

Ruch (gr. *kinesis*, *metabolé*, łac. *motus*, arab. *harakāt*) – zjawisko należące do podstawowych zagadnień filozofii przyrody, której jednym z przedmiotów formalnych (obok m.in. przestrzenności, czasowości) jest aspekt (atrybut) zmienności bytów przyrody (materii). Współcześnie r. pojmowany jest najczęściej jako zmiana przestrzennej lokalizacji obiektu (lub zaburzenie pola fizycznego), zrelatywizowana do przyjętego układu odniesienia.

Początki filozoficznych analiz r. Fakt powszechnego istnienia r. i podleganie mu bytów przyrody Arystoteles podniósł do rangi zasady: „My filozofowie przyrody, musimy przyjąć jako zasadę (*arché*), że wszystkie albo przynajmniej niektóre przedmioty natury znajdują się w r.; jest to oczywiste na podstawie indukcji (*epagogé*)” (Fiz. I, 185a). Dalsze dociekania poznawcze Arystotelesa prowadziły do zrozumienia i uniesprzeczniającego wyjaśnienia r. (*intelligibilitas motus*): „Nieznamość istoty r. mogłaby doprowadzić w konsekwencji do nieznamomości przyrody” (Fiz. III, 200b 12-13). Chodziło tu nie tylko o r. w znaczeniu zmiany miejsca przez ciało (obiekt) w przestrzeni (r. lokalny, przemieszczający), co o jakąkolwiek zmienność (działanie) bytów, przede wszystkim o sięgającą istoty rzeczy zmianę substancjalną (w aspekcie odrębności między bytem i niebytem), o zmianę jakości (*alteratio* = przemiana) oraz zmianę ilościową (rozmiar: 1. *augmentum* = przyrost, lub 2. *decrementum* = ubytek), różną od przesunięcia liniowego i obrotu. Wszystkie te zmiany zachodzą w funkcji czasu, definiowanego u Arystotelesa jako ilościowa miara interwałów r. (por. Fiz. IV, 219b). Zmiana momentalna (*mutatio instantanea*) nie jest więc r. sensu stricto.

Wariabilizm vs. statyzm. W filozofii presokratejskiej problematyka ontologii r. wyrażała się w sporze między wariabilizmem szkoły jońskiej (Heraklit z Efezu) a statyzmem szkoły eleackiej (Melissos z Samos, Ksenofanes z Kolofonu, Parmenides i Zenon z Elei). Szkoła jońska – sprofilowana hylozoistycznie – głosiła skrajnie pojętą powszechną zmienność bytów przyrodniczych, według obrazu nieustannie przepływającego nurtu rzeki: *pánta rhei* („wszystko płynie”). Według wariabilizmu, wieczna przemiana bytów winna być rozumiana jako (dialektyczna) synteza (ścieranie się, konflikt) przeciwieństw, czyli ustawiczne przechodzenie przez jakościowo skrajne stany (zimne ulega ogrzewaniu, ciepłe oziębianiu, wilgotne wysychaniu, suche moknięciu itp.), co stanowi zarazem warunek konieczny zaistnienia finalnej harmonii (porządku). Odmienne było stanowisko szkoły eleackiej, zdaniem której r. nie istnieje (jest tylko pozorny), ponieważ wszystkie byty są czymś jednym (niezmienną i statyczną pełnią bytu: *hen kaë pán*). Nie istnieje więc niebyt (próżnia), który byłby konieczny dla zachodzenia r. lokalnego. Niemożliwość r. wskazywano w antynomiach (paradoksach, aporiach: „dychotomia”, „Achilles”, „strzała”, „stadion”), ilustrujących sprzeczność między doświadczeniem zmysłowym a rozumowaniem. U podstaw tych antynomii tkwiły błędne założenia, dotyczące *continuum* czasu i przestrzeni (nie zawsze moc zbioru o nieskończonej liczbie elementów jest aktualnie nieskończona). Stanowisko

pośrednie w powyższym sporze reprezentował Demokryt z Abdery, twierdząc, że r. jest zmianą położenia w przestrzeni (próżni) niezmiennych co do wewnętrznej struktury atomów (jednych względem innych).

