

CZAS PRAWDZIWY [1947]

Streszczenie

Dobrym zegarem może być każde zjawisko powtarzalne cyklicznie w sposób jednostajny, tzn. tak, że kolejne cykle zachodzą w równych odstępach czasu. Powstaje jednak problem, jak stwierdzić, że dwa odcinki czasu są sobie równe. Wykorzystanie innego zegara wymaga uprzedniego wykazania, że jest on dobrym zegarem, co prowadzi do *regressus ad infimilum*. Dlatego też należy podać inne kryterium bycia dobrym zegarem.

Takie kryterium nie może według Ajdukiewicza odwoływać się do subiektywnego poczucia równości interwałów czasowych, gdyż jest ono zawodne i nieprecyzyjne. Zamiast niego autor proponuje następujące: zegar uznajemy za dobry, gdy pomiary przeprowadzone przy jego użyciu nie prowadzą do sprzeczności z naczelnymi prawami fizyki. Takim zegarem może być np. idealne wahadło umieszczone w jednorodnym polu grawitacyjnym, gdyż zgodnie z prawami fizyki jego okres wahań pozostaje niezmienny.

Autor następnie odrzuca przypuszczenie, jakoby przyjęte kryterium prowadziło do następującego błędnego koła: określenie, czy zegar jest dobry wymaga odwołania się do praw fizyki, a te z kolei powinny zostać potwierdzone przy użyciu dobrych zegarów. Ajdukiewicz twierdzi, że podczas eksperymentalnego sprawdzania praw fizyki (np. mechaniki) naukowiec nie musi wcale dysponować zegarem, które spełnia powyżej sformułowane kryterium. Pojęcia "dobry zegar", "równość dwóch odcinków czasowych" miały pewien, choć nieostry, sens także zanim odkryto jakiegokolwiek fundamentalne twierdzenia nauki. Ponieważ decyzja o przyjęciu określonego prawa nauki zależy nie tylko od danych doświadczenia, ale także od przyjęcia wielu założeń upraszczających (teza konwencjonalizmu) zaostrenie sensu terminu "dobry zegar" w naszkicowany wyżej sposób ma charakter konwencji znaczeniowej.

Tomasz Bigaj

Fundamentalnym zegarem, wedle którego wszystkie inne zegary regulujemy, jest obrót Ziemi w stosunku do firmamentu gwiazd stałych. Znaczy to, że za równe uważa się dwa okresy czasu, w których promień Ziemi zakreśla w stosunku do firmamentu gwiazd stałych równe kąty. Każdy zegar, którego wskazówka zakreślałaby nierówne kąty w czasach, w których promień Ziemi zakreśla kąty równe, musi więc zostać uznany za zły zegar.

Nasuwa się jednak pytanie, skąd to wiadomo, że równe są każde dwa okresy czasu, w których promień Ziemi zakreśla równe kąty? Zastanówmy się w tym celu, w jaki sposób można to w ogóle zbadać, czy jakieś dwa okresy czasu, są równe. Jeśli np. z okazji jakiejś uroczystości bateria dział oddaje 21 strzałów, wówczas dla zbadania tego, czy strzały te padają w równych odstępach czasu, posługujemy się dobrym zegarem i odczytujemy na nim, ile sekund dzieli jeden strzał od drugiego. Chcąc tą metodą zbadać, czy równe są okresy czasu, w których promień Ziemi zakreśla równe kąty, trzeba by wziąć do ręki jakiś dobry zegar i odczytać na nim, ile jednostek czasu upłynęło, podczas gdy promień Ziemi wykonał względem firmamentu jakiś obrót o pewien kąt. Następnie trzeba by odczytać, ile

