• energia potencjalna, zas. zachowania energii cd.; • pęd (cząstka, układ cząstek); • II zasada dynamiki; • zasada zachowania pędu; • środek masy układu cząstek, środek masy bryły, układ środka masy; • zasada zachowania pędu

1. Pokaż, że szkolny wzór na zmianę energii potencjalnej w polu siły ciężkości $\Delta E_p = mgh$, jeśli h jest dużo mniejsze od promienia Ziemi, wynika z ogólniejszego wzoru, uwzględniającego zmienność siły grawitacji.

2. Na Ziemi lekkoatleta skacze o tyczce na wysokość 5 m. Jaki promień musiałaby mieć planeta, na której skoczek wykonując tę samą pracę co na Ziemi, oderwałby się od planety i poszybował w przestrzeń bezpowrotnie? Gęstości Ziemi i planety przyjąć jednakowe.

3. Energia potencjalna pewnej dwuatomowej molekuły wyraża się wzorem: $E_p(r) = \frac{A}{r^6} - \frac{B}{r^4}$, gdzie r jest odległością wzajemną atomów molekuły, a A i B są stałymi dodatnimi.
   a) Oblicz siłe, z którą atomy oddziaływują na siebie (posłuż się zależnością $\vec{F} = -\frac{dE_p}{dr}\hat{r}$), określ czy jest ona przyciągająca, czy odpychająca. Zbadaj czy są punkty równowagi, jeśli tak, to dla jakich r i jaka jest to równowaga.
   b) Uzasadnij, posługując sie wykresem $E_p(r)$ stwierdzenie, że ruch atomów w molekule jest ruchem drgającym jeśli całkowita energia (która się nie zmienia) jest mniejsza od zera; czy jest to ruch harmoniczny? Co będzie jeśli całkowita energia będzie dodatnia?
   c) Jak znaleźć przedział $r_1 < r < r_2$, dla którego ruch jest możliwy przy założeniu, że całkowita energia molekuły jest równa połowie wartości minimum energii potencjalnej.

4. Jaka siła odpowiada energii potencjalnej $E_p(x, y, z) = -ax^2 + bxy + z,\ a, b -$ stałe?.

5. Na ciało poruszające się wzdłuż osi x działa siła odpychająca $F = kx,\ k = const > 0$. Znaleźć energię potencjalną $E_p(x)$, przedstawić ją na wykresie oraz zapisać jak wyraża się dla tego przypadku prawo zachowania energii. Uzasadnić, że taki ruch jest ruchem w otoczeniu punktu równowagi nietrwałej.

6. Masa m porusza się po okręgu o promieniu R ze stałą prędkością v pod wpływem siły dośrodkowej. Jaką pracę wykonuje ta siła podczas jednego obrotu?

7. Osoba o masie 55 kg biegnie po schodach do góry, wznosząc się 0 4.3 m co 3 sekundy. Jaką moc musi zużywać?

8. Znaleźć pracę potrzebną do przeniesienia ciała o masie 5 ton z powierzchni Ziemi w przestrzeń międzyplanetarną.

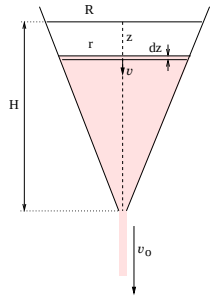
9. Jaką minimalną pracę należy wykonać, aby przewrócić sześcian o masie 5 kg i krawędzi 10 cm z jednej ściany na drugą?

10. *Zasada zachowania pędu.* Dwa samochody A i B jadące odpowiednio na zachód i południe zderzają się na skrzyżowaniu, a po zderzeniu sczepiają 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 sczepionych samochodów tuż po ich zderzeniu.

11. Współrzędne środka masy dla układów cząstek i dla brył określa wektor $\vec{R}$:
    $\vec{R} = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{n} \vec{r}_i m_i$ — dla układu n punktów materialnych; $\vec{R} = \frac{1}{M}\int_M \vec{r}\,dm$ — dla bryły.
    Znajdź środek masy:
    (a) układu mas punktowych $m_1,\ m_2,\ m_3$ o wartościach 2, 5, 3 kg rozłożonych w wierzchołku trójkąta równobocznego o boku 10 cm; (b) cienkiego pręta o długości 25 cm, jeśli gęstość pręta zmienia się liniowo od 20 do 40 g/cm; (c) pręta złożonego z dwóch odcinków o długościach l_1, l_2 i masach odpowiednio m_1, m_2; (d) cienkiej jednorodnej płytki z blachy w kształcie półkola o promieniu R (wskaz.: najlepiej pracować w układzie biegunowym); (e) stożka o wysokości H.

12. Dokończ zdanie: "Układ środka masy (CM) definiujemy jako układ odniesienia, w którym suma pędów poruszających się ciał jest .....".

13. 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.

14. (Zadanie nadobowiązkowe.) Obliczyć czas wypływu cieczy nielepkiej i nieściśliwej ze stożkowego lejka przez otwór o promieniu n-krotnie mniejszym niż promień powierzchni cieczy w chwili t=0. Założyć, że $n \gg 1$. Początkowa wysokość słupa cieczy wynosi H.

    Wskaz.: korzystając z prawa zachowania energii ułożyć równanie opisujace prędkość obniżania się poziomu cieczy.