R. w metafizyce klasycznej. R. w szerokim znaczeniu (zmiany) został zdefiniowany w ramach arystotelesowskiej teorii aktu i możliwości (hylemorfizmu), jako proces ciągłego urzeczywistniania (aktualizowania, *enérgeia*, *entélecheia*) bytu będącego w potencji (możności, *dýnamis*) (por. Fiz. III, 201a 10-11). W powyższym sensie, r. ciała podległego zmianie wymaga dwóch wyraźnie wyodrębnionych przeciwnych granic (*extrem*) i jest aktem ontycznie niedoskonałym (niewykończonym), dopiero zmierzającym od punktu wyjścia (*terminus a quo*) do celu (punktu dojścia, *terminus ad quem*): kresu (*finis*) lub doskonałości (ilościowej, jakościowej). Faktyczne osiągnięcie celu r. nie jest jednak konieczne, zwłaszcza w wypadku r. lokalnego (np. w sytuacji r. po krzywej zamkniętej, ciało nieustannie przechodzi przez kolejne punkty drogi). Klasyczną charakterystykę r. uzupełniają: ciągłość następcza (sukcesywna) czyli istnienie faz pośrednich, oraz jedność (gatunkowa, przedmiotowa, czasowa).

Klasyczna tradycja metafizyczna wiązała r. z przygodnością bytową, analizując go w przejawach działań: 1. wsobnych (*motus immanens*), mających źródło i ujście w tym samym bycie – takie cechy mają r. życia (wegetatywnego, zmysłowego i duchowego), oraz 2. przechodnich (*motus transcens*), mających ujście w bycie innym, zewnętrznym, niż źródło r. – to z kolei cecha r. ilościowo-jakościowych bytów nieożywionych, jak też działań lokalnych, które w historii filozofii przyrody rozpatrywane były najczęściej. W filozofii scholastycznej powszechnie akceptowana była zasada „omne quod movetur ab alio movetur”, ale w późnej scholastyce została ona ograniczona (F. Suárez) dopuszczając tym samym ruch samoistny. W renesansowej filozofii przyrody (m.in. B. Telesio) r. traktowano natomiast jako zmianę spontaniczną, wywołaną nie z zewnątrz, lecz przez wewnętrzne siły samej przyrody. Był to ważny krok w kierunku immanentnej interpretacji ruchu.

Opis i wyjaśnianie r. mechanicznego. Zjawisko r. lokalnego jest uważane (np. K. Kłószak) za r. *sensu stricto*, który był według Arystotelesa (jak sądzi np. S. Adamczyk) pierwotnym rodzajem r. (por. Fiz. VIII, 260a-261b), opozycyjnym do stanu spoczynku. Wyjaśnianie genetyczne tego r. polegało na wskazaniu jego praw i przyczyn. Według dualistycznej kosmologii Eudoksosa-Arystotelesa, odmienne prawa dynamiki kierowały r. ciał ziemskich i r. ciał niebieskich. W świecie sublunarnym (ziemskim) wyróżniano dwa typy r. lokalnego: 1. naturalny i 2. wymuszony, odbywające się zawsze w jakimś ośrodku – środowisku (w przestrzeni wypełnionej, nie w próżni, bo brak oporu pociągałby za sobą natychmiastowość r.). W przypadku pierwszego (prostoliniowego i przyspieszonego, skierowanego wzdłuż linii: geometryczny środek Ziemi /świata/ – obwód świata), to jakościowa konstrukcja ciała (jego natura wewnętrzna, np. lekkość, ciężkość, zależnie od proporcji składowych żywiołów-elementów) identyfikuje cel i szybkość r. (wprost proporcjonalną

do ciężaru ciała, a odwrotnie proporcjonalną do oporu /gęstości/ środowiska). R. trwa aż do zatrzymania (spoczynku) ciała, zależnie od przeszkód, jak najbliższej jego miejsca naturalnego (ciała ciężkie – środek Ziemi, ciała lekkie – obwód świata). Z kolei występowanie r. wymuszonego, usuwającego ciało z miejsca naturalnego, wymaga działania zewnętrznego bodźca: siły (przyczyny) sprawczej (*generans*). Ponieważ zaś każdy obiekt w r. ma swój zewnętrzny czynnik sprawczy, a łańcuch (szereg) przyczyn nie może ciągnąć się w nieskończoność, musi istnieć doskonały Pierwszy Motor – Nieruchomy Poruszyciel (*Nous*), jako ostateczna racja wszelkiego r. w świecie (por. Fiz. VIII, 259a).

