**IIB Mechanika bryły sztywnej**

**Temat: Dynamika bryły sztywnej 06.04.2020**

**Aby ciało zaczęło się obracać należy podziałać na nie siłą. Efekt działania siły zależy między innymi od *rozłożenia masy względem osi obrotu bryły*. Dla przypomnienia i usystematyzowania:**

**Moment bezwładności I - wielkość charakteryzująca rozłożenie masy danego ciała względem jego osi obrotu.**

**Gdy podzielimy ciało na n nieskończenie małych fragmentów, wzór ma postać:**

**Gdzie m - masa fragmentu, zaś r - jego odległość od osi obrotu.**

**Momenty bezwładności wybranych brył - tabelka**



**Twierdzenie Steinera**

**Jeżeli bryła sztywna o znanym momencie bezwładności I0 (względem środka ciężkości, jak w tabelce powyżej) obraca się względem innej osi niż oś przechodząca przez środek ciężkości, ale równoległej do niej, to wtedy jej moment bezwładności I określa związek:**

**d - odległość rzeczywistej osi obrotu od osi przechodzącej przez środek ciężkości.**



**Zadanie przykładowe do przepisania do zeszytu:**

**Oblicz moment bezwładności walca o promieniu r = 1m i masie m = 5kg względem osi odległej o d = 3m od środka walca (jak na rys b) powyżej)**

**Dane:**

**r = 1m**

**m = 5kg**

**d = 3m**

**I0 = 0,5mr2 moment bezwładności walca względem osi przechodzącej przez jego środek masy odczytany z powyższej tabelki**

**I = ?**

**Rozwiązanie.**

**Stosujemy wzór I = I0 + d2, wstawiamy dane i liczymy:**

**I = 0,5·5kg·(1m)2 + 5kg·(3m)2 = 2,5kgm2 + 45kgm2 = 47,5 kgm2**

 **Moment siły M (odpowiednik siły F = ma z ruchu postępowego)**

**M = F r sinα**

**Na ruch obrotowy bryły sztywnej ma wpływ siła wprawiająca w ruch bryłę i jej odległość od osi obrotu. Wielkością od której zależy ruch obrotowy bryły sztywnej jest moment siły M.**

**Moment siły jest wektorem.**

***(Jak zapewne zauważyliście, kończąc omawianie środka masy i ruchu środka masy powróciliśmy do standardu: masę oznaczamy literą m, aby nie myliła się z momentem siły, powszechnie oznaczanym literą M).***

**Ponownie: Aby ciało zaczęło się obracać należy podziałać na nie siłą F. Przy tej samej wartości siły F działającej na ciało większy skutek wywrze siła, której punkt przyłożenia znajduje się dalej od osi obrotu.**

**Doświadczenie domowe**

**Spróbujcie poruszyć skrzydło drzwi palcem raz popychając blisko klamki a drugi raz blisko zawiasów. Odległość punktu przyłożenia palca od linii przechodzącej przez zawiasy nazywamy wektorem wodzącym (lub odległością od osi obrotu).**

**Wnioski z doświadczenia zapiszcie do zeszytu.**

**Teoria:**

**Moment siły jest wynikiem mnożenia wektorowego wektora wodzącego i wektora siły.**

 **Jak wiecie z matematyki, w wyniku mnożenia wektorowego dwóch wektorów otrzymujemy wektor, którego kierunek jest prostopadły do płaszczyzny, na której leżą mnożone wektorowo wektory.**

**Wizualizacja:** [https://pl.wikipedia.org/wiki/Moment\_siły](https://pl.wikipedia.org/wiki/Moment_si%C5%82y)

**wartość: M = F r sinα (ten wzór w praktyce stosujemy do obliczania wartości momentu siły)**

**kierunek: Jest prostopadły do płaszczyzny utworzonej przez wektor wodzący i wektor siły**

**zwrot: Jest określony regułą śruby prawoskrętnej.**

**Zauważcie, że mnożenie wektorowe NIE JEST przemienne. Pomnożenie F x r daje wektor – M, o zwrocie przeciwnym do M**

**Moment pędu (odpowiednik pędu p = m v z ruchu postępowego)**

**Iloczyn momentu bezwładności i prędkości kątowej nazywamy momentem pędu L**

**L = I ω**

**Wizualizacja:** [https://pl.wikipedia.org/wiki/Moment\_pędu](https://pl.wikipedia.org/wiki/Moment_p%C4%99du)

**Zasady dynamiki ruchu obrotowego**

**I zasada dynamiki dla ruchu obrotowego:**

**Jeżeli wypadkowy moment sił działających na ciało jest równy 0 to bryła pozostaje w spoczynku lub obraca się ze stałą prędkością kątową.**