jednostek czasu upłynęło podczas następnego obrotu Ziemi o taki sam kąt, i odczytane czasy ze sobą porównać. Czy jednak taka kontrola obrotu Ziemi byłaby na miejscu? Zważmy, że kontrola taka o tyle tylko doprowadzi do rezultatu, o ile z góry wiadomo, że zegar, którym się dla tej kontroli posługujemy, jest dobrym zegarem. Dopiero więc po uprzednim zbadaniu, czy ów zegar użyty do kontroli chodzi jednostajnie, moglibyśmy ^prawomocnie posłużyć się zegarem tym do skontrolowania, czy Ziemia obraca się jednostajnie. Gdybyśmy do tego celu użyli drugiego zegara, to trzeba by w pierw ten drugi zegar zbadać, i w ten sposób nie doszlibyśmy do końca. Obojętne przy tym, czy zegary te byłyby zwyczajnymi zegarami z tarczą i wskazówkami, czy po prostu tylko wahadłem czy zegarem piaskowym.

Wydaje się jednak, że niekiedy także bez pomocy zegara i bez jakiegokolwiek pomocy zewnętrznej umiemy wprost na podstawie poczucia oceniać, czy odstęp czasu, jakie zajmują jakieś dwa zjawiska, są równe, czy też nie. Wszak muzyk bez pomocy zegara czy metronomu potrafi odmierzać raz po razie następujące np. półnuty i zorientuje się od razu, gdy ktoś inny grając zmyli tempo. Jednakże nasze poczucie czasupozwala nam stwierdzać tylko dość duże różnice między dwoma okresami czasu. Kierując się tym poczuciem potrafimy bezpośrednio stwierdzić, że np. sekunda trwa krócej niż minuta. Gdy jednak różnica między dwoma następującymi po sobie okresami czasu jest mała, wówczas poczucie nie pozwoli nam na stanowcze porównanie ich trwania. Byłoby więc niedorzecznością podejmować się kontroli zegara astronomicznego za pomocą bezpośredniego poczucia.

A jednak zegar astronomiczny jakiejś kontroli podlega. Astronomowie twierdzą mianowicie, że Ziemia nie jest zegarem idącym zupełnie jednostajnie. Stwierdzono bowiem, że ruch obrotowy Ziemi staje się coraz powolniejszy, przez co doba staje się dłuższa o $1/1000$ sek. na każde sto lat. W jaki sposób można było tę kontrolę przeprowadzić?

Aby odpowiedzieć, zwróćmy uwagę na to, że czas odgrywa bardzo ważną rolę w prawach fizyki. Tak np.: zasada bezwładności orzeka, że ciało nie poddane działaniu żadnych sił przebywa w równych czasach równe drogi; prawo swobodnego spadania głośi, że ciało swobodnie spadające w próżni przebywa drogi proporcjonalne do kwadratu czasu spadania. Otóż wyobraźmy sobie, że ktoś trzymając w ręce zegarek ma możność obserwowania ciała, o jakim mówi zasada bezwładności, tj. ciała wyzwolonego spod działania wszelkich sił, i z idealną precyzją potrafi mierzyć drogi przebyte przez to ciało w odstępach czasu, które jego zegarek wskazuje jako równe. Jest to oczywiście przypuszczenie fikcyjne, ale przyda nam się ono w tych rozważaniach. Otóż przypuśćmy, że pomiary tych dróg przebytych w czasach wskazanych przez ów zegarek jako równe wykazują, że drogi te nie są równe. Wynik tych pomiarów stawia nas przed następującą alternatywą: albo zegarek, którym mierzono czas, uzna się za zegarek równo chodzący i wtedy będzie się musiało uznać zasadę bezwładności za fałszywą, albo nie zarzuci się zasady bezwładności, lecz orzeknie się, że zegarek użyty przy pomiarach chodzi nierówno.