Szczególnie interesujące w historii dynamiki i techniki było opisanie i wyjaśnianie r. wymuszonych ciał, które utraciły bezpośredni kontakt fizyczny ze źródłem r. (np. w balistyce rzut ukośny pocisku). Arystoteles uznawał kolejne porcje środowiska (np. powietrza) za czynnik zarówno napędzający r. wymuszony, jak i hamujący go. Tę teorię kwestionował J. Filoponos z Aleksandrii (V-VI w.), który – dopuszczając teoretycznie istnienie próżni – sugerował jako *generans* niematerialny impuls – siłę „narzuconą” w ciało (*virtus impressa*), zdolną kontynuować działanie zewnętrznego źródła r., Avempace (XI-XII w.) przyjmował, że środowisko ewentualnie jedynie opóźnia r., J. Buridan (XIV w.) oznaczył *virtus impressa* terminem *impetus*, którego miernikiem była ilość materii ciała i prędkość jego r. Problem stanowiło także wyjaśnienie tzw. fazy spokoju (*quies media*) w najwyższym punkcie (*in puncto regressus*) toru r., z racji oddzielnego traktowania r. wymuszonego w górę i naturalnego w dół. Np. Awicenna (X-XI w.) uznawał, że stadium przejściowe między fazą r. wymuszonego (ukośnego) a fazą r. naturalnego (wertykalnego) jest łamaną, Albert z Saksonii (XIV w.) – fazą ruchu po kole. Według N. Tartaglii i G. B. Benedettiego (XVI w.) tor r. pocisku należy traktować jako zakrzywiany od początku w dół pod wpływem ciężaru ciała. G. Galilei (XVI-XVII w.) przyjął złożenie obu r. i określił *impetus* jako miarę r. (funkcję ilości materii i prędkości), nazwaną przez I. Newtona (XVII-XVIII w.) ilością r. (*momentum*) – dzisiejszym pędem (mV). Inną charakterystykę r. przez obie te wielkości nazwano *vis viva* (G. Leibniz) – dzisiejsza energia kinetyczna (d. dzielność, $mV^2/2$).

Zgodnie z galileuszową zasadą bezwładności (*inertia*), I. Newton (w I prawie /aksjomacie/ dynamiki) potraktował r. jednostajny prostoliniowy i w spoczynek ciała jako stany (nie procesy) równoważne, nie wymagające dla ich podtrzymania (w warunkach idealnych) żadnego zewnętrznego oddziaływania (względem inercjalnego układu odniesienia). Przyłożona wypadkowa siła zewnętrzna (*vis motrix impressa*), rozumiana zdroworozsądkowo jako „przyczyna” r., umożliwia dopiero zmianę dotychczasowego r. (pędu) ciała (dp/dt , II prawo dynamiki Newtona), nadając mu przyspieszenie.

R. sfer niebieskich i Ziemi. Dualizm kosmologii Eudoksosa-Arystotelesa przyjmował, że eteryczne obiekty strefy ponadksiężycowej (uranicznej) – a właściwie koncentryczne sfery niebios,

do których są przytwierdzone – podlegają wiecznemu r. po okręgach (*tĉn kŷklo*), lub złożeniom tego typu r. Według poglądów pitagorejskich i neoplatońskich, sferę uważano za kształt najdoskonalszy, determinujący rodzaj r. odpowiedni do natury obiektu (zasada *agens /operari/ sequitur esse*). Cyrkularną teorię r. obiektów nieba (planet), umożliwiającą predykcje zjawisk astronomicznych (np. zaćmień, koniunkcji), zawierał *Almagest* Klaudiusza Ptolemeusza (II w.). Zgodnie z tzw. aksjomatem Platona zastosowano w nim jako formalne komputacyjne narzędzie modele geometryczne, rozkładając obserwowalne niejednostajne r. planet na r. jednostajne po okręgu (z wykorzystaniem systemu epicykli na deferentach w r. względem ekwantu /punktu wyrównawczego/, spowodowanego m.in. koniecznością „zachowania fenomenów” obserwowanego r. wstecznego planet).

