

Oddziaływania Grawitacja

OPRACOWANIE

Oddziaływania.

Żadne ciało nie jest wolne od oddziaływania innych ciał na nie. Każdy z nas poddany jest przyciąganiu ziemskiemu, które utrzymuje nas na powierzchni Ziemi. Różnica temperatur powoduje nasze nagrzanie lub ochłodzenie wywoływane oddziaływaniem termicznym.

Zawsze jesteśmy poddawani różnym oddziaływaniom, tylko, że są one obecne co dzień nie zdajemy sobie z nich sprawy (np. ciśnienie atmosferyczne).

Poniżej zajmiemy się kilkoma z nich.

Zasady dynamiki

By móc omawiać i analizować różne rodzaje oddziaływań musimy zaznajomić się z zasadami jakie rządzą, i dzięki jakim efekty oddziaływań dadzą się wyjaśnić w logiczny sposób.

Aby badać ruch ciała wywołany siłą na nie działającą trzeba wiedzieć jakiego rodzaju jest to siła i skąd się bierze. Teraz zajmiemy się ogólnymi skutkami sił a dalej będziemy rozważać specjalne własności sił grawitacyjnych, elektromagnetycznych, słabych i jądrowych.

W dzisiejszym rozumieniu mechaniki klasycznej w celu rozwiązania naszego problemu musimy:

- 1• wprowadzić pojęcie siły F ,
- 2• ustalić sposób przypisania masy m aby opisać fakt, że różne ciała wykonane z tego samego materiału, w tym samym otoczeniu uzyskują różne przyspieszenia (np. pchamy z całą siłą dwa różne pojazdy i uzyskują różne a),
- 3• szukamy sposobu obliczenia sił działających na ciało na podstawie właściwości tego ciała i otoczenia - szukamy praw rządzących oddziaływaniami ("teorii").

1Siła

Wszystkie siły nazywamy *siłami rzeczywistymi*, ponieważ możemy je zawsze związać z jakimś konkretnym ciałem, możemy podać ich pochodzenie. Nie możemy tego powiedzieć o np. takich siłach jakich działania "doznajemy" np. przy przyspieszaniu, hamowaniu czy zakręcaniu samochodu? Są to siły pozorne, ponieważ nie pochodzą one od żadnego ciała, więc nie posiadają źródła.

Pojęcie siły:

Jeżeli na ciało o masie m działa pojedyncza siła F_1 , to definiujemy ją jako iloczyn masy na jaką działa ta siła i przyspieszenia jakie uzyska to ciało w wyniku działania tej siły.

$$F_1 = ma$$

1Zasady dynamiki Newtona

Podstawowa teoria, która pozwala nam przewidywać ruch ciał, składa się z trzech równań, które nazywają się zasadami dynamiki Newtona.

Sformułowanie pierwszej zasady dynamiki Newtona

Ciało pozostaje w stanie spoczynku lub w stanie ruchu jednostajnego i prostoliniowego (zerowe przyspieszenie) gdy nie działa na to ciało żadna siła lub wszystkie siły działające równoważą się wzajemnie.

Ciało pozostawione samo sobie (działająca na nie siła wypadkowa jest równa zero).

$$a = 0,$$

gdy

$$F_{\text{wypadkowa}} = 0$$

gdzie $F_{\text{wypadkowa}}$ jest sumą wektorową wszystkich sił działających na ciało.

Uwaga: $a = 0$, oznacza, że nie zmienia się ani wartość ani kierunek tzn. ciało jest w spoczynku lub porusza się ze stałą co do wartości prędkością po linii prostej (stały kierunek).

Pierwsza zasada wydaje się być szczególnym przypadkiem drugiej. Przypisujemy jej jednak wielką wagę dlatego, że zawiera ważne prawidło fizyczne: istnienie inercjalnego układu odniesienia.

Pierwsza zasada dynamiki stwierdza, że jeżeli na ciało nie działają siły zewnętrzne to *istnieje taki układ odniesienia, w którym to ciało spoczywa lub porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym*. Taki układ nazywamy *układem inercjalnym*.