To, co tu przedstawiłmy na prostym, lecz fikcyjnym, przykładzie, może zająć w wypadkach nie fikcyjnych, ale za to znacznie bardziej skomplikowanych. Z naczelných praw fizyki wynikają bowiem pewne konsekwencje, które dają się zestawić z wynikami bezpośrednich pomiarów. Jeśli pomiary te staną w sprzeczności z tym, co z praw fizyki wynika, wówczas musimy bądź uznać pomiary za dobre, lecz odrzucić prawa fizyki,

których konsekwencje z pomiarami się nie zgadzają, bądź zachować prawa fizyki, lecz uznać pomiary za źle przeprowadzone. Gdy więc pomiary pewnych zjawisk dokonane przy pomocy zegara astronomicznego nie zgadzają się z naczelnymi prawami fizyki, wówczas nic pozostaje nic innego, jak albo zaprzeczyć naczelnym prawom fizyki, albo uznać astronomiczny zegar za chodzący nie jednostajnie, lecz ustawicznie zwalniający tempo. Uczni uznali zegar astronomiczny za chodzący niejednostajnie. Uczynili to na tej właśnie podstawie, że przyjęcie jednostajnego biegu zegara astronomicznego stanęło w sprzeczności z naczelnymi prawami fizyki, a uczeni mając do wyboru z jednej strony naczelną prawa fizyki, a z drugiej uznanie zegara astronomicznego za idealnie dokładny, wybrali z tych dwóch alternatyw pierwszą.¹

pokazuje się z tego, że zegar dopiero wtedy jest dobrym zegarem, gdy chodzi w taki sposób, że pomiary dokonywane przy jego pomocy nie prowadzą nigdy do sprzeczności z naczelnymi prawami fizyki. Do tego idealnego zegara bardzo zbliżony jest zegar astronomiczny, tj. zegar, którego tarczę stanowi firmament gwiazd stałych, a wskazówkę promień Ziemi, ale i ten zegar nie jest całkiem dobrym zegarem, skoro, jak to czytaliśmy, coraz to zwalnia swe tempo, tak iż doba przedłuża się o 1/1000 sek. na każde 100 lat. Idealnym zegarem więc byłby taki zegar, który by się przyśpieszał jednostajnie w stosunku do Ziemi w taki sposób, iżby po 100 latach pokazywał o 1/1000 sek. więcej niż zegar ziemski. Zegarem takim byłby dla fizyki klasycznej ruch ciała bezwładnego, tj. nie poddanego działaniu żadnej siły; czasy, w których takie ciało przebiegałoby równe drogi, byłyby idealnie równe. Zegar taki jest jednak czymś fikcyjnym, bo nie ma światcie ciała wyzwolonego spod działania wszelkich sił. Ponadto koncepcja takiego zegara natrafia na trudności związane z pojęciem ruchu względnego. Fizyka relatywistyczna tych trudności unika, przyjmując jako idealny zegar ruch promienia świetlnego w próżni.

Nasuwa się teraz krytycznie myślącemu nowe pytanie: czy nie jest to tylko zarozumiałością uczonych, że za dobry zegar chcą uznawać każdy i tylko taki zegar, którego wskazania nie staną nigdy w sprzeczności z prawami fizyki wykrytymi przez uczonych. Może prawa fizyki są fałszywe, a właśnie ziemski zegar pokazuje prawdziwy czas?

Prawa fizyki — tak się to powszechnie przyjmuje — są przecież oparte na doświadczeniach i obserwacjach. [G.] Galileusz, odkrywając prawo swobodnego spadania ciał, mierzył drogi, które swobodnie spadające ciało odbywało w różnych czasach. Do tego celu musiał się już posłużyć jakimś zegarem. Ale skąd Galileusz mógł to wiedzieć, że właśnie ten zegar, którym on przy swoich pomiarach się posługiwał, był dobrym zegarem? A jeśli tego nie mógł być pewny, to co upoważnia nas do tego, żeby prawa fizyki wykryte przy pomocy pomiarów dokonanych byle jakim zegarem uważać za miernik dla wszystkich zegarów?

