

Teoria względności dla humanistów

Wacław Libront

Dlaczego fizyka?

Świat zamieszkuje dwie grupy ludzi, które to mają zupełnie odmienny stosunek do otaczających nas przedmiotów i problemów. Większość z nas nie zastanawia się zapewne, jak skonstruowany jest odkurzacz, tylko go po prostu używa i jest to zupełnie naturalne podejście. Istnieją jednak osoby, którym takie widzenie świata nie wystarcza – one muszą wiedzieć i rozumieć „dlaczego”, ten przyrząd odkurza?.

W procesie automatycznego zbierania śmieci z dywanu, taki sposób rozumowania zupełnie nie przeszkadza, ale zamyślenie się nad czynnością powoduje, że czynność odkurzania może trwać zdecydowanie dłużej. Co się jednak dzieje, gdy „odkurzacz” przestaje działać? Większość idzie do sklepu i kupuje nowy,

a ci nieliczni biorą śrubokręt, rozkręcają i próbują zrozumieć „dlaczego” nie działa? Bardzo często okazuje się bowiem, że wystarczy dokręcić małą śrubkę.

Wiedza, o tym, jak działa nasz świat, i dlaczego działa tak, a nie inaczej, to właśnie jest domena fizyki. Dzięki fizykom (i inżynierom), którzy od czasu do czasu zadają sobie trudne pytanie „dlaczego”, nie grzebiemy do dzisiaj w ziemi szukając korzonków i pędraków, ale otwieramy lodówkę i podgrzewamy je w mikrofalówce. Dzięki temu nie malujemy do dzisiaj na ścianie w jaskini, ale czytamy te słowa na ekranie komputera. To wszystko dzięki pomysłowości wielu ludzi, których dręczyło i nurtowało pytanie „dlaczego?”.

Światło

Pytanie „dlaczego” rodzi się, gdy nie rozumiemy jakiegoś zjawiska. Teoria względności również wzięła swój początek z braku odpowiedzi na pytanie o naturę czegoś tak oczywistego i naturalnego, jak nasze światło. Wcześniej jednak wypada wspomnieć, dlaczego na początku XX wieku fizycy mieli problem ze światłem?

Od XVII wieku, dzięki geniuszowi Isaaca Newtona, fizykom wydawało się że rozumieją, jak działa świat. I tak rzeczywiście było, bo z bardzo dużą dokładnością można było wszystko wyliczyć, począwszy od spadających przedmiotów na Ziemi, aż po ruch planet w naszym Układzie Słonecznym. Gdyby nie dziwne zachowanie światła, pewnie do dzisiaj, szczęśliwie żylibyśmy w epoce żaglowców, węgla i pary.

Dlaczego światło, a właściwie jego prędkość nie dawała spokoju fizykom?

Otóż światło, jak każda fala rozchodzi się z pewną określoną prędkością. Na przykład dźwięk w powietrzu rozchodzi się z prędkością około 330 metrów na sekundę (czyli około 1200 km na godzinę) i wszyscy doskonale potrafimy wykorzystać to zjawisko, licząc sekundy w czasie burzy.

Światło przemieszcza się z prędkością znacznie większą. Wydawać by się nawet mogło, że prawie natychmiast dostrzegamy odległy błysk światła, ale jednak jest to prędkość skończona i wynosi około 300 000 kilometrów na sekundę. Wokół Ziemi (około 40 000 kilometrów) światło przeleci w ułamku sekundy, ale już promień światła, który dociera do nas ze Słońca potrzebuje na ten przelot aż ponad 8 minut! Światło z gwiazd, które widzimy na nocnym niebie leci do nas zdecydowanie dłużej!

Doppler

Być może nie słyszeliśmy nigdy o zjawisku Dopplera, ale na pewno wiele razy słyszeliśmy efekt jego działania. Otóż, gdy mija nas karetka na sygnale, słyszymy wyraźne obniżenie dźwięku. Dlaczego tak się dzieje? Dźwięk rozchodzący się w powietrzu, to tak naprawdę zaburzenia, które docierając do naszego ucha wywołują drgania błony bębenkowej. Im szybkość, z jaką dochodzą zaburzenia do ucha wyższa, tym wyższy dźwięk słyszymy.

Gdy karetka stoi w miejscu, słyszymy określony dźwięk. Gdy karetka zbliża się do nas – dźwięk jest nieco wyższy, bo zaburzenia docierają nieco szybciej (szybkość dźwięku powiększona o szybkość karetki). Gdy karetka się oddala – dźwięk jest niższy (od szybkości dźwięku musimy tym razem odjąć szybkość karetki). Możemy więc stwierdzić, że wysokość dźwięku, jaki słyszymy, zależny jest od położenia obserwatora względem poruszającego się pojazdu. Lub też, że prędkość dźwięku

Einstein

Taka sytuacja trwała do roku 1905, kiedy to nikomu nie znany, młody urzędnik, który co dopiero skończył wyższą uczelnię i nigdzie nie mógł znaleźć pracy, opublikował artykuł, który na zawsze zmienił nasze pojmowanie świata.