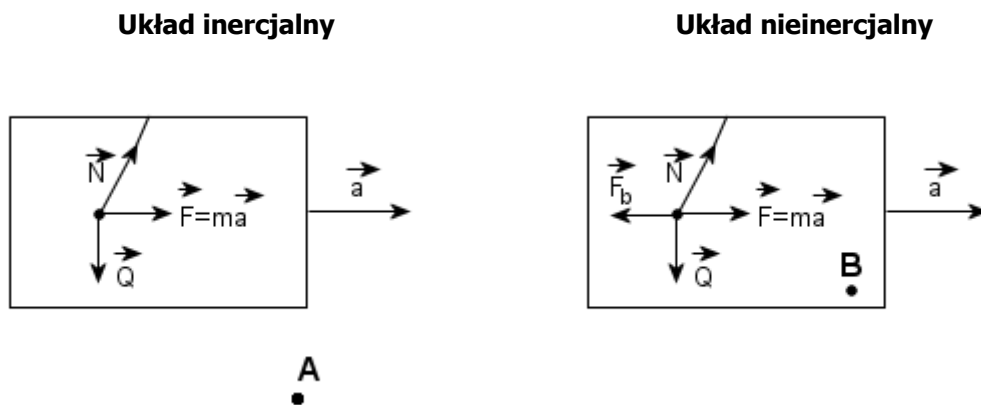
I zasada dynamiki, układ inercjalny i nieinercjalny, siła bezwładności

I ZASADA DYNAMIKI:

Jeżeli na ciało nie działają żadne siły lub działające siły równoważą się, to ciało to pozostaje w spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym.

UKŁAD INERCJALNY I NIEINERCJALNY, SIŁA BEZWŁADNOŚCI

Rozpatrzmy następujące zjawisko: autobus porusza się z przyspieszeniem 'a'. Do sufitu tego autobusu zamocowano nić, na której końcu zawieszono metalową kulkę. Ponieważ autobus się porusza, zaobserwujemy odchylenie się nici od pionu w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu pojazdu. Rozpatrzmy to zjawisko z punktu widzenia dwóch różnych obserwatorów, czyli z punktu widzenia dwóch układów odniesienia. Jeden z układów, zwany **inercjalnym**, jest związany z otoczeniem. Układ ten nie posiada przyspieszenia, w nim jest obserwator A. Drugi układ odniesienia, zwany **nieinercjalnym**, jest związany z autobusem. Układ ten posiada przyspieszenie i w nim jest obserwator B. Obserwator B, który siedzi w autobusie, powie, że kulka, on i inne przedmioty oraz osoby znajdujące się w autobusie, poddane są działaniu jakiejś dodatkowej siły, zwróconej przeciwnie do kierunku jazdy. Tę siłę nazywamy **siłą bezwładności**.



Na kulkę działają:

- siła ciężkości Q
- nić siłą napięcia N

Względem A kulka porusza się z przyspieszeniem 'a', które nadaje wypadkowa sił Q i N.

Na kulkę działają:

- siła ciężkości Q
- nić siłą napięcia N
- siła bezwładności F_b

Względem B kulka spoczywa, więc działające na nią siły równoważą się (wypadkowa sił Q i N równoważy siłę F_b).

Układ inercjalny to układ nieposiadający przyspieszenia; nie działają w nim siły bezwładności.

Układ nieinercjalny to układ posiadający przyspieszenie; działają w nim siły bezwładności.

Siły bezwładności działają jedynie w układzie nieinercjalnym. Są to siły pozorne, ponieważ nie pochodzą one od żadnego ciała, więc nie posiadają źródła.