Otóż zegar, którym Galileusz się posługiwał przy swych eksperymentach, był na pewno gorszy od tych, które w dzisiejszych pracowniach naukowych się znajdują. Był to sobie zegar idący mniej więcej zgodnie z zegarem astronomicznym i z naszym bezpośrednim poczuciem czasu. Galileusz na pewno też nie uważał swego zegara za idealny. Cóż więcej, prawa, które na podstawie swych pomiarów Galileusz ustanowił, nie harmonizowały zupełnie ściśle z tymi pomiarami, ale pomiary te tylko w sposób przybliżony z prawami tymi się zgadzały. Natomiast zupełnie ściśle zgadzałyby się te prawa z pomiarami dającymi wyniki nieco inne niż pomiary rzeczywiście wykonane. Można by więc uzgodnić owe prawa z wynikami doświadczeń, gdyby się przyjęło, że przeprowadzone pomiary nie były

zupełnie dokładne, a instrumenty użyte przy tych pomiarach niezupełnie precyzyjne. Ale, jak wspomnieliśmy, prawa te są bardzo proste i harmonizują pięknie ze sobą. Gdyby Galileusz był chciał sformułować prawa najdokładniej zgadzające się z faktycznymi rezultatami jego pomiarów, to musiałby tym prawom nadać postać o wiele bardziej skomplikowaną. Stał więc Galileusz wobec alternatywy: uznać swoje pomiary za zupełnie dokładne, a tym samym swój zegar za dobry zegar, ale za to obdarzyć świat prawami ciężkimi i skomplikowanymi, albo uznać swoje pomiary za niedokładne, a więc może też swój własny zegar za niezupełnie dobry, ale za to ustanowić prawa o prostej i harmonijnej postaci. Względ na prostotę i harmonię praw fizyki zwyciężył u Galileusza, podobnie jak na szczęście dla postępu nauki zwyciężył u innych uczonych,² i musiał też zwyciężyć. Nic bowiem nie skłaniało uczonych do uważania zegarów, którymi mierzyli czas, za najzupełniej dokładne. Co więcej, nie posiadali oni jeszcze w ogóle żadnych kryteriów pozwalających stwierdzić z całą stanowczością, czy jakiś zegar chodzi zupełnie dobrze, czy też nie. Pojęcie zupełnie dobrze chodzącego zegara nie było w ogóle jeszcze sprecyzowane. Wolno było zegary, które uczonym służyły przy eksperymentach, uznać za zupełnie dobre, ale wolno też było uznać je za trochę nierówno chodzące. Decydując się na pierwszą ewentualność, doszliby jednak uczeni do praw przyrody ciężkich i skomplikowanych, decydując się na ewentualność drugą — otwierali sobie drogę do praw prostych i harmonijnych.

Uczeni zdecydowali się na ewentualność drugą. Tym sposobem narzucili światu własnowolnie swój wyrok ogłaszający, jaki musi być zegar, by zasługiwał na miano dobrego zegara, jaki zegar odmierza naprawdę równe odstępy czasu. Odpowiedź na to pytanie, jaki jest prawdziwy rytm czasu, tzn. jakie odstępy czasu są naprawdę równe, została więc udzielona przez arbitralne *sic volo sic iubeo* człowieka. Zastanawiające może się wyda czytelnikowi, że rozwiązanie pewnych pytań dotyczących faktów w rzeczywistym świecie zależy od swobodnej decyzji człowieka. Przy bliższym wejrzeniu w sprawę zniknie jednak pozór paradoksu. Albowiem gdy sformułowane zostanie w słowach jakieś pytanie, to odpowiedź na nie — rzecz jasna — zależeć będzie od tego, jakie tym słowom nada się znaczenie. Znaczenie zaś, jakie posiadają słowa, zależy w pewnych przynajmniej granicach od woli człowieka. Gdy znaczenie to zostanie raz ustalone, wówczas odpowiedź na pytanie nie zależy już od widzimisię człowieka.

