



Bursa Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Felsefe Dergisi
Bursa Uludağ University Faculty of Arts and Sciences Journal of Philosophy

Araştırma Makalesi | Research Article
Kaygı, 24 (2), 808-829.

Makale Geliş | Received: 24.04.2025
Makale Kabul | Accepted: 29.06.2025
Yayın Tarihi | Publication Date: 30.09.2025
DOI: 10.20981/kaygi.1682956

Osman Ufuk DAĞLI

Doktora Öğrencisi | Ph.D. Candidate
Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Felsefe Bölümü, Beytepe, Ankara TR
Hacettepe University, Graduate School of Social Sciences, Department of Philosophy, Beytepe, Ankara TR
ORCID: 0000-0002-7160-3971
ufukdagli@hacettepe.edu.tr

Reichenbach'ın Mikroistatistikte Zamanın Düzeni ve Zamanın Yönü Hakkındaki Probabilistik Felsefesine Giriş

Öz: Reichenbach, Berlin, Münih ve Göttingen Üniversitelerinde Matematik, Fizik ve Felsefe tahsili yaparken Quantum mekaniğini kurmakta olan Planck, Sommerfeld, Hilbert, Born ve Einstein'ın öğrencisi olmuştur. Probabilite Kanunlarının Realitede Geçerliliğini Kant Felsefesi Üzerine Uygulaması'yla 1915 senesinde Doktora tezini Erlangen'de tamamlamıştır. Reichenbach'a göre "Kesinlik arayışı tutkusu ve determinizm felsefe tarihi boyunca felsefedeki ve bilimdeki birçok sorunun nedenidir. Halbuki bu sorunların pek çoğu probabilistik bir anlayışla çözülebilirdi. Tarih boyunca zaman temel bir kavram olarak aynı şekilde ele alındığından zamanın nicelik ve niteliği de sorunlu olmuştur." Bu çalışma "zamanın düzeni" ve "zamanın yönü" hakkındaki probabilistik felsefeye giriş mahiyetinde olacaktır. Tıpkı vektör anlayışı, metrik tensör anlayışı ölçüm özelliklerini betimlediği gibi zamanın düzeni ve zamanın yönü de fiziksel süreçlerin özelliklerini betimlemektedir. Tek-düze zaman, zaman akışı kesinlik arayışı ve determinizm anlayışlarının birer ürünüdürler. Zamanın düzeni ve zamanın yönü probabilistik olarak ele alındığında fiziksel süreçler geri çevrilebilen süreçler ve geri çevrilemez olarak ikiye ayrılır. Klasik mekaniksel süreçlerde genellikle geri çevrilebilen süreçlerdir. Termodinamiksel süreçler geri çevrilemez süreçlerdir. Klasik mekanik süreçlerde zamanın düzeni betimlenebilirken termodinamiksel süreçlerde fiziksel sürecin düzeni ve fiziksel sürecin yönü betimlenebilmektedir. Bu çalışmada zamanın düzeni ve zamanın yönü gaz moleküllerinin karışımı düzeyinde yani mikroistatistiksel düzeydeki Termodinamiksel süreçlerde probabilistik metotla incelenecektir.

Anahtar kelimeler: Geometri, Uzay, Zaman, Olasılık, Entropi, Zamanın Düzeni, Zamanın Yönü

An Introduction to Reichenbach's Probabilistic Philosophy in Microstatistics on The Order of Time and The Direction of Time

Abstract: During Reichenbach's university education in Berlin, Munich and Göttingen Universities on mathematics, physics and philosophy he had the chance of being the student of great scientists Max Planck, Arnold Sommerfeld, David Hilbert, Max Born and Albert Einstein who were the founders of quantum mechanics. He received his degree on philosophy from the University of Erlangen in 1915. His dissertation was "The Concept of Probability in the Mathematical Representation of Reality". According to Reichenbach "throughout the history of philosophy and the history of science the problems dealt were caused by the desire of searching certainty and determinism. Actually, very many of these problems could be solved by using the probability method, also, as a fundamental concept, time was similarly handled, and the qualitative and quantitative properties of time became problematic. Just like a vector and a metric tensor describing measurable properties of time, "the order of time" and "the direction of time" describe properties of physical processes. Uniform time and time flow are the products of Determinism and desire to search for certainty. When physical processes are handled probabilistically physical processes can be classified as reversible and irreversible. Classical mechanical processes are reversible but thermodynamical processes are irreversible. In classical mechanical processes, the order of time is generally describable and in thermodynamical processes the order of time and the direction of time are describable. The present article is intended for introduction to probabilistic philosophy on the order of time and the direction of time in microstatistics on the mixture of gas in thermodynamics.

Key Words: Geometry, Space, Time, Probability, Entropy, Order of Time, Direction of Time

Giriş

Reichenbach, Berlin, Münih ve Göttingen Üniversitelerinde Matematik, Fizik ve Felsefe tahsili yaparken Quantum mekaniğini kurmakta olan Planck, Sommerfeld, Hilbert, Born ve Einstein'ın öğrencisi olmuştur. Onun, doğa felsefesine önceden beri olan ilgisi hocalarının da yardımıyla oldukça gelişme fırsatı bulmuş, felsefe okurken hocaları olan Münih'te von Aster ve Berlin'de Cassirer'in doğa felsefesi sorunlarındaki yaklaşımları ve anlayışlarıyla kendisine çok yardımcı olmuşlardır. Ancak çalışmalarını desteklemelerine rağmen Üniversitede genel olarak felsefe eğitiminde doğa felsefesi konusuna yeterince önem verilmemesi, ilgi gösterilmemesi nedenleriyle doğa felsefesi konusunda kendi yolunu kendisi çizmekten başka çaresi kalmayan Reichenbach, 'Probabilite Kanunlarının Realitede Geçerliliğini Kant Felsefesi Üzerine Uygulaması'yla 1915 senesinde Doktora tezini hiçbir akademik yardım almadan Erlangen'de tamamlamıştır. 1917-1920 yılları arasında Berlin Üniversitesi'nde Einstein'ın derslerinde anlattığı Görelilik Teorisi'nden etkilenerek, Kant'ın felsefi görüşleriyle çelişkiye düşünce, onun apriori

kavramının da savunulamazlığını “Görelilik Teorisi ve Apriori Bilgi” adlı kitabında etraflıca anlatmıştır. Görelilik teorisinin aksiomatik bir konstrüksiyonunun oluşturulması üzerinde ayrıntılı ve sistematik bir çalışmada, epistemoloji teorisi üzerinden bir bakış açısının eksik olduğunu görerek öncelikle Görelilik teorisinin zamanın nedensel bir teorisi temelinde ele alınmasını, daha sonra da fiziğin yeni korelasyon tanımlarını gerektirdiğini iddia etmiştir. Uzay-zaman teorisinin gerektirdiği tüm tanımların gerekliliğini ve bu konudaki tüm tanımları toplu bir şekilde ortaya ilk koyanın kendisi olduğu iddiası yaygın olarak kabul görmektedir. Ayrıca yine Görelilik Teorisi’nde ışık geometrisi kullanarak bu teori içinde tanıma dayalı cümlelerle doğanın içeriklerine ilişkin genellemeleri birbirinden ayırmıştır. “Dünyanın Nedensel Yapısı ve Geçmiş ile Geleceğin Farkı” adlı kitabında (1925) zamanın yönünün belirlenebilirliğinin sorgulamasına başlamıştır. Bütün bu çalışmaları 1928 yılında “Uzay-Zamanın Felsefesi” adlı kitabında yayınlamıştır. Ancak o dönemde, yalnız bu konu üzerinde değil, nedensellik kavramıyla probabilitate kavramının ilişkisi üzerine de çalışmaya yoğun bir şekilde devam etmiştir.