Bez przesady można powiedzieć, że dzięki jego odkrywczej myśli nie mielibyśmy dzisiaj takiego postępu technologicznego, jaki obserwujemy. Być może bylibyśmy opóźnieni o kilkadziesiąt lat, gdyby ktoś, kiedyś wreszcie wpadł na równie genialny pomysł, albo nauka poszłaby zupełnie innym torem i do dzisiaj sztukowałibyśmy nasze pojmowanie świata szukając „eteru”.

Co wymyślił Einstein? A może najpierw należałoby postawić pytanie, dlaczego wymyślił? Einstein był młodym naukowcem, pełnym pomysłów, jeszcze z czasów dzieciństwa i młodości. Nie był związany z żadnym uniwersytetem i nie

zależny od kierunku poruszania się i wynika z prostego dodawania szybkości.

Wracamy do światła, które jest taką samą falą, jak fala dźwiękowa i podlega tym samym zjawiskom i prawom. Z jednym wyjątkiem! Otóż okazało się w trakcie wielu eksperymentów, że światło, które dociera do nas z opisanej wcześniej pędzącej karetki nie podlega efektowi Dopplera. Gdy karetka się zbliża powinno docierać do nas odrobinę szybciej, gdy się oddala odrobinę wolniej. Niezależnie jednak od położenia „karetki” i „obserwatora” wynik zawsze jest tylko jeden – światło zawsze biegnie z jednakową i niezmienną szybkością (około 300 000 km na sekundę)!

Fizycy nie mogli sobie z tym dziwnym zachowaniem światła poradzić i wymyślali różne teorie – w najpopularniejszej z nich wprowadzili pojęcie tzw. eteru. Jednak był to sztuczny twór, którego nikt nie mógł nigdzie doświadczalnie znaleźć i udowodnić jego istnienie.

prowadził go żaden naukowiec – autorytet, które by go ukierunkowywał na jedynie znane tory fizyki. Einstein myślał samodzielnie i niezależnie, dlatego nie bał się stawiać sobie „głupich” pytań.

Jakie to było pytanie? Podobnie, jak to było z jabłkiem Newtona, w przypadku Einsteina mogłaby to być podróż na promieniu światła.

Wróćmy myślami do karetki. Jej prędkość można wyliczyć dzieląc przebytą drogę przez czas, co opisuje znany każdemu uczniowi wzór:

$$v = \frac{s}{t}$$

Jeżeli karetka przejedzie 120 km w ciągu 2 godzin, to znaczy, że jej szybkość wynosiła 60 km/h. Jeżeli dodatkowo wysłała sygnały dźwiękowe w naszą stronę (prędkość dźwięku około 1200 km/h), to dźwięk będzie dobiegał z nieco wyższą prędkością 1200+60=1260 km/h – stąd

wyższy dźwięk. Jeśli karetka się oddala, to dźwięk się obniża i teraz jego prędkość wynosić będzie $1200-60=1140$ km/h.

Światło również powinno podlegać takim prawom, ale okazało się, że tak nie jest. Czy karetka jedzie w naszą stronę, czy też oddala się - prędkość światła się nie zmienia!

Nasz wzór na prędkość można by zapisać w następującej postaci:

$$c = \frac{s}{t}$$

gdzie c jest niezmienną prędkością światła – 300 000 km/s.

Żeby jednak wyjaśnić to dziwne zachowanie, coś się musi zmieniać! I mimo, że nie jest to do pomyślenia dla każdego z nas, Einstein uznał, że zmieniać się powinna droga i czas! Einstein przyjął, że przysłowiowa sekunda trwająca dokładnie 1 sekundę dla przeciętnego Kowalskiego, może nie być taką samą

Eksperyment

Jak można to wszystko pogodzić? Jak w ogóle zrozumieć, że czas może płynąć inaczej, dla różnych ludzi? Jak to wyliczyć? W czasach Einsteina nie było jeszcze fizycznych możliwości przeprowadzenia prostego eksperymentu, ale można było sobie zawsze coś takiego wyobrazić.