Otóż pytanie "jakie okresy czasu są naprawdę równe?" nie miało jeszcze zupełnie ustalonego znaczenia, gdy poczęto uprawiać naukę. Miało ono znaczenie do pewnego tylko stopnia ustalone. Dużo jest w mowie codziennej wyrazów, których znaczenie nie jest ostro ustalone. Weźmy np. wyraz "młodzieniec". Znaczenie, jakie ten wyraz posiada, jest właśnie przykładem wyrażenia niezupełnie ostro ustalonego. Kierując się tym znaczeniem orzekniemy z całą stanowczością, że np. człowiek 80-letni nie jest młodzieńcem, ale znaczenie to nie pozwoli nam rozstrzygnąć, czy np. człowiek mający lat 22 jest młodzieńcem, czy już nim nie jest. Któż podejmie się z całą stanowczością orzec, gdzie leży granica wieku między młodzieńcem a mężczyzną dojrzałym?

Gdy pytanie zawiera w sobie słowa o takim nieustalonym i nieostрым znaczeniu, wówczas może się zdarzyć, że dopóty nie można na pytanie to dać stanowczej odpowiedzi, dopóki się znaczenia tego nie ustali i nie zaostrzy. W pewnych granicach jednak pozostawiona jest nam swoboda co do tego, jak to znaczenie ustalić i zaostrzyć. W tych

samych granicach od woli naszej zależy będzie również odpowiedź na to pytanie.

Nic więc dziwnego, że odpowiedź na pytanie "jakie okresy czasu są naprawdę równe?" zależna była od woli człowieka, dopóki znaczenie tego pytania nie było ostro ustalone.

Wiele jest takich pytań o nieustalonym znaczeniu zarówno w życiu, jak nawet i w nauce. Często nic zdajemy sobie z tego sprawy i sądzimy, że w pytaniu tym nie ma żadnych niejasności, siłąc się na próżno nad jego rozwiązaniem. Do takich pytań należy np. zagadnienie "które zdarzenia są równoczesne?". Tym, który zdał sobie sprawę z tego, że wpierw trzeba sens tego pytania ustalić, a potem dopiero na nie odpowiadać, był [A.] Einstein. On to dopiero ustalił znaczenie wyrażenia "zdarzenia równoczesne" i ustalił tak, by pytanie powyższe dawało się praktycznie rozstrzygnąć, a ustalenie to stało się podwaliną tzw. szczegółowej teorii względności.

Kazimierz Ajdukiewicz
Problemy 1947 nr 1

Przypisy

1/ W realnych eksperymentach istnieje jeszcze trzecia możliwość (która, jak się wydaje, jest najczęściej wybierana przez naukowców): uznać, że badane zjawisko podlega zaburzającemu wpływowi nieznanych czynników, które nie zostały wcześniej uwzględnione. Takiego zdania zresztą byli wtajemniczeni konwencjonalni, do których zaliczał siebie sam Ajdukiewicz.

2/ Decyzję uznania zegarów, służących do pomiarów podczas doświadczeń, za niezupełnie dokładne, należy zaliczyć do szerzej rozumianych założeń o tzw. błędach statystycznych pomiarów, przymowanych zwykle przez naukowców. Błędy te biorą się z niedokładności przyrządów pomiarowych, niedokładności odczytu, niespełnienia niektórych założeń idealizacyjnych itp.

Tomasz Biga)

