşağıdaki iki ilkeyi varsayalım:

(*Bağımsızlık*) Bütün n'ler için, $P(Aa_1, \ldots, Aa_n \mid T) = P(Aa_1 \mid T) \times \ldots \times P(Aa_n \mid T)$

(*Eş-Olasılık*) Bütün m ve n'ler için, $P(Aa_m \mid T) = P(Aa_n \mid T)$

Buna göre, $P(Aa_n \mid T) = 1$ durumu dışında, her n için,

(25) $$\lim_{n\to\infty} P(Aa_1, \ldots, Aa_n \mid T) = \lim_{n\to\infty} P(Aa_1 \mid T)^n = 0$$

$P(Aa_n \mid T) = 1$ ise kabul edilebilir bir durum değildir. (Bkz. Popper, 1959, s. 366.) Dolayısıyla (24) ile (25)'ten $P(H \mid T) \leq 0$ çıkar. Herhangi bir A önermesi için $P(A) \geq 0$ olduğundan, $P(H \mid T) = 0$. (Bkz. Popper, 1959, s. 364 - 366, Earman, J. and W. C. Salmon, 1999, s. 95 - 96 ve Gemes, 1997, s. 114 - 115.)

Daha önce Hipotezli-Tümdengelimsel Pekiştirme yönteminde, hipotezler, gözlem önermelerine dayanarak tümevarımsal çıkarımla pekiştirilebilirler, tümdengelimsel çıkarımla da çürütülebilirler demiştik. Popper'e dayanan Tümdengelimci-Yanlışlamacı görüşte ise, pekiştirme olanaksız olduğundan, hipotezler gözlem önermelerine dayanarak tümevarımsal çıkarımla pekiştirilemezler ama tümdengelimsel çıkarımla yanlışlanabilirler. Ancak Popper'e dayanan **Tümdengelimci-Yanlışlamacı görüş**te, gözlem önermeleri, Hipotezli-Tümdengelimsel Pekiştirme yöntemini savunan mantıkçı pozitivistler ya da empiristlerde olduğu gibi gözleme dayanarak kesin ve ya da kesine yakın bir biçimde doğrulanan önermeler değil, son çözümlemede ilgili bilim insanları topluluğunun aldığı özgür *karar*la kabul edilmiş önermelerdir. Popper bu önermeleri *temel önermeler* olarak adlandırıyor. (Bkz. Popper, 1959, s. 109.) Ancak söz konusu karar salt bir uzlaşım olmayıp, bilimsel yöntemin kuralları çerçevesinde alınan bir karardır. Bu kurallar ise nesnel doğruluğu bulmaya yönelik kurallardır. (Bkz. Popper, 1959, s. 110.)

Tümdengelimci-yanlışlamacı görüşte, hipotezler gözlem önermelerine dayanarak tümevarımsal çıkarımla pekiştirilemezler ama tümdengelimsel çıkarımla yanlışlanabilirler.

Sonuç olarak—Fx, "x yeterince ısıtılan bir metaldir" ifadesinin kısaltması, Gx, "x genleşir" ifadesinin kısaltması olduğunda—$\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ biçiminde olan "Bütün metaller yeterince ısıtıldığında genleşir" gibi bir hipotezin sınama-öncesi olasılığı, dolayısıyla da sınama-sonrası olasılığı, 0 olduğundan, yeterince ısıtılıp genleşen a1, ..., an metal parçalarının sayısı ne denli çok olursa olsun, $Fa_1 \wedge Ga_1, \ldots, Fa_n \wedge Ga_n$ gözlem önermelerine dayanarak pekiştirilemez. Ama yeterince ısıtılıp genleşmeyen bir tek a_{n+1} metal parçasının bile gözlemlenmesi (Fa_{n+1} ile $\sim Ga_{n+1}$ temel önermelerinin kabul edilmesi) bu hipotezi, aynı Hipotezli-Tümdengelimsel Pekiştirme yönteminde verilen mantıksal yapıya dayanarak çürütür yanlışlar):

(26)
$$\begin{array}{l} H\colon \forall x(Fx \rightarrow Gx) \\ I\colon Fa_{n+1} \\ \hline E\colon Ga_{n+1} \end{array}$$

(26)'da Ga_{n+1}, H ile I'dan tümdengelimsel çıkarımla türetilen öndeyi önermesidir. Bilimsel yöntemin kuralları gereği Ga_{n+1}'nin yanlış olduğuna, dolayısıyla $\sim Ga_{n+1}$'in doğru olduğuna karar verilmiştir. Dolayısıyla:

$$\begin{array}{l} \forall x(Fx \rightarrow Gx) \wedge Fa_{n+1} \vdash Ga_{n+1} \\ \sim Ga_{n+1} \\ \hline \sim [\forall x(Fx \rightarrow Gx) \wedge Fa_{n+1}] \end{array}$$

$\sim [\forall x(Fx \rightarrow Gx) \wedge Fa_{n+1}] \equiv \sim [\forall x(Fx \rightarrow Gx) \vee \sim Fa_{n+1}$. Dolayısıyla, daha önce gördüğümüz gibi, başlangıç koşulu (genel olarak koşulları) mu, hipotezinin kendisi mi yoksa her ikisi de mi yanlışlandı bilemeyiz. Bu ise, Popper'in de farkında olduğu, Duhem-Quine sorunudur. Genel olarak yardımcı hipotezler de eklendiğinde bu sorun etkisini daha da gösterecektir.

Bilim insanlarının yükümlülüğü, serbestçe kabul ettikleri hipotezleri tek tek sınayarak yanlışlananları ret etmek ve böylece *uzun sürede* yanlışlanmayan hipotezleri kabul edip her türlü bilimsel çalışmada kullanmaktır. Bu türlü hipotezlere Popper *dayanıklı (corroborated) hipotezler* der. Ancak dayanıklılık zamana bağlıdır. Belli t_1 gibi bir zamanda dayanıklı hipotez daha sonraki t_2 zamanında yanlışlanıp ret edilebilir.

HİPOTEZ-BULUŞU GÖRÜŞÜ

Charles S. Pierce (1839 - 1914)'ün öncülüğünü yaptığı *Hipotez-Buluşu* görüşünde, hipotezler bilim insanlarının salt hayal gücünün ürünü olarak kabul edilmezler. Hipotezler bilim insanlarının önceden doğruladıkları gözlem önermelerine dayanarak tümdengelimsel olmayan bir çıkarımla türetilir. Eğer tümdengelimsel olmayan bütün çıkarımları tümevarımsal olarak nitelersek, Hipotez-Buluşu görüşündeki çıkarımın tümevarımsal olduğu söylenebilir. Ancak böyle bir tümevarımsal çıkarım biçimi, yalnızca tümevarımsal genellemeleri türetmeye yarayan çıkarım biçimi değildir. Salt Tümevarımcı görüşte öngörülen bu çıkarım biçimi açıklayıcı yeni hipotezlerin buluşunu sağlayamaz. Bir açıklayıcı yeni hipotez, onu türetmek için kullanılan gözlem önermelerinde geçen terimlerin dışında bu önermelerde geçmeyen yeni terimler kapsar. Böyle bir hipotez bilimsel açıklama için elverişlidir. Hipotez-Buluşu görüşü önceden bilinen ancak henüz açıklanmamış dolayısıyla şaşırtıcı belli bazı olguları açıklama amacını güder.

Buna göre Hipotez-Buluşu görüşünün genel biçimi aşağıdaki gibidir:

(i) *E*, gözlemlenmiş olan şaşırtıcı olguyu dile getiren önermedir.
(ii) Eğer *H* hipotezi doğru olsaydı, *E*'yi açıklamış olurdu.
(iii) O halde, *H* hipotez olarak kabul edilebilir.

Biçimsel olarak bu görüş şöyle ifade edilebilir (bkz. Yıldırım, 1971, Ch. 8, s. 92 - 105, özellikle s. 92 - 98):

E
$H \rightarrow E$
O halde, H

Hipotez-Buluşu görüşünü aşağıda örneklendiriyoruz:

E: Bir balık türüne ait fosiller zamanımızda bir ülkenin iç kesimlerinde bulunmuştur.
$H \rightarrow E$: İç kesimlerinde balık fosili bulunan her ülkenin bu kesimleri çok eskiden deniz olmuş olsaydı, zamanımızda sözü geçen ülkenin iç kesimlerinde bulunan balık fosilleri açıklanmış olurdu.

O halde,
H: İç kesimlerinde balık fosili bulunan her ülkenin bu kesimleri çok eskiden deniz idi.

Dikkat edilirse *H*'de geçen "deniz" terimi *E*'de bulunmamaktadır. Bu durumda *H*'nin E'nin ifade ettiği şaşırtıcı olguyu açıklayan bir hipotez olduğu söylenebilir.

Hipotez-Buluşu görüşünde, hipotez olarak kabul edilen her önerme (kalıcı olarak kabul edilebilmesi için) Hipotezli-Tümdengelimsel biçimde sınanıp pekiştirilmelidir. Sınama sonucunda çürütülen hipotez ise ret edilmelidir.

Özet

AMAÇ 1

Salt tümevarımcı görüşü ifade etmek.

Francis Bacon'dan kaynaklanan salt-tümevarımcı görüşte tümevarım düzenliliklerin bilgisine erişmenin tek geçerli yöntemidir. Bilimsel yöntem üç aşamadan oluşur. (i) Gözlem ve/veya deneyle doğrulanmış yalın olguların bilgisini ifade eden gözlem önermeleri ortaya konulur. (ii) Gözlem ve/veya deneyle doğrulanmış sonlu sayıda gözlem önermelerinden tümevarımsal çıkarımla tümevarımsal genelleme önermesi denilen bir tümel-koşullu önerme türetilir. (iii) Türetilen tümevarımsal genelleme önermeleri başka gözlem ve/veya deneylerle daha da pekiştirilebilir.

AMAÇ 2

Hipotez-pekiştirmesi görüşlerini ifade etmek ve tartışmak.

I. Örnekleme yoluyla pekiştirme: Nicod'un örnekleme yoluyla pekiştirme yönteminde, $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ biçimindeki bir tümel-koşullu önermeyle dile getirilen hipotezin t anında pekiştirilmiş olması şu koşulların yerine gelmesi demektir. İlgili bilim insanlarınca t anına dek yapılan gözlem ve/veya deneylere dayanarak (i) yeterince büyük sayıda $Fa \wedge Ga$ biçimindeki *olumlu örnekleme* denilen gözlem önermeleri doğrulanmalıdır. (ii) $Fa \wedge \sim Ga$ biçiminde olup olumsuz örnekleme denilen hiçbir gözlem önermesi doğrulanmış olmamalıdır. *Hempel'in örnekleme yoluyla pekiştirme yöntemi*, pekiştirilmek istenen hipotezin yeterince çok sayıda gözlemlenebilir öğesi olan $U = \{a_1, \ldots, a_n\}$ biçimindeki açılımı kavramına dayanır. $\forall xBx$ biçimindeki bir önermenin *U*daki açılımı $Ba_1 \wedge \ldots \wedge Ba_n$, $\exists xBx$ biçimindeki bir önermenin *U*daki açılımı $Ba_1 \vee \ldots \vee Ba_n$ biçimindedir. Eğer hipotezin *U*daki açılımı, doğrulanmış olan bazı gözlem önermelerinden türetilebilirse, hipotezin kendisi *pekiştirilmiş* olur. Gene bir örnekleme yoluyla pekiştirme yöntemi olan *Glymour'un kendi-kendini pekiştirme yönteminde*, gözlem önermelerinden oluşan *E kanıt kümesinin H* hipotezini *T* teorisine dayanarak *pekiştirmesi*nin temel koşulu şöyle özetlenebilir. *E* ile *H* ve *T* teorisini oluşturan öbür hipotezlerden tümdengelimsel çıkarımla *D* gibi bir değerler kümesi türetilir; öyle ki *D, H* hipotezinin Hempel anlamında bir olumlu *örneklemesi*dir. Başka bir deyişle, *H* hipotezinin E kanıt kümesinde adları geçen gözlemlenebilir nesnelerin kümesi (yani evreni) *U* olduğunda, H'nin *U* evrenindeki açılımı *D*'den tümdengelimsel çıkarımla türetilebilir. II. *Hipotezli-tümdengelimsel pekiştirme yöntemi:* Bu yöntemde, pekiştirilmek istenilen (yani sınanan) hipotez ile önceden doğrulanmış gözlem önermelerinden tümdengelimsel çıkarımla yeterince büyük sayıda gözlem önermesi türetilir. Eğer türetilen bu gözlem önermelerinin tümü gözlem ve/veya deneyle doğrulanırsa, söz konusu hipotez *pekiştirilmiş* olur. III. *Bayesci (olasılıkçı) pekiştirme yöntemi:* Bu yöntemde pekiştirilmek istenen *H* hipotezinin, *kanıt önermeleri* denilen önceden doğrulanmış *E* gözlem önermelerine ve *T arkadüzlem bilgisi*ni dile getiren önermelere göre koşullu olasılık derecesi, yani $P(H \mid E \wedge T)$, Bayes Teoremi'ne göre hesaplanır. Eğer $P(H \mid E \wedge T)$, $P(H \mid T)$'den büyük ise *H* hipotezi *pekiştirilmiş* olur. $P(H \mid T)$'ye *H*'nin sınama-öncesi olasılık derecesi, $P(H \mid E \wedge T)$'ye *H*'nin *sınama-sonrası* olasılık derecesi denir.

AMAÇ 3

Salt tümdengelimsel-hipotez-yanlışlamacı görüşü ifade etmek ve tartışmak.

Popper'e dayanan bu görüşte tek geçerli çıkarım biçimi tümdengelimsel çıkarımdır. $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ biçiminde bir hipotezin değillemesi olan $\sim\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ önermesi $Fa \wedge \sim Ga$ biçimindeki *temel önereme* denilen gözlem önermesinden tümdengelimsel çıkarımla türetilebilir. Dolayısıyla bilim insanları topluluğu hem *Fa* hem ~Ga önermelerini kabul etmişse $\forall x(Fx \rightarrow Gx)$ biçimindeki hipotez yanlışlanmış olur. Yeterince bir zaman süresinde temel önermelerce yanlışlanmamış hipotezlere *dayanıklı hipotez* denir. Ancak her dayanıklı hipotez daha sonra yeni temel önermelerce yanlışlanabilir.

AMAÇ 4

Hipotez-buluşu görüşünü ifade etmek.

Peirce'e dayanan bu görüşte *H* gibi bir yeni hipotezin *buluş* olarak kabul edilmesinin mantıksal yapısı şöyledir:

(i) *E*, gözlemlenmiş olan şaşırtıcı olguyu dile getiren önermedir.

(ii) Eğer *H* hipotezi doğru olsaydı, *E*'yi açıklamış olurdu.

(iii) O halde, *H* hipotez olarak kabul edilebilir.

Kendimizi Sınayalım

1. Aşağıdakilerden hangisi salt tümevarımsal görüş için söylenebilir?

a. Gözlem ve/veya deneyle doğrulanmış sonlu sayıda gözlem önermesinden tümevarımsal çıkarımla bir tümel-koşullu önerme türetilir.
b. Bu görüşe göre, bilim insanları yaratıcı hayal güçleriyle diledikleri düzenlilik ifade edebilen tümel-koşullu önermeleri sınamak amacıyla hipotez sıfatıyla geçici olarak kabul ederler.
c. Bu görüşte tümevarımın yanı sıra tümdengelime de yer verilir.
d. Tümevarımsal genelleme önermesi bilimsel açıklama için kullanılabilir.
e. Tümevarımsal çıkarımla türetilen tümel-koşullu önermenin yanlışlanması gene tümevarımsal çıkarıma dayanır.

2. Aşağıdakilerden hangisi Hempel yöntemi için söylenebilir?

a. Hipotezler salt tümevarımsal çıkarıma dayanarak pekiştirilir.
b. Bir hipotezin sınama-sonrası olasılığı, sınama-öncesi olasılığından büyükse, o hipotezin pekişmiş olduğu söylenir.
c. Sınanan hipotezin sonlu bir evrendeki açılımı, doğrulanmış bir gözlem önermesinden tümdengelimli geçerli bir çıkarımla türetilebilirse hipotez pekiştirilmiş sayılır.
d. Doğrulanmış bir gözlem önermesi, bir hipotezin sonlu bir evrendeki açılımından tümdengelimli geçerli bir çıkarımla türetilebilirse o hipotez pekiştirilmiş sayılır.
e. Sınanan hipotezin sonlu bir evrendeki açılımı, doğrulanmış gözlem önermelerinden tümevarımlı geçerli bir çıkarımla türetilebilirse hipotez pekiştirilmiş sayılır.

3. Aşağıdaki sorunlardan hangisi Hempel yönteminin karşılaştığı güçlüklerden biri sayılır?

a. Alternatif hipotezler sorunu
b. Kuzgun Paradoksu
c. Duhem-Quine sorunu
d. Eski kanıt sorunu
e. “Her yıldızın en az bir gezegeni vardır.” türünden hipotezlerin sınanamıyor olması

4. Aşağıdakilerden hangisi Glymour’un kendi-kendini pekiştirme yöntemi için söylenebilir?

a. Teorik hipotezlerin örnekleme yoluyla pekiştirilmesi olanaklı değildir.
b. Teorik hipotezler bütüncül olarak pekiştirilir.
c. Teorinin aksiyomları arasında sınanacak hipotezin kendisi yer alamaz.
d. Deneysel hipotezler örnekleme yoluyla, teorik hipotezler bütüncül olarak pekiştirilebilir.
e. Deneysel hipotezlerin yanı sıra, teorik hipotezler de örnekleme yoluyla pekiştirilebilir.

5. Aşağıdakilerden hangisi hipotezli-tümdengelimsel yöntemin bir betimlemesidir?

a. Sınanacak hipotez gözlem önermelerinden tümdengelimsel çıkarımla türetilirse hipotez pekiştirilmiş olur.
b. Sınanacak hipotez gözlem önermelerinden tümevarımsal çıkarımla türetilirse hipotez pekiştirilmiş olur.
c. Sınanacak hipotezin sınama-sonrası olasılığı, sınama-öncesi olasılığından büyükse, hipotez pekiştirilmiş olur.
d. Sınanacak hipotezden tümdengelimsel çıkarımla türetilmiş gözlem önermeleri, gözlem ve/veya deneyle doğrulanırsa hipotez pekiştirilmiş olur.
e. Sınanacak hipotezin sonlu bir evrendeki açılımı, doğrulanmış bir gözlem önermesinden tümdengelimsel çıkarımla türetilebilirse hipotez pekiştirilmiş sayılır.

6. Aşağıdakilerden hangisi hipotezli-tümdengelimsel yöntemin karşılaştığı güçlüklerden biridir?

a. Tümel-tikel niceleyicili hipotezlerin sınanaması sorunu
b. Alternatif hipotezler sorunu
c. Teorik hipotezler sorunu
d. Sonsuz öğeli evren sorunu
e. Eski kanıt sorunu

7. Aşağıdakilerden hangisi Bayesçi pekiştirme yöntemi gereğince "Tüm kuğular beyazdır" hipotezinin pekiştirilmesinin bir anlatımıdır?

a. Hipotezin sınama-öncesi olasılık derecesinin sınama-sonrası olasılık derecesinden büyük olması
b. Hipotezin sınama-öncesi olasılık derecesinin sınama-sonrası olasılık derecesine eşit olması
c. Hipotezin sınama-sonrası olasılık derecesinin sınama-öncesi olasılık derecesinden büyük olması
d. Hipotezin sınama-sonrası olasılık derecesinin çok büyük olması
e. Hipotezin sınama-öncesi olasılık derecesinin çok büyük olması

8. Aşağıdakilerden hangisi Bayesçi pekiştirme yönteminin hipotezli-tümdengelimsel yönteme karşı bir üstünlüğü sayılabilir?

a. Kuzgun Paradoksu'na bir çözüm önerisi getiriyor olması
b. Teorik hipotezler sorununa bir çözüm önerisi getiriyor olması
c. Hipotezin sınama-öncesi olasılığının 0'dan büyük olamayacağı savını çürütecek bir öneri getiriyor olması
d. Eski kanıt sorununa bir çözüm önerisi getiriyor olması
e. Sonsuz öğeli evren sorununa bir çözüm önerisi getiriyor olması

9. Aşağıdakilerden hangisi Salt Tümdengelimci-Hipotez-Yanlışlamacı görüş için söylenebilir?

a. Çok sayıda beyaz kuğunun gözlemlenmiş olmasına dayanarak "Tüm kuğular beyazdır" hipotezinin pekiştiğine karar verilmesi
b. Çok sayıda beyaz kuğunun gözlemlenmiş olmasına dayanarak "Tüm kuğular beyazdır" hipotezinin büyük olasılıkla doğru olduğuna karar verilmesi
c. "Tüm kuğular beyazdır" hipotezi ile "a bir kuğudur" doğru önermesinden tümdengelimsel olarak "a beyazdır" önermesini türettikten sonra a kuğusunun gerçekten beyaz olduğunun gözlemlenmesine dayanarak hipotezinin pekiştiğine karar verilmesi
d. "Tüm kuğular beyazdır" hipotezinin sınama-sonrası olasılık derecesinin sınama-öncesi olasılık derecesinden küçük olmasına dayanarak hipotezin yanlışlandığına karar verilmesi
e. "Tüm kuğular beyazdır" hipotezi ile doğru olduğuna karar verilen "a bir kuğudur" önermesinden tümdengelimsel olarak "a beyazdır" önermesini türettikten sonra a kuğusunun siyah olduğunun gözlemlenmesine dayanarak söz konusu hipotezin yanlışlandığının ileri sürülmesi

10. Aşağıdakilerden hangisi Hipotez Buluşu görüşü için söylenebilir?

a. Hipotezler tümevarımsal genellemeler olup, bilim insanlarının önceden doğruladıkları gözlem önermelerine dayanarak tümevarımsal çıkarımla türetilir; dolayısıyla bu hipotezlerde gözlem önermelerinde geçmeyen yeni terimler bulunmaz.
b. Hipotezler, bilim insanlarının önceden doğruladıkları ancak henüz açıklanmamış şaşırtıcı olguları dile getiren gözlem önermelerine dayanarak tümdengelimsel bir çıkarımla türetilir.
c. Bu görüşe göre, bilim insanları yaratıcı hayal güçleriyle diledikleri düzenlilik ifade edebilen tümel-koşullu önermeleri sınamak amacıyla hipotez sıfatıyla geçici olarak kabul ederler.
d. Hipotezler, bilim insanlarının önceden doğruladıkları ancak henüz açıklanmamış şaşırtıcı olguları dile getiren gözlem önermelerine dayanarak tümdengelimsel olmayan bir çıkarımla türetilir; ancak açıklayıcı işlevi olan bu hipotezlerde gözlem önermelerinde geçmeyen bazı yeni terimler bulunur.
e. Hipotezler, bilim insanlarının önceden pekiştirdikleri başka hipotezlerin tümdengelimsel sonuçlarıdır.