Ancak, zamanın yönü ve zamanın düzeni üzerindeki çalışmalarını bilimdeki en son gelişmeler ışığında ele alarak yayınlamayı sürekli ertelemiş, fakat zamanın düzeni ve zamanın yönünü ayrıntılı bir şekilde ortaya koyabilmek için gerekli alt yapı hazırlıklarını da aralıksız devam ettirmiştir. Özellikle quantum mekaniğinin ortaya çıkışında ve gelişmesinde çok etkili olan ve temelinde bulunan parçacık yani elektronun üzerinde yapılan çalışmalarda dağılım fonksiyonlarını ve zamanda geri gidiş gibi o günlere kadar paradoksal olan konuların çözülmesini yakından takip ettikten sonra yazmayı planladığı eseri, 1953 yılında ani vefatı nedeniyle kendisi tarafından yayınlanamamıştır. Bu nedenle adını kendisinin koyduğu “Zamanın Yönü” isimli kitabı eşi ve arkadaşları tarafından ancak 1956 yılında yayınlanabilmiştir. Adından da anlaşılacağı üzere Reichenbach'ın bu kitabı ağırlıklı olarak *zamanın yönü* üzerinedir. Zamanın düzenini, zamanın yönünü açıklayıcı yan konu olarak ele almıştır. Zamanın Yönü kitabı zamanın düzeni ve yönü ile ilgili Reichenbach'ın yaptığı çalışmaların hemen hemen tamamını kapsamaktadır. Kendi

deyimiyle bir çalışma, konu ile ilgili olanla olmayanın birbirinden ayrılmasıyla başlamalıdır. Bu nedenle zamanın yönü ve düzenini klasik mekanik, klasik termodinamik ve quantum mekaniğinde istatistiksel bir yaklaşımla ele alırken kesinlik anlayışı çerçevesindeki yaklaşımları da etraflıca eleştirmiştir. Zamanın düzeni ve yönü yaptığı tüm bu eleştirilerden ve matematik ayrıntılardan sonra geride kalanlardan ancak çıkarılabilmektedir.

Reichenbach'da zamanın düzeni ve yönünün ele alındığı bu makalede, zaman konusunun incelenmesine alt yapı olacak kavramlar, tarifler, teoremler ve özellikle zamanla ilgili ortaya çıkan sorunlar ve bu sorunların kaynağının Reichenbach tarafından nasıl ele alındığını ortaya koyarken konunun oldukça derin olan matematik ve fizik teknik inceliklerine girmeden sunulmasına da özen gösterilmiştir.

Reichenbach zamanı niceliksel ve niteliksel olmak üzere iki ana başlık altında ele almaktadır. Zamanın niceliksel kısmı zamanın ölçülebilen özelliklerinin, yani değişken olan metrik özelliklerinin ele alındığı kısmı kapsarken, zamanın niteliksel kısmı zamanın değişmeyen özelliklerini, yani zamanın düzeni ve zamanın yönünü kapsamaktadır.

İstatistiksel ilişkilerin belirleyici olduğu zamanın niteliksel alanı kendi içinde mikro istatistiksel, makro istatistiksel ve quantum istatistiksel olarak sınıflandırılarak ele alınmaktadır. İstatistiksel yaklaşım bu alanların hepsinde ortak olmasından dolayı bu alanların aralarında da doğal olarak kesin sınırlar bulunmamaktadır.

Yukarıda belirtilen mikro istatistiksel bölge (*region*) moleküler düzeydir. Entropi ve entropinin zamanla ilişkisi bu bölgede ele alınmaktadır. Mikro bölge için Reichenbach toz zerrecikleri ya da çok ince kum tanecikleri büyüklüğünü kastetmektedir. Elementlerin bir mol gramında Avogadro sayısı kadar yani $6,02 \times 10^{23}$ /mol gr tane molekül bulunur. Bu da zamanın düzeni ve zamanın yönünün incelenmesi için fazlasıyla yeterli bir miktardır. Quantum istatistiksel bölge ise, elementer parçacıklar bölgesidir. Bu bölge parçacıkların

gözlemlenebilirliğinin ötesinde bir bölge olmaktan başka, kuralları itibarı ile de mikro bölgelerden tamamen farklıdır.

Bu makalede zamanın yönü ve düzeni mikro düzeyde ele alınacaktır. Zamanın niteliklerinin matematikte geometri ile bağlantısı nedeniyle öncelikle geometri, aynı şekilde konunun zaman olması ve zamanın uzayla ilişkisinden dolayı da uzay ele alınmıştır. Böylece zamanın niteliklerinin incelenmesi geometri ile uzayın ilişkisinin incelenmesine bağlanmıştır.

Geometri, Uzay, Zaman ve Çakışmanın Uyumlayıcı Tanımları

İki nokta arasındaki en kısa yolun doğru olduğu, üçgenin iç açıları toplamının 180 derece olduğu ya da paralel aksiyomu olarak bilinen 'bir doğruya dışındaki bir noktadan yalnız bir paralel doğru çizilebileceği' gibi aksiyomlardan oluşan Euclides geometrisi, eldeki tek geometrik sistem olması nedeniyle fizik dünyanın tek betimleyicisi olarak kabul edilegelmiştir (Euclid, 1991: 1-2). Ancak Euclides'in aksiyomları arasında paralel aksiyomu baştan beri bu yapının içinde sorunlu olmuştur. Hatta bu aksiyomun geometrik sisteme daha sonra eklendiği gibi görüşler de oldukça yaygındır. Bu sorunun çözümü iki bin yıl bekleyecekti. Özenle işlenmiş olan Euclides'in geometrik sistemi elde olan tek sistem olunca fiziksel uzay da bu sisteme uygun gözükmekteydi. Gözükmekteydi, çünkü bu sistem, içinde yaşadığımız ortamda gözde canlandırmamıza da elverişliydi. Katı çubuklar vasıtasıyla uzunluk ve açıların ölçülmesi gibi gündelik yaşamımızda ulaşılabilir uzaklıklarda Euclides geometrisinin aksiyomlarının geçerliliği, ilgili değişiminin fark edilemeyecek derecede yavaş olduğu uzak yıldızlarda ya da yakın çevremizdeki ilişkilerin gezegen hareketlerine uygunluğu görülünce Euclides geometrisi fiziksel uzayın doğal geometrisi olarak kabullenildi. Euclides geometrisinin ve fiziksel uzayın birbirleriyle sanki ayrılmaz bir şekilde kaynaşmaları daha sonraları yaklaşık iki bin yıl boyunca devam etti ve fiziksel dünyayı ilgilendiren tüm gelişmelerin temelini oluşturdu. Klasik mekaniğin genel yasaları Newton tarafından ortaya etraflica konurken temel alınan yine Euclidien fiziksel uzaydı. Newton'un mekaniği