CZAS

*Wielka Encyklopedia Powszechna PWN t. 2
str. 703–704.*

Czas, termin używany w czterech co najmniej znaczeniach: 1) „chwila”, „dokładna data”, punkt czasowy; chwila jest cechą jakiegoś zdarzenia punktowego, takiego jak np. trafienie kuli w tarczę; chwilę można zdefiniować (przez abstrakcję) na podstawie pojęcia równoczesności jako cechę wspólną wszystkich i tylko tych zdarzeń, które są ze sobą równoczesne; 2) „okres czasu”, „odcinek czasu”, interwał czasowy — gęsty i ciągły zbiór chwil położonych pomiędzy jakimiś dwiema różnymi chwilami; określony okres czasu można wskazać bądź przez podanie ograniczających go chwil (np. okres między godz. 12⁰⁰ a 13⁰⁰ w dniu dzisiejszym w Warszawie), bądź też przez wymienienie wypełniającego ten okres procesu (np. okres panowania Kazimierza Wielkiego w Polsce); 3) „trwanie”, długość okresu czasu (np. czasu połowicznego rozpadu radu) — w odróżnieniu od samego tego okresu; dwa różne okresy czasu mogą mieć to samo trwanie, podobnie jak dwa różne odcinki prostej mogą mieć tę samą długość (np. okres między godz. 12⁰⁰ a 13⁰⁰ w dniu dzisiejszym jest innym okresem niż okres między godz. 13⁰⁰ a 14⁰⁰, oba jednak te okresy mają to samo trwanie); trwanie jakiegoś okresu procesu można zdefiniować (przez abstrakcję), na podstawie pojęcia stosunku równości trwania, jako cechę wspólną wszystkich i tylko tych okresów czasu, h które trwają równie długo, co dany okres; 4) „wszechobjmujący okres czasu”, nieograniczona linia czasowa — zbiór wszystkich chwil czasowych, lub inaczej — taki okres czasu, którego częścią jest każdy interwał czasowy. Jak widać, u podstaw tych różnych pojęć czasu leżą pojęcia stosunków czasowych (w znaczeniu pierwszym — pojęcie stosunku równoczesności zdarzeń, w znaczeniu drugim — pojęcie stosunku „leżenia” jednej chwili pomiędzy dwiema innymi, w znaczeniu trzecim — pojęcie stosunku równości trwania).

W historii nauki toczył się spór o to, czy pojęciom stosunków czasowych można przyznać charakter absolutny (tzn. przyjąć, że stosunki te są identyczne we wszystkich układach odniesienia, a więc np., że dwa zdarzenia równoczesne w jednym układzie odniesienia będą równoczesne również w każdym innym), czy też tylko charakter względny (tzn. przyjąć, że stosunki te są zależne od układu odniesienia, a więc że dwa zdarzenia równoczesne w jednym układzie odniesienia mogą nie być równoczesne w pewnym innym). Od rozstrzygnięcia tego sporu także zależy, czy zdefiniowanym na podstawie tych stosunków czterem pojęciom

czasu przyznać można charakter absolutny, czy tylko relatywny. Spór o charakter stosunków czasowych pozostaje w ścisłym związku ze sporem, jaki charakter ma przestrzeń i ruch — absolutny czy też tylko relatywny.

AbsoTutysci (którzy uważali się za uprawnionych do tego, by mówić o absolutnym ruchu czy też o absolutnym spoczynku) mogli podać następujące kryterium absolutnej równoczesności dwóch zdarzeń: dwa zdarzenia są absolutnie równoczesne zawsze i tylko wtedy, gdy obserwator równo oddalony od miejsc, w których zdarzenia te zaszły, i pozostający w absolutnym spoczynku spostrzeże oba te zdarzenia jako równoczesne. Relatywiści uważali natomiast, że nie można z sensem mówić o absolutnym spoczynku czy też absolutnym ruchu. Głównym ich argumentem na rzecz tej tezy była przesłanka metodologiczna, wg której jakiś termin, który ma nam służyć do orzekania go o przedmiotach danych w doświadczeniu, rozumie się naprawdę tylko wtedy, gdy włada się metodą pozwalającą w konkretnych sytuacjach (gdym jakiś przedmiot jest nam dany w doświadczeniu) rozstrzygnąć: czy należy termin ten o owym przedmiocie orzec, czy też go jemu odmówić. Jeśli orzeka się terminy takie o przedmiotach, mimo że się nie włada taką metodą, to mówi się bez sensu. Otóż wg relatywistów do takich bezsensownych wypowiedzi należą te, w których się o przedmiotach mówi, że pozostają one w stanie absolutnego spoczynku lub absolutnego ruchu, a w konsekwencji także wypowiedzi, w których się o dwóch zdarzeniach orzeka, iż są lub że nie są absolutnie równoczesne. Wypowiedzi te są bez sensu, ponieważ nie istnieją metody pozwalające na podstawie doświadczenia rozstrzygnąć, czy jakieś ciało pozostaje w stanie absolutnego ruchu, czy też absolutnego spoczynku. obrońcy koncepcji absolutnego ruchu zrezygnowali z prób podaniakiw-teriów pozwalających odróżnić absolutny ruch jednostajny od względnego (względem innego ciała); dłużej bronili stanowiska, że można podać kryterium pozwalające odróżnić absolutny ruch przyspieszony od relatywnego, upatrując je w obecności sił, które muszą towarzyszyć przyspieszeniu absolutnemu, a które nie występują przy przyspieszeniu mającym tylko względny charakter. Ale i ta obrona nie ostała się przed atakiem relatywistów.