Okuma Parçası

Hipotez doğrulama [pekiştirme] geniş anlamda bir kanıtlama işlemidir. Ne var ki, bu işlemde olgusal verilerle mantıksal çıkarımın yerleri çoğu kez yeterince aydınlatılmadan bırakılan bir sorudur. Olgusal verilerin kanıt niteliği kazanması bu verilerle test edilen hipotez arasında mantıksal bir ilişkinin kurulmasını gerektirir. Bu nasıl olmaktadır?

Soruyu yanıtlarken, baştan beri yaptığımız bir ayrımı göz önünde tutmamızda yarar vardır. Her genelleme iki veya daha fazla değişken arasında değişmez, ya da belli bir ölçüde değişen, bir ilişkiyi dile getirir. Bu ilişki gözlenebilir türden bir ilişki ise genelleme betimleyici (alt-düzeyde), gözlenebilir türden değilse, genelleme açıklayıcı veya teorik (üst-düzeyde) bir genellemedir. İkinci tür genellemelerden henüz yeterince doğrulanmamış olanlara “hipotez”, yeterince doğrulanmış olanlara ise “açıklayıcı yasa” [denir].

Betimleyici genellemelerle “hipotez” dediğimiz açıklayıcı genellemeler ayrımı birçok yönlerden olduğu gibi doğrulama [pekiştirme] işlemi yönünden de gözden kaçmamamsı gereken bir noktadır. Çünkü, iki tür genellemenin doğrulanmasında izlenen işlemler birbirinden temel diyebileceğimiz bazı farklarla ayrılmaktadır.

Önce kısaca betimleyici genellemenin doğrulanma [pekiştirme] işlemini gözden geçirelim. Bilindiği gibi betimleyici genellemeler, sınırlı sayıda gözleme dayanan birer indüktif [tümevarımsal] çıkarımlardır. Bu tür çıkarımları niteleyen en önemli özellik, genellemede geçen terimlerle genellemenin dayandığı gözlemsel önermelerde geçen terimlerin aynı olmasıdır. Bu özellik, betimleyici bir genellemenin doğrudan test edilebilir olmasına olanak verdiği için önemlidir. Örneğin,

“Bütün kuğular beyazdır.”

genellemesini ele alalım. Bu genelleme bir nesnenin kuğu olması ile beyaz olması arasında değişmez bir ilişkiyi dile getirmektedir. O halde, kuğu olan bir nesnenin aynı zamanda beyaz olduğunu saptayan her gözlemimiz genellemeyi doğrulayıcı [pekiştirici] bir kanıt sayılır. Şimdi, tüm gözlemlerimizin, kuğu olan nesnelerin, aynı zamanda beyaz olduğunu gösterdiğini varsayalım. Söz konusu genelleme geniş ölçüde (belki de yeterince) doğrulanmış [pekiştirilmiş] sayılacaktır. Ne var ki, “tüm gözlemlerimiz” olası gözlemlerin ancak bir bölümü olduğundan, genellemenin artık bir daha yanlışlanamayacağı anlamını çıkaramayız. (...)

[Öte yandan] hipotez tanımı gereğince doğrudan test edilebilir bir önerme olmadığından, herhangi bir hipotezin doğrulanmasında [pekiştirilmesinde] ilk adım hipotezden olgularla karşılaştırmaya elverişli birtakım mantıksal sonuçlar çıkarmadır. Bu demektir ki, bir hipotezin doğrulanma [pekiştirme] işlemi, olgusal genellemelerde olduğu gibi hipotezle ilişkin olduğu gözlem verileri arasında doğrudan bir ilişki kurma biçiminde değildir. Bir hipotezin doğrulanması dolaylı bir işlem olup iki farklı aşamayı içine almaktadır. İlk aşamada hipotezden olgusal yoldan test edilebilir sonuçlar çıkarmak, ikinci aşamada bu sonuçları ilişkin gözlem veya deney sonuçları ile karşılaştırmak yoluna gidilir.

Kaynak: Yıldırım, C. (2010). **Bilim Felsefesi**, 13. Basım. İstanbul: Remzi Kitabevi, s. 115 - 117.

Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı

1. a Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Salt Tümevarımcı Görüş" bölümünü yeniden okuyun. Yalnız a şıkkındaki yanıtın sözü geçen görüş için geçerli olduğunu anımsayacaksınız.
2. c Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Hipotez-Pekiştirmesi Görüşleri" bölümünü yeniden okuyun. "Hipotezin sonlu bir evrendeki açılımı" kavramı Hempel yöntemine ilişkin olup, c şıkkında bu yöntemin doğru bir betimlemesi verilmektedir. Buna karşılık d ile e şıkkındaki betimlemeler bu kavramı içermesine karşın yöntemin yanlış betimlemeleridir.
3. b Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Hipotez-Pekiştirmesi Görüşleri" bölümünü yeniden okuyun. Kuzgun Paradoksu Hempel yönteminin karşılaştığı bir güçlüktür. Buna karşılık a ile c şıklarındaki sorunlar Hipotezli-Tümdengelimsel yöntemin sorunları olup, e şıkkındaki yanıt ise, tam tersine, Hempel yönteminin çözdüğü bir sorundur.
4. e Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Hipotez-Pekiştirmesi Görüşleri" bölümünü yeniden okuyun. Glymour'un kendi-kendini pekiştirme yönteminin en önemli katkısının teorik hipotezlerin örnekleme yoluyla pekiştirilmesi doğrultusunda olduğunu anımsayacaksınız.
5. d Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Hipotez-Pekiştirmesi Görüşleri" bölümünü yeniden okuyun. Tek doğru betimlemenin d şıkkında verildiğini anımsayacaksınız.
6. b Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Hipotez-Pekiştirmesi Görüşleri" bölümünü yeniden okuyun. Yalnız b şıkkındaki yanıt bu yöntemin karşılaştığı bir güçlüktür. a şıkkındaki yanıt Nicod yönteminin, c şıkkındaki yanıt hem Nicod hem Hempel yönteminin, d şıkkındaki yanıt Hempel yönteminin, e şıkkındaki yanıt ise Bayesci yöntemin karşılaştığı bir güçlüktür.
7. c Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Hipotez-Pekiştirmesi Görüşleri" bölümünü yeniden okuyun. Bayesci pekiştirme yöntemi gereği, hipotezin pekişmiş olması için, sınama-sonrası olasılığının, sınama-öncesi olasılığından büyük olması gerekir.
8. a Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Hipotez-Pekiştirmesi Görüşleri" bölümünü yeniden okuyun. Bayesci pekiştirme yönteminin Kuzgun Paradoksu'na bir çözüm önerisi getirdiğini anımsayacaksınız.
9. e Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Salt Tümdengelimci-Hipotez Yanlışlamacı Görüş" bölümünü yeniden okuyun. Yalnız e şıkkındaki anlatımın bu görüşün bir betimlemesi olduğunu anımsayacaksınız.
10. d Yanıtınız doğru değilse, ünitenin "Hipotez Buluşu Görüşü" bölümünü yeniden okuyun.Yalnız d şıkkındaki anlatımın bu görüşün bir betimlemesi olduğunu anımsayacaksınız.

Sıra Sizde Yanıt Anahtarı

Sıra Sizde 1

Sınanacak hipotez, *H*, Avrupalı zoologların ortaya koymuş olduğu "Bütün kuğular beyazdır" önermesi olsun. $a_1, \dots, a_n$, 1697 yılına kadar Avrupalı zoologların Dünya'nın çeşitli yerlerinde gözlemlemiş olduğu kuğular olsun. Buna göre, "Bütün kuğular beyazdır" önermesi ile "a_1 bir kuğudur", ... , "a_n bir kuğudur" önermeleri Hipotezli-Tümdengelimsel Pekiştirme Yöntemi'nin öncülleridir. Bu öncüllerden "a_1 beyazdır", ... , "a_n beyazdır" sonuç önermeleri tümdengelimsel olarak türetilir. 1697 yılına kadar Avrupalı zoologların gözlemlemiş olduğu tüm kuğular beyaz olduklarından, bunlar $a_1, \dots, a_n$ kuğularını hep beyaz olarak gözlemleyecektirler. Böylece "a_1 beyazdır", ... , "a_n beyazdır" sonuç önermeleri doğrulanmış, H: "Bütün kuğular beyazdır" hipotezi de sözü edilen yöntem gereğince pekiştirilmiş olur. Öte yandan a_{n+1}, Hollandalı denizci kaptan Willem Hesselsz de Vlamingh ve ekibinin 1697'de Avustralya'nın güneybatısında sonradan "Kuğu Nehri" adını verecekleri nehrin civarında gözlemiş oldukları *siyah* kuğulardan biri olsun. "a_{n+1} bir kuğudur" önermesini yukarıdaki öncüllere ekleyelim. Buna göre "a_{n+1} beyazdır" önermesi, "Bütün kuğular beyazdır" önermesi ile "a_{n+1} bir kuğudur" önermesinden tümdengelimsel olarak türetilir. Ancak a_{n+1} siyah olarak gözlemlendiğinden, "a_{n+1} beyazdır" önermesi yanlış bir önerme, "a_{n+1} beyaz değildir" önermesi de doğru bir önerme olur. Dolayısıyla, Hipotezli-Tümdengelimsel Pekiştirme Yöntemi gereği, "Bütün kuğular beyazdır" hipotezi yanlışlanmış olur.

Sıra Sizde 2

Fx: "*x kırmızıdır*", *Gx*: "*x* bir dosyadır", *Hx*: "*x* uzayda yer kaplar", *a*: "kırmızı bir dosya" kısaltmaları verilsin. Pekiştirilecek olan *H* hipotezi, "Tüm kırmızı dosyalar uzayda yer kaplar", yani $\forall x(Fx \wedge Gx \rightarrow Hx)$, *T*, "*a* kırmızı bir dosyadır ve tüm kırmızı şeyler uzayda yer kaplar", yani $(Fa \wedge Ga) \wedge \forall x(Fx \rightarrow Hx)$, *E* ise "*a* uzayda yer kaplar", yani *Ha* olsun. Aşağıdaki geçerli tümdengelimsel çıkarımı inceleyelim:

$$
\begin{array}{ll}
H: & \forall x(Fx \wedge Gx \rightarrow Hx) \\
T: & Fa \wedge Ga \wedge \forall x(Fx \rightarrow Hx) \\
\hline
E: & Ha
\end{array}
$$

Dikkat edilirse bu çıkarımda, $\forall x(Fx \wedge Gx (Hx) \wedge (Fa \wedge Ga) \wedge \forall x(Fx \rightarrow Hx)$ tutarlı olup,$\forall x(Fx \wedge Gx \rightarrow Hx) \wedge (Fa \wedge Ga) \wedge \forall x(Fx \rightarrow Hx) \vdash E$ koşulu yerine gelir. Ancak $T \vdash E$, (yani $T \nvdash E$ koşulu yerine gelmez). Simdi bu koşulun yerine gelmemesinin sakıncasını görelim. Kx: "x bir kargadır", Sx: "x siyahtır" kısaltmaları verildiğinde, H' hipotezi, "Bütün kargalar siyahtır", yani $\forall x(Kx \rightarrow Sx)$ olsun. Bu durumda, Ha'yi doğru varsaydığımızda ve $T \nvdash E$ koşulunu hipotezli-tümdengelimsel pekiştirme yönteminin bir koşulu *saymadığımızda*

$$\begin{array}{ll} H': & \forall x(Kx \rightarrow Sx) \\ T: & Fa \wedge Ga \wedge \forall x(Fx \rightarrow Hx) \\ \hline E: & Ha \end{array}$$

geçerli çıkarımı geçerli olup, adı geçen yöntemin tüm diğer koşullarını sağladığından Enin bu yöntemce T teorisine göreli olarak H' hipotezini (aslında $T \vdash E$ olduğundan *herhangi* bir hipotezi) pekiştirdiğini kabul etmek zorunda kalacaktık. Başka bir deyişle, uzayda yer kaplayan bir kırmızı dosyanın gözlemlenmiş olmasının, "Bütün kargalar siyahtır" hipotezini pekiştirdiği gibi saçma bir durumu ve benzeri durumları kabul etmek zorunda kalacaktık. Böylece $T \nvdash E$ koşulunun hipotezli-tümdengelimsel pekiştirme yöntemi için gerekli olduğunu görmüş oluyoruz.

Sıra Sizde 3

$H \vee \sim H$ mantıksal doğrudur. Dolayısıyla, önermeler mantığı gereği $E \equiv E \wedge (H \vee \sim H)$ olduğundan, $P(E) = P(E \wedge (H \vee \sim H)) = P((E \wedge H) \vee (E \wedge \sim H))$. Öte yandan $(E \wedge H) \wedge (E \wedge \sim H)$ tutarsızdır. Nitekim $(E \wedge H) \wedge (E \wedge \sim H) \equiv E \equiv E \wedge H \wedge \sim H \equiv H \wedge \sim H$. Dolayısıyla Kolmogorov aksiyomu Ax3 gereği (bkz. Ünite 3),

$$P((E \wedge H) \vee (E \wedge \sim H)) = P(E \wedge H) + P(E \wedge \sim H)$$

olduğundan

(i) $P(\mathrm{E}) = P(H \wedge E) + P(\sim H \wedge E)$

Koşullu olasılığın tanımı gereği, $\mathrm{P(E \mid H)} = \dfrac{P(E \wedge H)}{P(H)}$,

dolayısıyla $P(E \wedge H) = P(\mathrm{H})P(E \mid H)$ ve gene koşullu olasılığın tanımı gereği, $\mathrm{P}(E \wedge \sim H) = P(\sim H)\mathrm{P}(E \mid \sim H)$ olduğundan

(ii) $P(E) = P(\mathrm{H})P(E \mid H) + P(\sim H)P(E \mid \sim H)$

olur. (ii) eşitliğini T arkadüzlem bilgisine göreli olarak yeniden düzenlediğimizde istenilen

(iii) $P(E \mid T) = P(H \mid T)P(E \mid H \wedge T) + P(\sim H \mid T)P(E \mid \sim H \wedge T)$

eşitiliğini elde etmiş oluruz.

Yararlanılan ve Başvurulabilecek Kaynaklar

Burch, R. (2010). "Charles Sanders Peirce", **The Stanford Encyclopedia of Philosophy** (Fall 2010 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/fall2010/entries/peirce/>.

Christensen, D. (1983), "Glymour on Evidential Relevance", Philosophy of Science **50**, s. 471 - 481.

Christensen, D. (1990), "The Irrelevance of Bootstrapping", Philosophy of Science **57**, s. 644 - 662.

Earman, J. and C. Glymour (1988), "What Revisions Does Bootstrapping Need? A Reply", Philosophy of Science **55**, s. 260 - 264.

Earman, J. and W. C. Salmon (1999). "The Confirmation of Scientific Hypotheses", Salmon, M. H. et al. (eds.) içinde, s. 42 - 103.

Gemes, K. (1997). "Inductive Skepticism and the Probability Calculus I: Popper and Jeffreys on Induction and the Probability of Law-Like Universal Generalizations", Philosophy of Science **64**, s. 113 - 130.

Glymour, C. (1975), "Relevant Evidence", The Journal of Philosophy **72**, s. 403 - 426.

Glymour, C. (1980). **Theory and Evidence.** Princeton, NJ: Princeton University Press.

Grünberg, D. (2011). "Christensen'in Glymour'un Pekiştirme Kuramına Yöneltti̇ği Karşı-Örnekler: Bir Çözüm Önerisi", *Dilde/Düşüncede Tutarsızlığın İz Sürücüsü Olmak - Teo Grünberg'e Armağan Kitabı* içinde, yayına hazırlayan: Zekiye Kutlusoy, Ankara: İmge Yayınevi, yakında çıkacak.

Grünberg, D. (2004). "Bilimsel Yöntem ve Sınama Biçimleri", **Felsefe Ansiklopedisi**, **Cilt 2** içinde, yayına hazırlayan: Ahmet Cevizci, İstanbul: Etik Yayınları, s. 569 - 574.

Grünberg, T. (2000). **Sembolik Mantık El Kitabı**, Cilt 3. Ankara: METU Press.

Güzel, C. (2010). **Bilim Felsefesi**. İstanbul: Kırmızı Yayınları.

Hanson, N. R. (1965). **Patterns of Discovery**. Cambridge: Cambridge University Press.

Hempel, C. G. (1965). **Aspects of Scientific Explanation.** New York: The Free Press.

Lipton, P. (2004). **Inference to the Best Explanation** (second edition). Oxford and New York: Routledge.

Özlem, D. (2010). **Bilim Felsefesi.** İstanbul: Notos Kitap Yayınevi.

Popper, K. R. (1959). **The Logic of Scientific Discovery.** London: Hutchinson and Co.

Psillos, S. (2007). **Philosophy of Science A-Z**. Edinburgh: Edingburgh University Press.

Psillos, S. and M. Curd (eds.) (2008). **The Routledge Companion to Philosophy of Science**. London and New York: Routledge.

Salmon, M. H. et al. (eds.) (1999). **Introduction to the Philosophy of Science. Indianapolis/Cambridge:** Hackett Publishing Company.

Yıldırım, C. (1971). **Science: Its Meaning and Method**. Ankara: METU Faculty of Arts and Sciences Publications No: 21, Başnur Matbaası.

Yıldırım, C. (2010). **Bilim Felsefesi** (13. Basım). İstanbul: Remzi Kitabevi.

6

Amaçlarımız

Bu üniteyi tamamladıktan sonra;

- Nagel'in indirgemeci gelişim görüşünü ifade edebilecek ve tartışabilecek,
- Lakatos'un bilimsel araştırma programlarına dayalı gelişim görüşünü ifade edebilecek ve tartışabilecek,
- Kuhn'un bilimsel paradigma değişikliğine dayalı devrimsel gelişim görüşünü ifade edebilecek ve tartışabileceksiniz.

Anahtar Kavramlar

- İndirgemeci gelişim
- İndirgeyen teori
- İndirgenen teori
- Birikimsel gelişim
- Bilimsel araştırma programı
- Gelişen teori dizisi
- Yozlaşan teori dizisi
- Teori değişimi
- Teori değişimi süreci
- Katı çekirdek
- Temel hipotez
- Yardımcı hipotez
- Koruyucu kuşak
- Teorik olarak gelişen teori dizisi
- Deneysel olarak gelişen teori dizisi
- Anomali
- Yordam
- Negatif yordam
- Pozitif yordam
- Bilimsel paradigma
- Sembolik genelleme
- Bilimsel değerler
- Dakiklik
- Tutarlılık
- Kapsamlılık
- Yalınlık
- Verimlilik
- Metafizik ilke
- Model
- Örnek problem çözümü
- Olağan bilim dönemi
- Olağandışı bilim etkinliği
- Yıkıcı-yapıcı paradigma değişikliği
- Giderilebilen anomali
- Giderilemez anomali
- Ad hoc hipotez
- Ad hoc açıklama
- Bilimsel devrim
- Devrimsel gelişim

İçindekiler

Bilimsel Teorilerin Gelişimi

GİRİŞ

Bilim tarihinden her bilim dalına ilişkin olarak şunları öğreniyoruz. (i) Bilimsel bilgiler dağarcığı zaman içinde büyümüştür. (ii) Kabul edilen bilimsel teori zaman içinde değişip gelişmiştir. Şöyle ki, belli bir zamanda kabul edilen yeni teori, yerine geçtiği eski teoriden *daha çok gelişmiş*tir. Bu Ünite'de teorilerin gelişim sürecinin yapısını inceleyeceğiz.