Siła bezwładności ma wartość:

$$\vec{F}_b = m \cdot \vec{a}$$

gdzie;

m - masa ciała, na które działa siła bezwładności

a - przyspieszenie układu (nie ciała, które może mieć swoje przyspieszenie inne niż przyspieszenie układu)

Po poznaniu układu inercjalnego można podać **ogólniejszą postać I zasady dynamiki**:

Istnieje taki układ odniesienia, w którym jeżeli na ciało nie działa żadna siła lub siły działające na to ciało równoważą się, to ciało zachowuje stan spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym po linii prostej. Taki układ nazywamy układem inercjalnym.

Sformułowanie drugiej zasady dynamiki Newtona

Jeżeli na ciało działa siła niezrównoważona przez inne siły, to porusza się ono ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem wprost proporcjonalnym do tej siły i odwrotnie proporcjonalnym do masy ciała.

$$a = \frac{F}{m}$$

Siła w drugiej zasadzie dynamiki jest siłą wypadkową (trzeba brać sumę wektorową wszystkich sił).

Po co druga zasada dynamiki?

Druga zasada jest sposobem na przewidywanie przyszłości:

- mając informację o siłach działających na ciało możemy wyliczyć przyspieszenie tego ciała znając przyspieszenie możemy wyliczyć prędkość chwilową tego ciała mając prędkość możemy wyliczyć przyszłe położenie ciała
- a mając nowe położenie ciała możemy ustalić nowe siły nań działające (kółko się zamyka)

Uwaga

Bardzo częstym błędem jest wiązanie sił działających na ciało nie z przyspieszeniem, tylko z prędkością. Pamiętaj

siła powoduje PRZYSPIESZENIE, a nie prędkość!!!

- meteoryt w przestrzeni kosmicznej pędzi miliardy kilometrów, nie zmieniając prędkości (a nie ma żadnego napędu!) kula armatnia leci sobie długo w powietrzu mimo, że nic jej nie napędza (artylerzyści w czasie jej lotu często ładują i wystrzelują już kolejną kulę...) do tego żeby zatrzymać rozpędzone ciało trzeba użyć siły przeciwnie skierowanej, a nie tylko czekać aż samo się zatrzyma kula ziemską od wielu miliardów lat pędzi przez Kosmos z ogromną prędkością ok. 30km/s (prawie 100 razy prędkość dźwięku) mimo braku jakiegokolwiek napędu w przypadku braku siły tarcia (np. na lodzie) trudno jest wyhamować rozpędzone ciało
- zatrzymywanie się "zwykłych" ciał po pewnym czasie wynika **nie tyle z braku** działania siły napędzającej, lecz z faktu **istnienia** hamującej siły tarcia!

Trzecia zasada dynamiki Newtona

Założmy, że mamy układ, który składa się z m_A i m_B . Wtedy jedynymi siłami będą siły oddziaływania między tymi dwoma ciałami.

Wtedy:

Jeżeli ciało A działa na ciało B pewną siłą F , to ciało B działa na ciało A siłą o tej samej wartości, takim samym kierunku, ale przeciwnym zwrocie $-F$.

$$F_{A \rightarrow B} = -F_{B \rightarrow A}$$

GRAWITACJA

Ciężar ciała

Wszystkie ciała obdarzone masą są na Ziemi przyciągane siłą ciężkości daną wzorem:

$$Q = m \cdot g$$

m - masa ciała
 g - przyspieszenie ziemskie
średnio $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, w przybliżeniu 10 m/s^2

Siła ta nazywana jest **ciężarem** ciała.

Przykład: Ile wynosi siła ciężkości działająca na człowieka o masie 70 kg?

Rozwiązanie:

Podstawiamy dane do wzoru na ciężar:

$$P = 70 \cdot 9,81 = 686,7 \text{ N}$$

W większości prostych przypadków możemy podstawiać przybliżoną wartość przyspieszenia ziemskiego $g > 10 \text{ m/s}^2$. Dlatego w przybliżeniu można uznać, że ciężar jest 10 razy większy od masy ciała.