tıpkı uzunluk ölçümleri yapılırken kullanılan katı çubuklar gibi katı cisimler üzerine kurulmuştu. Newton kendisinden sonraki fizik ve felsefeyi derinden etkilerken bu temele dayanarak etkilenenler de hazır buldukları bu kaynaşmış yapıyı yeni çalışmalarına temel almışlardır. Reichenbach, Euclides geometrisinin fiziksel çevreye uygunluğunun ele alınmasında fiziksel ve matematiksel geometrilerin birbirlerine uygunluğunun açıklanmaya muhtaç bir olay olarak ilk defa vurgulanmasının Kant'ın gözden kaçmaması gereken bir üstünlüğü olduğunu belirtmektedir. Bir doğrunun dışındaki bir doğrudan bu doğruya yalnız bir paralel doğru çizilebileceği aksiyomuna karşılık birden fazla paralel doğrunun çizilebileceğini ilk defa Macar matematikçi John Bolyai (1802-1860) göstermiştir. Hemen hemen aynı dönemlerde aynı sonuçlara K.F. Gauss (1777-1855), N.I. Lobachevski (1793-1856) ve B. Riemann (1826-1866) ulaşmışlardır. Bu tip geometriler Euclides'ci olmayan geometriler olarak adlandırılırlar. Euclides'ci olmayan geometrilerin ortaya çıkmasıyla elde kullanılmaya hazır pek çok geometriden hangisinin fiziksel uzayın geometrisi olarak uygulanabileceğine karar verilmesi gerekmektedir. Oluşturulan üçgenlerin kenar uzunluklarının ya da açılarının ölçülmesi Gauss'a göre gözlemle yapılmalıydı, ancak üçgenin köşe noktaları arasındaki uzaklık arttığında sorunlar baş göstermekteydi. Örneğin; açıları ölçmek için gözlemlenen nesnelerden gelen ışık ışınlarının doğrusal bir çizgiyi takip edip etmediğinden nasıl emin olunmaktadır? Çubuk metrelerle bu uzunluğun ölçülmesi söz konusu olduğunda da çubuk metrelerin uzunluklarının değişmediğini nereden bilinmektedir? Çubukları taşıyarak ölçüm yapılmak istendiğinde ikinci bir ölçüm çubuğunun referans alınarak kullanılması da yeterli olmamaktadır, çünkü ikinci çubuğun da aynı şekilde değişip değişmediği bilinmemektedir. Buradaki sorun çubuk metrelerin çakışması (congruence) sorunudur ve bu sorun bir gözlem sorunu değil, fakat bir tanım sorunudur. Bu durumda Reichenbach 'birbirinden uzakta bulunan iki çubuğun boylarının eşit olduğunu söylemek yerine bu iki çubuğun uzunluğunu eşit olduğunu kabul ediyoruz' denmesinin uygun olduğunu belirtmektedir. Bu tür tanımlamalara da uyumlayıcı tanımlamalar (coordinative

definitions) adını vermektedir. Uyumlayıcı tanımlamalarda 'bir fiziksel nesne (katı çubuk), bir kavrama (eşit uzunluk) uyumlanır' örneğini vererek fizik dünyanın geometrisine ilişkin önermelerin ancak çakışmanın uyumlayıcı tanımı (*coordinative definition of congruence*) yapıldıktan sonra anlamlı sayılabileceğini söylemektedir. Bu da Çakışmanın Uyumlayıcı Tanımı değiştiğinde farklı bir geometri oluşacağını göstermektedir. İşte bu olaya da geometrinin göreceliği adı verilmektedir. Yani fizik uzayı betimleyen birden çok geometri birbirlerine eşdeğer olarak bulunmaktadır ve her biri de doğru betimlemedir. Ancak yukarıda paralel aksiyomu olarak kabul edilen aksiyomun gerekmediği başka geometrik sistemler bulununca fizik dünyanın ya da evrenin geometrisinin bunlardan hangisinin olduğu sorgulanmaya başlanmış ve bu sorgulama sonucunda geometri matematiksel geometri ve fiziksel geometri olarak ayrılmıştır (Reichenbach, 1978: 176). Ayrıca fiziksel geometriler arasında fiziksel ortamda hangi fiziksel geometrinin kullanılacağını kararının empirik olduğu anlaşılmıştır (Reichenbach, 1951: 125). Dedüktif bir sistem olarak kurulan geometrinin, fiziksel dünya ile ilişkilendirilirken iki nokta arasındaki en kısa uzunluğun doğru olması ve uzunluğunu ölçecek doğru parçasının art arda gelerek bu ölçümü yapabilirliliği de sorgulanmaya başlanmış, adına standart uzunluk denilen katı doğru uzunlukları birim uzunluk olarak kabul edilmiştir. Fakat birim uzunlukların transferinde bu uzunluğun aynı kalıp kalmadığı, arka arkaya eklenirken hala düz bir çizgi takip edip etmediğinin belirlenebilmesi de sorun olmuştur. Işık ışınları burada çare olarak görülmüş, ışık ışınlarının düz bir çizgi takip etmesi nedeniyle sorunun giderildiği kanısına varılmıştır. Katı çubuklar yerine üçgenin kenarları ışık ışını olarak alınınca kullanılan Euclides'ci ya da Euclides-dışı geometride sorunun halledildiği düşünülmüştür. Uzunluklar eşit ve çizgilerin de düz olduğu kabul edilen uyum yasaları ile uzay ile geometri ilişkisi uyumlayıcı tariflerle halledilmeye çalışılmış, ama bu girişim de birçok sorunu beraberinde getirmiştir (Reichenbach, 1978: 176-177). Geometrik olarak düşünüldüğünde Euclides geometrisi ile Euclides'ci olmayan geometriler küçük ölçekte özdeş kabul edilebilir. Reichenbach'a göre uzay, taşınan katı cisimlerle ışık ışınları arasında oluşan, tüm

fiziksel ölçümlerin dayandığı fizik dünyanın çok genel bir özelliğini dile getiren düzen ilişkilerini kapsayan bir sistemdir. Modern matematik ve fizik gelişmeleriyle ulaşılan bir sonuçtur. Geometrik sistemlerin aksiyomlarının fiziksel uzaya uygunluğu uyumlayıcı tanımlar aracılığı ile ele alındığında artık bu aksiyomların belirlediği geometri fizik uzayı betimler. Böyle bir geometri fiziksel geometridir, empiriktir, diğer durumda ise matematikselidir yani analitiktir. Böylece paralel aksiyomunun Euclides aksiyomlarının arasına oturtulmaya çalışılmasıyla başlayan sorun, geometrinin matematiksel ve fiziksel olarak ikiye ayrılması ile çözülebilmiştir. Ancak, Einstein'ın Genel Görelilik Kuramında iddia ettiği, daha sonra yapılan astronomik gözlemlerle de doğruluğu kanıtlanan; ışık ışınlarının astronomik kütlelerin çekimi ile sapmasıyla onun belirlediği geometrinin eğilmesi, uzayın geometrisinin empirik özelliğini ispat etmektedir.