Do najbardziej nośnych światopoglądowo należała opozycja między teoriami: geostatyczną a geokinetyczną (r. Ziemi: obiegowy /orbitalny, roczny/, obrotowy /dobowy/, precesyjny /deklinacji/). Wielowątkowy spór dotyczył niewspółmierności budowy i funkcjonowania obrazów „świata”: matematycznego, empirycznego i biblijnego (judeo-chrześcijańskiego), jak również wyniku poznania zdroworozsądkowego (potocznego świadectwa zmysłów), wiążącego układ odniesienia wszelkich r. z nieruchomą Ziemią. W istocie spór ten dotyczył wyboru matematycznie prostszego układu odniesienia dla opisywanego r. (zastrzeżeniami przeciw r. rocznemu Ziemi były m.in: przesłanki teoretyczne /niezgodność z teorią r. naturalnych/ i obserwacyjne /brak paralaksy/), wobec konieczności modyfikacji modelu Hipparcha-Ptolemeusza (m.in. Al-Biruni). Argumenty na rzecz r. Ziemi (jednym z nich była zasada względności r.) przytaczali m.in.: Heraklides z Pontu (VI w. przed Chr.), Arystarch z Samos (III w. przed Chr.), Aryabhata (V w.), N. Oresme, M. Kopernik, Galileusz, J. Kepler (eliptyczne orbity planet). Niezależnie od ww. problemów, geostatyzm wciąż stanowi dogodny układ odniesienia przyjmowany np. w astronomii sferycznej, astrografii.

Rodzaje r. Ze względu na kształt toru (zbioru położeń) rozróżnia się typy r.: 1. prostoliniowy i 2. krzywoliniowy (w szczególności płaski, jeśli tor leży w płaszczyźnie, np. okręgu, czy krzywej stożkowej: elipsy /r. w polu sił centralnych/, bądź paraboli /r. w polu jednorodnym, np. r. cząstki naładowanej w polu elektrycznym lub magnetycznym/). W zależności od wartości wielkości opisujących r. (szczególnie prędkości i przyspieszenia) można wyróżnić: 1. jednostajny (prostoliniowy / $V = \text{const}$ / – najprostszy, spełniający I zasadę dynamiki Newtona, po okręgu /prędkość kątowna $\omega = \text{const}$ /) – dokonujący się bez udziału fizycznie uchwytanych czynników zewnętrznych (sił, momentów sił), 2. zmienny (w tym jednostajnie zmienny /przyspieszony/ prostoliniowy / $a = \text{const}$ /, periodyczny po okręgu /przyspieszenie kątowne $\varepsilon = \text{const}$ /, niejednostajnie zmienny / $a \neq \text{const}$ / – często spotykanym przykładem tego ostatniego jest r. drgający /harmoniczny, oscylacyjny wokół pewnego położenia równowagi – tłumiony lub wymuszony/, opisywany funkcjami trygonometrycznymi /sinus lub cosinus/, w którym cyklicznie następują przemiany

postaci energii mechanicznej) – pod wpływem sił lub momentów sił. R. z zerową wartością prędkości nazywa się spoczynkiem.

R. ciał złożonych rozważa się jako r. ich części składowych. I tak dla r. bryły sztywnej, ze względu na jej orientację przestrzenną wyróżnia się: 1. r. translacyjny (postępowy) – wszystkie punkty bryły zachowują stały kierunek toru w przestrzeni i 2. obrotowy – tory punktów bryły są współśrodkowymi okręgami w płaszczyznach prostopadłych do osi obrotu. Wypadkowy r. bryły sztywnej może powstać ze złożenia ww. r. Niektóre złożenia r. posiadają swoje nazwy własne, jak np. r. termiczny (cieplny), r. Browna (chaotyczne przemieszczenia cząsteczek zawieszonych w cieczy lub gazie), r. peryhelionowy (przemieszczenie kolejnych punktów peryhelium ciała, obiegającego centrum grawitacji /wbrew I prawu Keplera/).

R. w mechanice klasycznej. We współczesnej fizyce r. pojmuje się najczęściej jako zmianę lokalizacji obiektu w czasie, względem przyjętego (wyróżnionego) układu odniesienia (stanowionego przez inny obiekt). Klasyczna mechanika rozpatruje r. ciał makroskopowych, znacznie wolniejszych od stałej i granicznej prędkości w przyrodzie: propagacji fal elektromagnetycznych w próżni ($V \ll c$). R. obiektów może odbywać się w 3-wymiarowej przestrzeni: próżni (np. r. fal elektromagnetycznych), lub w określonym ośrodku materialnym (np. r. fal akustycznych), parametryzowanym niezależnym od przestrzeni 1-wymiarowym czasem rzeczywistym. R. jest względny, tzn. jego istnienie lub brak (spoczynek) jest zrelatywizowany do układu odniesienia. R. można analizować jednocześnie w różnych układach odniesienia (inercjalnych /za pomocą transformacji Galileusza/, bądź nieinercjalnych /gdzie dodatkowo uwzględnia się tzw. siły pozorne, np. Coriolisa, odśrodkową, bezwładności/), dobieranych (zorientowanych) zwykle tak, by opis r. był najprostszy.

