

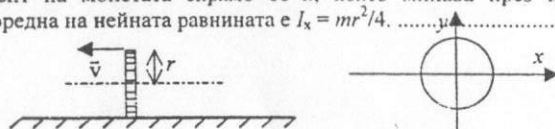
НАЦИОНАЛНО ЕСЕННО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА
БОТЕВГРАД, 29.11 – 01.12. 2002 г.
СПЕЦИАЛНА ТЕМА

Задача 1. Опитно е установено, че дължината l на пробег на алфа-частиците във вещество зависи от тяхната начална кинетична енергия E по закона:

$$l = CE^{\frac{1}{2}},$$

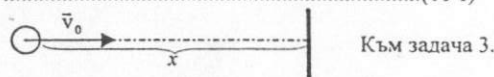
където C е константа, характерна за дадената среда. Ако приемете, че спирането на алфа-частицата се дължи на сила на триене f , чиято големина зависи от моментна скорост v на частицата, намерете функционалната зависимост на f от v (означете масата на алфа-частицата с m).(8 т)

Задача 2. Монета с маса $m = 3,5$ g и радиус $r = 1$ cm е закрепена неподвижно във вертикално положение. Върху горния край на монетата е нанесен краткотраен удар, в резултат на който той придобива скорост $v = 5$ m/s, насочена хоризонтално, перпендикулярно спрямо равнината на монетата. Непосредствено след удара долният край на монетата е неподвижен. Колко е средната сила $\bar{F}$, която действа върху горния край на монетата по време на удара, ако приемете, че продължителността на удара е $\Delta t = 10^{-3}$ s? Инерционният момент на монетата спрямо ос x , която минава през нейния център и е успоредна на нейната равнина е $I_x = mr^2/4$(7 т)



Към задача 2

Задача 3. С каква начална скорост v_0 трябва да бъде изстреляна топка за тенис в хоризонтална посока така, че да достигне вертикална стена, разположена на разстояние $x = 10$ m с минимална кинетична енергия? При така подбраната начална скорост, какъв ъгъл спрямо хоризонта ще сключва скоростта на топката непосредствено преди удара със стената? Приемете, че земното ускорение е $g = 10$ m/s².(10 т)

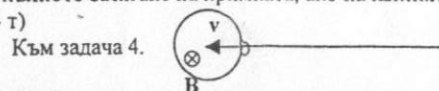


Към задача 3.

Задача 4. От тънка метална жичка със съпротивление на единица дължина λ е направена примка с форма на окръжност. Примката е разположена в еднородно магнитно поле с индукция B , перпендикулярна на равнината на примката. Възелът, който се намира в идеален електрически контакт с жичката, започва да се движи спрямо нея с постоянна скорост v . При това примката се затяга, като запазва кръговата си форма.

а) Намерете тока I , който тече в примката.(6 т)

б) Каква механична работа A трябва да извърши външната сила, приложена към възела за пълното затягане на примката, ако началният радиус на примката е r_0 ?(4 т)



Към задача 4.

Задача 5. На фигурата е показан опростен модел на слуховия апарат на робот. Два микрофона M_1 и M_2 , разположени на разстояние $d = 20$ cm един от друг,

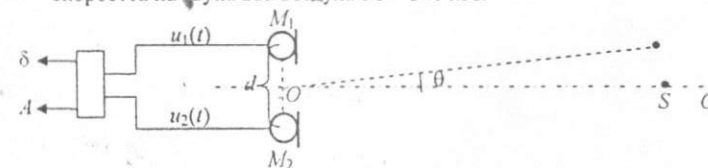
приемат звуков сигнал с честота $\nu = 680$ Hz, който се излъчва от точков източник S . Разстоянията между микрофоните и източника са много по-големи от d . Електричните сигнали $u_1(t)$ и $u_2(t)$ от двата микрофона се подават към схема, която по електронен път определя разликата δ между техните фази и амплитудата A на сумата $u(t)$ от двата сигнала ($u(t) = u_1(t) + u_2(t)$). Какво минимално ъглово отместване θ на източника спрямо оста на симетрия OO' може да установи роботът, ако електронната схема:

а) е в състояние да измери фазова разлика δ между сигналите, която е не по-малка от 0,1 rad;(5 т)

б) е в състояние да измери относително изменение $|\Delta A/A_{\max}|$ на амплитудата на сумарния сигнал, което е не по-малко от 1%?(10 т)

Приемете, че:

- амплитудите на звуковите вълни, които достигат двата микрофона са еднакви;
- амплитудата на електричния сигнал от даден микрофон е пропорционална на амплитудата на падащата върху него звуковата вълна;
- скоростта на звука във въздуха е $c = 340$ m/s.