Uzay ile geometrinin uygunluğunun sağlanmasına benzer bir girişim *zaman* için de yapılmaya çalışılmıştır. Ancak bu uygunluğun yapılabilmesi için önce uzayın ve geometrinin, daha sonra da zamanın metrik ilişkilerinin aksiyomları ayrıntılı bir şekilde kurulmuştur (Reichenbach, 1969: 25-66). Bu yapı içinde “doğal saatler”, “eylemsizlik yasası” ve “ışığın hareketi” üzerinden ama katı-çubuk yaklaşımı bırakılmadan uyum yasaları oluşturulmuştur (Reichenbach, 1978: 184-185). Böylece süregelen sorun Einstein'ın özel görelilik teorisinde ışık üzerine kurulan ve fizik uzay ile geometrik uzayın ilişkisi, fiziksel nesnenin yani katı çubuğun, bir kavrama yani eşit uzunluk kavramına, uyumlanmasıyla diğer bir deyişle çakışmanın uyumlayıcı tanımlarının yapılmasıyla çözülmüştür (Reichenbach, 1928: 103). Artık uzayın fiziksel bir uzay olduğu da bu teori ile kanıtlanmıştır.

Katı cisimlerle ışık ışınlarının bir arada ele alındığı önerme üzerine kurulu betimlemeye '*tam betimleme*' denir. Tam betimlemeleri Reichenbach '*eşdeğer*' olarak adlandırırken, eşdeğer betimlemeler arasından yalnız birinin; evrensel kuvvetler tarafından bozulmamış haldeki geometriyi '*normal sistem*' ve normal

sisteme götüren geometriyi de '*doğal geometri*' olarak adlandırır (Reichenbach, 1951: 134).

Mekanik yasaları dile getiren mekanik denklemler doğadaki hareketin gözleminden çıkarılmaktadır ve bu hareketin tek-düze olduğunu ortaya koyabilmek için temel alınan bir 'referans zamanı', yani tek-düze bir zaman gerekmektedir. Ancak tek-düze zamanı bilebilmek için yıldızların hareketi, güneş etrafında dünyanın hareketi ya da kendi etrafında dönen dünyanın hareketi gibi hareketin denklemlerini, dolayısı ile mekanik yasalarını bilmek, mekanik yasalarını, mekanik hareket denklemlerini bilebilmek için de tek-düze zamanı bilmek gibi bir fasit daire içine düşülmektedir. Öyleyse bundan çıkış yolu, gözlenen hareketlerden birini 'tek-düze zamanı belirliyor' olarak kabul etmektir. Birçok zaman akışından birinin tek-düze zaman olarak seçilmesi bir standart arayışından kaynaklanmaktadır. Bu durumda, zamanın uyumlayıcı tanımıyla birlikte, mekanik yasaları tek-düze farklı doğa betimlemelerinde eşdeğer betimlemeler oluşturur. Bu tanım çerçevesinde yıldızların, dünyanın ya da temel alınacak olan her hareketin kabul edilen tek-düze zamanı özdeşdir (Reichenbach, 1951: 136).

İşlevleri bakımından; uzay ölçeğinde kullanılan katı çubuk ölçeği ve zaman ölçeğinde kullanılan doğal saat benzerlikler gösterdiğinden, zamanın bu ölçüm özelliğine zamanın niceliksel veya metrik özelliği denilmektedir. Görüldüğü gibi birçok zaman akışı üzerinden hareketle yine pek çok zaman ölçeği olabilmektedir. Ölçülen bir zaman değerindeki bir olgunun bir diğer olgudan daha önce ya da daha sonralığının sıralamasına ilişkin soruna zamanın düzeni sorunu denilmektedir (Reichenbach, 1928: 136).

Zamanın düzeni zaman ölçeğinden bağımsız tanımlanabilmelidir çünkü, tek-düze zaman akışı zaman düzenine ilişkin önermeyi içermektedir ve zamanın düzeni daha temel bir önermedir. Dolayısı ile zamanın düzeni zaman ölçeğinden bağımsız olarak tanımlanabilmelidir. Bu nedenle de değişik zaman ölçekleri için zaman düzeni aynı olmalıdır. Bu temel ölçüt zamansal sıralama ile ifade edildiğinde, sonuç

nedeni izlemelidir (Reichenbach, 1951: 147). Bu da bir olgu bir başka olgunun nedeni olarak biliniyorsa, o olgu ötekinden daha önce geliyor demektir. Bu durumda zaman düzeni ilişkisi, neden-sonuç ilişkisine indirgenebilir (Reichenbach, 1951: 148). Bu çalışmalar sonunda uzayın zamana indirgenmesini, uzaysal düzenin de nedensellik kavramına indirgenmesi izlemiş ve uzay ve zamanın dünyanın ya da evrenin nedensel yapısının betimlenmesi olduğu sonucuna varılmıştır (Reichenbach, 1978: 190).

Zaman düzeninin neden-sonuç ilişkisine dayanılarak tanımlanması, ancak nedenle sonucu birbirinden ayıran düzenli bir durumdan düzensiz bir duruma geçiş süreçleri gibi doğal süreçler üzerinden yapılabilmektedir. Bu süreçler de tersine çevrilemez süreçlerdir (Reichenbach, 1951: 148). Klasik fizikte bu süreçler moleküler seviyede karıştırma süreçleridir ve termodinamikte entropinin konusudur. Böylece fiziksel evrenin nedensel düzenini yansıtan zaman düzeni termodinamikteki entropi konusuna indirgenmektedir.

Determinizm ¹

Reichenbach'a göre determinizm gözlemlenebilen bir olgu değil, fakat gözlemlerden ekstrapolasyon² yolu ile çıkartılan bir teoridir (Reichenbach, 1956: 82). Gözlemlenebilen düzensiz fiziksel süreçlerden gözlemlenemeyen fiziksel süreçlerin ekstansiyon yolu ile ulaşılabileceğinin kabulüne dayanmaktadır. Hatta gözlemlenebilen süreçlerin arkasına gizlenmiş bir grup nihai nedensel süreç olarak düşünülmektedir. Fiziksel süreçlerin başlangıçtaki betimlemelerinden, ya da başka bir deyişle, fiziksel süreci belirleyen parametrelerden hareketle bir sonraki sürecin parametrelerinin kesin belirlenebilirliği, süreçlerin ilişkisinin "*eğer...ise...daima*" kalıbı şeklinde olmasından kaynaklanmaktadır. Sonsuz uzay durumunda başlangıçtaki fiziksel

¹ Determinizm (Belirleyicilik): Olup biten her şeyin kendilerinden önce gelen olgularca belirlendiği öğretisi. Gerekiçilik olarak da adlandırılır.

² Ekstrapolasyon (Dışa değerlendirme): Bir fonksiyonun belirli bir aralıkta verilmiş değerlerine dayanarak geriye veya ileriye çıkarım yapılması.

süreçten hareketle son fiziksel sürecin parametrelerinin betimlenebilmesinde sonsuz parametre gerekeceğinden Reichenbach'a göre bu betimleme anlamsız olacaktır. Ayrıca matematiksel kesinliğin klasik fizik kanunlarına uygulanabilirliği determinizmin ispatı olarak kabul edilmiştir. Ancak, matematiğin fizik kanunlarına uygulanabilirliği gözleme dayanan kesin sonuçlar vermediği gibi, bu yolla determinizm klasik fizik tarafından ispat da edilememektedir. Böylece klasik fiziğin determinizmin ispatı olduğu iddiası da geçerliğini yitirmiştir. Boltzmann'ın klasik fizik kanunlarının istatistiksel yapıda olduğunu ispat etmesinden sonra da bu sonuç Reichenbach'a göre determinizmin reddinin formülasyonudur (Reichenbach, 1978: 81-118).

