

• pęd (cząstka, układ cząstek); • II zasada dynamiki; • zasada zachowania pędu; • środek masy układu cząstek, środek masy bryły, układ środka masy; • zasada zachowania pędu; • zasada zachowania pędu i zasada zachowania energii w zderzeniach sprężystych i niesprężystych

- Zadanie dość abstrakcyjne ale pouczające: a) Gdyby przez środek Ziemi wydrążono tunel, to z jaką prędkością przedmiot wrzucony doń (bez prędkości początkowej) minąłby środek Ziemi? (wskaz.: zas. zach. energii $E_p^{pocz} = 1/2mv^2 + E_p^{konc}$), b) udowodnij, że byłby to ruch harmoniczny. c) Oblicz okres tego ruchu.
- Jak zasada zachowania pędu wynika z II zas. dynamiki Newtona?
- Zasada zachowania pędu.* Dwa samochody A i B jadące odpowiednio na zachód i południe zderzają się na skrzyżowaniu, a po zderzeniu szepiają się ze sobą. Przed zderzeniem samochód A (masa 450 kg) jechał z prędkością 60 km/h, a samochód B (masa 600 kg) z prędkością 90 km/h. Znaleźć wartość prędkości i kierunek ruchu szepionych samochodów tuż po ich zderzeniu.
- Pocisk wyrzucono pod kątem $\beta = 30^\circ$ do poziomu z prędkością $v_o = 10$ m/s. W najwyższym punkcie lotu pocisk rozerwał się na dwie nierówne masy (w stosunku 2:3), z których cięższa zaczęła spadać pionowo bez prędkości początkowej. Jak daleko spadnie lżejsza część? (wsk.: stosuj prawo zach. pędu, ZZP)

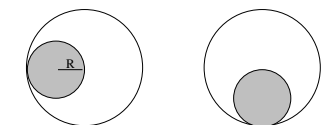
- Współrzędne środka masy dla układów cząstek i dla brył określa wektor \vec{r}_{CM} :

$$\vec{r}_{CM} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n \vec{r}_i m_i \quad \text{— dla układu } n \text{ punktów materialnych;} \quad \vec{r}_{CM} = \frac{1}{M} \int \vec{r} dm \quad \text{— dla bryły.}$$

Podaj wzór na prędkość środka masy \vec{v}_{CM} dla układu punktów materialnych.

- Znajdź środek masy:
 - układu mas punktowych m_1, m_2, m_3 o wartościach 2, 5, 3 kg rozłożonych w wierzchołku trójkąta równobocznego o boku 10 cm;
 - cienkiego pręta o długości 25 cm, jeśli gęstość pręta zmienia się liniowo od 20 do 40 g/cm;
 - pręta złożonego z dwóch odcinków o długościach l_1, l_2 i masach odpowiednio m_1, m_2 ;
 - cienkiej jednorodnej płytki z blachy w kształcie półkola o promieniu R (wskaz.: najlepiej pracować w układzie biegunowym);
 - stożka o wysokości H .
- Rozpatrzmy n cząstek o masach m_i i prędkościach $\vec{v}_i, i = 1, \dots, n$.
 - Ile wynosi pęd tego układu cząstek w układzie środka mas? *Układ środka mas (CM) to układ odniesienia poruszający się z prędkością \vec{v}_{CM} .*
 - Pokaż, wychodząc z wzoru określającego położenie środka masy układu poruszających się cząstek $\vec{r}_{CM} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n \vec{r}_i m_i$, że jeśli jesteś w układzie CM to pęd całkowity układu wszystkich cząstek jest równy zero. To stwierdzenie może być traktowane jako definicja układu środka masy.
 - Pokaż, że jeśli na układ cząstek nie działają siły zewnętrzne (ale cząstki mogą ze sobą oddziaływać siłami wewnętrznymi, np. są to elektrony) to położenie środka mas nie ulega zmianie.
- Znaleźć odległość, na jaką przesunie się łódź stojąca nieruchomo na wodzie, jeżeli człowiek o masie $m_1 = 70$ kg przejdzie z dziobu na rufę. Długość łodzi jest równa 2.5 m, a jej masa $m_2 = 100$ kg.

- Kulę o promieniu R umieszczoną wewnątrz większej powłoki kulistej o promieniu $2R$ (pozycja jak lewym rys.) puszczo swobodnie, w związku z czym zaczyna się ona staczać w dół po wewnętrznej powierzchni powłoki. Powłoka może się poruszać po poziomej powierzchni. Kula i powłoka mają jednakowe masy. Po pewnym czasie ruch ustanie ze względu na straty energii i cały układ znieruchomieje w pozycji jak na prawym rysunku. Jak zmieni się końcowe położenie powłoki względem położenia początkowego? Wskaz.: rozpatrz problem rozpatrując pęd układu obu ciał i położenie środka mas.



10. *Zderzenie sprężyste centralne.* Cząstka m_1 o prędkości v_1 zderza się centralnie i sprężysto ze spoczywającą cząstką m_2 (taki układ odniesienia nazywa się zwyczajowo układem laboratoryjnym (LAB)).
a) Znaleźć prędkości i pędy cząstek po zderzeniu w układzie LAB. b) Znaleźć prędkości i pędy cząstek przed i po zderzeniu w układzie środka mas (CM).
11. *Zderzenia niecentralne.* W zderzeniu sprężystym cząstki α z jądrem tlenu kierunek cząstki α po zderzeniu tworzy kąt $\varphi = 64^\circ$ względem pierwotnego kierunku. Jądro odrzutu (tlen), będące początkowo w spoczynku, zostaje odrzucone pod kątem $\psi = 51^\circ$. Obliczyć stosunek prędkości obu cząstek po zderzeniu.
12. *Zderzenie całkowicie niesprężyste.* W wahadło o masie 2 kg uderza pocisk o masie 10 g. Po tym uderzeniu środek masy wahadła unosi się o 12 cm, licząc w kierunku pionowym. Obliczyć: a) prędkość pocisku przed zderzeniem, przyjmując, że utkwiał on w wahadle, b) ilość ciepła, które wydzieliło się w wahadle.