

Co to jest energia?

Istnieje pewien fakt, czy też – jeśli kto woli – pewne prawo, które rządzi wszystkimi dotychczas znanymi zjawiskami przyrodniczymi. Nie znamy wyjątków od tego prawa; wszystko wskazuje na to, że jest ono bezwarunkowo obowiązujące. Prawo to nazywamy zasadą zachowania energii. Zasada zachowania energii mówi, że istnieje pewna wielkość zwana energią, nie ulegająca zmianie podczas różnorodnych przemian, które zachodzą w przyrodzie. To stwierdzenie ma charakter zupełnie abstrakcyjny, ponieważ wyraża fakt matematyczny – mówi ono, że pewna liczba pozostaje stała, gdy coś się dzieje. Zasada zachowania energii nie jest opisem żadnego mechanizmu ani czegoś konkretnego; stwierdza jedynie dziwny fakt, że jeśli obliczymy pewną wielkość, a następnie poczekamy aż przyroda dokona swoich sztuczek i obliczymy tę samą wielkość powtórnie, przekonamy się, że otrzymaliśmy ten sam wynik. (To trochę jak z tym czarnym gońcem, który w dowolnej chwili gry okazuje się na czarnym polu, chociaż między jedną obserwacją a drugą mógł wykonać wiele ruchów, których szczegółów nie znamy. Nasza zasada ma podobny charakter.) Ze względu na abstrakcyjny charakter zasady spróbujemy wyjaśnić jej sens posługując się analogią.

Wyobraźmy sobie chłopczyka, powiedzmy Piekelnego Piotrusia, mającego absolutnie niezniszczalne i nie dające się dzielić na części klocki. Poszczególne klocki są zupełnie jednakowe. Przypuśćmy, że wszystkich klocków jest 28. Rano mama zostawiła Piotrusia z klockami w pokoju. Wieczorem, ponieważ jest ciekawa, starannie liczy klocki i odkrywa wspaniałe prawo: cokolwiek synek wyprawia przez cały dzień z klockami, zostaje ich zawsze 28! Wszystko się zgadza przez kilka dni, aż któregoś wieczoru wydaje się, że jest tylko 27 klocków, ale po krótkim poszukiwaniu brakujący klocek znajduje się pod dywanem. Odtąd więc mama musi starannie przeszukiwać pokój, aby się upewnić, że liczba klocków nic uległa zmianie. Pewnego dnia wydaje się, że jednak klocków ubyło. Po przeliczeniu jest ich tylko 26. Ale staranne śledztwo wykazało, że okno było otwarte, a za oknem leżały dwa wyrzucone klocki. Innego dnia po przeliczeniu okazuje się, że jest ich aż 30! To wywołuje poważną konsternację, ale w końcu mama przypomina sobie, że u Piotrusia był z wizytą Swawolny Dyzio, który przyniósł swoje klocki i musiał widocznie dwa z nich zostawić u Piotrusia. Po oddaniu Dyziowi klocków, zamknięciu okna i niewpuszczaniu gości do Piotrusia rachunki się zgadzają, aż pewnego dnia okazuje się, że pozostało tylko 25 klocków. W pokoju znajduje się zamknięte pudełko na zabawki, gdy jednak mama chce je otworzyć, Piotruś protestuje: „Nie otwieraj mojego pudełka!” – i zaczyna przeraźliwie krzyczeć. Mama nie może otworzyć pudełka, ale ponieważ jest ogromnie ciekawa i jednocześnie pomysłowa, znajduje sposób! Wie, że każdy klocek waży 10 dekagramów, zatem przy pierwszej okazji, gdy widzi w pokoju 28 klocków, waży pudełko i stwierdza, że waży ono pół kilograma. Następnym razem, gdy chce sprawdzić, ile jest wszystkich klocków, waży na nowo pudełko, odejmuje 50 dekagramów i dzieli przez 10. Odkrywa przy tym następujący wzór:

$$1) \quad \left(\frac{\text{liczba klocków}}{\text{widocznych}} \right) + \frac{(\text{waga pudełka}) - 50 \text{ dekagramów}}{10 \text{ dekagramów}} = \text{stała}$$