Към задача 5.

Задача 6. Електрон навлиза под ъгъл $\alpha = 60^\circ$ в област с широчина $h = 0,1$ m, в която има еднородно магнитно поле, насочено перпендикулярно спрямо скоростта на електрона. Големината на магнитната индукция е $B = 5 \cdot 10^{-3}$ T. При каква минималната скорост v електронът може да пресече областта?(10 т)



Към задача 6.

Някои полезни формули

$$(x^n)' = nx^{n-1};$$

$$(f(x)g(x))' = f'(x)g(x) + f(x)g'(x);$$

Ако φ е ъгъл, изразен в радиани, такъв че $|\varphi| \ll 1$:

$$\sin \varphi \approx \varphi$$

$$\cos \varphi \approx 1 - \frac{\varphi^2}{2}$$

Фундаментални физични константи:

- елементарен електричен заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C;
- маса на електрона в покой $m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg;
- константа на Планк $h = 6,64 \cdot 10^{-34}$ J.s;
- скорост на светлината във вакуум $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s.

НАЦИОНАЛНО ЕСЕННО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА
БОТЕВГРАД, 29.11 – 01.12, 2002 г.

ПРИМЕРНИ РЕШЕНИЯ НА СПЕЦИАЛНАТА ТЕМА

1. При навлизане във веществото начална енергия E_0

$$l = CE_0^{3/2} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

След като частицата измине път x във веществото – енергия $E(x) < E_0$ и оставаща дължина на пробег $l - x$.

$$l - x = CE(x)^{3/2} \text{ или } x = l - CE(x)^{3/2} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$dE = -f dx \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$\Rightarrow f = -\frac{dE}{dx} = -\left(\frac{dx}{dE}\right)^{-1} = -\frac{1}{x'(E)} \dots\dots\dots (2 \text{ т})$$

$$f = \frac{2}{3C\sqrt{E}} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$E = \frac{mv^2}{2} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$\Rightarrow f = \frac{2\sqrt{2}}{3C\sqrt{m}} \times \frac{1}{v} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

2. Непосредствено след удара монетата извършва въртене спрямо хоризонтална ос, която минава през нейния долен край.

Придобитата ъглова скорост на въртене е:

$$\omega = \frac{v}{2r}, \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

инерционният момент спрямо тази ос –

$$I = I + mr^2 = 5mr^2/4, \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

изменението на момента на импулса –

$$\Delta L = I' \omega = \frac{5}{8} mrv, \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

средният въртящ момент на силата F –

$$\bar{M} = 2r\bar{F} = \frac{\Delta L}{\Delta t} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

Оттук намираме средната сила:

$$\bar{F} = \frac{5mv}{16\Delta t} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$F \approx 5,5 \text{ N} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

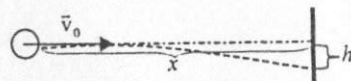
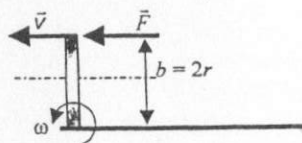
$$3. \text{ a) } E_k = \frac{mv_0^2}{2} + mgh \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$x = v_0 t \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$h = \frac{gt^2}{2} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$h = \frac{gx^2}{2v_0^2} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$\Rightarrow E_k(v_0) = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{m(gx)^2}{2v_0^2} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$



$$E_k'(v_0) = mv_0 - \frac{m(gx)^2}{v_0^3} = 0 \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{gx} = 10 \text{ m/s} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$6) \quad E_k = \frac{mv^2}{2} = mgx$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2gx} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$\cos \alpha = \frac{v_x}{v} = \frac{v_0}{v} = \frac{1}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$\alpha = 45^\circ \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$4. \text{ a) } \Phi(t) = B\pi r(t)^2 \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$r(t) = r_0 - \frac{v}{2\pi} t \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$U = -\Phi'(t) = -2\pi r(t) B r'(t) \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$U = r(t) B v \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$R(t) = 2\pi r(t) \lambda \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