Z chwilą odrzucenia koncepcji absolutnego spoczynku czy ruchu jako bezsensownej odpada też wysuwane (przytoczone wyżej) na gruncie tej koncepcji kryterium absolutnej równoczesności. Odpadają też i inne kryteria absolutnej równocześnieoicł^Ttóre można by sugerować. Koncepcja absolutnej równoczesności okazuje się więc tak samo bezsensowna jak koncepcja absolutnego ruchu, i to z tego samego powodu. Pojęcie absolutnej równoczesności zostało więc z nauki usunięte i zastąpione pojęciem równoczesności względem jakiegoś układu odniesienia; podobnie — koncepcję ruchu absolutnego zastąpiono w nauce koncepcją ruchu względem jakiegoś układu odniesienia. Definicja równoczesności dwóch zdarzeń a_+ i a_- względem układu odniesienia U może zostać podana przez odpowiednią modyfikację wyżej przytoczonego — jak się okazało niewystarczającego — kryterium absolutnej równoczesności. Modyfikacja owa polega na tym,

iż rezygnuje się z warunku absolutnego spoczynku obserwatora i czyni się każdego obserwatora spoczywającego względem danego układu odniesienia U jednakowo uprawnionym do osądzania równoczesności dwóch zdarzeń względem tego układu odniesienia. Definicja ta brzmi: dwa zdarzenia są względem układu U równoczesne, zawsze i tylko wtedy, gdy obserwator równo oddalony od miejsc, w których te zdarzenia zaszły, i nieruchomy względem układu U spostrzega te zdarzenia jako równoczesne. Definicja równoczesności względnej może też przyjmować różne inne postacie, które są jej równoważne. Definicje te uzbrajają nas w metodę pozwalającą stosować termin „równoczesne w układzie U ” do konkretnych, danych w doświadczeniu zdarzeń. Łatwo dostrzec, że wraz z rezygnacją z pojęcia absolutnej równoczesności i zastąpieniem go przez pojęcie równoczesności w jakimś układzie odniesienia U musimy jeż^rezygnować z absolutnego pojęcia chwili (zdefiniowanej jako wspólna cecha wszystkich i tylko zdarzeń między sobą równoczesnych) i zastąpić je relatywnym pojęciem chwili w układzie U . Nie można bowiem mówić o zdarzeniach po prostu równoczesnych ze zdarzeniem a , ale o zdarzeniach równoczesnych z nim względem tego lub innego układu U . Ale zdarzenia, które są równoczesne z a w układzie U_i , nie będą z nim równoczesne w układzie U_j , jeśli układ U_j porusza się względem układu U_i . Wobec tego też cecha wspólna zdarzeniu a i wszystkim i tylko tym zdarzeniom, które są z nim równoczesne względem układu U_i , nie będzie tą samą cechą, co cecha wspólna zdarzeniu a i wszystkim i tylko tym zdarzeniom, które są z nim równoczesne w układzie U_j . Czym innym jest więc chwila zdarzenia a w układzie U_i , a czym innym chwila tego samego zdarzenia a względem układu U_j , poruszającego się w stosunku do U_i . Skoro relatywizacji w stosunku do układu ulega pojęcie chwili, to tej samej relatywizacji ulec musi też pojęcie okresu czasu (interwału czasowego) oraz pojęcie wszechobejmującego czasu. Nie można mówić o tym czasie po prostu, ale tylko o czasie względem danego układu odniesienia. To, co powiedziano o konieczności relatywizacji pojęcia równoczesności w stosunku do jakiegoś układu odniesienia, można też zastosować do innych podstawowych pojęć stosunków czasowych, m.in. również do pojęcia stosunku równości trwania dwóch procesów i do opartego na nim pojęcia czasu trwania. Nie ma sensu mówić o czasie trwania jakiegoś procesu po prostu, lecz tylko o czasie trwania danego procesu ze względu na układ U . Jeśli układ U_i porusza się względem U_j , to czas trwania tego samego procesu będzie ze względu na układ U_i inny niż ze względu na układ U_j .