Bilim felsefesinde, teorilerin gelişimine ilişkin birbirinin karşıtı olan iki çeşit görüş vardır. Bunlar *birikimsel gelişim* görüşleri ile *devrimsel gelişim* görüşleridir. Birikimsel gelişimde bir teorinin yerine gelen *daha gelişmiş* olan yeni teori eski teoriyi kapsar. Başka bir deyişle eskisinin bir genleşmesidir. Öte yandan devrimsel gelişim görüşlerinde yeni teori, yerine geçtiği eski teori ile bağdaşamaz. Dolayısıyla yeni teorinin kabul edilmesi, eski teorinin ret edilmesi anlamına gelir. O halde yeni teori eskisini kapsayamaz. (Bkz. Losee, 2004, s. 1 - 3.) Aşağıda önce birikimsel gelişim, sonra da devrimsel gelişim görüşlerini inceleyeceğiz. Birikimsel gelişim görüşleri olarak Ernest Nagel'in *indirgemeci gelişim görüşü* ile Imre Lakatos'un *bilimsel araştırma programları* metodolojisine dayalı gelişim görüşünü ele alıyoruz. Devrimsel gelişim görüşü olarak da Thomas S. Kuhn'un *bilimsel devrim*li gelişim görüşünü ele alıyoruz.

NAGEL'İN İNDİRGEMECİ GELİŞİM GÖRÜŞÜ

Nagel'in ortaya koyduğu *indirgemeci gelişim* görüşünde, bir teorinin yerine geçen ikinci bir teorinin birincisinden *daha gelişmiş* olması, birinci teorinin onun yerine geçen ikinci teoriye *indirgenmesi* veya başka bir deyişle ikinci teorinin birinci teoriyi *indirgeme*si demektir. (Bkz. Nagel, 1979, s. 338 - 366 ve Losee, 2004, s. 28 - 37.)

Örneğin Ünite 4'te sözü edilen ve burada Θ_2 olarak göstereceğimiz ideal gazların kinetik teorisi, gene Ünite 4'te sözü edilen ve burada Θ_1 olarak göstereceğimiz ideal gazların termodinamik teorisini indirger, Θ_1 ise Θ_2'ye indirgenir. Buna göre Θ_1'e *indirgenen teori*, Θ_2'ye de *indirgeyen teori* denir. Nagel'e göre Θ_1 teorisinin Θ_2 teorisine *indirgenmesi*nin, başka bir deyişle Θ_2 teorisinin Θ_1 teorisini indirgemesinin gerekli ve yeterli olan üç koşulu vardır. Bu koşulların ilk ikisi biçimsel koşullar, sonuncu koşul olgusal koşuldur.

Biçimsel Koşullar

Koşul 1: İndirgenen teorinin postulatlarında geçen her terim, indirgeyen teorinin postulatlarında geçmelidir. Örneğimizde, Θ_1 teorisinin (Ünite 4'te (5**) olarak gös terilen) $PV = \frac{M}{M_A} RT$ biçimindeki tek postulatında geçen P, V, T, M terimleri Θ_2 teorisinin sırasıyla V, VI, VII bağlantı postulatlarında geçer. Dolayısıyla (Θ_1, Θ_2) teori çifti Koşul 1'i sağlar.

Koşul 2: İndirgenen teorinin her postulatı, indirgeyen teorinin postulatlarından tümdengelimsel çıkarımla türetilebilmelidir. Örneğimizde Θ_1 teorisinin sözü geçen tek postulatı Ünite 4'te gösterildiği gibi Θ_2 teorisinin postulatlarından türetilmişti. Dolayısıyla (Θ_1, Θ_2) teori çifti Koşul 2'yi de yerine getirir.

Koşul 3: İndirgeyen teori pekiştirilmiş bir teori olmalıdır. Gerçi indirgenen teoriyi pekiştiren kanıtlar, hipotezli-tümdengelimsel pekiştirme yoluyla indirgeyen teoriyi de (Koşul 2'den dolayı) pekiştirir. Nitekim E doğrulanmış bir kanıt önermesi olduğunda,

1. $\Theta_2 \vdash \Theta_1$	(Koşul 2)
2. $\Theta_1 \vdash E$	(E, Θ_1'i pekiştirir)
3. $\Theta_2 \vdash E$	(1, 2, "$\vdash$" geçişlidir, E, Θ_2'yi pekiştirir)

Örneğin Θ_1 indirgenen teorisini pekiştiren Boyle-Mariotte, Charles ve Gay-Lussac ideal gaz yasaları, Θ_2 teorisini de pekiştirir. Ancak Θ_1 teorisini açıklamak amacıyla ortaya konulan Θ_2 teorisini kabul etmek için bu kanıtlarla yetinilmemiştir. Ayrıca bu kanıtlardan bağımsız yeni kanıtlarla Θ_2 teorisini yeterince pekiştirmek gerekiyordu. Nitekim Θ_2 teorisinin kabul edilmesi, birçok kanıtın yanı sıra bir yandan kimyasal element ve bileşimlerine ilişkin J. Dalton'un katlı oranlar yasası, J. L. Proust'un sabit oranlar yasası ve Gay-Lussac'ın gazlar hakkındaki sabit hacim oranları yasası, öbür yandan Avogadro sayısının değerinin deneysel olarak ölçülmesi yoluyla pekiştirilmesine dayanmıştır. Bütün bu kanıtlar her gaz kitlesinin çok sayıda molekülden oluştuğu hipotezini, dolayısıyla Θ_2 teorisini pekiştirmiştir.

Genel olarak indirgemeci gelişimde, indirgeyen teori, indirgenen teoriyi açıklar. Böyle bir açıklama, teorilerin sözdizimsel yaklaşımında birleştirici biçimde, teorilerin anlambilimsel (semantik) yaklaşımında ise nedensel-düzeneksel biçimde bir açıklamadır. Bunu (Θ_1, Θ_2) teori çifti ile örneklendirelim. Açıklanan-önerme Θ_1'in tek postulatıdır. Pekiştirilmiş olan bu postulatın doğru olup bir yasayı (yani ideal gaz yasasını) ifade ettiği beklenir. Bu yasa açıklanan-olguyu oluşturur. Açıklayan-önermenin bileşenleri ise Θ_2'nin postulatlarıdır. Θ_1'in tek postulatı Θ_2'nin postulatlarından, daha önce gördüğümüz gibi, tümdengelimsel çıkarımla türetilebilir. Ama Θ_1'in postulatı, Θ_2'nin postulatlarının hiçbiriyle özdeş değildir. _2'nin postulatları pekiştirilmiş önermeler olduğundan doğru oldukları ve dolayısıyla bir yasayı ifade ettikleri beklenir. Bu yasalar bir arada açıklayan olguyu oluşturur. Öte yandan Θ_1 teorisine özgü *P, T, M gözlem terimlerinin* sırasıyla (Ünite 4'teki) V, VI, VII bağlantı postulatları gereği Θ_2'nin *teorik terimlerine indirgendiği*ni söyleyebiliriz. Nitekim *a*, tek-atomlu bir ideal gaz kitlesi, *t* bir zaman anı, *V, a*'nın *t* anındaki hacmi, *M, a*'nın *t* anındaki kütlesi, *m*, molekül kütlesi, v_1, ... v_N, sırasıyla moleküllerin *t* anındaki hızları ve e_1, ... e_N, sırasıyla moleküllerin *t* anındaki kinetik enerjileri olsun. Buna göre: V bağlantı postulatı gereği, $\frac{1}{3} \times \frac{N}{V} \times m \times \frac{v_1^2 + \ldots + v_N^2}{N}$ çarpımının *P*'ye eşit olması, *a*'nın *t* anındaki basıncının *P* olmasının nedenidir; VI bağlantı postulatı gereği, $\frac{2}{3} \times \frac{N_A}{R} \times \frac{e_1 + \ldots + e_N}{N}$ çarpımının T'ye eşit olması, a'nın t anındaki mutlak sıcaklığının T olmasının nedenidir; ve VII bağlantı postulatı gereği, *N x m* çarpımının *M*'ye eşit olması, *a*'nın kütlesinin *M* olmasının nedenidir.

İndirgeyen teorinin indirgenen teoriyi açıklaması her indirgemeci gelişim örneğinde ortaya çıkmaz. Örneğin teorisinin postulatlar kümesi

$$\left\{ \; PV = \frac{M}{M_A} RT, PV = \frac{2}{3} E \; \right\}$$

olsun. Yukarıdaki Θ_1 teorisinin postulatlar kümesi ise aşağıdaki gibidir:

$$\left\{ \; PV = \frac{M}{M_A} RT \; \right\}$$

Böylece Θ_1'i'n her postulatının Θ_1^*'ın bir postulatı olduğunu görürüz. Buna göre Θ_1'in her postulatının Θ_1^*'ın postulatlarından tümdengelimsel çıkarımla türetilebildiğini söyleyebiliriz. (Nitekim {*A, B*} biçimindeki bir önerme kümesinden *A* önermesi tümdengelimsel çıkarımla türetilebilir.) Öte yandan Θ_1 teorisinin her terimi Θ_1^* teorisinin bir terimidir. Nitekim teorisinin terimleri *P, V, T, M*, Θ_1^* teorisininkiler de *P, V, T, M, E*'dir. Θ_1^* teorisinin her iki postulatı pekiştirilmiştir. Üstelik Θ_1^*'i pekiştiren kanıtlar yalnız Θ_1'i pekiştiren kanıtlarla sınırlı değildir; bu kanıtlardan bağımsız olan $PV = \frac{2}{3} E$ postulatını pekiştiren kanıtlar da bulunur. Böylece teori sinin teorisini indirgediğini veya 'in 'a indirgendiğini görüyoruz. Nitekim Koşul 1, 2 ve 3'ün her birinin (Θ_1, Θ_1^*) teori çifti için yerine geldiğini yukarıda göstermiş oluyoruz. Dolayısıyla Θ_1 teorisinden Θ_1^* teorisine geçiş bir indirgemeci birikimsel gelişimdir. Ancak Θ_2 teorisi Θ_1 teorisini açıklamasına karşın, Θ_1^* teorisi Θ_1 teorisini açıklamaz. Nitekim Θ_1 teorisinin terimlerinin Θ_2'ninkilere indirgenmesine karşın, Θ_1'in hiçbir terimi Θ_1^*'ınkilere indirgenemez.

SIRA SİZDE 1

"İndirgeme" kavramının Nagel'dakinden farklı olan şöyle bir ikinci anlamı vardır. (1, K1 gibi bir alana ilişkin teori, (2 ise K1 alanını kapsayan daha geniş K2 alanına ilişkin bir teori olsun. (1 teorisinin K1 alanında (2 teorisine indirgenmesi, (2'nin K1 alanına ilişkin önermelerinin limit durumda (1'in önermelerine yaklaşık olmaları demektir. (Bkz. Losee, 2004, s. 36.) Bu ikinci anlamdaki indirgemeyi örneklendiriniz.

LAKATOS'UN BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROGRAMLARINA DAYALI GELİŞİM GÖRÜŞÜ

Gelişen Teori Dizileri ile Yozlaşan Teori Dizileri

Lakatos (1989) herhangi bir bilim dalında ardı ardına ortaya konulan teoriler dizisini ele alarak, *gelişen teori dizisi* (*progressive series*) ile *yozlaşan teori dizisi* (*degenerative series*) ayrımını yapmıştır. (Bkz. Lakatos, 1989, s. 34.)

(1) $\Theta_1, \ldots, \Theta_{i\text{-}1}, \Theta_i, \ldots, \Theta_n$

Lakatos'un teori gelişimi görüşünde, verilen bir teori dizisinde (birincisi dışında) her teori bir önceki teoriden daha gelişmiş ise, bu teori dizisine **gelişen teori dizisi** denir.

aynı bilim dalında ardı ardına ortaya konulan *n* tane teoriden oluşan bir dizi olsun. (1) dizisinde Θ_1 dışındaki her Θ_i teorisi, bir önceki Θ_{i-1} teorisinden *daha gelişmiş ise*, (1) teorisine bir **gelişen teori dizisi** denir.

Sözü geçen (1) dizisinde Θ_1 teorisinden Θ_2 teorisine geçiş, genel olarak da Θ_{i-1}'den Θ_i'ye geçiş (i = 1, ... , n - 1), bir *teori değişimi* olayıdır. Bu n - 1 tane teori değişim olayının ardı ardına gelmesi bir *teori değişimi süreci*ni oluşturur. Böyle bir süreci oluşturan her teori değişimi bu sürecin bir *adımı*dır. Eğer Θ_i teorisi bir önceki Θ_{i-1} teorisinden daha gelişmiş ise, Θ_{i-1}'den Θ_i'ye geçiş adımı bir *gelişme adımı*dır. Öte yandan Θ_{i-1}, Θ_i'den daha gelişmiş ise ya da ne Θ_i, Θ_{i-1}'den ne de Θ_{i-1}, Θ_i'den daha gelişmiş ise Θ_{i-1}'den Θ_i'ye geçiş adımı bir *yozlaşma adımı*dır. Bütün adımları bir gelişme olan teori değişimi sürekli gelişim anlamına gelir. Örneğin Güneş sistemine ilişkin astronomi bilim dalında ardı ardına çıkan Kopernik, Galileo, Kepler ve Newton teorileri sürekli gelişim gösterir.

Şimdi bilimsel araştırma programlarının yönlendirdiği teori dizilerinin yapısını inceleyelim. Örnek olarak birbiri ardından gelen dört farklı kinetik gaz teorisinden oluşmuş bir *gelişen teori dizisi*ni ele alıyoruz. Sırasıyla Θ_1, Θ_2, Θ_3, Θ_4 olarak göstereceğimiz bu teoriler, *Krönig teorisi* (1856), *Birinci Clausius teorisi* (1857), *İkinci Clausius teorisi* (1858) ve *van der Waals teorisi* (1910) olarak adlandırılır. (Bkz. Clark, 1976.) Bu dört teoriden oluşan teori dizisini

(2) $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3, \Theta_4$

olarak göstereceğiz.

Gelişen Teori Dizilerinin Yapısı

Genel olarak (1) biçimindeki bir teori dizisinin aynı bir *bilimsel araştırma programı* uyarınca bir *gelişen teori dizisi* olması şöyle tanımlanır. (Bkz. Lakatos, 1989, s. 33 - 34.)

Lakatos'un görüşünde, bir teori dizisine ait her teorinin postulatlar kümesi, temel hipotezler kümesi ile yardımcı hipotezler kümesinin birleşimidir. Dizideki tüm teorilere ortak olan temel hipotezler kümesine, teori dizisinin **katı çekirdeği**, dizideki her teorinin yardımcı hipotezler kümesine de o teoriye özgü **koruyucu kuşak** denir.

Tanım 1: (1) teori dizisi *teorik olarak gelişen* bir dizidir ancak ve ancak aşağıdaki koşullar yerine gelirse:

(i) Θ_1, Θ_2, Θ_3, Θ_4 teorilerinin tümüne ortak olan postulatlar vardır. Bu ortak postulatların kümesini Θ olarak gösteriyoruz. Buna göre Θ kümesi, her Θ_i teorisinin postulatlarının bir alt-kümesidir. Θ postulatlar kümesine (1) teori dizisinin **katı çekirdeği** (*hard core*) denir. Katı çekirdeğe ait postulatlara (1) teori dizisinin *temel hipotez*leri denir. Dolayısıyla Θ, (1) dizisinin temel hipotezlerinin kümesidir.

(ii) (1) teori dizisine ait her Θ_i teorisinin postulatlar kümesi, Θ temel hipotezler kümesi ile $\Theta_1^{'}$ olarak gösterdiğimiz *yardımcı hipotezler* kümesinin birleşimidir. $\Theta_1^{'}$ yardımcı hipotezler kümesine Θ_i teorisine özgü **koruyucu kuşak** (*protective belt*) denir. (Aşağıda görüleceği gibi, $\Theta_1^{'}$ kümesine ait yardımcı hipotezlerin işlevi, katı çekirdeğe ait temel hipotezlerin yanlışlanmasını önlemektir.)

(iii) i = 2, ... , n olduğunda, Θ_{i-1} teorisinden türetilen ve daha önce yanlışlanmış olmayan her öndeyi, Θ_i teorisinden de türetilebilir. Bir de Θ_{i-1} teorisiyle açıklanan her olgu Θ_i teorisi tarafından en azından yaklaşık olarak açıklanabilmelidir.

(iv) i = 2, ... , n olduğunda, Θ_i teorisinden (Θ_{i-1} teorisinden türetilemeyen) yeni ve beklenmeyen bir olgunun öndeyisi türetilebilmelidir.

Tanım 2: (1) teori dizisi *deneysel olarak gelişen* bir dizidir ancak ve ancak aşağıdaki koşullar yerine gelirse:

(i) (1) teori dizisi teorik olarak gelişen bir dizidir.

(ii) $i = 2, \ldots, n$ olduğunda, Θ_i teorisinden türetilip yeni ve beklenmeyen olgular ifade eden öndeyilerden en az biri (yanlışlanmaya karşı) dayanıklı olmalıdır.

Hem teorik hem deneysel olarak gelişen bir teori dizisine *gelişen teori dizisi* denir. Her deneysel olarak gelişen dizi, tanımı gereği aynı zamanda teorik olarak da gelişen dizi olduğundan, "gelişen dizi" ile "deneysel olarak gelişen dizi" ifadeleri eşanlamlıdır.

Şimdi Tanım 1 ile Tanım 2'yi (2) kinetik gaz teorileri dizisiyle örneklendirelim. Görüleceği gibi (2) teori dizisi hem teorik hem de deneysel olarak gelişen bir dizidir. Bu *dizinin katı çekirdeği* aşağıdaki temel hipotezlerden (veya postulatlardan) oluşur:

I. *a*, kapalı kapta bir gaz kitlesi olduğunda, *a* gaz kitlesi *N* gibi çok büyük sayıda ama kendileri çok küçük olan ($\alpha_1, \ldots, \alpha_N$ moleküllerinden oluşur. Başka bir deyişle *a* makro-nesne dizgesi mikro-nesne dizgelerinden oluşan bir topluluğa indirgenir.

II. ($\alpha_1, \ldots, \alpha_N$ molekülleri kabın içinde sürekli olarak devinirler.

III. ($\alpha_1, \ldots, \alpha_N$ moleküllerinin devinimi, Newton'un klasik mekanik yasalarına uygundur. (Bkz. Clark, 1976, s. 45.)

(2) dizisindeki kinetik gaz teorilerine özgü koruyucu kuşakları belirtmek amacıyla aşağıda Θ_1, Θ_2, Θ_3 ve Θ_4 kinetik gaz teorilerini sırasıyla inceliyoruz.

Θ_1: <u>August Krönig'in Kinetik Gaz Teorisi</u>

Θ_1 teorisinin *katı çekirdeği*ni oluşturan temel hipotezler sözü geçen I, II ve III' tür. Θ_1 teorisinin Θ_1' *koruyucu kuşağı* ise şu yardımcı hipotezlerden oluşur:

(Θ_1': 1) Her gaz molekülü küre biçiminde esnek bir cisimdir.

(Θ_1': 2) Aynı bir kapalı kabın içindeki gaz moleküllerinin yörüngeleri rastgele (*randomly*) dağılmıştır.

(Θ_1': 3) Aynı bir kapalı kabın içindeki gaz molekülleri arasında hiçbir etkileşim kuvveti yoktur.

(Θ_1': 4) Aynı bir kapalı kabın içindeki gaz molekülleri kabın çeperlerine çarpmadıkları sürece aynı sabit hızla doğrusal olarak devinirler. Moleküller kabın çeperlerine çarptıkları zaman ise *esnekçe* (*elastically*) çarparlar; yani çarptıklarından hemen sonra ters yönde aynı hızla devinmeye devam ederler.

Yukarıda belirtilen hipotezlerden oluşan Θ ile Θ_1' kümelerinden oluşan Θ_1 kinetik gaz teorisinden ideal gaz yasası türetilir. Dolayısıyla Θ_1 teorisi gereğince bütün gaz kitleleri her durum ve zamanda ideal gaz yasasına uyarlar veya başka bir deyişle bütün gaz kitleleri hep ideal gaz niteliğindedir. Oysa bu sav gözlem ve deneye aykırıdır. Bir teori ile gözlem ve/veya deney arasındaki aykırılığa **anomali** denir.

Bir teorinin hipotezlerinden tümdengelimsel olarak türetilen bir önermenin değillemesi gözlem ve/veya deneyle doğrulanmış bir gözlem önermesi ise, bu önermenin dile getirdiği olguya sözü geçen teoriye ilişkin bir **anomali** denir.