Z czasem pojawiają się jeszcze dalsze kłopoty, ale po starannym zbadaniu okazuje się, że tym razem podniósł się poziom brudnej wody w miednicy. Piotruś wrzuca klocki do wody, a mama ich nie widzi, bo woda jest brudna. Może jednak obliczyć, ile jest klocków w miednicy i dopisać we wzorze na ogólną liczbę klocków nowy wyraz. Ponieważ pierwotnie poziom wody w miednicy wynosił 15 cm, a każdy klocek podnosi poziom wody o 1/10 cm, wzór na liczbę klocków przybiera teraz postać:

$$2) \quad \left(\frac{\text{liczba klocków}}{\text{widocznych}} \right) + \frac{(\text{waga pudełka}) - 50 \text{ dekagramów}}{10 \text{ dekagramów}} + \frac{(\text{głębokość wody} - 15 \text{ cm})}{\frac{1}{10} \text{ cm}} = \text{stała}$$

W miarę komplikowania się sytuacji mama Piotrusia znajduje nowe wyrazy, pozwalające na obliczenie liczby klocków schowanych w niedostępnych dla niej miejscach. W wyniku otrzymuje coraz bardziej skomplikowany wzór, pozwalający na obliczenie pewnej wielkości, która pozostaje zawsze stała.

Gdzie tu jest analogia z zasadą zachowania energii? Najistotniejsza zmiana, którą musimy wprowadzić, polega na stwierdzeniu, że nie widzimy klocków. Jeśli we wzorach 1) i 2) pominiemy pierwszy wyraz, wielkości obliczane przy pomocy tych wzorów staną się w większym czy mniejszym stopniu abstrakcyjne.

Zwróćmy teraz uwagę na następujące istotne punkty naszej analogii. Przede wszystkim przy obliczaniu energii okazuje się czasem, że część jej opuściła badany układ i przeszła na zewnątrz, kiedy indziej znowu układ otrzymuje energię z zewnątrz. Sprawdzając, czy energia się zachowuje, musimy bardzo uważać, by nic dodać jakiegś z zewnątrz, ani nie pominąć jakiegś z wewnątrz. Następnie, energia występuje w wielu rozmaitych postaciach i każdą postać określa się innym wzorem. Mamy energię grawitacyjną, energię kinetyczną, energię sprężystą, energię cieplną, energię elektryczną, energię chemiczną, energię promienistą, energię jądrową, energię masy. Gdy dodamy do siebie wyrażenia na wszystkie postaci energii, otrzymamy stałą wartość całkowitej energii układu, jeżeli tylko układ nie przekazuje energii na zewnątrz, ani jej z zewnątrz nie otrzymuje.

Musimy zdać sobie sprawę z tego, że fizyka współczesna nie mówi właściwie, czym jest energia. Nie uważa się, że energia występuje w postaci małych porcji o określonej wielkości. Taki obraz nie zgadzałby się z rzeczywistością. Znamy jednak wzory pozwalające obliczyć liczbową wartość pewnej wielkości i kiedy te wszystkie liczby dodamy, otrzymamy „28”, zawsze ten sam wynik. Jest to postępowanie całkowicie abstrakcyjne, które ani nie wyjaśnia, na czym polega mechanizm zachowania energii, ani nie podaje powodów, dla których otrzymujemy takie a nie inne wzory na poszczególne postaci energii.