Entropi, Nedensellik, Probabilite³ ve Zamanın Düzeni

Termodinamiksel fiziksel süreçlerde enerjinin korunumu yasasının yanı sıra fiziksel işlemler süreci boyunca daima artan, asla azalmayan nitelik '*entropi*' olarak adlandırılır. Karmaşanın en yüksek olduğu durum denge durumudur. 'Entropi denge durumunda en yüksek değerine ulaşır' şeklinde ifade edilmektedir. Denge durumuna ulaşılan kadar entropinin aldığı nümerik değerler fiziksel durumlar düzenini gösterir. Entropinin daima artışı tüm süreçlerin daima artarak denge durumuna yönelmesidir. Daima artan bu süreçlere 'tersinmez' (irreversible) denir. Bu ifade şekli, yani süreçlerin betimlenmesinde kesinlik gösteren ifadeler, 1872 yılında Ludwig Boltzmann tarafından istatistiksel oldukları gösterilerek değiştirilmiştir. 'Daima' ifadesi 'yüksek olasılıkla', 'imkânsız' ifadesi de 'çok düşük olasılıkla' şeklini almıştır (Reichenbach, 1956: 54). Böylece termodinamiğin ikinci kanunu; "entropi çok yüksek olasılıkla artar, ters süreç çok düşük olasılıklıdır" şeklini alır. Clausius ve Thomson entropiyi ele alırken entropi ifadesinin içindeki parametrelerin hepsinin belirlenebilecek birer sabit olduklarından, yani normalize olduklarından hareket etmişlerdir (Clausius ve Thomson'dan aktaran Reichenbach, 1956: 59). Böyle bir durumda entropi ancak denge durumlarında

³ Probabilite (Olasılık): Bir olguyu gözlemleme, ya da bir önermenin doğru çıkma şansı.

tanımlanabilmektedir. Boltzmann burada istatistiksel bir yaklaşım izleyerek normalize olan bu yaklaşımın aksine entropiyi non-normalize bir formda ifade etmiştir (Reichenbach, 1956: 59). Boltzmann'ın bu yaklaşımıyla entropi yalnız denge durumunda değil, fakat gazların eşit dağılımın olmadığı denge durumuna doğru olan harekette de entropisinin tanımlanabilirliğini sağlamıştır (Reichenbach, 1956: 60). Bu tanımlamanın yapılabirliği ile entropiyi, “dağılımların düşük olasılıklı durumlardan yüksek olasılıklı durumlara yönelik bir meyletme” olarak ifade etmiştir (Reichenbach, 1956: 60).

Klasik fizik çerçevesinde ele alınan bir sonraki durumun belirlenebilirliği, denge durumuna doğru ilerlemekte olan termodinamiksel bir süreçte, gazların denge durumunu gösteren maksimum dağılımın pobabilitesinin belirlenebilmesi olarak ortaya çıkmaktadır. Dengeye doğru ilerleyen durumların belirlenebilirliği ancak entropinin istatistiksel yorumu ile izah edilebilmektedir (Reichenbach, 1978: 150-152).

Normalize olmuş bir yapının probabilistik yorumu, Boltzmann'ın oluşturduğu non-normalize bir termodinamiksel entropinin giderek artmasını izah edememektedir. Çünkü klasik fizikte termodinamiğin gerektirdiği entropi mutlak bir entropidir ve bu entropi olasılıklara uygulanan bir göreceli entropi cinsinden ifade edilemez. Mutlak sayıdaki aranjanların cinsinden termodinamiksel bir entropi de Reichenbach'a göre, yeterince izah edilememektedir, çünkü mutlak entropinin tutarlı normalizasyonu yapılamamaktadır. Ayrıca bu durum ‘toplayabilme postulatı’na (‘bütün’ün parçaların toplamına eşit olduğu önermesine) da aykırı gözükmektedir (Reichenbach, 1949: 82-89). Halbuki göreceli entropi yaklaşımında bu tutarsızlıklar ortadan kalkmaktadır (Reichenbach, 1956: 62).

Mikroistatistiksel yapılarda, moleküllerin belirlenebilir parçacık olarak ele alınarak kapalı ortamdaki belirlenebilir parçacıkların işgal ettikleri mekânın dağılımları şeklinde araştırılan entropi yalnız bu alanla sınırlı değildir ve belirlenebilir parçacıkların hız gibi diğer özelliklerinin dağılımı şeklinde de ele

alınabilir. Yine klasik fizik içinde kalarak belirlenebilir parçacıkların hız, enerji ve sıcaklık ilişkilerinde sıcaklığın dengeye eriştiği duruma gelene kadar olan süreçte, moleküllerin hızlarının dağılımları da entropi araştırmasının alanına girmektedir.

Entropi kavramını iki uygulamada geliştirdik. İlki, bir gazın işgal ettiği fiziksel uzaydaki hücrelerde, ikincisi ise hız uzayındaki hücrelerde. Bu iki istatistiksel uygulamayı birleştirmek çok kolaydır. Böylece fiziksel uzayı belirleyen üç boyutun yanı sıra hız uzayındaki üç boyut da eklenerek iki uzay birleştirilip altı boyutlu parametre uzayı elde edilir. Bu uzayda daha kapsamlı olarak ele alınan gazların entropisi tanımı fiziksel uzayda ele alındıktan bir farklılık göstermemektedir. Dolayısıyla burada da denge durumuna yönelik süreçte probabilistik yorum geçerli olmaya devam etmektedir (Reichenbach, 1956: 71).

Ancak, Reichenbach'a göre, söz konusu olan probabiliteler, göreceli frekansın limiti olan probabiliteler olarak, probabilitelerin frekans yorumudur (Reichenbach, 1956: 78). Bu yorumda tekli durum cümleleri, frekansı referans alan cümlelerle değiştirilmelidir. Çünkü düşük entropili bir durumu takip eden yüksek entropili bir durumun probabilitesi, tekli bir durumu referans aldığından, tekli bir durumun frekans yorumunda probabilitelerinin anlamlı olması imkânsızdır. Geçmişte entropinin daha düşük olduğu çıkarımı ancak çoklu sistem probabiliteleri ile yapılabilmektedir. Tekli yapılarla böyle bir sonuç çıkarılamaz (Reichenbach, 1956: 123).

Zamanın Yönü

Reichenbach'a göre, zamanın yönü probleminin çözülebilmesi için, zamanın kozâl (nedensel) teorisinde ele aldığı temporal ve mekânsal düzenin, neden-etki ilişkisine indirgenebilir olması (reducible) dışında başka ilişkilere indirgenerek incelenmelidir. Çünkü burada kesin nedensel ilişkilerden olasılık ilişkilerine geçiş gerekmektedir ve bu geçiş sürecinde bir karışıklığa sebep olmamak için zamanın probleminde düzen ve yön kavramlarının farkının açıklanması, hatta neden-etki ilişkisinin yönlü olup olmadığının da bu açıklamadan önce ele alınması gerekmektedir. Burada genellikle yapılan, zaman içinde kalarak, nedenin etkiyi öncelediği kabulüdür. Ancak zamanı kozalite'ye indirgeyerek açıklama getirilmek istendiğinde bu ilişki uygun görülmemektedir, çünkü zamanın yönüne atf

yapılmadan önce neden-etki ilişkisinin niteliği belirlenmelidir (Reichenbach, 1921: 683-686). Burada klasik fiziğin birçok ilişkisi etkili gözükmemektedir ama, birçok fizik kanunu simetrik karakterde olması nedeniyle bir yön belirtmezler. Ancak, yön söz konusu olduğunda klasik mekanik ve termodinamik süreçler öne çıkmaktadır ve bunların aralarındaki temel fark da klasik mekanik süreçlerin tersinir olduğu, termodinamik süreçlerin ise tersinir olmadığıdır. Tersinir olmayan süreçlerin asimetric nedensel ilişkisini desteklediği, tersinir süreçlerin ise simetrik nedensel ilişkiler gösterdiği tezi Reichenbach'a göre yanlıştır (Reichenbach, 1956: 32). Reichenbach daha doğru bir ifadenin şu olduğunu belirtmiştir:

Tersinir olmayan süreçler sadece zamanın yönünü tarif edebilirler, ama tersinir süreçler en azından zamanın düzenini tarif ederler ve böylece asimetric nedensel ilişki gösterirler. Doğru ifade, sadece tersinir olmayan süreçlerin unidireksiyonel kovaliteyi (nedenselliği) tanımladığıdır (Reichenbach, 1956: 32).