Z pojęciem stosunku równości trwania dwóch procesów (lub dwóch tokresów czasu), które leży u podstaw pomiaru i rachuby czasu, wiąże się jeszcze inne zagadnienie z pogranicza filozofii i fizyki, które w historii nauki odegrało dużą rolę. Zagadnienie to można skrótowo ująć następująco: czy dobry zegar poznaje się po tym, że odmierza jako równe takie okresy czasu, które są naprawdę równe, czy też o równych okresach czasu można z sensem mówić dopiero po wyborze jakiegoś zegara, definiując jako równe te okresy czasu, które zegar ten jako równe

odmierza. I. Newton nauczał, że „absolutny, prawdziwy, matematyczny czas płynie sam przez się i dzięki swej naturze, jednostajnie a niezależnie od jakiegokolwiek przedmiotu zewnętrznego”; wierzył więc, że równość okresów czasu jest ustalona niezależnie od wyboru takiego czy też innego zegara, a przeciwnie, wybór zegara powinien się dostosować do „jednostajnego upływu absolutnego, prawdziwego i matematycznego czasu”. W świetle wyżej przytoczonego postulatu metodologicznego, uzależniającego sensowność terminów od posiadania kryteriów ich stosowalności do przedmiotów danych w doświadczeniu, newtonowską koncepcję „jednostajnego upływu absolutnego czasu” należy uznać za pozbawioną sensu. Newton, głosząc koncepcję absolutnego czasu, pojmował wszechobejmujący czas jako wielki zbiornik, w którym mieszczą się zjawiska i procesy, ale który mógłby też istnieć, gdyby żadne, zjawiska go nie wypełniały. Czas był więc dla Newtona czymś od zjawisk niezależnym. Zwolennicy stanowiska relatywistycznego pojmują czas zupełnie inaczej. Wg nich zjawiska pozostają między sobą w różnych czasoprzestrzennych stosunkach, a „chwila”, „okres czasu”, jak również „czas wszechobejmujący”, są tylko czymś wyabstrahowanym z tych stosunków, czego by w ogóle nie było i o czym z sensem nie można by nawet mówić, gdyby ąje było zjawisk, które w tych stosunkach do siebie pozostają. Stanowisko relatywistyczne reprezentował już w pewnej mierze współczesny Newtonowi G.W. Leibniz, na przełomie XIX i XX w. rozwinęli je H. Poincaré oraz E. Mach, od czasu A. Einsteina zaś przyjęło się powszechnie w nauce.

Ważny w filozofii pogląd na czas reprezentował I. Kant, który odmawiając czasowi charakteru obiektywnego uważał, go (podobnie jak i przestrzeń) za subiektywną formę naszego spostrzegania (tzw. formę zmysłowości daną *a priori*). Na uwagę zasługuje też stanowisko H. Bergsona, który, stojąc na pozycjach intuicjonizmu, protestował przeciwko modelowaniu czasu na wzór przestrzeni, w szczególności przeciwko wyróżnianiu w czasie chwil pozbawionych trwania i próbom konstrukcji trwającego i płynącego czasu ze statycznych i pozbawionych trwania chwil.