Feynmana wykłady z fizyki cz. 1 Warszawa 1974



Richard Phillips Feynman (ur. 11 maja 1918 w Nowym Jorku, zm. 15 lutego 1988 w Los Angeles) – fizyk teoretyk amerykański, jeden z głównych twórców elektrodynamiki kwantowej, laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki w roku 1965 za niezależne stworzenie relatywistycznej elektrodynamiki kwantowej. Pochodził z rodziny narodowości żydowskiej, był synem sprzedawcy Melville'a Arthura i Lucille Phillips. Zainteresowanie naukami ścisłymi wyniósł z domu rodzinnego, gdzie ojciec zachęcał go do zadawania pytań i sięgania do istoty rzeczy. Studiował w Massachusetts Institute of Technology (1935-1939), uzyskując dyplom na podstawie pracy *Forces and Stresses in Molecules*, podjął następnie na Uniwersytecie Princeton studia doktoranckie (1939-1943), zakończone obroną pracy *The Principle of Least Action in Quantum Mechanics*, przygotowanej pod kierunkiem Johna Wheelera. Już wówczas cieszący się opinią jednego z znakomitszych fizyków teoretyków, został zaproszony do udziału w pracach przy konstrukcji amerykańskiej bomby jądrowej w laboratorium w Los Alamos (tzw. projekt Manhattan); Hans Bethe powierzył mu kierowanie zespołem obliczeniowym. Feynman był obecny przy próbie pierwszej bomby w lipcu 1945.

Po wojnie pracował na Cornell University w Ithaca (wspólnie z Bethe'm), w 1951 został profesorem California Institute of Technology w Pasadenie. Był członkiem m.in. Narodowej Akademii Nauk w Waszyngtonie oraz londyńskiego Royal Society. Brał udział w pracach komisji ustalającej przyczyny katastrofy

wahadłowca Challenger (1986); za główną przyczynę wypadku uznał zeszczywnienie na mrozie gumowych uszczeltek, a w raporcie końcowym skrytykował naciski władz na inżynierów NASA.

W 1965 otrzymał Nagrodę Nobla – wspólnie z Japończykiem Shinichiro Tomonagą i Amerykaninem Julianem Schwingerem. Uczonych uhonorowano za stworzenie relatywistycznej elektrodynamiki kwantowej. Feynman jako pierwszy zastosował metodę diagramów do rozwiązywania zagadnień oddziaływania cząstek (tzw. diagramy Feynmana, 1948), metoda ta wkrótce stała się jednym z podstawowych narzędzi w badaniach cząstek elementarnych.

Badania Feynmana obejmowały różne zagadnienia współczesnej fizyki. Zajmował się on także m.in. kwantową teorią pola, fizyką cząstek elementarnych, teorią grawitacji nadprzewodnictwa. Podał ilościową teorię oddziaływań słabych (wspólnie z Murrayem Gell-Mannem, 1958). Przedstawił model nukleonów złożonych z partonów (1969).

Uważany za jednego z ważniejszych fizyków XX wieku, był także znanym popularyzatorem nauki; w jego dorobku obok prac naukowych znajduje się kilka pozycji autobiograficznych (Pan raczy żartować, panie Feynman!, 1985; wyd. pol. Kraków 1996, , *What Do You Care What Other People Think?*, 1988, wyd. pol. Kraków 1997, oraz słynne wykłady (*Feynmana wykłady z fizyki*, 1963; wydanie polskie 1974, w trzech częściach). Ponadto w Polsce ukazały się:

- *Charakter praw fizycznych (The Character Of Physical Law*, Warszawa 2000,
- *QED. Osobliwa teoria światła i materii (QED)*
- *Sześć łatwych kawalków (Six Easy Pieces)*
- *Sześć trudniejszych kawalków (Six Not-So-Easy Pieces)*

Był trzykrotnie żonaty; pierwsza żona Arlene Greenbaum zmarła krótko po ślubie na gruźlicę (1945). Drugie małżeństwo (z Mary Louise Bell) rozpadło się; trzecią żoną fizyka była od 1960 Brytyjka Gweneth Howard, z którą miał syna Carla (ur. 1962) i adoptowaną córkę Michelle. Feynman zmarł w lutym 1988 po kilkuletniej chorobie nowotworowej.

Richard Feynman nie stronił od uprawiania sztuki, grał na bębnach, malował. Z opowieści osób znających go osobiście wyłania się obraz niezwykle barwnej i wszechstronnej osobowości. O ile do przyszłej kariery naukowca zainspirował go częściowo ojciec, o tyle poczucie humoru zawdzięczał matce. Wyrazem ekscentryczności Feynmana było m.in. prowadzenie wykładów w rytm bębenków bongo.

Wikipedia