Anomali

Bilim felsefesinde çok önemli olan "anomali" kavramını şöyle tanımlayabiliriz.

Tanım 3: *A* olgusu, (1) teori dizisine ait Θ_i teorisinin karşılaştığı bir *anomali*dir ancak ve ancak şu iki koşul yerine gelirse:

(i) *A* bir yalın olgu olup "*A*" gözlem ve/veya deneyle doğrulanmış bir gözlem önermesi veya *A* bir deneysel yasa ve "*A*" tümevarımsal çıkarımla pekiştirilmiş bir yasa önermesidir.

(ii) *A* olgusunu ifade eden “*A*” önermesinin değillemesi olan *“A”* önermesi teorisine ait hipotezlerden tümdengelimsel çıkarımla türetilir. Başka bir deyişle, “*A*” önermesi ile ‘yi oluşturan hipotezler birlikte tutarsızdır.

Örneğin incelediğimiz Θ_1 teorisi (yani Krönig’in kinetik gaz teorisi) birçok anomali ile karşılaşır. Örneğin *a, t* zamanında bir Helyum gaz kitlesi olsun. *a* gaz kitlesi 2.24 atmosfer basıncı altında -267 °C’ye kadar soğutulursa sıvılaşır. Bu sıvılaşma olgusunu *A* olarak gösterelim. “~*A*” önermesini, yani “*a* Helyum gaz kitlesi 2.24 atmosfer basıncı altında -267 °C’ye kadar soğutuldu ama sıvılaşmadı” önermesini teorisini oluşturan hipotezlerden türetebiliriz. Nitekim bu teori gereğince her gaz kitlesi bütün nesne-durumlarında ideal gaz niteliğinde olduğundan, *a* gaz kitlesinin sıvılaşması olanaksızdır.

Bilimsel Araştırma Programlarının Yordamı

Anomali kavramını kullanarak (1) biçimindeki bir teori dizisini yönlendiren bir bilimsel araştırma programının yapısını şöyle dile getirebiliriz. Bir *bilimsel araştırma programı*, (1) teori dizisinin *katı çekirdeği* ile *yordamı* (*heuristic*) denilen yöntemsel kurallardan oluşur. (Bkz. Lakatos, 1989, s. 47 - 52.) Yordamı oluşturan kurallar kesin olmayıp yalnızca yönlendirici olan kurallardır. Yordam, *negatif yordam* ile *pozitif yordam*a ayrılır. *Negatif yordam*, teori dizisinin katı çekirdeğini korumayı amaçlar. *Pozitif yordam* ise, teori dizisini oluşturan teorilere özgü olan koruyucu kuşakların adım adım ortaya konulmasını yönlendirir.

Negatif yordam şu kurallarla dile getirilebilir. $\Theta_{i\text{-}1}$ teorisi (i = 2, ... , n), *A* gibi bir anomali ile karşılaşırsa:

(i) Θ katı çekirdeğine ait hiçbir temel hipotez, *A* anomalisi tarafından yanlışlanmış sayılmamalıdır.

(ii) *A* anomalisinin $\Theta'_{i\text{-}1}$ koruyucu kuşağına ait en azından bir yardımcı hipotezi yanlışladığı kabul edilmelidir.

Örneğin Θ_1 teorisinin karşılaştığı anomaliler arasında, daha önce belirtildiği gibi, gazların belli sıcaklık ve basınç durumlarında sıvılaşması olgusu bulunur. Yukarıdaki (i) kuralı, Θ katı çekirdeğine ait hiçbir temel hipotezin, özellikle Popper’in tümdengelimci-yanlışlamacı görüşünün mantıksal temeli olan (bkz. Ünite 5) *modus tollens* tümdengelimsel geçerli çıkarım biçimine dayanarak *A* anomalisi tarafından çürütülemeyeceği anlamına gelir. Ünite 5’te bu çıkarım biçimini ismini vermeden kullanmıştık. *Modus tollens*’in biçimi aşağıdaki gibidir:

$$\begin{array}{l} \Phi \rightarrow \Psi \\ \quad \sim \Psi \\ \hline \sim \Phi \end{array}$$

Şimdi $H_1 \wedge ... \wedge H_k \wedge H'_1 \wedge ... \wedge H'_m$, Θ katı çekirdeğine ait H_1, ... , H_k temel hipotezler ile $\Theta_{i\text{-}1}$ koruyucu kuşağına ait H'_1 , ... H'_m , yardımcı hipotezlerin tümelevetlemesi olsun. *A* anomalisini dile getiren önermenin değillemesi olan “~*A*” ise, $H_1 \wedge ... \wedge H_k \wedge H'_1 \wedge ... \wedge H'_m$ ’in tümdengelimsel sonucu olsun. Buna göre, “*A*” ≡ “~~ *A*” olduğuna da dikkat ederek, aşağıdaki modus tollens biçimindeki çıkarımı yazabiliriz:

$$\begin{array}{r} H_1 \wedge ... \wedge H_k \wedge H'_1 \wedge ... \wedge H'_m \rightarrow \text{“}{\sim}A\text{”} \\ \text{“}A\text{”} \\ \hline \sim H_1 \wedge ... \wedge H_k \wedge H'_1 \wedge ... \wedge H'_m \end{array}$$

$\sim (H_1 \wedge ... \wedge H_k \wedge H_1' \wedge ... \wedge H_m') \equiv H_1 \vee ... \vee \sim H_k \vee \sim H_1' ... \vee \sim H_m'$ olduğuna göre, A anomalisini dile getiren "A" önermesinin normal olarak mantık ve gözlem ve/veya deneye dayanarak $H_1, ... , H_k$ temel hipotezleri ile Θ'_{i-1} koruyucu kuşağına ait , ... , yardımcı hipotezlerinden en az birini çürütmesi gerekirdi. Ancak negatif yordamın (i) koşulu, katı çekirdeğe ait $H_1, ... , H_m'$ temel hipotezlerinden herhangi birinin modus tollens ile yanlışlanmasını engeller. Öte yandan negatif yordamın (ii) koşulu gereği, A anomalisi Θ'_{i-1} koruyucu kuşağına ait $H_1, ... , H_m'$ yardımcı hipotezlerinden en az birini *modus tollens* ile yanlışlayabilir. Başka bir deyişle, (i) ve (ii) koşulu gereği varacağımız sonuç $\sim H_1' \vee ... \vee \sim H_m'$ tikel-evetlemesidir. Yani $H_1,..., H_m'$ yardımcı hipotezlerinden en az birinin A anomalisini dile getiren "A" önermesi tarafından yanlışlandığını söyleriz. (Bkz, Lakatos, 1989, s. 48.)

Genel olarak (1) teori dizisine ait Θ_{i-1} teorisi (i = 2, ... , n) anomaliler ile karşılaşırsa, Θ_{i-1} teorisi yerine ondan (hem teorik hem deneysel olarak) daha gelişmiş olan Θ_i teorisi ortaya konulup kabul edilmelidir. Eğer A olgusu Θ_{i-1} için bir anomali ise, Θ_{i-1}'in koruyucu kuşağına ait bazı yardımcı hipotezler yerine başkalarını koymakla teorinin "A" önermesiyle birlikte tutarsız olması önlenir. Nitekim söz konusu değişiklik soncunda Θ_{i-1} teorisi yeni bir Θ_i teorisine dönüşür. "A" önermesi Θ_i'nin hipotezleriyle birlikte *tutarlı* olur (yani tutarsız olmaz). Bu durumda A olgusunun oluşturduğu *anomali*nin *giderilmiş* olduğunu söyleriz. İşte (1) teori dizisini yönlendiren bilimsel araştırma programının *pozitif yordamı*, Θ_{i-1} teorisinden Θ_i teorisine geçiş adımına ilişkindir. Negatif yordam gereği bu geçiş adımında Θ katı çekirdeği korunur. Buna karşılık Θ_{i-1} teorisinin Θ'_{i-1}koruyucu kuşağı değiştirilerek yeni Θ_i teorisinin Θ'_i koruyucu kuşağını oluşturan yordam ortaya konulması, pozitif yordamı oluşturan kurallarca yönlendirilir. Bu kuralların genel biçimi şöyle dile getirilebilir (bkz. Lakatos, 1989, s. 49 - 51):

Θ_i teorisinin yardımcı hipotezleri öyle seçilmelidir ki:

(i) Θ_i teorisinde, Θ_{i-1} teorisinin karşılaştığı anomalilerin ya tümü ya da en azından bazıları giderilmiş olsun.

(ii) Θ_i teorisi, Θ_{i-1} teorisinden (Tanım 1 ve Tanım 2 anlamında) daha gelişmiş olsun.

Θ_2 : <u>Rudolf Clausius'un Birinci Kinetik Gaz Teorisi</u>

Bilimsel araştırma programının negatif ve pozitif yordamını (2) teori dizisine ait Θ_1 teorisinden Θ_2 teorisine geçiş adımıyla örneklendirelim. Θ_2 teorisinin, yani Clausius'un Birinci Kinetik Gaz Teorisinin (bkz. Clausius, 1857 ve Clark, 1976, s. 47 - 49) katı çekirdeği, negatif yordam gereği, Θ_2 teorisinin Θ katı çekirdeğiyle özdeştir. Öte yandan Θ'_2 koruyucu kuşağını oluşturan başlıca yardımcı hipotezler şöyle dile getirilebilir:

(Θ'_2 : 1) Yaklaşık olarak küre biçiminde gaz molekülleri ile öyle olmayanları vardır.

(Θ'_2 : 2) Aynı bir kapalı kap içindeki gaz moleküllerinin yörüngeleri rastgele dağılmıştır.

(Θ'_2 : 3) Aynı bir kapalı kap içindeki gaz molekülleri arasında (*kohezyon* denilen) bir çekim kuvveti vardır.

(Θ'_2 : 4) Aynı bir kapalı kap içindeki gaz molekülleri *gaz fazında* iken hem kabın çeperlerine esnekçe çarparlar, hem de birbirleriyle esnekçe çarpışırlar. Gaz molekülleri kabın çeperlerine veya birbirlerine çarpmadıkları sürece sabit hızla doğrusal (*linear*) olarak devinirler.

(Θ'_2 : 5) Aynı bir kapalı kap içindeki gaz moleküllerini devinimleri yalnız ötelemeli devinim (*translational motion*) biçiminde değil, aynı zamanda, dönme devinimi (*rotational motion*) ve titreşim devinimidir (*vibrational motion*) biçimindedir.

(Θ'_2 : 6) Kapalı bir kap içindeki gaz molekülleri şu koşulları yerine getirir (bkz. Clausius, 1857, s. 116):

(i) Gaz fazında, gaz moleküllerinin kapladığı hacim, kapalı kabın hacmine göreli olarak ihmal edilebilir.

(ii) Gaz fazında, herhangi bir gaz molekülünün başka bir moleküle veya kabın çeperlerine çarpma süreci ardışık iki çarpma arasındaki süreye göreli olarak ihmal edilebilir.

(iii) Gaz fazında, gaz moleküllerinin çekim güçleri ihmal edilebilir.

Bu üç koşulu yerine getiren moleküllerin oluşturdukları gaz kitlesi, başka bir deyişle gaz fazı, *ideal gaz* niteliğinde olur.

(Θ'_2: 7) Kapalı bir kabın içindeki gaz molekülleri arasındaki kuvvetlerin etkileri gaz fazından sıvılaşma fazına geçiş durumunda ortaya çıkar.

Görüldüğü gibi Θ_2 teorisinin ikinci yardımcı hipotezi Θ_1 teorisininki ile özdeştir. Θ_2 teorisinin diğer yardımcı hipotezleri ise, Θ_1 teorisinde bulunanlarda değişiklik yapılarak oluşturulmuştur. Bu değişiklikler, Θ_2 teorisinin yardımcı hipotezlerinin Θ_1'inkilerine göreli olarak somut gerçekliği daha iyi betimlemelerini sağlamaktadır. Böyle olması Θ_2 teorisinin hedef uygulamaları kümesinin Θ_1'inkinden daha geniş olmasını sağlar. Böylece Θ_2 teorisinin yol açtığı öndeyiler ve açıklamalar Θ_1'inkilerinden fazla olur. Dolayısıyla Θ_2, Θ_1'den daha gelişmiş olur. Clark (1976, s. 45), yeni teorinin yardımcı hipotezlerinin gerçeği daha iyi yansıtması koşulunu pozitif yordamın bir kuralı sayıyor. Aşağıda görüleceği gibi, Θ_2 teorisinden Θ_3 teorisine geçiş adımında da pozitif yordama ait aynı kural geçerlidir.

Dikkat edilirse Θ_1 teorisinin karşılaştığı sözü geçen anomali, yani gazların sıvılaşması olgusu, Θ_2 teorisi için anomali değildir. Tam tersine bu olgunun varlığı, Θ_2 teorisinden türetilir ve böylece Θ_2 teorisi tarafından açıklanmış olur.

Θ_3 : <u>Rudolf Clausius'un İkinci Kinetik Gaz Teorisi</u>

Θ_2 teorisi şöyle bir anomali ile karşılaşmıştır. Θ_2 teorisine göre moleküllerin doğrusal devinimlerinin hızı çok büyüktür. Örneğin bu hız 0°C'ta oksijen molekülleri için 46 m/sn, hidrojen molekülleri için de 1844 m/sn'dir. (Bkz. Clausius, 1858, s. 131.) Böyle olunca birbirine temas eden iki gaz kitlesi çok kısa sürede birbirine karışmalıydı. Örneğin "bir odadaki gaz molekülleri bir saniyede bu odayı yüzlerce kez dolaşırlardı" (bkz. Clark, 1976, s. 49, n. 30. Clark bu alıntıyı Buijs-Ballot (1858), s. 240'dan almıştır). Oysa gözlem ve deney, gazların birbirine karışmasının anında olmayıp oldukça zaman tuttuğunu gösterir. Bu olgu ise Θ_2 teorisinin karşılaştığı bir anomaliyi oluşturur. Clausius Θ_3 olarak gösterdiğimiz ikinci teorisinde (Bkz. Clausius, 1858) bu anomaliyi gideren yeni bir kinetik gaz teorisi ortaya koymuştur. Θ_2 teorisinden Θ_3 teorisine geçişte, bir yandan negatif yordama uygun olarak Θ_3'ün katı çekirdeği Θ katı çekirdeği ile özdeştir, öte yandan Θ_3'ün koruyucu kuşağı Θ_2'nin Θ'_2 koruyucu kuşağından daha gerçekçidir.

Θ'_3 koruyucu kuşağını oluşturan yardımcı hipotezleri biri dışında Θ'_2'nin yardımcı hipotezleriyle özdeştir. Θ'_2'ye ait yardımcı hipotezlerden Θ'_3'ün dışında kalan tek yardımcı hipotez (Θ'_2 : 6)'dır. Nitekim gaz moleküllerinin gaz fazında hep ideal gaz niteliğinde olmasını gerektiren (Θ'_2 : 6) yardımcı hipotezi, yukarıda sözü edilen anomali tarafından yanlışlanmış sayılır. Θ'_3 koruyucu kuşağında (Θ'_2 : 6) yerine aşağıdaki yardımcı hipotez yer alır:

(Θ'_3 : 6) Kapalı bir kap içindeki gaz moleküllerinin her birinin kendi merkezinde bulunduğu ve yarıçapı ρ olan bir *etki küresi* vardır. Herhangi iki molekül arasında çekim kuvvetinin yanı sıra bir de itiş kuvveti vardır. Eğer iki molekül arasındaki uzaklık ρ yarıçapından küçük ise itiş kuvveti iki molekülü birbirinden uzaklaştırır. Buna karşılık iki molekül arasındaki uzaklık ρ yarıçapından büyük ise iki molekül arasındaki itiş kuvveti etkisiz kalıp, bunu yerine çekiş kuvveti etkili olur. Ancak bu çekiş kuvveti, moleküllerin yörüngelerini çok az değiştirir. (Bkz. Clausius, 1858, s. 135, 138 ve Clark, 1976, s. 49.)

Yukarıdaki (Θ'_3 : 6) yardımcı hipotezinde geçen "etki küresi" kavramına dayanarak, *ortalama serbest yol* (*mean free path*), gaz moleküllerinin birbirinin etki küresine girmeden aldıkları yolların ortalama uzunluğu olarak tanımlanır. Ortalama serbest yolun çok kısa olduğu gösterilmiştir. (Bkz. Clausius, 1858, s. 145 ve Clark, 1976, s. 49.)

Ortalama serbest yolun kısalığı, Θ_2 teorisinin karşılaştığı daha önce sözü edilen anomalinin Θ_3 teorisinde giderilmesini sağlar. Nitekim karışan iki gaz kitlesindeki moleküllerin ortalama serbest yolunun çok kısa olmasına dayanarak, gaz yayılma hızının küçük olduğu, dolayısıyla gazların karışma sürecinin büyükçe olduğu sonucuna varılır. (Bkz. Clausius, 1858, s. 147 ve Clark, 1976, s. 49.) Böylece söz konusu anomali Θ_3 teorisi tarafından açıklanan bir olgu sayılır. Bu da Θ_3 teorisinin Θ_2 teorisinden *daha gelişmiş* olduğunu gösterir.

Θ_4 : Van der Waals'ın Kinetik Gaz Teorisi

Θ_4 olarak gösterdiğimiz Johannes Diderik van der Waals'ın kinetik gaz teorisinin (bkz. Clark, 1976, s. 57 - 60) katı çekirdeği, Θ_3'ün katı Θ çekirdeği ile özdeştir. Öte yandan Θ_4 teorisinin Θ'_4 koruyucu kuşağı, Θ_3'ü oluşturan yedi yardımcı hipoteze aşağıdaki yeni yardımcı hipotezi eklemekle oluşur:

(Θ'_4 : 8) Kapalı bir kap içindeki N_A sayıda gaz molekülleri topluluğunun *P* basıncı, *V* hacmi ve *T* mutlak sıcaklığı arasındaki bağıntı, başka bir deyişle *nesne-durumu denklemi* (*state equation*), gaz fazı ile sıvı fazında aynıdır. (Daha önce Ünite 3'te de söz ettiğimiz) Van der Waals denklemi diye adlandırılan bu denklem, bir mol gaz için

$$(3) \qquad (P+\frac{a}{V^2})(V-b)=RT$$

biçimindedir. *a* ile *b* (daha önce Ünite 3'te de söz ettiğimiz gibi), van der Waals parametreleri diye adlandırılan iki sabittir.

a ile *b* sabitleri denklemin uygulandığı gaz veya sıvı kitlesinin moleküllerinin türüne bağlıdır. *b* sabiti, N_A sayıda molekülün etki kürelerinin hacimlerinin toplamına eşittir. Buna göre *V* - *b*, moleküllerin birbirinin etki küresine girmeden devinebildikleri uzay bölgesinin hacmine eşittir. *a* sabitinin anlamını belirtmek için önce (3) denklemini eşdeğeri olan

$$(4) \qquad P=\frac{RT}{V-b}-\frac{a}{V^2}$$

biçimine dönüştürelim. Görüldüğü gibi a/V^2 oranı, *P* basıncını azaltan bir etkendir. Bu etken, moleküller arasındaki kohezyon denilen çekim kuvvetinden kaynaklanır. Nitekim kabın çeperlerine çarpan moleküller, onların yakınlarında bulunan öbür moleküllerin çekim kuvvetinin etkisinde bulunurlar. Bu etki, kabın çeperlerine çarpan moleküllerden kaynaklanan *P* basıncının a/V^2'ye eşit bir ölçüde azaltır. O halde *a* sabitinin, moleküller arasındaki çekim kuvvetini belirttiğini söyleyebiliriz. Belli bir maddeye ilişkin *a* ile *b* sabitlerinin değerini deneysel olarak saptamak için söz konusu maddenin bir molünden oluşan bir gaz kitlesinin iki *farklı* nesne-durumundaki P_1, V_1, T_1 ile P_2, V_2, T_2 nesne-durumu değişkenleri nin değerlerini deneysel olarak ölçeriz. Böylece $(P_1 + \frac{a}{V_1^2})(V_1 - b) = RT_1$ ile $(P_2 + \frac{a}{V_2^2})(V_2 - b) = RT_2$ denklemleri elde edilir. Bu iki denklemi birlikte çözerek *a* ile *b* bilinmeyenlerinin değeri saptanır.

Dikkat edilirse Θ_3 teorisinden Θ_4 teorisine geçiş negatif ile pozitif yordama uygundur. Nitekim bir yandan Θ katı çekirdeği korunmuş, öbür yandan Θ'_4 koruyucu kuşağının yeni (Θ'_4 : 8) yardımcı hipotezi, hem gaz hem sıvı fazlarını gerçekçi bir biçimde betimliyor. Üstelik Θ_4 teorisi de Θ_3 teorisinden daha gelişmiştir.

Van der Waals'ın Θ_4 teorisinin Clausius'un Θ_3 teorisinden daha gelişmiş olmasının nedenlerinden biri saf maddelerin (yani kimyasal elementler ile bileşimlerin) kritik sıcaklıkları ile kritik basınçlarının van der Waals denkleminden türetilebilmesi olgusudur. Bir maddenin *kritik sıcaklığı* bu koşulları yerine getiren Tc sıcaklığı demektir.