Wyobraźmy więc sobie pasażera w pociągu, który podrzuca pod sufit piłeczkę. Piłeczka leci pionowo i za chwilę opada w dół, prosto do ręki która ją wyrzuciła. Tak samo zachowywałaby się piłeczka, gdyby pasażer stał na peronie. Kady z nich widzi dokładnie to samo: piłeczka leci pionowo do góry, a następnie pionowo w dół.

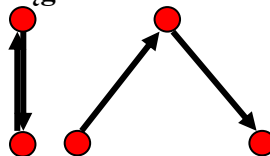
Pociąg przejeżdża przez stację i pasażer na peronie ma okazję zaobserwować piłeczkę, która podrzucana jest w pociągu. Co widzi? Gdy pociąg wjeżdża, piłeczka wylatuje z ręki i leci do góry. Gdy jest pod sufitem, pociąg znajduje się gdzieś na środku peronu. Gdy piłeczka opada w dół do ręki, pociąg właśnie mija stację. Dla pasażera na peronie, piłeczka przeleciała po zupełnie innej drodze! - po skosie do góry i po skosie w dół. **Dla pasażera na**

sekundą dla innego Kowalskiego podróżującego „karetką”!

Do tej pory, nie było na kuli ziemskiej nikogo, kto odważyłby się pomyśleć inaczej. Wszystkim raczej nie sprawiało problemu myślenie, że gdzieś tam istnieje jakiś „Wielki Tykacz”, który jednakowo dla wszystkich odmierza sekundy. „Chłopski zdrowy rozum” zresztą podpowiada nam, że sekunda upływająca na zegarku jest taka sama dla kogoś stojącego w miejscu, jak i dla kogoś innego lecącego nad nami samolotem.

Otóż okazuje się jednak, że tak nie jest! **Czas nie płynie dla wszystkich jednakowo!** Co więcej – można to udowodnić eksperymentalnie! Można to wyliczyć! Bez eksperymentu i bez matematycznego wzoru sama teoria uległaby zapomnieniu, jak wiele innych dziwnych pomysłów.

peronie, który obserwuje piłkę w poruszającym się wagonie, droga piłeczki jest większa, niż dla pasażera podrzucającego tę piłeczkę w jadącym pociągu!



Tę drogę bardzo łatwo wyliczy każdy gimnazjalista z twierdzenia Pitagorasa.

Jeśli mamy do czynienia ze światłem, sprawa komplikuje się o tyle, że światło ma bardzo dużą szybkość i trudność polega na odpowiednio dokładnym pomiarzeniu czasu. Okaze się jednak, że skoro szybkość światła jest niezmienna, a zmieniała się droga dla różnych obserwatorów, to i zmienił się czas! Czas, w jakim światło leci do sufitu i z powrotem (odbiło się np. w lustrze na suficie) jest inny, dla kogoś, kto jedzie w tym pociągu i dla obserwatora na peronie!

Dla pasażera na peronie, zmierzony czas przelotu piłki w pociągu jest inny, niż dla pasażera, który mierzy ten czas w jadącym wagonie!

Szczególna teoria względności

Einstein, który opublikował swoje przemyślenia w krótkim artykule, w 1905 roku był początkowo ignorowany (jeszcze jeden szalaniec), ale swoje wywody poprowadził dalej, wyjaśniając niezrozumiałe do tej pory odchylenia w poruszaniu się Merkurego w Układzie Słonecznym.

Od tego momentu, mimo dużego oporu ze strony naukowego świata, zmieniła się fizyka. W typowych obliczeniach, na użytek wielu ziemskich procesów, nie dostrzegamy działania względności. Ale świat kosmosu i świat atomów wymagają zupełnie innego podejścia i zupełnie innego rozumienia.

Można zadać pytanie: skoro pasażer w pociągu zanotuje na swoim stoperze czas np. 1 sekundy (przelotu promienia światła tam i z powrotem), a pasażer na peronie zanotuje czas nieco dłuższy, To który czas

jest prawidłowy i prawdziwy? Einstein i jego szczególna teoria względności stwierdza, że oba są prawdziwe. **Że nie ma żadnego zewnętrznego stopera, które odmierza czas jednakowo dla wszystkich.** Każdy czas jest prawdziwy! Zarówno czas na peronie dla pasażera na peronie, jak i czas w pociągu, dla pasażera nim jadącego. Różnice pojawiają się, gdy pasażer na peronie obserwuje, co się dzieje w pociągu, ale na odwrót też. Wszystko zależy od przyjętego układu odniesienia. Wszystko jest względne.

Oczywiście to tylko początek przemyśleń. Za tą prostą i genialną zasadą poszły kolejne eksperymenty myślowe, teorie i żmudne obliczenia. Pojawiło się słynne równanie $E=mc^2$ i cały postęp technologiczny, który obserwujemy do dnia dzisiejszego.