Ciężar, a masa ciała

Często myli się pojęcie masy z pojęciem ciężaru. Potocznie mówimy: "Ktoś waży 69 kilo". A skoro "waży", to by oznaczało, że ciężar wyraża się w kilogramach. Ale tak nie jest! - **ciężar "fizyczny" nie jest wyrażany w kilogramach lecz w niutonach!**

- **siłę ciężkości** (ciężar) wyrażamy **w niutonach**
- masę wyrażamy w kilogramach

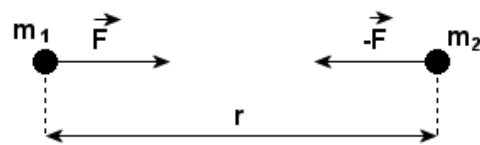
Dlaczego nie należy utożsamiać ciężaru z masą.

W warunkach ziemskich różnice ciężaru ciał o tych samych masach są niewielkie. Odważnik 1 kilogramowy będzie przyciągany siłą ok. 10 N wszędzie na naszym globie. Jeszcze mniej waży 1 kg na Księżycu - tam z racji znacznie mniejszego przyciągania grawitacyjnego srebrnego globu będzie on ok. 6 razy lżejszy niż na Ziemi. Gdyby ten sam kilogram zważyć wagą sprężynową na Jowiszu, to okazałoby się, że jest on ponad 13 razy cięższy niż na naszej rodzimej planecie. Jednak we wszystkich tych miejscach masa ciężarka jest tak sama i wynosi cały czas 1 kg.

Prawo powszechnego ciążenia

Prawo powszechnego ciążenia (inaczej: **prawo grawitacji**) sformułował Izaak Newton w 1687 r., a brzmiało ono:

Każde dwa punkty materialne o masach ' m_1 ' i ' m_2 ' przyciągają się wzajemnie siłą wprost proporcjonalną do iloczynu ich mas, a odwrotnie proporcjonalną do kwadratu ich odległości.



$$F \sim \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Aby znak proporcjonalności zastąpić równością, wprowadzamy współczynnik **G**, zwany **stałą grawitacji**.

$$F = G \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

Masami ' m_1 ' i ' m_2 ' mogą być też ciała, które nie są punktami materialnymi – mogą to być np. dwie planety.

Siły grawitacji wywołują przyspieszenia zwane grawitacyjnymi, charakteryzujące się tym, że są niezależne od masy ciała przyspieszanego. Duży kamień spada (w próżni) z takim samym przyspieszeniem, jak ziarnko piasku.

Siła grawitacji jest niezmiernie słaba.

Weźmy taki przykład: na dwu sąsiednich torach towarowej stacji kolejowej stoją dwa wagony, zawierające każdy po 30 ton węgla. Jaka siła grawitacji działa między tymi dwoma wagonami? Prosty rachunek może wskazać, że jest to siła równa ciężarowi liczącemu ułamki grama. Istotnie więc siła grawitacji jest oddziaływaniem bardzo słabym. Ale z drugiej strony przeczy temu nasze codzienne doświadczenie. Upadek z wysokości kilku zaledwie metrów doprowadza do takiej prędkości, że może to grozić połamaniem kości. Skąd ten paradoks? Wyjaśnia go niewyobrażalnie wielka masa Ziemi w porównaniu z przedmiotami, z jakimi spotykamy się w życiu codziennym. Oczywiście w porównaniu z masami Słońca, czy innych gwiazd, masa Ziemi jest po prostu mała.

Kwadrat odległości dwu ciał we wzorze na siłę grawitacji oznacza, że w miarę oddalania się dwu ciał przyciągających się, siła oddziaływania grawitacyjnego między nimi szybko maleje. Czy ten efekt obserwujemy w naszym życiu codziennym? A jeśli nie, to dlaczego? Oto po prostu dlatego, że środek ciężkości naszej Ziemi jest odległy od jej powierzchni o ponad 6300 km, a więc wzniesienie się o np. 10 m (np. wejście na trzecie piętro) zmniejsza siłę grawitacji o kilka tysięcznych części promila. A więc i tu stwierdzenie, że grawitacja szybko maleje z odległością, odnosi się do skali astronomicznej, a nie do warunków naszego życia codziennego.