(i) Söz konusu maddeden oluşan *a* gaz kitlesinin *T* sıcaklığı T_c'den büyük ise, *a* hiçbir basınçta sıvılaşamaz (yani gaz fazından sıvı fazına geçemez).

(ii) *a* gaz kitlesinin *T* sıcaklığı T_c'den küçük ise, *a* gaz kitlesi belli basınçlarda sıvılaşabilir.

Örneğin suyun kritik sıcaklığı 374°C (674 K), Helyum'un ki ise (267.96°C (5.19 K)tır. 374°C'tan sıcak bir H_2O gaz kitlesi ile (267.96°C'tan sıcak bir Helyum gazı kitlesi hiçbir basınçta sıvılaşamaz. Öte yandan bir madenin *kritik basıncı*, bu maddenin kritik sıcaklığındaki denge buhar basıncı demektir.

Bir maddenin T_c kritik sıcaklığından küçük *T* sıcaklığındaki denge buhar basıncı şu koşulları yerine getiren *P* basıncıdır:

a, söz konusu maddenin yalıtılmış bir kapalı kabı dolduran *T* sıcaklığında bir kitlesi olsun. Ayrıca *a* kitlesi a_1 sıvı fazı ile a_2 gaz fazından oluşsun. Buna göre

(i) Eğer kapalı kabın içindeki basınç *P*'den küçük ise, a_1 sıvı fazı buharlaşıp miktarı azalır, a2 gaz fazının miktarı artar.

(ii) Eğer kapalı kabın içindeki basınç *P*'den büyük ise, a_2 gaz fazı sıvılaşıp miktarı azalır, a_1 sıvı fazının miktarı artar.

(iii) Eğer kapalı kabın içindeki basınç *P*'ye eşit ise, a_1 sıvı fazı buharlaşmaz, a_2 gaz fazı sıvılaşmaz. a_1 ile a_2'nin miktarları da sabit kalır.

Bir madenin *normal kaynama noktası*, öyle bir *T* sıcaklığıdır ki, maddenin *T* derecedeki denge buhar basıncı 1 atmosfere eşittir. Örneğin suyun normal kaynama noktası 100°C'tır. Bu bilgiye dayanarak suyun 100°C'taki denge buhar basıncının 1 atm olduğu sonucunu çıkarabiliriz. Öte yandan kritik sıcaklığı olan 374°C'taki denge buhar basıncı 218 atm'dir. Dolayısıyla suyun kritik basıncı da 218 atm'ye eşittir. Helyum'a gelince, kritik sıcaklığı (267.96°C olduğuna göre, kritik basınç Helyum'un söz konusu sıcaklıktaki denge buhar basıncıdır. Bu basınç ise 2.24 atm'ye eşittir.

Şimdi Van der Waals denkleminden saf maddelerin T_c kritik sıcaklığı ile P_c kritik basıncının nasıl türetildiğini görelim. Önce Van der Waals denkleminin (4) biçimini ele alalım. (4) denklemindeki T değişkenine belli bir değer verirsek, P basıncının V hacmine bağlı belli bir fonksiyonunu elde ederiz. Eğer T değişkeninin değeri olarak ilgili maddenin T_c kritik sıcaklığını seçersek, (4) denkleminden

(5) $$P = \frac{RT_c}{V-b} - \frac{a}{V^2}$$

denklemi elde edilir. (Dikkat edilirse a, b, T_c aynı maddeye ilişkin sabitlerdir.) (5) denkemiyi nin bir fonksiyonu olarak belirler. Şimdi (5) denkleminde P değişkeninin yerine söz konusu maddenin P_c kritik basıncını koyalım. Böylece

(6) $$P_c = \frac{RT_c}{V-b} - \frac{a}{V^2}$$

denklemi elde edilir. Bu denklemdeki tek bilinmeyen Vdir. Vnin değeri söz konusu maddenin 1 molünün T_c kritik sıcaklığında ve P_c kritik basıncındaki hacmidir. Bu hacim ise, maddenin kritik hacmi olarak adlandırılır ve Vc olarak gösterilir. Buna göre (P_c, V_c, T_c) sıralı üçlüsüne ilgili maddenin kritik nesne-durumu denir. P_c, V_c ve T_c'nin her birinin de bir kritik nokta olduğu söylenir. İşte Van der Waals denklemine dayanarak her saf maddeye ilişkin P_c, V_c ve T_c'nin değerleri, van der Waals sabitlerinin (yani a ile b'nin) birer fonksiyonu olarak şöyle hesaplanabilir. P_c, V_c ve T_c üç ayrı bilinmeyen olduğuna göre, bunların değerlerini hesaplamak için üç tane denkleme gereksinim vardır. Bu denklemlerden biri (6) denkleminde V yerine V_c konularak elde edilen

(7) $$P_c = \frac{RT_c}{V_c-b} - \frac{a}{V_c^2}$$

denklemidir. Öbür iki denklem sırasıyla (4) van der Waals denkleminde P'nin V'ye göre birinci-dereceden kısmi türevinin ve P'nin V'ye göre ikinci-dereceden kısmi türevinin 0'a eşitlenerek, $V = V_c$, $P = P_c$ alınmasıdır. Buna göre

(8) $$\frac{\partial P}{\partial V} = 0 \quad , \qquad V = V_c,\ T = T_c,$$

ile

(9) $$\frac{\partial^2 P}{\partial V^2} = 0 \qquad V = V_c,\ T = T_c$$

denklemleri elde edilir. P_c, V_c ve T_c'yi bir arada matematiksel olarak tanımlayan (7), (8) ve (9) denklemlerinin birlikte çözülmesi yoluyla

(10) $$P_c = \frac{a}{27b^2}$$

(11) $V_c = 3b$

(12) $$\frac{8a}{27Rb}$$

sonuçları elde edilir. (Bkz. Salzman, 2004).

Van der Waals denkleminden yukarıdaki işlemlere dayanarak türetilen (10), (11) ve (12) ile ifade edilen kritik noktaların değerlerinin deneysel olarak ölçülen değerlere uygun olduğu saptanmıştır. (Bkz. Clark, 1976, s. 59.) Böylece Θ_1, Θ_2, Θ_3, Θ_4 teorilerinden oluşan (2) teori dizisinin bir *gelişen teori dizisi*, dolayısıyla bu teori dizisini yönlendiren kinetik gaz teorisinin araştırma programının da bir *gelişen bilimsel araştırma* olduğu ortaya çıkar. Söz konusu (2) teori dizisinin oluşturduğu teori gelişimi bir *birikimsel* değişimdir. Nitekim bu dizideki her teori, bir öncekinin tüm temel hipotezleri, daha *yanlışlanmamış* tüm yardımcı hipotezleri kapsamaktadır. Genel olarak daha önce belirttiğimiz gibi bir bilimsel araştırma programınca yönlendirilmiş her gelişen teori dizisi bir birikimsel gelişim oluşturur.

SIRA SİZDE 2

Aynı bilimsel araştırma programıyla yönlendirilen gelişen ile yozlaşan teori dizilerinin birbirini izlemesini örneklendiriniz.

KUHN'UN BİLİMSEL PARADİGMA DEĞİŞİKLİĞİNE DAYALI DEVRİMSEL GELİŞİM GÖRÜŞÜ

Bilimsel Paradigma

Kuhn'un ortaya koyduğu **disipliner matriks** anlamındaki bilimsel paradigma kavramı, sembolik genellemeler, metafizik ilkeler, modeller, bilimsel değerler ve örnek problem çözümleri öğelerini içerir.

Thomas S. Kuhn (1962; 1970, ikinci baskı; Türkçe çeviri, 2008, sekizinci baskı)'da ortaya konulan görüşte bir bilim dalında belli bir zamanda bilim insanları topluluğunca kabul edilen teori bir *bilimsel paradigma* tarafından yönlendirilir. **"Disipliner matriks"** *("disciplinary matrix")* olarak adlandırılan bilimsel paradigma (bkz. Kuhn, 1970, s. 182; Kuhn, 2008, s. 291) teorinin yasa-önermeleriyle birlikte, bunları yönlendiren yöntem kurallarından oluşur. Dolayısıyla Kuhn'un ortaya koyduğu bu kavram Lakatos'un "bilimsel araştırma programları" kavramına benzer. Aralarındaki önemli ayrım, bilimsel paradigmanın (bilimsel araştırma programının tersine) dolaysız olarak teoriyi değil de, teoriyi kabul eden bilim insanları topluluğunu yönlendirmesidir. Teorinin yönlendirilmesi, ancak dolaylı olarak bilim insanları topluluğu aracılığıyla gerçekleşir.

Öte yandan Lakatos'un bilimsel araştırma programı, tek bir teoriyi değil de bir teori dizisini yönlendirir. Ancak böyle diziyi oluşturan teorilerin ortak katı çekirdeklerinden ötürü aynı teorinin zaman içindeki farklı teori aşamaları *(theory phases)* sayılabilir. (Bkz. Nola and Sankey, 2007, s. 274.) Böyle olunca, her bilimsel araştırma programı (her bilimsel paradigma gibi), bir tek teoriye ilişkindir.

Her bilimsel paradigma aşağıdaki bileşenlerden oluşan bir bütündür:

(i) Sembolik Genellemeler: *Sembolik genellemeler,* tümel-koşullu önermeler ya da denklemler biçiminde sembolleştirilmiş veya böyle sembolleştirilebilen yasa-görünümlü önermelerdir. (Bkz. Kuhn, 1970, s. 182 - 184; Kuhn, 2008, s. 291 - 293.) Bilimsel paradigmanın sembolik genellemeleri, bilimsel araştırma programının katı çekirdeği ile koruyucu kuşaklarının karşılığıdır. Örneğin klasik mekaniğe dayalı kinetik gaz anlayışı bir bilimsel paradigmadır. Örnek olarak seçtiğimiz bu bilimsel paradigmaya *klasik kinetik gaz paradigması* diyoruz. Bu bilimsel paradigmanın sembolik genellemeleri, önceki bölümde incelenen *kinetik gaz* teorilerine ilişkin temel hipotezler, yardımcı hipotezler ve bunlardan türetilen (ideal gaz denklemi ile Van der Waals denklemi gibi) yasa-önermelerinde oluşur.

(ii) Metafizik İlkeler ve Modeller: Bilim dalının konusu olan varlıkları belirten metafizik ilkeler ve modeller de bilimsel paradigmada yer alırlar. (Bkz. Kuhn, 1970, s. 184; Kuhn, 2008, s. 293 - 294.) Örneğin klasik kinetik gaz paradigmasında, moleküllerin varlığı ilkesi bir metafizik ilkedir. Öte yandan bir tek-atomlu gaz kitlesini oluşturan molekül topluluğunu, birbiriyle esnekçe çarpışan bilardo topu topluluğuna benzetmek bir model oluşturur.

(iii) Bilimsel Değerler: *Bilimsel değerler,* herhangi bir bilim dalındaki alternatif teoriler arasında hangisinin *daha gelişmiş* olduğunu belirten ölçütlerdir. Başlıca bilimsel değerler, *dakiklik (accuracy), tutarlılık (consistency) kapsamlılık (scope), yalınlık (simplicity) ve verimlilik (fruitfulness)*tir. (Bkz. Kuhn, 1977, s. 321 - 322.)

1. Seçilen teori *dakik* olmalı, yani teoriye dayanarak türetilen öndeyiler ile gözlem ve deney sonuçları arasında uyum olmalıdır. Özellikle niceliklerin hesaplanan değerleri, ölçülen değerlerine yaklaşık olmalıdır. Aynı niceliğin farklı yöntemlerle ölçülen değerleri de birbirine yaklaşık olmalıdır. Örneğin Avogadro sayısı on üç farklı yöntemle ölçülmüş olup ölçü sonuçları birbirine çok yakım çıkmıştır. (Bkz. Salmon, 1984, s. 216.)

2. Seçilen teori *tutarlı* olmalı, yani (a) teorinin önermeleri arasında çelişki olmamalı, (b) söz konusu teorinin önermeleri ile aynı zamanda kabul edilen başka bilim dallarına ilişkin teorilerin önermeleri arasında çelişki olmamalıdır. Örneğin klasik kinetik gaz teorisi kendi içindeki önermelerle olduğu gibi klasik Newton mekaniği teorisinin önermeleriyle de tutarlıdır.

3. Seçilen teori *kapsamlı* olmalı, yani teoriden yeni ve beklenmeyen olguların öndeyisi türetilebilmelidir. Örneğin kinetik gaz teorisinde van der Waals denklemine dayanarak kritik noktaların değeri van der Waals sabitlerine bağlı olarak hesaplanabilmiştir.

4. Seçilen teori *yalın* olmalıdır, yani teori, birbiriyle ilişkisiz görünen karmaşık olgular arasında yalın bir düzenlilik ortaya koymalıdır. Örneğin kinetik gaz teorisi, gaz kitlelerinin basıncı ve sıcaklığı ile gaz moleküllerinin devinimi arasında yalın bir bağıntı kurmuştur.

5. Seçilen teori *verimli* olmalıdır, yani teori ilgili bilim insanlarına yeni problem ve araştırma alanları sağlamalıdır. Örneğin kinetik gaz teorisi, çeşitli gaz moleküllerinin farklı sıcaklıklardaki ortalama hızlarını hesaplama problemine yol açmıştı.

Yukarıdaki beş değer, ilgili bilim insanları topluluğunun alternatif teoriler arasındaki seçimini yönlendirmekle birlikte bu seçimi zorunlu kılmaz. Son karar bilim insanları topluluğunun takdirine kalır. Nitekim bu değerlere dayanan teori seçimi şu iki güçlükle karşılaşır. (a) Değerlerden her biri somut uygulamaları bakımından kesinlikten yoksundur. (b) Değerler, bir arada ele alındığında birbiriyle çatışabilirler. Örneğin Ptolemaeus ile Kopernik astronomi teorileri arsındaki seçimi ele alalım. Bu iki alternatif teori arasında *dakiklik* değeri bakımından fark yoktur. *Tutarlılık* değeri bakımından Ptolemaeus teorisi daha gelişmiştir. Çünkü Kopernik'in zamanında kabul edilen fizik, Aristoteles'in fizik teorisiydi. Bu fizikle tutarlı olan astronomi teorisi Ptolemaeus'unkiydi. (Bkz. Kuhn, 1977, s. 323.) *Yalınlık* bakımından Kopernik'in teorisi Ptolemaeus'unkinden daha gelişmiş idi. (Bkz. Kuhn, 1977, s. 324.)

(iv) Örnek Problem Çözümleri: Bilimsel paradigmanın dördüncü ve son bileşeni, paradigmanın içerdiği teoriye dayanarak elde edilmiş örnek niteliğindeki bilimsel problem çözümleridir. Örneğin kinetik gaz teorisine dayanarak van der Waals denklemi aracılığıyla çeşitli maddelerin kritik noktalarının hesaplanması örnek bilimsel problemlerdir. Dar anlamda paradigmalar, bu tür problem çözümleridir. *"Disciplinary matrix"* anlamındaki bilimsel paradigma, en geniş anlamda paradigmadır.

Olağan Bilim Dönemi

Belli bir bilim dalındaki bilim insanları topluluğunca kabul edilmiş paradigmanın içerdiği teori (bilimsel araştırma programınca yönlendirilen teori dizisi gibi) belli bir zaman aralığında başarılı bir biçimde kullanılıp bir birikimsel gelişim gösterir. Başka bir deyişle, teorinin aşamaları gelişen bir teori-aşamaları dizisini oluşturur. Yani her aşama bir öncekinden daha gelişmiştir. Söz konusu birikimsel gelişim sürecine, ilgili bilimsel paradigma çerçevesindeki *olağan bilim,* bu sürecin içinde yer aldığı zaman aralığına *olağan bilim dönemi* denir. Olağan bilim döneminde bilim insanları topluluğu tek paradigmayı rakipsiz olarak kabul ederler.

Örneğin klasik kinetik gaz paradigması çerçevesindeki olağan bilim dönemi 1856 - 1880 yılları arasındadır. (Bkz. Clark, 1976, s. 47 - 82.)

Olağan bilim problemleri üç çeşide ayrılır (bkz. Kuhn, 1970, s. 35 - 42; Kuhn, 2008, s. 97 - 111): (i) Olgu-toplama problemleri, (ii) Teori-sınama problemleri ve (iii) Teori-geliştirme problemleri.

(i) Olgu-toplama problemleri: Bu problemler, ilgili nesne dizgelerinin doğasını belirten özelliklerin (özellikle nicel özelliklerin) gözlem ve/veya deneyle saptanması problemleridir. Bilimsel paradigmanın konusuna giren nesne dizgesi türlerinin doğası, bu türlere özgü belirlenmiş özellikler arcılığıyla belirtilir. İlgili bilim dalının konusuna hangi nesne dizgesi türlerinin girdiği, bu türlerin hangi özelliklerinin kendi doğalarını belirttiği, sözü geçen özelliklerin de hangi gözlem ve/veya deney biçimleriyle saptanabildiği sorularının yanıtı söz konusu bilimsel paradigmaya bağlıdır. Örneğin kinetik gaz paradigmasında gazların kritik noktalarının deneysel olarak saptanması, bu gazların doğası hakkında bilgi sağlar. İlk deneysel kritik-nokta saptaması Thomas Andrews tarafından 1869 yılında karbon dioksit (CO_2) gazı için gerçekleştirilmiştir. (Bkz. Clark, 1976, s. 59 ve Andrews, 1869.) Andrews CO_2 gazının kritik sıcaklığını 31 °C ve kritik basıncını 73 atm olarak ölçmüştür. Bu değerler ile van der Waals denklemi aracılığıyla hesaplanan değerler birbirine yaklaşıktır.

(ii) Teori sınama problemleri: Bunlar teoriyi sınmaya yarayan olguları saptama problemleridir. *A* deneysel olarak saptanan bir olgu olduğunda, *A*'yı dile getiren *"A"* öndeyi-önermesi ilgili Θ teorisinden türetilirse *A* olgusu Θ teorisini pekiştirir. Örneğin bir gaz veya sıvı kitlesi içinde süspansiyon biçiminde dağılmış bitki poleni taneciklerinin çok hızlı ve rastgele devindikleri olgusu, ilk olarak 1827'de Robert Brown (1773 - 1858) tarafından gözlemlenmiştir. *Brown devinimi* olarak adlandırılan bu çeşit devinimler 1905 yılında Einstein tarafından kinetik gaz teorisine dayanarak açıklanmıştır. Bu açıklamaya göre rastgele devinen gözlemlenemez gaz veya sıvı molekülleri polen taneciklerine çarparlar. Bu çarpma ise gözlemlenebilir Brown deviniminin nedenini oluşturur. Jean Baptiste Perrin (1870 - 1942)'in 1908 ve 1910 yıllarında Brown devinimine ilişkin olarak elde ettiği deneysel sonuçlar, kinetik teoriye dayanarak türetilen öndeyileri doğrulamıştır. Böylece Brown devinimi 1905 yılından itibaren, kinetik gaz ve sıvı teorisini sınayıp pekiştiren bir olgu sayılmıştır. (Bkz. Clark, 1976, s. 95 - 98.)

(iii) Teori-geliştirme problemleri: Bilimsel paradigmanın içerdiği teorinin birikimsel gelişimine yol açan etkinlikler deneysel ve teorik olmak üzere iki çeşide ayrılır:

(iii.1) Deneysel teori-geliştirme problemleri: Deneysel teori-geliştirme problemlerinin iki çeşidi vardır: (iii.1.1) Teoride geçen sabitlerin (söz gelişi kinetik gaz teorisine ilişkin N_A Avogadro sayısı ve *R* gaz sabitinin) değerlerinin deneysel olarak

ölçülmesi. (iii.1.2) Teoriye ilişkin deneysel yasaların (örneğin Boyle-Mariotte, Charles ve Gay-Lussac yasalarının) deneye dayanarak ortaya konulması. (Bkz., Kuhn, 1970, s. 27 - 28; Kuhn, 2008, s. 102 - 104.)