**II zasada dynamiki dla ruchu obrotowego: (odpowiednik przyspieszenia a = F/m)**

**Przyspieszenie kątowe zależy wprost proporcjonalnie od wypadkowego momentu sił i odwrotnie proporcjonalnie od momentu bezwładności bryły:**

 **stąd przydatny wzór M =**

**ε (epsilon) - przyspieszenie kątowe wyrażane w rad/s2**

**Po wprowadzeniu momentu pędu i kilku przekształceniach uzyskujemy powyższy wzór w postaci:**

**Podstawowa zasada dynamiki ruchu obrotowego bryły sztywnej:**

 **(analogia z II zasadą dynamiki dla ruchu postępowego F = p / t)**

**Przypomnienie wzorów z ruchu po okręgu:**

**Prędkość liniowa punktu odległego o r od osi obrotu bryły obracającej się z prędkością kątową ω**

**v = ωr ponieważ**

**Przyspieszenie liniowe punktu odległego o r od osi obrotu bryły obracającej się z przyspieszeniem kątowym**

**a =**

**Energia kinetyczna ruchu obrotowego**

**Zasada zachowania momentu pędu**

**Moment pędu układu odosobnionego jest stały w czasie.**

**Prawo zachowania momentu pędu należy do podstawowych praw przyrody i obok prawa zachowania pędu i prawa zachowania energii ma powszechne zastosowanie w odniesieniu do zjawisk zarówno w skali makroskopowej, mikroskopowej – na poziomie cząstek elementarnych, jak i w skali kosmicznej – na poziomie układów gwiezdnych i galaktyk.**

**Należy zwrócić uwagę na to, że moment pędu jest wielkością wektorową i prawo zachowania momentu pędu mówi o zachowaniu nie tylko wartości momentu pędu, ale również i o zachowaniu jego zwrotu i kierunku. Z tego wynika, że w określonych sytuacjach także oś obrotu odosobnionego układu ma stały kierunek w przestrzeni. Jeśli posiadacie spinner, łatwo zauważycie, że wprowadzony w ruch obrotowy stawia opór przy próbie zmiany płaszczyzny obrotu.**

**Zjawisko to umożliwia np. jazdę na rowerze, działanie żyroskopów, tzw. „sztuczny horyzont”
w samolotach, działanie zabawek „bąków” itp.**

**Znakomity pokaz:** <https://www.youtube.com/watch?v=NeXIV-wMVUk>

**Inne doświadczenia:**

<https://www.youtube.com/watch?v=_Euq4xY9mJE>

<https://www.youtube.com/watch?v=4S63WHzx49I>

**Dlaczego w helikopterze stosuje się dodatkowe śmigiełko na ogonie?**

**Rozwiązanie: W helikopterze wielkie śmigło napędowe (nośne) uzyskuje moment pędu od silnika w kadłubie. Z prawa zachowania momentu pędu wynika, że kadłub uzyskałby taki sam moment pędu, ale przeciwnego znaku. Kadłub obracałby się w przeciwnym kierunku niż śmigło. Aby zapobiec temu niepożądanemu zjawisku, umieszcza się dodatkowe śmigło na ogonie. Obraca się ono, w pionowej płaszczyźnie, w takim kierunku, aby powstał moment siły przeciwdziałający obrotowi kadłuba helikoptera.**

****

**Praca domowa:**

Należy przepisać do zeszytu zaznaczony na czerwono tekst. Zdjęcia lub skany zeszytu przesłać na mojego maila.

Kontakt do mnie: **bosaw@op.pl** lub telefonicznie **692 477 902**

Również w przypadku problemów możecie w ten sam sposób zadawać mi pytania.

Bogdan Sawicki