Tersinir süreçler cinsinden zamanın düzen özelliklerinin tanımlanabilmesi için zaman yönünün tersine döndürüldüğü durumda zaman düzeninin hangi özelliklerinin değişmeden kaldığı araştırıldığında “*arada*” sözcüğü ile ifade edilen ve kendi dış noktaları arasında simetrik özellikler gösteren ve bu nedenle de tersinir süreçte lineer düzen özelliği gösteren ‘arada-ilişkileri’ öne çıkmaktadır (Reichenbach, 1956: 32). Tersinir süreçte hareket yönü değiştiğinde fiziksel süreç mekanik kanunlarıyla uyum halindeyse, bu fiziksel süreç bir zaman yönü tarif etmemektedir. Buradan da mekanik kanunlarının bu zamansal arada-ilişkisinde dış noktalar arasında nedensel hat oluşturarak hattın yönünün belirlenemeyeceğini gösterir. Burada yönün belirlenememesi, yönlerin birbirlerine ters olmasından kaynaklanmaktadır. Yönlerin ters olmasının belirlenebilmesi her ne kadar yön belirtmese de, ters olmaları nedeniyle bu süreçte terslik ilişkisi görülmekte, bu da terslik ilişkisi düzeni olduğunu göstermekte, dolayısıyla zamanın düzeninin tarif edilebileceğini göstermektedir. Bu ifade zamanın düzeninin ‘*lokal uyumluluk*’ prensibi olarak adlandırılır (Reichenbach, 1956: 35). Tersinir süreçlerde zaman yönü önceden belirlendiği durumda, zaman düzeninin değişmeden kalabilen özelliği

“arada” ilişkisidir; bu ilişki simetrik ve tersinir süreç lineer bir düzen tanımlar. Dolayısıyla mekanik kanunlarında zaman düzeni tanımlanabilmekte, ancak zamanın yönü tanımlanamamaktadır.

Nedensel Ağ

Mekanik kanunları, zamanın yönünü belirlemeden bırakırken, temporal arada ilişkisini ve lineer ilişkide nedensel düz çizgi olduğunu ya da olmadığını gösterirler. Her bir olay için oluşturulan nedensel düz çizgiler ağına baştan bir yön verildiğinde bütün doğrular da aynı yönü alırlar, yön ters çevrilirse aynı şekilde bütün doğrular da ters yöne dönerek düzen gösterirler ve bu düzen ‘lineal’ düzen olarak adlandırılır. Nedensel doğruların ardarda gelişi de nedensel bir zincir oluşturur. Nedensel zincir boyunca ilerlendiğinde başlangıç noktasına dönmek imkansızdır. Bu tür zincirler açık zincir olarak ifade edilir. Nedensel ağın açıklığının belirttiği, bu ağın yön özelliği değil ama düzen özelliğidir. Nedensel ağın açıklığı da zamanın düzenini betimlemektedir (Reichenbach, 1956: 36).

Moleküler Seviyedeki Karıştırılma Sürecinde Zamanın Düzeni ve Zamanın Yönü

Reichenbach zamanın düzeni ve zamanın yönünü incelerken, istatistiksel metodu ve nedensellik ilkesini termodinamiksel süreçler içinde önce entropi konusunu ele alarak entropinin oluşumuna etki eden faktörlerin detaylı bir açıklamasını yapmaya başlamıştır.

Kapalı kaplar içinde gazların iyice karıştırılmış bir durumu, tamamen düzeni olan bir durumun aksine düzeni olmayan bir durum olarak adlandırılır. Ancak daha incelikli bir yaklaşımda kapalı bir ortamda değişik maddelerden oluşan bir gaz karışımında tek tek moleküllerin aralarındaki uzaklık veya hızlarındaki farklılıklardan gözlemlenebilir duruma gelebilen özellikler ‘seperasyon’ olarak adlandırılır. Kapalı bir kapta her bir molekülün kapsadığı hacmin diğer kapsanan hacimlerle oluşturduğu düşünülen her bir ilişkiler bütünü aranjman olarak ele alınır. Aranjmandaki moleküllerin fiziksel özelliklerinin deneylebilir ve ölçülebilir

oldukları kabul edilir. Aranjmanların oluşturduğu sınıf dağılımdır. Burada düzen olarak ifade edilen aslında seperasyonun derecesidir (Reichenbach, 1956: 72). Çok iyi karışmış dağılım çok düzensiz, diğer taraftan kısmi seperasyon da çok düzenlidir. Öyleyse makroskopik olarak farklılıkları gözlemlenemeyen durumlar ya da aranjanlar aynı düzen derecesine sahiptir ve aynı şekilde bu aranjanların oluşturduğu makro durumlar da aynı düzen sınıfında olarak ifade edilirler. Dolayısıyla düzen, aynı düzenin makroskopik olarak ayırt edilemezliğe indirgenebilmesi nedeniyle aynı düzen cinsinden ifade edilebilir (Reichenbach, 1956: 72). Böylece düzenin derecesi de aynı düzen sınıfının genişletilmesiyle (*extansiyonu*) verilir. Yani aranjanların eş probabilitelerde olduğu ön kabulünden hareketle, probabiliteler aynı düzen sınıfındaki aranjanların sayılmasıyla ile belirlenmektedirler (Reichenbach, 1956: 72). Bu yorumuyla Reichenbach entropinin düzenli olmamanın bir 'inverse' ölçümü olduğunu, ya da bir durumdaki aranjanların sayısıyla birlikte probabilitenin ve entropinin de arttığını göstermiştir.

Reichenbach'ın yukarıda da belirtildiği gibi istatistiksel mekanikte probabiliteler sayımları, başlangıç probabiliteler metriklerine, probiliteler metrikleri de aranjanların eş probabilitelerde olduğu ön savına dayanır. Bir gazın durumlarının geçmişinin, şimdiki durumu betimleyen yapısı olarak düşünülen bu probabilistik metrik, gazın tarihi olarak ele alınır. Tarihi anlatan bu probabilistik ön kabul ayrıca gazın durumlarındaki değişiminin de probabilitelerini belirler. Gazın makro durumlarının probabilitelerinde, gazın yüksek düzenli ya da az düzenli durumlarının açıklanabilmesi de yine bu metrik ile yapılabilmektedir.