(ii.2) Teorik teori-geliştirme problemleri: Teorik teori-geliştirme problemleri, yani bilimsel paradigmanın içerdiği teorinin gözlem ve/veya deneye dayanmaksızın geliştirilmesi şöyle olur (bkz. Kuhn, 1970, s. 33 - 34; Kuhn, 2008, s. 109 - 111). Olağan bilim döneminin başında kabul edilen sembolik genellemeler (yani temel yasaları dile getiren önermeler) genellikle teorinin uygulamaları için yeterince elverişli değildir. Aynı temel yasalar olağan bilim döneminin sonraki bir aşamasında daha elverişli, ama öncekilerle *eşdeğer* olan, farklı sembolik genellemelerle ifade edilir. Böyle bir değişiklik, teorinin bir *açımlama*sını sağlar. Örneğin klasik Newton mekaniğinin temel yasalarını başlangıçta dile getiren sembolik genellemeler (özellikle $F = m\frac{dv}{dt}$ denklemi) *bunlar*ın yerine eşdeğer olan Hamilton denklemleri ortaya konulmuştur. Klasik kinetik gaz teorisi (genel olarak da klasik istatistiksel mekanik) sözü geçen değişime koşut olarak şöyle ifade edilmiştir (bkz. Khinchin, 1949, s. 13 - 15):

Kütleleri sırasıyla $m_1, \ldots, m_N$ olan N tane gaz molekülünden oluşan α molekül topluluğunu ele alalım. α molekül topluluğunun devinimini belirleyen yasaların önceki Newton ifadesi

$$\text{(I)}\quad F_{x_i} = m_i \frac{dx_i^2}{dt^2},\; F_{y_i} = m_i \frac{dy_i^2}{dt^2},\; F_{z_i} = m_i \frac{dz_i^2}{dt^2} \qquad i = 1, \ldots, N$$

biçimindedir. (Burada $\frac{dx_i^2}{dt^2}, \frac{dy_i^2}{dt^2}, \frac{dz_i^2}{dt^2}$, α_i molekülünün *ivmesi*nin sırasıyla *x, y* ve *z* bileşenleridir.) (I) diferansiyel denklemelerinin çözümü

$$\text{(II)}\quad x_i = x_i(t),\; y_i = y_i(t),\; z_i = z_i(t), \qquad i = 1, \ldots, N$$

biçimindedir. (II) eşitlikleri, koordinatları *x, y, z* olan üç-boyutlu fiziksel uzayda *N* tane farklı yörünge belirler. Bunlar sırasıyla ($\alpha_1, \ldots, \alpha_N$ moleküllerinin üç-boyutlu fiziksel uzaydaki yörüngeleridir.

Şimdi aynı molekül topluluğunun devinimini belirleyen yasaların sonraki Hamilton ifadesini ortaya koyalım. H($x_i, y_i, z_i, p_{xi}, p_{yi}, p_{zi}$), i = 1, ... , N biçiminde bir fonksiyon olan *H* fonksiyonuna *Hamilton fonksiyonu* denir. Burada p_{xi}, p_{yi}, p_{zi}, α_i'nin *momentum*unun sırasıyla *x, y, z* bileşenleri olup aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\text{(III)}\quad p_{x_i} = m_i v_{x_i} = m_i \frac{dx_i}{dt},\; p_{y_i} = m_i v_{y_i} = m_i \frac{dy_i}{dt},\; p_{z_i} = m_i v_{z_i} = m_i \frac{dz_i}{dt}$$

H fonksiyonun değeri, ($\alpha_1, \ldots, \alpha_N$ moleküllerinden oluşan molekül topluluğunun *toplam enerjisi*ne, yani *kinetik enerjisi (K)* ile *potansiyel enerjisi*nin *(U)* toplamına eşittir. Buna göre $H = K + U$ yazılabilir. ($\alpha_1, \ldots, \alpha_N$ molekül topluluğunun devinimini belirleyen yasaların Hamilton ifadesi aşağıdaki iki diferansiyel denklemler çifti ile dile getirilir:

(IV) $\frac{dx_i}{dt} = \frac{H}{p_{x_i}}, \frac{dy_i}{dt} = \frac{H}{p_{y_i}}, \frac{dz_i}{dt} = \frac{H}{p_{z_i}},$ $\quad i = 1, \ldots, N$

$\frac{dp_{x_i}}{dt} = -\frac{H}{x_i}, \frac{dp_{y_i}}{dt} = -\frac{H}{y_i}, \frac{dp_{z_i}}{dt} = -\frac{H}{z_i},$ $\quad$ i = 1, ... , N

Dikkat edilirse (IV) Hamilton denklemelerinin çözümü

(V) $x_i = x_i(t), y_i = y_i(t), z_i = z_i(t),$

$p_{xi} = p_{xi}(t), p_{yi} = p_{yi}(t), p_{zi} = p_{zi}(t),$ $\quad$ i = 1, ... , N

biçimindedir. (V) eşitlikleri (I) denklemlerinin çözümü olan (II) eşitlikleriyle uyumludur. Yani *xi, yi, zi*'ye ilişkin eşitlikler (II) eşitlikleriyle özdeştir. Öte yandan p_{xi}, p_{yi}, p_{zi}'ye ilişkin eşitlikler (II) eşitliklerinden (III) tanımı yardımıyla türetilebilirler.

Hamilton denklemlerini, Ünite 2'deki (19) deneye yol açan sorusunu yanıtlayarak örneklendirelim. Sözü geçen (19) sorusu, 44.145 m yüksekliğindeki bir kulenin tepesinden düşen a taşının 3 saniyede kulenin dibine varıp varmadığı sorusudur. Bu soruyu yanıtlamak için Galileo'nun serbest düşme yasasını öncül olarak kullanmıyoruz. Bunun yerine yasanın kendisini şu başlangıç koşullarından türetiyoruz:

(i) t = 0 ise, x_0 = 44.145 m ve v = 0 m/sn.

Burada x_0 kulenin yüksekliğini ve v düşen taşın hızını gösteriyor. x koordinatı olarak kuleden geçen dikmeyi, x koordinatının başlangıç noktası olarak da bu dikmenin kulenin dibindeki noktasını seçtik. Taşın kulenin tepesinden düşmeye başladığı zaman anını 0 saniye olarak gösterdik. Bu çerçevede Ünite 2'deki (19) sorusu

(ii) t = 3 saniye ise, x = 0 metre olur mu?

biçiminde ifade edilebilir.

x gibi tek bir koordinatı ve x'in karşılığı p gibi tek bir momentumu ile betimlenen devinime ilişkin Hamilton denklemleri sırasıyla

(iiia) $\frac{dx}{dt} = \frac{H(x,p)}{p}$

(iiib) $\frac{dp}{dt} = -\frac{H(x,p)}{x}$

biçimini alır. Yukarıda $H = K$ (kinetik enerji) + U (potansiyel enerji) olduğunu söylemiştik. Bizim yalın örneğimizde $\mathrm{K} = \frac{1}{2}\mathrm{mv}^2$, $U=mgx$. Ancak Hamilton fonksiyonun argümanlarından biri momentum *(p)* olduğundan, K'yi momentum cinsinden ifade etmemiz gerekir. Buna göre, $p = mv$ olduğundan, $\mathrm{K} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2m}mmvv = \frac{1}{2m}(mv)^2 = \frac{p^2}{2m}$. Dolayısıyla örneğimizde

(iv) $H(x, p) = \frac{p^2}{2m} + mgx$

olur. Burada m, kulenin tepesinden atılan taşın kütlesi olup, sözü geçen taşın momentumu $p = mv$'dir. (iiia) ve (iiib)'den sırasıyla

(iva) $\frac{dx}{dt} = \frac{p}{m}$

(ivb) $\frac{dp}{dt} = -mg$

türetilir. (ivb) diferansiyel denkleminin çözümü, t = 0 başlangıç koşulu gereği, 0'dan t' ye her iki tarafın entegralini alarak bulunur. Buna göre (ivb) diferansiyel denkleminin çözümü

(v) $p = -mgt$

denklemidir. (iva) ile (v)'ten

(vi) $\frac{dx}{dt} = -gt$

diferansiyel denklemi türetilir. Bu denklemin çözümü gene $t = 0$ başlangıç koşulu gereği, 0'dan *t*'ye her iki tarafın entegralini alarak bulunur. Buna göre

(vii) $\int_0^t \frac{dx}{dt}\, \mathrm{dt} = \int_0^t -gt\, dt$

Dolayısıyla (vii)'den

(viii) $\mathrm{x(t)} - \mathrm{x(0)} = -\frac{1}{2}\mathrm{gt}^2$

elde edilir. $x(t) = x$, $x(0) = x_0$, olduğuna göre, (vi) diferansiyel denkleminin çözümü

(ix) $x = x_0 - \frac{1}{2}gt^2$

denklemidir. (ix) denklemi Galileo'nun serbest düşme yasasını ifade eder. Ünite 2'de sözü geçen (19) sorusunu yanıtlamak için $x_0 = 44.145$ *m* ile $t = 3$ sn koşullarını getiririz. Bu iki koşul yerine geldiğinde (viii) denkleminden $x = 0$ sonucu çıkar. Böylece (19) sorusunun, başka bir deyişle yukarıdaki (ii) sorusunun, yanıtının *Evet* olduğu Hamilton denklemelerine dayanılarak ispatlanmış olur.

H, Hamilton fonksiyonunun 6*N* sayıda argümanı vardır. Bu argümanların değerlerinden oluşan

$$(x_1, \ldots, x_N, y_1, \ldots, y_N, z_1, \ldots, z_N, p_{x1}, \ldots, p_{xN}, p_{y1}, \ldots, p_{yN}, p_{zi}, \ldots p_{zN},)$$

biçiminde sıralanmış 6*N*-liler, 6*N* boyutlu ve *faz uzayı* denilen bir uzayın noktaları sayılır. Faz uzayının noktaları $\alpha_1, \ldots, \alpha_N$ noktalarından oluşan molekül topluluğunun *olanaklı nesne-durumları*nı belirler. Dolayısıyla faz uzayına *nesne-durumu uzayı* da denebilir. (IV) Hamilton denklemlerinin çözümü olan (V) eşitlikleri, her *t* zaman anına karşılık α molekül topluluğunun faz uzayında bulunduğu noktayı belirler. Bu noktalar bir arada α molekül topluluğunun devinimini betimleyen tek bir yörünge oluşturur. Ancak bu yörünge, 3-boyutlu fiziksel uzayda değil 6*N*-boyutlu faz uzayındadır. Böyle *N* tane molekülün 3-boyutlu fiziksel uzaydaki N tane farklı yörüngelerine karşılık, molekül topluluğunun faz uzayında bir tek yörünge ortaya çıkar. Bu 6*N*-boyutlu faz uzayı, başka bir deyişle, nesne-durumu uzayı, gerçek uzayda devinen *N* tane farklı molekülü temsil eden geometrik bir modeldir. Molekül topluluğunun devinimlerinin faz uzayında tek bir yörünge ile betimlenmesi istatistiksel mekanik için yarar sağlar. Örneğin Khinchin (1949) istatistiksel mekaniğin matematiksel temellerini faz uzayına dayandırıyor.

Anomaliler, Bunalım Dönemi ve Bilimsel Devrim

Olağan bilim döneminde, bilimsel paradigmanın içerdiği teori er geç *anomaliler*le karşılaşır. Anomalilerin ortaya çıkması ise şu üç şıktan birine yol açar (bkz. Kuhn, 1970, s. 84; Kuhn, 2008, s. 176). (i) Bilimsel paradigma kısmen değiştirilerek anomali giderilir. (ii) Bilimsel paradigma hiçbir değişime uğramayıp anomali giderilemeden (gelecek zamanda giderilebileceği umuduyla) geriye kalır. (iii) Bilimsel paradigma ret edilip, bilimsel devrimle yerine geçen bilimsel paradigmada anomali giderilir.

(i) Giderilebilen anomali

Bu şıkta anomali, yeni ve beklenmeyen bir olgunun *buluş*u anlamına gelir. Bu yeni olgu bazen yeni bir maddenin buluşuna ilişkindir. (Bkz. Kuhn, 1970, s. 53 - 65; Kuhn, 2008, s. 135.) Örneğin oksijen ve X-ışınlarının buluşu anomali oluşturan bilimsel buluşlardır. Kuhn'a göre bilimsel buluş, olağan bilim etkinliği değil de *olağandışı bilimin etkinliği* sayılır. Bu etkinlik sınırlı bir değişim olan *yıkıcı-yapıcı (destructive-constructive)* paradigma değişikliğine yol açar. (Bkz. Kuhn, 1970, s. 66; Kuhn, 2008, s. 153) Böyle bir paradigma değişikliğinin *yıkıcı* yönü, teorinin bazı yardımcı hipotezlerinin yadsınmasına (reddine) yol açmasıdır. Yadsınmış (ret edilmiş) yardımcı hipotezlerin yerine kabul edilen yeni yardımcı hipotezler bu değişime yol açmış olan anomaliyi *giderir,* başka bir deyişle anomaliyi oluşturan olgu *açıklanmış* bir olgu niteliğini alır. Bu nedenle anomaliye *giderilebilir anomali* diyoruz. *Yapıcı* yönü ise, olağan bilim döneminde olağandışı etkinliği yoluyla bir *gelişim* sürecini üretmesidir. Böyle bir süreç, Lakatos'un bilimsel araştırma programının yönelttiği gelişen teori aşamaları dizisine benzer. Nitekim böyle bir paradigma değişikliğinde, teorinin katı çekirdeğini oluşturan temel hipotezler korunur.

(ii) Giderilemez Anomali

Bazı anomalileri, kabul edilmiş paradigmanın içerdiği teori çerçevesinde gidermek olanaksızdır. *A* olgusunun Θ teorisi için bir *giderilemez anomali* olması, *A'* yı dile getiren *"A"* önermesi ile Θ'nın *temel* hipotezlerinin bir arada tutarsız (çelişkili) olması demektir. Böyle bir anomaliye *giderilemez anomali* diyoruz. Olağan bilim döneminde giderilebilen anomalilerin yanı sıra giderilemez anomaliler de ortaya çıkabilir. Bunlar olağan bilim döneminde göz ardı edilip yerinde kalırlar. Örneğin aşağıda görüleceği gibi, klasik kinetik gaz paradigmasında "özgül ısı antinomisi (karşıtlığı)" denilen giderilemez antinomi (karşıtlık), bu paradigmanın olağan bilim döneminde gelişen teori aşamaları dizisinde giderilmeden yerini korumuştur. Bu giderilemez anomali, ancak bilimsel devrim yoluyla kabul edilen yeni teoride, yani kuantum mekaniğine dayalı kinetik gaz teorisinde giderilebilmiştir.

Olağan bilim döneminde giderilemez anomaliler ancak gelişim sürecinde göz ardı edilebilirler. Buna karşılık, gelişim süreci sonlanınca, giderilemez anomalilerin varlığı artık bilim insanları topluluğunca göz ardı edilemezler. Olağan bilim döneminin sonunda a) giderilemez anomalilerin artması, b) çözüm bekleyen olağan bilim problemlerinin azalması, c) yeni bilimsel buluşların azalması veya bütünüyle durması, kabul edilmiş olan bilimsel paradigmaya ve onun içerdiği teoriye olan güveni sarsar. Böylece olağan bilim dönemi kapanıp *bunalım dönemi* başlar. *Bunalım dönemin*de, daha önce göz ardı edilen giderilemez anomalileri *ad hoc hipotez*lerle gidereme girişimleri ortaya çıkar. Dolayısıyla bilim insanları bu anomalileri gidermeyi amaçlayan *olağandışı* bilimsel etkinliklere yönlenirler. Bilim insanları bu amaçla teorilerinde değişiklikler yaparlar. Ancak, Lakatos'un deyimiyle, teorinin katı çekirdeğini oluşturan temel hipotezler bunalım döneminde de bilim insanlarının çoğunluğunca korunurlar. Az sayıda bilim insanı katı çekirdeği bile farklı olan yeni alternatif teoriler ortaya koyarlar. Bunlardan biri ilerde bilimsel devrim yoluyla kabul edilip eski teorinin yerine geçer. Böylece eski teori bakımından giderilemez olan anomaliler yeni teori çerçevesinde giderilebilirler. Başka bazı bilim insanları ise aslında giderilemez olan anomalileri katı çekirdeği değiştirmeksizin *ad hoc* (amaca özel) hipotezler ortaya koyarlar. *Ad hoc hipotez,* anomali olarak bilinen bir olguyu açıklayacak (dolayısıyla anomali olmasını giderecek) biçimde kurgulanmış olup hiçbir yeni öndeyi veya açıklamaya katkısı olmayan hipotez demektir. (Bkz. Kuhn, 1970, s. 78; Kuhn, 2008, 168.) *Ad hoc* hipotezle yapılan açıklamaya da ad hoc açıklama denir. Demek ki giderilmez anomali *ad hoc açıklama* ile yapılıyor. Anomali giderilmez olduğundan, açıklanan önerme, dolayısıyla içerdiği *ad hoc* hipotez, yanlış olmalıdır. Nitekim bunalım döneminde ortaya konulan *ad hoc* hipotezler ileride çürütülürler. Bunalım dönemi, Lakatos'un deyimiyle, teori aşamaları dizisinin yozlaşmış olduğu dönemdir. Bunalım döneminde *ad hoc* hipotezlerin ortaya konulması yozlaşmanın bir belirtisidir. Örneğin 1856 - 1880 yıllarında sürekli gelişen klasik kinetik gaz teorileri, başka bir deyişle teori aşamaları dizisi, 1880 - 1905 yılları arasında yozlaşan bir dizi biçimini almıştır. (Bkz. Clark, 1976, s. 82 - 88.) Bu zaman aralığı, sürekli olarak *ad hoc* hipotezlerin konulduğu bir bunalım dönemi sayılabilir.

Şimdi klasik kinetik gaz paradigması, gerek olağan bilim döneminde, gerekse bunalım döneminde varlığını sürdüren giderilemez anomali örneğini (daha önce söylediğimiz gibi) inceleyelim. Bu örnek *özgül ısı anomalisi* denilen anomalidir. (Bkz. Feynman et al., 1989, s. 40.7 - 40.10 ve 45.2; Clark, 1976, s. 48 ve s. 82 - 88; Kuhn, 1978, s. 147 - 151.) Bir madde türünün *sabit hacimde özgül ısısı,* bu maddenin 1 molünün sıcaklık derecesini sabit hacimde 1°C arttırmak için gerekli ısı miktarı olarak tanımlanır ve C_V olarak gösterilir. (Bkz. Feynman, 1989, s. 45.2.) Sıcaklık derecesinin 1°C yükseltilmesi, sabit hacimde değil de sabit basınçta oluyorsa, verilmesi gereken ısı miktarına maddenin *sabit basınçta özgül ısısı* denir ve C_P olarak gösterilir. C_P / C_V oranı, γ sabiti olarak gösterilir. γ sabiti Ünite 4'te Sıra sizde 2 sorusunun yanıtında

(i) $PV = (\gamma - 1)E$

biçimindeki denklemde geçer. (i) denklemi gazların içsel enerjisine ilişkin bir genel yasayı ifade eder. Bu genel yasa, klasik kinetik gaz teorilerinde tüm gazlar için geçerli sayılır. (Bkz. Feynman *et al.,* 1989, s. 39.5, formül (39.11).) γ sabitinin değeri, *n* bir pozitif tam sayı olmak üzere $(n + 2) / n$ biçimindedir. Burada *n,* ilgili gaz moleküllerinin serbestlik derecelerinin *(degree of freedom)* sayısıdır. Bir molekülün serbestlik dereceleri, bu molekülün devinimini betimleyen değişkenlerdir. Örneğin 3-boyutlu uzayda devinen bir maddesel noktanın serbestlik dereceleri *x, y, z* koordinatları olup, bunların sayısı 3'tür. Tek-atomlu bir molekülün devinimini yalnızca öteleme *(translational)* devinimi biçimindedir. Buna göre tek-atomlu moleküllerin serbestlik dereceleri sayısı da 3'tür. Dolayısıyla tek-atomlu moleküllerden oluşan gazlar için $\gamma = (n + 2 / n) = (3 + 2) / 3 = 5 / 3 = 1.666$ olur. *n* sayısı büyüdükçe γ sabitinin değeri küçülerek gittikçe 1 sayısına yaklaşır. *n* sayısı çok büyük ise γ ≈ (1 olur. Dikkat edilirse γ = 5 / 3 ise (γ(1) = 2 / 3 olduğundan, $PV = \frac{2}{3}E$ (i) denklemi PV = biçimini alır. Bu da, Ünite 4'te gördüğümüz gibi, tek-atomlu yapılara özgü içsel enerji yasasını dile getirir. İki-atomlu gaz moleküllerinin serbestlik dereceleri sayısı (öteleme devinimlerinin yanı sıra dönme ve titreşim devinimleri de hesaba katılarak) 7 çeşit olup, $\gamma = (7 + 2) / 7 = 1.286$ olur.

Yukarıda nasıl hesaplandığı gösterilen γ sabitinin ayrı türden gazlar için değerleri bir de deneysel olarak ölçülmüştür. Ölçülen değerlerin ise, hesaplanan değerlerden oldukça farklı olduğu ortaya çıkmıştır. γ sabitinin hesaplanan değeri ile ölçülen değeri arasında üç çeşit fark saptanmıştır. (i) γ'nın hesaplanan değeri gazın sıcaklığı ile değişmez, oysa γ'nın ölçülen değerinin gazın sıcaklığı ile değişip, sıcaklık arttıkça azaldığı gözlemlenmiştir. (ii) γ sabitinin ölçülen değerinin hesaplanan değerinden her zaman daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Ancak (i)'de belirtildiği gibi, iki değer arasındaki farkın sıcaklığın artması ile azaldığı, sıcaklığın azalması ile de arttığı saptanmıştır. (iii) γ sabitinin ilişkin olduğu gaz tek-atomlu ise ('nın ölçülen ile hesaplanan değerleri arasındaki fark çok küçük olur. Gazın her bir molekülündeki atom sayısı artınca sözü geçen fark gittikçe büyür.