Zgodnie z metodologią nauk fizycznych, ilościowy opis r. względnego (pojęcie r. absolutnego jest pozbawione sensu) dotyczy sposobu przebiegu r. Do tego opisu (pomiaru) wykorzystuje się: 1. abstrakcyjne modele realnych ciał, (np. punkt materialny /masowy/, bryła sztywna, ciało doskonale /nie/sprężyste, ośrodek ciągły: ciecz, gaz, ośrodek sprężysty), 2. idealizacje warunków (np. r. bez tarcia i oporów), oraz 3. odpowiednie funkcje matematyczne (zakłada się ich ciągłość, wielokrotność, różniczkowalność, jednoznaczność i skończoność) przedstawiające zależność określonych wielkości (np. prędkości, przyspieszenia, szarpnięcia /d. zrywu/) od czasu. Są one kolejnymi pochodnymi wartości wektora położenia obiektu (zbioru współrzędnych w zadanym układzie odniesienia) po czasie (tzw. równania r.). Mechaniczny (dynamiczny) r. ciał (wiązący r. z działającymi siłami) opisywany jest przy wykorzystaniu równań r.: Newtona, Lagrange'a, Naviera-Stokesa (r. płynu), falowego (r. falowy).

R. w mechanice relatywistycznej. W ujęciu szczególnej teorii względności Einsteina (STW) prowadzona jest analiza obiektów w r. z prędkością porównywalną do prędkości fali

elektromagnetycznej w próżni. Do opisu wprowadza się 4-wymiarową czasoprzestrzeń continuum (Minkowskiego), gdzie miejsce klasycznych położenia zajmują zdarzenia (punktochwile), a torów ruchu – linie świata (lifelines). STW zaprzeczyła niezmienniczości równań r. względem transformacji Galileusza, zastępując ją transformacją Lorentza, umożliwiającą predykcje zmian właściwości obiektów w r. (potwierdzone doświadczalnie efekty relatywistyczne: względność sekwencji czasowej zdarzeń, dylatacja czasu, kontrakcja długości, wzrost masy). Okazało się, że mechanika klasyczna jest przybliżeniem mechaniki relatywistycznej, słusznym dla r. makroskopowych ciał z prędkością $V \ll c$ (a więc dla większości zjawisk spotykanych na co dzień).

Istotnym efektem relatywistycznym jest równoważność masy i energii, tzn. istnienie tzw. energii spoczynkowej cząstek ($E = mc^2$), pełniącej w cząstkach złożonych głównie funkcję energii wiązania nukleonów. Oznacza to, że zmianie niewielkiej masy odpowiada ogromna ilość energii (np. jednostce masy atomowej u odpowiada energia 931 MeV). Natomiast według ogólnej teorii względności (OTW) – współczesnej relatywistycznej teorii grawitacji – zachodzi równoważność (funkcyjna proporcjonalność) rozkładów mas i pól przyspieszeń (sprzężenie tensorów: rozkładu /gęstości/ masy-energii-pędu i metrycznego /krzywizny czasoprzestrzeni/): w obecności mas (źródeł pola grawitacyjnego) geometria czasoprzestrzeni ulega zakrzywieniu i r. staje się przyspieszony, odbywając się po torach zwanych krzywymi geodezyjnymi Riemanna (geodetykami). Obrazowo mówiąc, „materia 'mówi' czasoprzestrzeni, jak się ma zakrzywiać, natomiast czasoprzestrzeń 'mówi' materii, jak się ma poruszać” (J. Wheeler). OTW potwierdziły testy obserwacyjne i eksperymentalne, np. 1. zmienność orbit planet (szczególnie r. precesyjny), 2. ugięcie promieni świetlnych w pobliżu dużych mas (m.in. przechodzenie w pobliżu Słońca radiopromieniowania kwazarów i układu pulsarów), 3. grawitacyjna dylatacja czasu (np. misja Gravity Probe A), 4. tzw. efekt „wleczenia układów inercjalnych” oraz zakrzywienie czasoprzestrzeni wokół Ziemi. Współcześnie obowiązuje paradygmat Wszechświata dynamicznego (niestacjonarnego, ekspandującego), którego wszystkie obiekty wielkoskalowe (galaktyki) są w r. względem siebie (prawo Hubble'a, *redshift* Dopplera w widmach galaktyk, promieniowanie reliktove satelita COBE).