Fizikte metrik ifadesi daima bir ölçüm anlayışını da beraberinde getirmektedir. Deneye dayalı bu ölçümün hassasiyeti probabilistiktir. Yüksek olasılıklı durumlar genellikle kesin olarak ifade edilirler. İster kesine yakın olsun isterse de düşük olasılıklı olsun, bu bir ölçümdür. Diğer bir deyişle nicelikselidir. Ancak metrik probabilistik olsun ya da olmasın metriğin kendisinin hakkında bir

inceleme, niteliksel olmak durumundadır. Öyleyse gazın düzen durumlarının ya da sürecinin meylettiği yön durumlarının betimlemeleri olan zamanın düzeni ve zamanın yönü, metriğin hakkında olmaları nedeniyle nitelikselidirler.

Mikro-istatistiksel durumda yani bir kap içinde iki ayrı haznede bulunan gazların ara bölmesinin kaldırıldığı durumdan itibaren, moleküllerin karışmasından hareketle karışımın yönünü betimleyen zamanın niteliği, zamanın yönü olarak tanımlanmaktadır. Probabilistik bir ifade ile gazların düzeninin yüksek olasılıkla azalması gibi düşük olasılıkla artmasının da yine probabilistik olarak mümkün olabileceği Boltzmann tarafından gösterilmiştir (Boltzmann, 1898: 257-258). Moleküler karmaşanın büyük olasılıkla artmasındaki süreçte dağılımın düzenli olmadığı, aranjmanlar halinde oldukları durumlarda da zamanın yönü bu dağılımların ayrı ayrı yönlerini betimlemektedir. Ancak bu ayrı ayrı yönlerin toplanarak bir ana yönü gösterebilmesinin de çok düşük olasılıklı olduğunu iddia etmiş ve iddiasını da ispat etmiştir (Reichenbach, 1956: 127).

Sonuç

Boltzmann, mikro evrende yani bir kap içindeki moleküllerde, zaman yönünün bütünü betimleyemeyeceğini, zaman yönünün ancak ara kesitler halinde ele alınan aranjmanları betimleyebileceğini, fakat moleküler aranjmanları betimleyen zaman yönlerinin de aynı yönü belirtmediğini göstermiştir.

Zamanın düzeni ve zamanın yönü üzerinde yaptığı çalışmasında Reichenbach, hem klasik mekanikte hem de termodinamikte zamanın yönü ve zamanın düzeni ile ilgili teorileri ve deney sonuçlarının yorumlarını son derece ayrıntılı bir şekilde incelemiş, eksiklerini hatta yanlışlıklarını ortaya koyarak eledikten sonra iddia ettiği probabilistik felsefesini Boltzmann'ın vardığı yukarıda belirtilen sonuçlarla destekleyerek bir kere daha kanıtlamıştır. Felsefe tarihi boyunca sorun olarak gördüğü tek-düze (*unidireksiyonel*) zaman anlayışının sürekli bir zaman akışının bu çalışmanın kapsadığı mikro-istatistiksel bölgede yani moleküler bölgede zamanın yönünün bir ana yön olarak belirlenemeyeceğini ortaya

koymuştur. Buradan da zamanın yönünün ancak çok küçük moleküler yapıları, yani ancak bireysel yapıları betimleyebileceği, ama bu betimlemelerin toplanıp bir ana yönü belirtemeyeceği anlaşılmıştır.

Zamanın düzeni ve zamanın yönü üzerinde yapılacak olan incelemeler ancak Reichenbach'ın probabilistik dünya görüşü çerçevesinde ele alındığında anlamlı olabilmektedir. Reichenbach'ın bu yaklaşımının dışında kalan yöntemlerle yapılacak çalışmalar Reichenbach'ın deyişiyle yalnızca geçmişte eksik olarak ortaya konan çalışmaları tekrar etmek olacaktır.

An Introduction to Reichenbach's Probabilistic Philosophy in Microstatistics on The Order of Time and The Direction of Time

Summary

Osman Ufuk DAĞLI

Ph.D. Candidate

Hacettepe University, Graduate School of Social Sciences, Department of Philosophy, Beytepe, Ankara, TR.

ORCID: 0000-0002-7160-3971

ufukdagli@hacettepe.edu.tr

Introduction

The history of philosophy and science has been characterized by a persistent search for certainty and a reliance on deterministic frameworks. This pursuit has often generated conceptual difficulties, particularly in relation to fundamental notions such as time. The essay under consideration argues that many of these problems can be resolved through a probabilistic approach rather than by clinging to determinism. Focusing on Hans Reichenbach's philosophy, it provides an introduction to the probabilistic treatment of two central aspects of time: its order and its direction. Reichenbach's analysis, especially in the context of microstatistical thermodynamics, demonstrates that while classical mechanics describes reversible processes, the thermodynamical level introduces irreversibility, thereby grounding the asymmetry of time.

Reichenbach's Intellectual Development

Reichenbach's philosophical contributions cannot be separated from his intellectual formation in the early twentieth century. While studying mathematics, physics, and philosophy at the universities of Berlin, Munich, and Göttingen, he was taught by leading figures such as Planck, Sommerfeld, Hilbert, Born, and Einstein. This environment nurtured his early interest in the philosophy of nature. Although he faced institutional indifference to natural philosophy, Reichenbach independently completed his doctoral dissertation in 1915 on the application of probability laws to Kant's philosophy. His subsequent engagement with Einstein's relativity theory led him to challenge Kantian a priori concepts in his work *Relativity Theory and A Priori Knowledge* (1920).

Throughout the 1920s, Reichenbach sought to provide a systematic account of the philosophy of space and time. His *Philosophy of Space and Time* (1928) became a cornerstone in this field. Later, his sustained inquiries into causality, probability, and temporal asymmetry culminated in *The Direction of Time*, published posthumously in 1956. This work, edited and released by his colleagues and wife after his sudden death in 1953, contains his most developed analysis of the direction of time.

Quantitative and Qualitative Aspects of Time

Reichenbach distinguishes between two principal dimensions of time. The quantitative aspect concerns the measurable, metric features of time, such as duration and intervals, which can be expressed by clocks and mechanical laws. In contrast, the qualitative aspect of time refers to its more fundamental properties that do not vary with measurement scales: namely, the order of events and the direction of time.

The qualitative aspect, according to Reichenbach, is the more fundamental one. It is not dependent on specific units of measurement or conventional choices of reference systems. Instead, it underlies our ability to establish causal relations. To clarify these properties, Reichenbach classifies statistical approaches into three levels: microstatistical, which examines molecular processes; macrostatistical, which concerns observable macroscopic processes; and quantum statistical, which deals with elementary particles. His focus in this essay is on the microstatistical domain, where entropy and probabilistic analysis become essential.

Geometry, Space, and the Coordinative Definitions

Reichenbach's analysis of time cannot be separated from his work on space and geometry. For centuries, Euclidean geometry was regarded as the natural geometry of physical space, given its intuitive fit with everyday experience. However, the emergence of non-Euclidean geometries in the nineteenth century, advanced by Bolyai, Lobachevski, Gauss, and Riemann, demonstrated that multiple geometrical systems were logically consistent. This raised the question of which geometry corresponds to physical space.