Örneğin, tek-atomlu Helyum (He) gazının (180°C'ta ölçülen γ değeri 1.660 olur. Bu da hesaplanan 5/3 = 1.666 değerine çok yakındır. Öte yandan iki-atomlu (yani her bir molekülü iki atomdan oluşan) Hidrojen (H_2) gazının -180°C'ta ölçülen γ değeri 1.6 olup, hesaplanan 9/7 = 1.286 değerinden oldukça uzak iken, 2000°C'ta ölçülen değeri, hesaplanan 1.286 değerine çok yakındır. Öte yandan sekiz-atomlu (yani her molekülü sekiz atomdan) oluşan Etan (C_2H_6) gazının 15°C'ta ölçülen değeri 1.22'dir. Oysa hesaplanan değeri 1 sayısına çok yakındır. (Bkz. Feynman *et al.,* 1989, s. 40.7 - 40.8.)

Özgül ısı anaomalisi olarak adlandırılan bu farklılık olgusu, klasik kinetik gaz teorisinin gelişen aşamalarında, yani olağan bilim döneminde göz ardı edilmiştir. *Yozlaşan* aşamalar dizisinde, yani 1880 - 1905 yılları arasındaki bunalım döneminde, sözü geçen farklılık olgusunu açıklamayı amaçlayan çeşitli girişimler yapılmıştır. Ancak bu girişimlerin tümü *ad hoc* hipotezlere dayalı *ad hoc* açıklamalar üretmiştir. (Bkz. Clark, 1976, s. 82 - 88.) Böylece özgül ısı anomalisinin klasik kinetik gaz teorileri çerçevesinde giderilemeyeceği sonunda anlaşılmıştır. Özgül ısı anomalisinin klasik kinetik gaz teorisinde giderilemez olduğu şöyle gösterilebilir. *a,* tüm moleküllerinin serbestlik dereceleri sayısı *n* olan bir gaz kitlesi olsun. a gaz kitlesinin sıcaklığı *T* ise, *a*'yı oluşturan moleküllerin *e* ortalama enerjisi *T* ile orantılıdır. α, *a* gaz kitlesinin molekülleri arasında bulunup kinetik enerjisi *e*'ye (yaklaşık olarak) eşit herhangi bir molekül olsun. Klasik kinetik gaz teorisinde geçerli olan ve *enerjinin eşit paylaşımı (equipartition of energy)* denilen teoreme göre, α'nın *e* kinetik enerjisi, α'nın *n* sayıda serbestlik dereceleri arasında eşit olarak paylaşılmıştır; dolayısıyla bu serbestlik derecelerinin her birinin enerji payı *e / n*'ye eşit olur. (Bkz. Clark, 1976 ve Kuhn, 1978, s. 146.) Şimdi *a* gaz kitlesinin sıcaklığının *T*'den *T**'a, buna koşut olarak da α molekülü enerjisinin *e*'den *e**'a düşürüldüğünü varsayalım. Eğer *T** < *T* ise *e** < *e* olur. Klasik kinetik gaz teorisinde *T** mutlak sıfıra eşit olmadığında *e**> 0'dır. Dolayısıyla *(enerjinin eşit paylaşımı teoremi gereği)* α molekülünün her serbestlik derecesinin enerji payı olan *e** / *n* sıfırdan büyük olur. Örneğin *a,* bir hidrojen (H_2) gaz kitlesi, T = 2000°C ve *T** = -180°C olsun (bkz. Feynman *et al.,* 1989, s. 40.8 , Figure 40.6). Yukarda görüldüğü gibi α gibi bir iki-atomlu H_2 molekülü, 2000°C'ta eşzamanlı olarak öteleme, dönme ve titreşim biçiminde devinip serbestlik derecesi, *n,* 7'ye eşittir. *a* gaz kitlesi -180°C'ta soğutulunca α molekülünün enerjisi *e*'den *e**'a küçülür, ama α'nın her üç biçimdeki devinimleri sürer. Nitekim bu devinimleri belirleyen 7 serbestlik derecelerinin her birinin enerji payı olan *e** / 7 sıfırdan büyüktür. Klasik kinetik gaz teorisinde enerjinin olanaklı değerleri sürekli olduğundan, α molekülünün hiçbir devinim biçimi, sözgelişi titreşim devinimi, enerji ne denli küçük olursa olsun, yok olmaz. Yalnızca devinimin hızı sürekli olarak azalır, ama 0'a eşit olmaz. Dolayısıyla *a* gaz kitlesinin *T* sıcaklığını düşürmekle, α molekülünün devinim biçimlerinden hiçbiri yok edilemez, başka bir deyişle dondurulamaz. Böyle olunca α molekülünün *n* serbestlik dereceleri sayısı 0'dan farklı her sıcaklık derecesinde *aynı*dır. Dolayısıyla *a* gaz kitlesinin madde türüne özgü γ sabitinin değeri her sıcaklıkta aynı kalır. Nitekim $\gamma = n + 2 / n$'dir. Buna göre bir H_2 molekülü için her zaman $\gamma = (7 + 2) / 7 = 1.286$ olur.

Klasik Newton mekaniği paradigmasında bir giderilemez anomali örneğini gösteriniz.

SIRA SİZDE 3

(iii) Anomalilerin Bilimsel Devrim Yoluyla Giderilmesi

Herhangi bir bilim dalında *bilimsel devrim,* kabul edilmiş olan ve olağan bilim döneminden sonra bunalım dönemine girmiş eski bilimsel paradigmanın, bilim insanları topluluğunca *ret* edilip yerine eskisiyle hiç bağdaşamayan *yeni* bir bilimsel paradigmanın *kabul* edilmesi demektir. (Bkz. Kuhn, 1970, 2008, Bölüm IX -XIII.) Kuhn'un "bilimsel paradigma" kavramı yerine Lakatos'un "bilimsel araştırma" kavramını kullanarak "bilimsel devrim" kavramı eşdeğer bir biçimde şöyle tanımlanabilir. Bilimsel devrim, aynı bilim dalındaki eski bilimsel araştırma programı yerine, katı çekirdeği eskisindekiyle bağdaşmayan yeni bir bilimsel araştırma programının kabul edilmesi demektir. Kuhn, yeni bir teorinin ortaya konulmasını buluş değil de *icat* sayıyor. (Bkz. Kuhn, 1970, s. 52; Kuhn, 2008, s. 136.) Buluş yeni bir olguya, icat ise yeni bir teoriye ilişkindir. Daha önce görüldüğü gibi yeni bir olgu buluşu, *sınırlı* olan bir yıkıcı-yapıcı paradigma değişimine yol açar. Yeni bir teorinin icadı ise, *sınırsız* olan bir paradigma değişikliğine, başka bir deyişle, *bilimsel devrime* yol açar. Bilimsel devrim *yıkıcı-yapıcı* bir değişimdir. *Yıkıcı* yönü, eski teorinin temel hipotezlerinin, en azından bazılarının, reddine yol açmasıdır. *Yapıcı* yönü ise, kabul edilen yeni teorinin ret edilen eski teoriden daha gelişmiş olmasıdır.

Yukarıda görüşlerini incelediğimiz Nagel, Lakatos ve Kuhn'un ortaya koyduğu gelişmişlik ölçütleri, ifade bakımından farklı olmakla birlikte özce birbiriyle uyumludur. Örneğin Kuhn'un gelişmişlik ölçütlerini oluşturan beş bilimsel değer tüm bilim felsefecilerce paylaşılabilecek niteliktedir. Kuhn, bu beş değere dayanarak devrimsel gelişimin sonucu olan yeni teorinin problem-çözme gücünün eskisininkinden daha yüksek olması gerektiğini belirtmiştir. Buna göre eski teorinin öndeyileri ve açıklamaları yeni teori tarafından da yapılmalı, ayrıca yeni teori eskisinin yapmadığı bazı öndeyi ve açıklamalar yapmalıdır. Bu açıdan devrimsel gelişim birikimsel değişimden farksızdır. Aralarındaki fark, öndeyiler ve açıklamaların biçiminin farklılığındadır. Yeni teori eskilerinin açıkladığı bir olguyu farklı bir biçimde, farklı kavramlarla açıklar. Örneğin cisimlerin serbest düşme olgusu eski Aristotelesçi devinim teorilerinde cisimlerin doğal yerlerine dönme eğilimi ile açıklanmasına karşılık, aynı olgu, bilimsel devrim yoluyla yeni Newton mekaniği teorisinde Yer ile düşen cisim arasındaki çekim kuvveti ile açıklanır.

Kuhn, *bilimsel devrimin* başka bir deyişle *devrimsel gelişim* sürecinin şu üç özelliğini belirtmiştir (bkz. Kuhn, 2000, s. 28 - 32):

(i) Devrimsel gelişim *bütünsel*dir, azar azar gerçekleştirilemez. Tutarsızlığa düşmemek için birbiriyle bağlantılı olan birçok değişiklik eşzamanlı olarak yapılmalıdır.

(ii) Devrimsel gelişimin birincisi ile bağlantılı olan ikinci bir özelliği, bilimsel terimlerde *anlam değişimine* yol açmasıdır. Örneğin Newton'un "kuvvet = kütle x ivme" biçimindeki temel devinim yasasındaki "kuvvet" ile "kütle" terimlerinin anlamı, aynı terimlerin yasadan önceki eski anlamlarından farklıdır. Yeni anlamları belirleyen yasanın kendisidir.

(iii) Daha genel olarak, devrimsel gelişim, *bilim dilin*de "devrimsel" denilebilen bir anlam değişimine yol açar. Böyle bir değişim sonucunda bilimsel betimleme ve genellemelerde kullanılan sınıflama kategorileri değişir. Örneğin Ptole-

Bilimsel devrim bütünsel olup, bilimsel terimlerde anlam değişikliğine yol açar.

maeus astronomisinde Güneş ve Ay, Gezegen olarak sınıflanmasına karşın, Kopernik astronomisinde Güneş, Yıldız ve Ay yeni bir kategori olan Uydu olarak sınıflanmıştır. (Bkz. Kuhn, 2000, s. 15.)

Şimdi bilimsel devrim, yani devrimsel gelişim örneği olarak, 1900 - 1912 yıllarındaki *klasik kinetik gaz teorisi*nden *kuantum mekaniğine dayalı kinetik gaz teorisi*ne, kısaca *kuantum kinetik gaz teorisi*ne, geçiş sürecine değinelim. (Bkz. Kuhn, 1978 ve Feynman *et al.* 1989, s. 40.8 - 40.10.) Klasik gaz teorilerinin karşılaştığı iki giderilemez anomali, söz konusu bilimsel devrime yol açan başlıca etmen olmuştur. Bunlardan biri yukarıda sözünü ettiğimiz *özgül ısı anomalisi,* öbürü bu kitapta incelemediğimiz *kara cisim (black-body) anomalisi* denilen anomalidir. Klasik teoride giderilemeyen bu iki anomali yeni kuantum teorisinde giderilmiştir. (Bkz. Feynman et al. 1989, s. 40.9 - 40.10.)

Özgül ısı anomalisi şöyle giderilmiştir. Anomali, γ sabitinin ölçülen değerinin hesaplanan değerinden sıcaklık düştüğünde gittikçe daha yüksek çıkması olgusundan kaynaklanıyor. γ'nın değerinin yükselmesi ise, gaz moleküllerinin devinimlerine bağlı serbestlik dereceleri sayısının azalması demektir. Nitekim daha önce görüldüğü gibi, n serbestlik derecesi sayısı olduğunda, $\gamma = (n + 2) / n.$ Dolayısıyla γ sabiti değerinin büyümesi n sayısının azalmasına bağlıdır. Buna göre özgül ısı anomalisini gidermek için gaz kitlesinin sıcaklığı azaldığında, gaz moleküllerinin n serbestlik derecesi sayısının nasıl büyüdüğünün, tersine de sıcaklık yükselince n sayısının nasıl küçüldüğünün açıklanması gerekir. Buna göre yukarda sözü geçen a gaz kitlesi ile a'ya ait α molekülünü ele alalım. T sıcaklıkta α'nın kinetik enerjisi e olduğunda, α'nın n sayıda serbestlik derecesinin her birinin enerji payının e / n olduğunu görmüştük. Bu n serbestlik derecelerinin birini, sözgelişi α molekülünün titreşim devinimine ilişkin bir serbestlik derecesini seçelim. Bu serbestlik derecesinin enerji payını ise ε olarak gösteriyoruz. ε enerjisinin olanaklı değerleri büyüklük sırasına göre ($\varepsilon_0, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_i, \varepsilon_{i+1}, \ldots$ gibi *kesintili (discrete)* bir dizi oluşturur. En küçük enerji düzeyi olan ε_0 yaklaşık sıfıra eşittir. Dolayısıyla α molekülünün söz konusu serbestlik derecesinin karşılığı olan biçimde (sözgelişi titreşim biçiminde) devinen için ε enerjisinin $\varepsilon \geq \varepsilon_1$ koşulunu yerine getirmesi gerekir. Başka bir deyişle ε_1 enerji düzeyi bir *eşik değeri*dir. ε, bu eşik değerinin altında ise, söz konusu serbestlik derecesi *dondurulmuş* olur, yani karşılığı olan devinim, sözgelişi titreşim devinimi, sona ermiş olur. Böylece klasik kinetik gaz teorisinin tersine, kuantum kinetik gaz teorisinde düşük sıcaklıkta moleküllerin bazı devinim biçimlerinin karşılığı olan serbestlik dereceleri sayısının azalabildiğini anlıyoruz. ε_1 enerji eşiğinin değeri molekülün titreşim devinimi için yüksek, dönme devinimi için de daha düşüktür; ama her iki durum da ihmal edilemez. Buna karşılık ε_1 enerji eşiğinin molekülün öteleme devinimleri için değeri ihmal edilecek kadar düşüktür. Dolayısıyla gaz kitlesinin sıcaklığı gittikçe düştüğünde, gaz moleküllerinin önce titreşim devinimi, sonra da dönme devinimi sona erer; ama her üç boyuttaki öteleme devinimleri sürer.

Örneğin molekülleri ikişer atomdan oluşan hidrojen (H_2) gibi bir gazı ele alalım. Bu gazın n serbestlik dereceleri sayısı daha önce belirtildiği gibi 7 sayısına eşit olup, $\gamma = 9 / 7$ olur. Eğer böyle bir gaz kitlesinin T derecesi çok yüksekse, n sayısı en üst değeri olan 7 sayısına eşit olur. Ama T derecesi çok küçük ise $n = 3$ olup, $\gamma = 5 / 3$ olur. Yani hidrojen gibi iki-atomlu bir gaza ilişkin γ sabitinin değeri (T derecesi çok küçük bir değerden çok yüksek bir dereceye yükseldiğinde) $5 / 3 = 1.666$'dan $9 / 7 = 1.286$'ya iner. Bu sonuçlar deneysel ölçümlere uygundur. Demek ki yeni kuantum mekaniğine dayalı kinetik gaz teorisinde özgül ısı anomalisi giderilebiliyor.

Özet

Nagel'in indirgemeci gelişim görüşünü ifade etmek ve tartışmak.
Birikimsel gelişimde bir teorinin yerine gelen daha gelişmiş olan yeni teori eski teoriyi kapsar. Nagel'in ortaya koyduğu *indirgemeci gelişim görüşü*nde Θ_1 gibi eski bir teorinin yerine geçen ve daha gelişmiş olan yeni Θ_2 teorisinin Θ_1'i *indirgemesi*nin üç koşulu vardır. *Koşul 1:* İndirgenen teorinin postulatlarında geçen her terim, indirgeyen teorinin postulatlarında geçmelidir. *Koşul 2:* İndirgenen teorinin her postulatı, indirgeyen teorinin postulatlarından türetilebilmelidir. *Koşul 3:* İndirgeyen teori, indirgenen teoriden bağımsız olarak pekiştirilmelidir. Genellikle indirgemeci gelişimde, indirgeyen teori indirgenen teoriyi açıklar. Ama açıklayıcı olmayan indirgemeci gelişim örnekleri ortaya çıkmıştır.

Lakatos'un bilimsel araştırma programlarına dayalı gelişim görüşünü ifade etmek ve tartışmak.
Lakatos'a göre bir bilim dalında ardı ardına ortaya konulan $\Theta_1, \ldots, \Theta_{i\text{-}1}, \Theta_i, \ldots, \Theta_n$ teorilerinden oluşan dizinin bir *gelişen teori dizisi* olmasının koşulları şöyledir. (i) Diziye ait her Θ_i teorisi, diziye ait tüm öbür teorilerle paylaştığı *temel hipotezler* ile kendine özgü *yardımcı hipotezler*den oluşur. Temel hipotezler kümesine teori dizisinin *katı çekirdeği,* Θ_i teorisine özgü yardımcı hipotezlerin kümesine de Θ_i'nin *koruyucu kuşağı* denir. (ii) Teori dizisine ait önceki $\Theta_{i\text{-}1}$ teorisinden türetilen her yanlışlanmış öndeyi sonraki Θ_i teorisinden de türetilebilmeli, $\Theta_{i\text{-}1}$ tarafından açıklanan her olgu da Θ_i tarafınca da açıklanabilmelidir. (iii) $\Theta_{i\text{-}1}$ teorisinden türetilemeyen ve yeni olgular ifade eden bazı dayanıklı öndeyiler Θ_i teorisinden türetilmeli, $\Theta_{i\text{-}1}$ tarafından açıklanamayan bazı olgular da Θ_i tarafınca açıklanabilmelidir. Bu koşulları yerine getirmeyen teori dizisine *yozlaşan teori dizisi* denir. Bir teori dizisini yönlendiren *bilimsel araştırma programı,* teori dizisinin ortak katı çekirdeği ile bu programın negatif ve pozitif yordamından oluşur. *Negatif yordam,* katı çekirdeğin anomalilerden, yani yanlışlayıcı olgulardan korunmasını sağlayan *yöntemsel kurallar*dır. *Pozitif yordam,* teori dizisine ait teorilere özgü koruyucu kuşakların ortaya konulmasını sağlayan yöntemsel kurallardır.

Kuhn'un bilimsel paradigma değişikliğine dayalı devrimsel gelişim görüşünü ifade etmek ve tartışmak.
Kuhn'a göre bir bilim dalında *devrimsel gelişim,* bu bilim dalında kabul edilmiş bilimsel paradigma yerine onunla bağdaşmayan yeni bir paradigmanın kabul edilmesi demektir. *Bilimsel paradigma, sembolik genelleme*ler (yani teorinin içerdiği yasa-görünümlü önermeler), *metafizik ilkeler ve modeller, bilimsel değerler* ile *örnek problem çözümleri*nden oluşur. Bilim insanları topluluğunca kabul edilen bilimsel paradigma, *olağan bilim dönemi*nde birikimsel gelişim sürecini yönlendirir. Bu dönemde ortaya çıkan anomaliler (yani yanlışlayıcı olgular) teorinin hipotezleri değişmeksizin bazı yardımcı hipotezlerin değişmesi yoluyla giderilirler. Giderilemeyen anomaliler bir süre göz ardı edilirler, ama uzun sürede olağan bilim dönemini sonlandırırlar. Böylece gelişim sürecinin durakladığı ve teoriye olan güvenin sarsıldığı *bunalım dönemi* başlar. Bunalım döneminde, kabul edilen teori ile bağdaşmayan alternatif teoriler önerilir. Önerilen bu yeni teorilerden biri eskisinden *daha gelişmiş* olup, *bilimsel devrim* yoluyla eskisinin yerine kabul edilir. Eski teoriden yeni teoriye geçiş süreci bir *devrimsel gelişim* oluşturur.

Kendimizi Sınayalım

1. Aşağıdakilerden hangisi Nagel'in indirgemeci gelişim görüşü için **söylenemez?**

a. Bir teorinin yerine geçen ikinci bir teorinin birincisinden *daha gelişmiş* olması, birinci teorinin onun yerine geçen ikinci teoriye *indirgenme*si demektir.
b. İndirgenen teorinin postulatlarında geçen bazı terimler, indirgeyen teorinin postulatlarında geçmeyebilir.
c. İndirgenen teorinin postulatlarında geçen her terim, indirgeyen teorinin postulatlarında geçmelidir.
d. İndirgenen teorinin her postulatı, indirgeyen teorinin postulatlarından tümdengelimsel çıkarımla türetilebilmelidir.
e. İndirgeyen teori pekiştirilmiş bir teori olmalıdır.