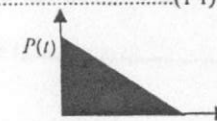
$$I(t) = \frac{U}{R(t)} = \frac{Bv}{2\pi\lambda} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$6) \quad P(t) = I^2 R = \frac{(Bv)^2}{2\pi\lambda} r(t) \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$t_{\text{затягане}} = 2\pi r_0 / v \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$Q = S_{\text{под графиката}} = P(0) t_{\text{затягане}} / 2 \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$(\text{или } Q = \int_0^{t_{\text{затягане}}} P(t) dt)$$



От закона за запазване на енергията:

$$A = Q = \frac{(Br_0)^2 v}{\lambda} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$5. \text{ a) } \lambda = c/v = 0,5 \text{ m} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$\Delta = d \sin \theta \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

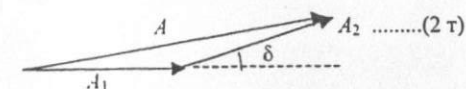
$$\delta = 2\pi \frac{\Delta}{\lambda} = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$\sin \theta \approx \theta$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{\delta \lambda}{2\pi d} \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

$$\theta = \frac{0,1 \text{ rad} \cdot 0,5 \text{ m}}{2,3,14 \cdot 0,2 \text{ m}} \approx 0,04 \text{ rad} = 2,3^\circ \dots\dots\dots (1 \text{ т})$$

6) От векторната диаграма:



$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \delta \dots\dots\dots(2 \tau)$$

$$A_1 = A_2 \Rightarrow A = A_1 \sqrt{2(1 + \cos \delta)} = 2A_1 \cos \frac{\delta}{2} \dots\dots\dots(1 \tau)$$

$$A_{\max} = 2A_1 \dots\dots\dots(1 \tau)$$

$$\delta \ll 1 \Rightarrow A \approx A_{\max} \left(1 - \frac{\delta^2}{8}\right) \dots\dots\dots(1 \tau)$$

$$\frac{|\Delta A|}{A_{\max}} = \frac{\delta^2}{8} \dots\dots\dots(1 \tau)$$

$$\delta = \sqrt{8 \frac{|\Delta A|}{A_{\max}}} \approx 0,28 \text{ rad.} \dots\dots\dots(1 \tau)$$

Аналогично на т. а) :

$$\theta = \frac{\delta \lambda}{2\pi d} \approx 0,11 \text{ rad} = 6,3^\circ \dots\dots\dots(1 \tau)$$

6. Правилно изобразена посока на отклонение(1 τ)

$$\frac{mv^2}{R} = evB \dots\dots\dots(1 \tau)$$

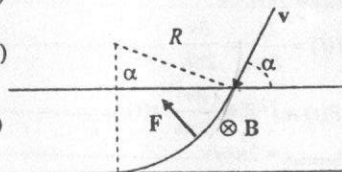
$$R = \frac{mv}{eB} \dots\dots\dots(1 \tau)$$

Траекторията е допирателна към задната повърхност.....(1 τ)

$$\Rightarrow R = R \cos \alpha + h$$

$$R = \frac{h}{1 - \cos \alpha} = 2h \dots\dots\dots(1 \tau)$$

$$\Rightarrow v = \frac{2eBh}{m} \dots\dots\dots(1 \tau)$$



$$\text{Но } m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \dots\dots\dots(1 \tau)$$

$$v = \frac{2eBh}{m_0} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$v = \frac{2eBh}{\sqrt{m_0^2 + (2eBh/c)^2}} \dots\dots\dots(2 \tau)$$

$$v = 1,52 \cdot 10^8 \text{ m/s} \dots\dots\dots(1 \tau)$$