Reichenbach introduced the concept of *coordinative definitions* to explain the relation between mathematical structures and physical reality. For example, the congruence of measurement rods is not an empirical fact but a definition that coordinates physical operations with abstract concepts. Thus, the choice of geometry in describing physical space depends on empirical adequacy rather than logical necessity. By analogy, the structure of time requires similar coordinative definitions, such as those involving natural clocks or the propagation of light. This framework allows him to treat space and time as expressions of the causal structure of the world.

The Order of Time

The order of time refers to the temporal sequence of events and can be defined independently of specific time scales. For Reichenbach, temporal order reduces to causal order: if event A causes event B, then A precedes B. This formulation implies that the order of time is grounded in the principle of causality. Importantly, this reduction avoids circularity by treating causal relations as more fundamental than temporal relations.

In classical mechanics, reversible processes can be described without reference to direction, yet they still reveal temporal order. By contrast, in thermodynamics, processes such as entropy increase exhibit irreversibility, and in these contexts both the order and direction of time become describable. Reichenbach thus emphasizes that the order of time reflects the underlying causal structure, whereas its direction is tied to probabilistic asymmetries in natural processes.

Determinism and Its Limits

Reichenbach was a strong critic of determinism. He argued that determinism is not an observable fact but an extrapolated theory based on extending observed regularities

beyond what can be empirically established. Classical physics appeared to support determinism through its precise mathematical laws, but Reichenbach pointed out that these laws did not guarantee determinism. Rather, determinism was an interpretive assumption imposed upon them.

The decisive blow to determinism came from Ludwig Boltzmann, who demonstrated that physical laws, especially in thermodynamics, are statistical in nature. Boltzmann's interpretation of entropy showed that the apparent certainty of the second law of thermodynamics should be understood probabilistically. Reichenbach adopted this insight, arguing that the classical conception of determinism was untenable once the statistical foundations of physics were acknowledged.

Entropy, Causality, and Probability

In thermodynamics, entropy is the quantity that always increases in irreversible processes. Earlier formulations by Clausius and Thomson treated entropy as a normalized, definite quantity that could be described deterministically. Boltzmann challenged this view by introducing a statistical interpretation of entropy. According to him, statements such as "entropy always increases" must be replaced with "entropy increases with high probability," while "impossible" events must be reformulated as events with extremely low probability.

This probabilistic turn redefined the second law of thermodynamics. Entropy came to be understood as a measure of the tendency of systems to move from less probable, more ordered states to more probable, disordered states. Reichenbach refined this interpretation by distinguishing between absolute and relative entropy. He argued that inconsistencies in classical treatments could be resolved if entropy were regarded as relative to probability distributions. In this framework, entropy becomes an inverse measure of order, and probabilistic methods provide the key to understanding its increase.

The Direction of Time

The central philosophical problem for Reichenbach was the asymmetry of time, or why time seems to flow in one direction. Most physical laws are time-symmetric, and therefore they cannot, by themselves, account for the observed temporal asymmetry. Reichenbach distinguished between the order of time, which can be captured even in reversible processes, and the direction of time, which requires the presence of irreversible processes.

Reversible processes, such as classical mechanical systems, display temporal order but not direction. Irreversible processes, such as entropy increase in thermodynamics, define unidirectional causality. Reichenbach argued that only irreversible processes can establish the direction of time. Within reversible processes, he introduced the concept of "between-relations," which describe local symmetries and linear orderings but do not provide orientation. The direction of time, therefore, arises only from irreversible phenomena.

Microstatistical Processes and Entropy

Reichenbach's analysis of the microstatistical level focuses on the behavior of gas molecules in closed systems. In this context, molecular arrangements and distributions determine entropy levels. A highly mixed gas represents disorder, while partial separations indicate order. The degree of order is related to the number of possible

molecular arrangements within a given distribution, and entropy increases as the number of equiprobable arrangements grows.

The statistical metric that describes these distributions also defines the probabilistic "history" of the gas. In this sense, the history of a system is determined not by deterministic necessity but by probabilities of molecular configurations. Reichenbach thus concludes that the direction of time at the molecular level is not globally definable. Instead, it applies only to local arrangements or subsets of molecules. Boltzmann had already shown that time's arrow could not be derived as a universal orientation from microstatistical processes alone, but only as a tendency with overwhelming probability.

Conclusion

Reichenbach's probabilistic philosophy represents a decisive break with deterministic conceptions of time. By distinguishing between the order and direction of time, he demonstrates that while temporal order can be reduced to causal relations, the direction of time arises only from probabilistic asymmetries in irreversible processes. His analysis of microstatistical thermodynamics shows that time's direction cannot be defined universally at the molecular level but only locally, within specific configurations.

This conclusion underscores the necessity of a probabilistic framework for the philosophy of time. Deterministic models, according to Reichenbach, are inadequate and ultimately misleading. By incorporating the insights of Boltzmann's statistical mechanics, Reichenbach provides a coherent account of how entropy, probability, and causality together ground our understanding of temporal order and direction. The essay thus highlights not only the philosophical significance of probabilistic reasoning but also its indispensability for making sense of one of the most fundamental features of reality: the nature of time itself.

KAYNAKÇA | REFERENCES

- Boltzmann L. (1898). *Vorlesungen über Gastheorie*, Bd. II, Leipzig.
- Euclid. (1991). *The Thirteen Books of Euclid's Elements* (trans.by T.L. Heath). Chicago: Encyclopedia Britannica, Inc.
- Reichenbach H. (1921). *Bericht über eine Axiomatik der Einsteinshen Raum-Zeit-Lehre*. Phys. Zeitschr., Bd 22.
- Reichenbach H. (1928). *The Philosophy of Space and Time* (trans. by M. Reichenbach and J. Freund). New York: Dover Publication Company.
- Reichenbach H. (1949). *The Theory of Probability* (trans. by M. Reichenbach, E.H. Hutten). Berkeley and Los Angeles: University of California Press.
- Reichenbach H. (1951). *The Rise of Scientific Philosophy* (ed. M. Reichenbach), Berkeley and Los Angeles: University Of California Press.
- Reichenbach H. (1956). *The Direction of Time* (ed. M. Reichenbach), Berkeley and Los Angeles: University Of California Press.
- Reichenbach H. (1969). *Axiomatization of the Theory of Relativity* (trans. by M. Reichenbach). Berkeley and Los Angeles: University of California Press.
- Reichenbach H. (1978) *The Connection between Time and Space* (trans. by E. H. Schneewind). Selected Writings Vol 2 (ed. M. Reichenbach and R. S. Cohen, pp. 189-190). Boston: D. Reidel Publishing Company.
- Reichenbach H. (1978) *The Relativistic Theory of Time* (trans. by E. H. Schneewind). Selected Writings Vol.2 (ed. M. Reichenbach and R. S. Cohen pp. 69-80), Boston: D. Reidel Publishing Company.
- Reichenbach H. (1978). *Probability Inference* (trans. by E. H. Schneewind). Selected Writings Vol.2 (ed. M. Reichenbach and R. S. Cohen, pp.150-152). Boston: D. Reidel Publishing Company.
- Reichenbach H. (1978). *Space* (trans. by E. H. Schneewind). Selected Writings Vol.2 (ed. M. Reichenbach and R. S. Cohen, pp.175-180). Boston: D. Reidel Publishing Company.
- Reichenbach H. (1978). *Time* (trans. by E. H. Schneewind). Selected Writings Vol.2 (ed. M. Reichenbach and R. S. Cohen, pp.184-188). Boston: D. Reidel Publishing Company.