2. Aşağıdakilerden hangisi Lakatos'un *gelişen teori dizisi* kavramını betimler?

a. Verilen bir teori dizisinde (birincisi dışında) her teori bir önceki teoriden daha gelişmiş ise, bu teori dizisine gelişen teori dizisi denir.
b. Verilen bir teori dizisinde bazı teoriler bir önceki teoriden daha gelişmiş ise, bu teori dizisine gelişen teori dizisi denir.
c. Verilen bir teori dizisinde son teori dizideki ilk teoriden daha gelişmiş ise, bu teori dizisine gelişen teori dizisi denir.
d. Verilen bir teori dizisinde dizideki teorilerin çoğu ilk teoriden daha gelişmiş ise, bu teori dizisine gelişen teori dizisi denir.
e. Verilen bir teori dizisinde (birincisi dışında) dizideki teorilerin hepsi ilk teoriden daha gelişmiş ise, bu teori dizisine gelişen teori dizisi denir.

3. Aşağıdakilerden hangisi Lakatos'un *bilimsel araştırma programı* kavramının bir öğesi **değildir?**

a. Anomali
b. Pozitif yordam
c. Devrimsel gelişim
d. Negatif yordam
e. Katı çekirdek

4. Aşağıdakilerden hangisi Lakatos'un bilimsel araştırma programlarının yordamı için **söylenemez?**

a. Yordamı oluşturan kurallar kesin olmayıp yalnızca yönlendirici olan kurallardır.
b. Yordam negatif yordam ile pozitif yordama ayrılır.
c. Negatif yordam teori dizisinin katı çekirdeğini korumayı amaçlar.
d. Negatif yordamda teorinin katı çekirdeğine ait bazı temel hipotezler, çıkan bir anomaliden ötürü yanlışlanabilir.
e. Pozitif yordam, teori dizisini oluşturan teorilere özgü olan koruyucu kuşakların adım adım ortaya konulmasına yöneliktir.

5. Aşağıdakilerden hangisi Lakatos'un *teorik olarak gelişen teori dizisi* kavramı için **söylenemez?**

a. Böyle bir diziye ait teorilerin tümüne ortak olan postulatlar vardır.
b. Teori dizisinin tüm teorilerine ortak olan postulatlar dizisine, teori dizisinin katı çekirdeği denir.
c. Teori dizisine ait bir teoriden türetilen ve daha önceden yanlışlanmamış bazı öndeyiler, bu dizinin bir sonraki teorisi tarafından türetilemeyebilir.
d. Katı çekirdeğe ait postulatlara teori dizisinin temel hipotezleri denir.
e. Teori dizisine ait her teorinin postulatlar kümesi, temel hipotezler kümesi ile yardımcı hipotezler kümesinin birleşimidir.

6. Aşağıdakilerden hangisi Kuhn'un *bilimsel paradigma* kavramının bir öğesi **değildir?**

a. İndirgeyen teori
b. Sembolik genellemeler
c. Metafizik ilkeler
d. Modeller
e. Bilimsel değerler

7. Aşağıdakilerden hangisi Kuhn'un ortaya koyduğu bilimsel değerlerden biri **değildir?**

a. Dakiklik
b. Tutarlılık
c. Kapsamlılık
d. Toplumsal yarar
e. Yalınlık

8. Kuhn'un anlayışına göre, aşağıdakilerden hangisi olağan bilim problemi **değildir?**

a. Olgu-toplama problemleri
b. Teori sınama problemleri
c. Deneysel teori geliştirme problemleri
d. Anomalileri açıklama problemleri
e. Teorik teori geliştirme problemleri

9. Aşağıdakilerden hangisi Kuhn'un bilimsel devrim ya da devrimsel gelişim anlayışı için **söylenemez?**

a. Bilimsel devrimle gelen yeni paradigma eski paradigma ile bağdaşır.
b. Bilimsel devrimde eski paradigma ret edilip yerine yeni bir bilimsel paradigma kabul edilir.
c. Bilimsel devrim yıkıcı-yapıcı bir değişimdir.
d. Devrimsel gelişim bütünseldir, azar azar gerçekleştirilemez.
e. Devrimsel gelişim, bilimsel terimlerde anlam değişikliğine yol açar.

10. Aşağıdakilerden hangisi Kuhn'un devrimsel gelişim anlayışının bir örneği sayılabilir?

a. Krönig'in kinetik gaz teorisinden, Clausius'un birinci kinetik gaz teorisine geçiş
b. Clausius'un birinci kinetik gaz teorisinden, Clausius'un ikinci kinetik gaz teorisine geçiş
c. Klasik kinetik gaz teorisinden, kuantum kinetik gaz teorisine geçiş
d. Clausius'un ikinci kinetik gaz teorisinden, van der Waals'ın kinetik gaz teorisine geçiş
e. Kepler'in astronomi teorisinden, Newton'un astronomi teorisine geçiş

Okuma Parçası

Lakatos bilimsel gelişmenin nesnel olarak değerlendirilmesi sorununu, bilimsel kuram [teori] dizilerindeki ilerletici [gelişen] ile yozlaştırıcı sorun değişikliklerine göre ele alır. Böyle dizilerin bilimin gelişmesindeki en önemli özelliği dizinin kuramlarını birbirine bağlayan süreklilik göstermeleridir. Bu süreklilik gerçek bir araştırma programından doğar. Söz konusu program yöntembilgisel [metodolojik] kurallardan oluşur. Bu kurallardan kimisi kaçınılması gereken araştırma yollarını gösterir (yani olumsuz buldurucudurlar [negatif yordam]), kimileri de izlenmesi gereken araştırma yollarını gösterir (yani olumlu buldurucudurlar [pozitif yordam]). (Bkz. Lakatos, 1989, s. 47.)
Lakatos'a göre bir bütün olarak bilim bile bir araştırma programı olarak görülebilir. Bilim tarihinin kuramlardan çok araştırma programlarının tarihi olması, bilim tarihinin kavramsal çerçevelerin ya da bilim dillerinin tarihi olduğu görüşünü doğrulamaktır.
Lakatos bir araştırma programını oluşturan yöntembilgisel kurallardan, kaçınılması gereken araştırma yollarını, yani olumsuz buldurucuyu şöyle açıklar. Bütün bilimsel araştırma programları "çekirdekleri"yle tanımlanabilir. Bir programın "çekirdeği" de uzun bir deneme yanılma süreciyle yavaş yavaş gelişir. Programın olumsuz buldurucusu, bu "çekirdeklere" *modus tollens*'le yaklaşılmasını engeller. Bunun yerine, çekirdeğin etrafındaki "koruyucu kuşağı" şekillendiren yardımcı varsayımlar [hipotezler] dile getirmek, hatta bunları bulmak için insan yaratıcılığını kullanıp bunları *modus tollens*'le yeniden ele almak gerekir.
Sınamaların yükünü çeken, düzenlenen, yeniden düzenlenen, hatta bütünüyle değiştirilen, böylece desteklenen çekirdeği savunmakla yükümlü olan, bu koruyucu yardımcı varsayımlar kuşağıdır. Bütün bunlar, bir ilerletici sorun değişikliğine götürüyorsa, araştırma programı başarılıdır, yozlaştırıcı bir sorun değişikliğine götürüyorsa başarısızdır. (Bkz. Lakatos, 1989, s. 48.) (...)
Başarılı bir araştırma programının gelmiş geçmiş en iyi örneği Newton'un çekim kuramıdır. Newton'un kuramının çekirdeğini mekaniğe ilişkin üç yasayla, çekim yasası oluşturur. Bu "çekirdek", geniş bir yardımcı varsayımlar koruyucu kuşağıyla çürütmelerden korunur. İleri sürüldüğü ilk zamanlar kuram aykırılıklarla (ya da "karşı örnekler"le de Lakatos) doluydu. (...) Ama Newtoncular, karşı örnekleri, özellikle de bu karşı örneklerin ışığında kurulan gözlem kuramlarını yıkarak doğrulayıcı örneklere dönüştürdüler. Her yeni zorluğu programın bir utkusuna dönüştürdüler.

Kaynak: Güzel, C. (2010). **Bilim Felsefesi.** İstanbul: Kırmızı Yayınları, s. 118 - 119.

Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı

1. b Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Nagel’in İndirgemeci Gelişim Görüşü” bölümünü yeniden okuyun. Yalnız b şıkkındaki yanıt Nagel’in görüşüne aykırıdır. Nitekim, c şıkkında söylendiği gibi, indirgenen teorinin postulatlarında geçen her terim indirgeyen teorinin postulatlarında geçmelidir.

2. a Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Lakatos’un Bilimsel Araştırma Programlarına Dayalı Gelişim Görüşü” bölümünü yeniden okuyun. Yalnız a şıkkındaki yanıt Lakatos’un “gelişen teori dizisi” kavramını doğru olarak betimlemektedir. Bu yanıta en yakın gibi görünen e şıkkındaki yanıtın yanlış olduğunu şöyle görebiliriz. Teori dizisindeki ilk teori dışındaki bütün teoriler ilk teoriden daha gelişmiş olabilir. Ancak buradan, örneğin, dizideki son teorinin bir önceki teoriden daha gelişmiş olduğu sonucunu çıkartamayız.

3. c Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Lakatos’un Bilimsel Araştırma Programlarına Dayalı Gelişim Görüşü” bölümünü yeniden okuyun. Doğru yanıt c şıkkıdır. Nitekim a, b, d ve e şıkkındaki yanıtlar Lakatos’un sözü geçen kavramının öğeleri olup, “devrimsel gelişim” kavramı Kuhn’un görüşüne ait bir kavramdır.

4. d Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Lakatos’un Bilimsel Araştırma Programlarına Dayalı Gelişim Görüşü” bölümünü yeniden okuyun. Doğru yanıt d şıkkıdır. Nitekim negatif yordamda teorinin katı çekirdeğine ait hiçbir temel hipotez yanlışlanamaz; ancak teorinin koruyucu kuşağına ait bazı yardımcı hipotezler yanlışlanabilir.

5. c Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Lakatos’un Bilimsel Araştırma Programlarına Dayalı Gelişim Görüşü” bölümünü yeniden okuyun. Doğru yanıt c şıkkıdır. Nitekim c şıkkında söylenenin tam tersine, sözü geçen kavrama göre, teori dizisine ait bir teoriden türetilen ve daha önceden yanlışlanmamış her öndeyi, bu dizinin bir sonraki teorisi tarafından türetilebilir.

6. a Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Kuhn’un Bilimsel Paradigma Değişikliğine Dayalı Devrimsel Gelişim Görüşü” bölümünü yeniden okuyun. Doğru yanıt a şıkkıdır. Nitekim a şıkkındaki yanıt Nagel’in görüşüne ait olup, diğer şıklardaki tüm yanıtlar Kuhn’un “bilimsel paradigma” kavramının öğeleridir.

7. d Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Kuhn’un Bilimsel Paradigma Değişikliğine Dayalı Devrimsel Gelişim Görüşü” bölümünü yeniden okuyun. Doğru yanıt d şıkkıdır. Nitekim a, b, c ve e şıklarında sıralanan değerler Kuhn’un sıraladığı değerler arasında yer alıp d şıkkındaki “toplumsal değer”in zorunlu olarak bir bilimsel değer olduğu söylenemez.

8. d Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Kuhn’un Bilimsel Paradigma Değişikliğine Dayalı Devrimsel Gelişim Görüşü” bölümünü yeniden okuyun. Doğru yanıt d şıkkıdır. Nitekim “anomalileri açıklama” olağan bilimin değil, olağandışı bilimin bir etkinliğidir.

9. a Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Kuhn’un Bilimsel Paradigma Değişikliğine Dayalı Devrimsel Gelişim Görüşü” bölümünü yeniden okuyun. Bilimsel devrimin, eski bilimsel paradigmanın bilim insanları topluluğunca ret edilip yerine eskisiyle hiç bağdaşamayan yeni bir bilimsel paradigmanın kabul edilmesi anlamına geldiğini anımsayacaksınız.

10. c Yanıtınız doğru değilse, ünitenin “Kuhn’un Bilimsel Paradigma Değişikliğine Dayalı Devrimsel Gelişim Görüşü” bölümünü yeniden okuyun. Verilen yanıtlar arasında, yalnız klasik kinetik gaz teorisinden, kuantum kinetik gaz teorisine geçişin bir devrimsel gelişim örneği olduğunu anımsayacaksınız.

Sıra Sizde Yanıt Anahtarı

Sıra Sizde 1

Θ_1 teorisi olarak klasik Newton mekaniği teorisini, Θ_2 teorisi olarak da Einstein'ın özel görelilik teorisini alalım. Θ_1'in K_1 alanı, hızları *c* ışık hızından çok daha küçük olan nesne dizgelerini kapsar. Θ_2'nin K_2 alanı ise, hızları *c*'den büyük olmayan tüm nesne dizgelerini kapsar. Θ_1 teorisi K_1 alanında Θ_2 teorisine indirgenir. Örneğin Θ_2 teorisine ait

$$\text{(i)} \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c}}}$$

biçimindeki yasa-önermesini ele alalım. Burada m_0, bir nesne dizgesinin hızı 0 iken kütlesi, *m* ise, aynı nesne dizgesinin hızı *v* iken kütlesidir. *c* sabiti, yaklaşık 300.000 km/sn'ye eşit olan ışığın hızıdır. (i) yasa-önermesinin (1 teorisindeki karşılığı, cisimlerin kütlelerinin sabitliğini dile getiren

$$\text{(ii)} \quad m = m_0$$

yasa-önermesidir. Amacımız, (i) yasa-önermesinin, K_1 alanına uygunluğu durumlarda (ii) yasa-önermesine *indirgendiğini* göstermektir. Bu amaçla K_1 alanına ait a gibi bir nesne-dizgesini, sözgelişi saatte 360 km hızla devinen bir yarış arabasını ele alalım. O halde a'nın hızı, saniyede 0.1 kilometreye eşittir. Buna göre

$$\frac{v^2}{c^2} = \frac{(0.1)^2}{(300.000)^2} = \frac{0.01}{9 \times 10^{10}} = \frac{1}{9 \times 10^{12}}$$

elde edilir. Demek ki $\frac{v^2}{c^2}$ oranı çok küçüktür. Böylece *a*'nın K_1 alanına ait olduğu görünür. $\frac{v^2}{c^2}$ oranı çok küçük olunca, sırasıyla

$$1 - \frac{v^2}{c^2} \approx 1 \,, \quad \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \approx 1$$

önermeleri türetilebilir. Dolayısıyla, *a*, K_1 alanına ait herhangi bir nesne dizgesi olduğunda

$$\text{(iii)} \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c}}} \approx m_0$$

önermesi geçerli olur. Başka bir deyişle, $\frac{v^2}{c^2}$ oranı 0 limitine yaklaşınca, *m* kütlesinin değeri m_0 limitine yaklaşır. (iii)'ün geçerli olması, Θ_1'e ait (i) yasa-önermesinin K_1 alanında Θ_2'ye ait (ii) yasa-önermesine *indirgendiği* anlamına gelir.

Sıra Sizde 2

Örnek olarak 1815 - 1911 yılları arasındaki William Prout'un (1785 - 1850) başlattığı bilimsel araştırma programını ele alıyoruz. Prout'un (teorisinin katı çekirdeği, tüm atomların hidrojen atomlarından oluştuğunu, dolayısıyla her kimyasal elementin atom ağırlığının tamsayı olduğunu ileri süren temel hipotezden oluşur. Ancak görünüşte element olan, ama ölçülen atom ağırlıkları tamsayı olmayan elementler ortaya çıkmış, bu da Θ teorisi için anomaliler oluşturmuştur. Anomalileri gidermek için sözü geçen maddelerin saf olmadıkları, kimyasal arındırma yoluyla saf hale getirince atom ağırlıklarının tamsayı olacağı hipotezi ortaya konulmuştur. Önceleri bu hipotez deneysel olarak pekiştirilmiş, böylece *gelişen teori aşamaları* gerçekleşmiştir. Ancak 1860 yıllarında, Klor elementinin atom ağırlığının ölçülen değerinin 35.5 olduğu, tüm arındırma girişimlerine karşın bu değerin değişmediği olgusu gözlemlenmiştir. Bu olgu, bazı bilim insanlarınca Θ teorisi için giderilemez anomali sayılmıştır. Böylece gelişen teori aşamalarını *yozlaşan teori aşamaları* izlemiştir. 1910 yıllarında ise Ernest Rutherford'un (1871 - 1937) atom teorisi çerçevesinde, Klor gibi, atom sayısı tamsayı olmayan kimyasal elementlerin farklı izotop atomlardan oluşan karışımlar olduğu anlaşılmıştır. Farklı izotop karışımı olmayan elementlerin atom ağırlığının Θ teorisine uygun olarak tamsayıya yakın olduğu ortaya çıkmıştır. Böylece Θ teorisinin aşamaları dizisinin, önce gelişen, sonra yozlaşan, daha sonra gene gelişen aşamalardan oluştuğu görülür. (Bkz. Lakatos, 1978, s. 43 - 44 ve s. 53 - 55.)

Sıra Sizde 3

Klasik Newton mekaniği paradigmasında bir giderilemez anomali örneği olarak, Ünite 2'de (Sıra Sizde Yanıt Anahtarı, Sıra Sizde 1'in yanıtında) sözü edilen Merkür gezegeninin yörüngesinin günberisindeki sapma olgusunu gösteriyoruz. Nitekim Newton mekaniğinin üç yüzyıl süren olağan bilim döneminde, söz konusu sapma olgusu, bazı başarısız ad hoc açıklama girişimleri dışında, genellikle göz ardı edilmiştir. Başka bir deyişle söz konusu olgunun oluşturduğu *anomali* Newton mekaniği paradigması çerçevesinde giderilememiştir. Bu giderilemeyen anomali ancak 1915 yıllarında, bilimsel devrim yoluyla Newton teorisinin yerine geçen Einstein'ın genel görelilik teorisi çerçevesinde giderilebilmiştir. Nitekim Merkür gezegeninin günberisindeki sapma olgusu, genel görelilik teorisinin öngördüğü uzay-zaman bükülmesiyle açıklanabilmiştir.

Yararlanılan ve Başvurulabilecek Kaynaklar

Andrews, T. (1869). "On the Continuity of the Gaseous and Liquid States of Matter", *Philosophical Transactions of the Royal Society,* **159,** s. 575 - 590.

Brush, S. G. (2003). **The Kinetic Theory of Gases: An Anthology of Classic Papers with Historical Commentary** (ed. by N. S. Hall). London: Imperial College Press.

Buijs-Ballot, C. H. D. (1858). "Über die Art von Bewegung welche wir Wärme und Electricität nennen", *Annalen der Physik, 2nd series,* **103,** s. 240 - 248.

Clausius, R. (1857). "The Nature of the Motion which We Call Heat", Brush (2003)'ün içinde, s. 111 - 134.

Clausius, R. (1858). "On the Mean Lengths of the Paths Described by the Separate Molecules of Gaseous Bodies ", Brush (2003)'ün içinde, s. 135 - 147.

Clark, P. (1976). "Atomism versus Thermodynamics", in C. Howson (ed.) (1976), **Method and Appraisal in the Physical Sciences:** Cambridge: Cambridge University Press, s. 41 - 105.

Feynman, R. P. et al. (1989). **The Feynman Lectures on Physics, Vol. I.** Reading, Mass.: Addison-Wesley Pub. Co.

Güzel, C. (2010). **Bilim Felsefesi.** İstanbul: Kırmızı Yayınları.

Khinchin, A. I. (1949). **Mathematical Foundations of Statistical Mechanics,** trans by G. Gamow. New York: Dover Publications.

Kuhn, T. S. (1970). **The Structure of Scientific Revolutions** (2nd edition, enlarged). Chicago and London: The University of Chicago Press.

Kuhn, T. S. (2008). **Bilimsel Devrimlerin Yapısı** (sekizinci baskı), çeviren: Nilüfer Kuyaş, İstanbul: Kırmızı Yayınları.

Kuhn, T. S. (1977). **The Essential Tension.** Chicago and London: The University of Chicago Press.

Kuhn, T. S. (1978). **Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity 1894 - 1912.** Oxford and New York: Oxford University Press.

Kuhn, T. S. (2000). **The Road since Structure.** Chicago: The University of Chicago Press.

Lakatos, I. (1989). "Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes", in J. Worall and G. Currie (eds.) (1989), **The Methodology of Scientific Research Programmes, Philosophical Papers, Volume I,** Cambridge: Cambridge University Press, s. 8 - 101.

Losee, J. (2004). **Theories of Scientific Progress: An Introduction.** New York: Routledge.

Nagel, E. (1979). **The Structure of Science: Problems in the Logic of Scientific Explanation.** Indianapolis: Hackett Publishing Company.

Nola, R. and H. Sankey. (2007). **Theories of Scientific Method: An Introduction.** Montreal: McGill-Queen's University Press.

Salmon, W. C. (1984). **Scientific Explanation and the Causal Structure of the World.** Princeton, NJ: Princeton University Press.

Salzman, W. R. (2004). "Critical Constants of the van der Waals Gas", http://www.chem.arizona.edu/~salzmanr/480a/480ants/vdwcrit/vdwcrit.html (last updated 08 July 2004).

Yıldırım, C. (1971). **Science: Its Meaning and Method.** Ankara: METU Faculty of Arts and Sciences Publications No: 21, Başnur Matbaası.

Yıldırım, C. (2010). **Bilim Felsefesi** (13. Basım). İstanbul: Remzi Kitabevi.