R. w mechanice kwantowej. Badania r. cząstek elementarnych w latach 20. XX w. (N. Bohr, E. Schrödinger, W. Heisenberg) wykazały dualne (korpuskularne i falowe) własności mikroobektów (np. elektronów w atomach), nieciągłość (dyskretność) r. przy przejściu z jednego stanu kwantowego do innego, oraz probabilistyczny charakter tzw. funkcji falowej, opisującej ich położenia przez podanie współrzędnych przestrzennych (cząstki elementarne nie posiadają dobrze określonej powierzchni granicznej (paczka falowa). Nadto niemożliwy okazał się jednoznaczny pomiar parametrów sprzężonych (np. położenia i pędów), bo według zasady nieoznaczoności (W.

Heisenberga), granice dokładności tego pomiaru wyznacza tzw. stała Plancka h (kwant działania).

Według kinetycznej teorii materii, nieustanny r. translacyjny, rotacyjny i oscylacyjny cząstek gazów i cieczy oraz jonów sieci krystalicznej dokonuje się w temperaturze wyższej od absolutnego zera (0^0K). Pierwsze dwa rodzaje r. ustają w temperaturze zera absolutnego, choć pewne zjawiska daje się wytłumaczyć przy założeniu, że pewne mikroobiekty mogą w tych warunkach odbywać r. oscylacyjny (drżania zerowe).

Zmiana – rozwój – postęp (ewolucja). W ontologiach materialistycznych i mechanistycznych (np. J. Toland, R. Descartes, T. Hobbes) stawiana jest indukcyjnie hipoteza o r. jako konstytutywnym atrybucie układów materialnych (i – konsekwentnie – całego świata), odpowiedzialnym za przenoszenie energii (istnieć = być w r. /być podmiotem i przedmiotem oddziaływań/). Koncepcję dialektyczną r. (P. Holbacha) rozwinął G. W. F. Hegel, pojmując r. jako zmianę uwarunkowaną koniecznościowo starciem przeciwstawnych jakości (tezy i antytezy). Za F. Engelsem wyróżnia się r. w zależności od szczebla organizacji (warstw) materii (świata): fizyczny i chemiczny (r. materii nieożywionej), biologiczny (r. materii ożywionej) i społeczny (psychiczny /r. ludzkiej świadomości/ oraz historyczny /r. ludzkiej działalności, kultury/).

Dynamika świata *sensu lato*, oprócz pojęcia r., bywa dookreślana za pomocą pojęć (kolejnych zawężeń pojęcia r.): 1. rozwoju – zmiany kierunkowej, prawidłowościowej, monotonicznej względem jakiegoś parametru (np. ekspansja Wszechświata), oraz 2. postępu – progresu (zwykle nieodwracalnego), doskonalenia (złożoności) organizacji (np. ewolucja gatunkowa, postęp techniczny), prowadzącego do powstawania czegoś nowego. To ostatnie pojęcie ma także charakter aksjologiczny, szczególnie w odniesieniu do bytów z ożywionego aspektu świata (organizmów).

Współcześnie zwraca się uwagę na nieredukowalność (np. mechanicystyczną) procesów ww. warstw świata (tłumaczoną np. emergencją). Wyrazem niezniszczalności r. są zasady zachowania (materii, masy i energii), a w oparciu o zasady termodynamiki niemożliwa byłaby np. konstrukcja tzw. *perpetuum mobile*, zarówno pierwszego, jak i drugiego rodzaju (procesy nieodwracalne układu izolowanego przebiegają w kierunku wzrostu entropii /funkcji stanu/).

M. Heller, *Fizyka r. i czasoprzestrzeni*, Warszawa 1993, A. Mostiepanienko i in., *Przestrzeń – czas – r.* (tł. M. Korzeniowska i in.), Warszawa 1976, J. Czerniawski, *R., przestrzeń, czas. Protofizyczne i metafizyczne aspekty podstaw fizyki relatywistycznej*, Kraków 2009, L. Bażenow i in., *Filozofia nauk przyrodniczych* (tł. A. Bednarczyk, Z. Schabowski), Warszawa 1968, J. Such, M. Szcześniak, *Ontologia przyrodnicza*, Poznań 2001, M. Kurdziałek i in. (red.), *Mikołaj Kopernik. Studia i materiały Sesji Kopernikowskiej w KUL 18-19 lutego 1972 roku*, Lublin 1973, S. Kiczuk, *Główne filozoficzne koncepcje zmiany*, „Roczniki Filozoficzne” 31(1983) z. 1, s. 41-76, E. Grant, *Średniowieczne podstawy nauki nowożytnej* (tł. T. Szafrński), Warszawa 2005.

ks. Paweł Niewinowski