

ТЕМА

за Републиканския (трети) кръг на олимпиадата по физика

10. -12. клас, 23 април 2000 година

Задача 1. Капка с положителен електричен заряд е уравниовесена във въздуха в електрично поле с интензитет E . Архимедовата сила не се отчита. Земното ускорение е g .

а) (1 точка) Определете посоката на интензитета E на полето.

б) (1 точка) Определете отношението q/m на заряда q и масата m на капката.

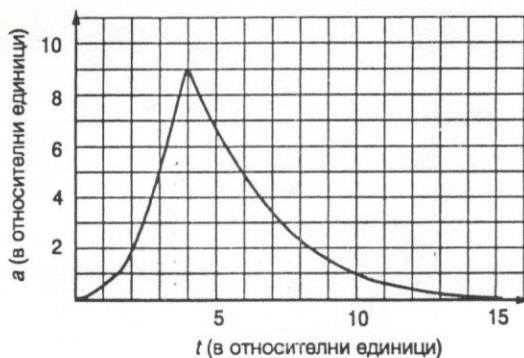
В момент $t = 0$ електричното поле започва да намалява и в момент t_1 става нула. На графиката от фиг.1 е показано как се изменя ускорението a на капката с течение на времето t .

в) (2 точки) Запишете уравнението на втория принцип на механиката за движението на капката при наличие на електрично поле ($0 < t < t_1$) и след изключването на полето ($t \geq t_1$).

г) (1 точка) В кой момент от времето ускорението на капката е максимално?

д) (5 точки) Пресметнете числената стойност на максималното ускорение $a_{\max}$ на капката.

Приемете, че големината на силата на съпротивление на въздуха F_c е право пропорционална на скоростта v на капката: $F_c = kv$, където $k = \text{const}$.

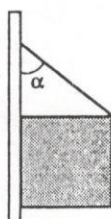


Фиг.1.

Задача 2. (4 точки) Еднороден куб е завързан с нишка към вертикална стена (опора), както е показано на фиг.2. Нишката е прикрепена към средата на горния хоризонтален ръб на куба. Коефициентът на триене между куба и стената е

$k = \frac{\sqrt{3}}{3}$. При какви стойности на

ъгъла α цялата стена на куба ще е в контакт с вертикалната опора?



Фиг.2.

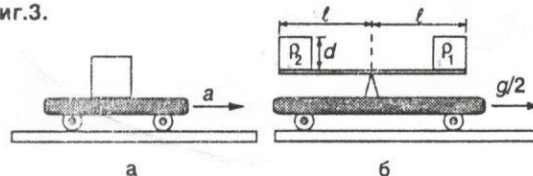
б) (2 точки) Еднороден куб е поставен върху количка (фиг.3а), която се движи по хоризонтална равнина с ускорение a . При каква стойност на ускорението a кубът ще се преобърне? Триенето между куба и количката е голямо, така че той не се хлъзга по нейната повърхност.

в) (4 точки) По хоризонтална повърхност се движи количка с ускорение $g/2$. На количката върху двустранен лост са поставени, както е показано на фиг.3б, два еднородни куба с еднакви размери, които са направени от различен материал. Определете отношението ρ_1/ρ_2 на плътностите на двата куба, ако е известно, че лостът е в равновесие, а кубовете са неподвижни спрямо лоста и количката. Ръбовете на двата куба имат дължина d . Външните ръбове на кубовете се намират на еднакво разстояние ℓ от опората на лоста.

Земното ускорение е g .

Указание. За да се движи твърдо тяло постъпателно, трябва алгебричната сума от въртящите моменти на действащите му сили спрямо осите на въртене, преминаващи през центъра на масите (тежестта) на тялото, да е равна на нула. Когато тялото е в покой, това условие за моментите е в сила за всички неподвижни оси на въртене.

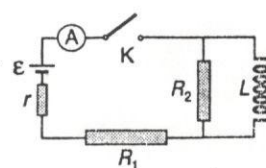
Фиг.3.



Задача 3. Резисторите от електрическата верига, показана на фиг.4, имат съпротивления $R_1 = 2,5 \Omega$ и $R_2 = 7,5 \Omega$. Намотката е с индуктивност $L = 7,5 \text{ mH}$ и пренебрежимо малко активно (омово) съпротивление. Съпротивлението на амперметъра също се пренебрегва. Непосредствено след затварянето на ключа K през амперметъра тече ток $I_1 = 0,20 \text{ A}$, а след като се установи постоянна стойност на тока през намотката, амперметърът измерва ток $I_2 = 0,40 \text{ A}$. Определете:

а) (6 точки) електродвижещото напрежение $\mathcal{E}$ и вътрешното съпротивление r на източника;

б) (4 точки) заряда q , който преминава през резистора със съпротивление R_2 .



Фиг.4.

РЕШЕНИЯ И УКАЗАНИЯ

за Регионалния (трети) кръг на олимпиадата по физика

10. - 12. клас, 23 април 2000 година

Задача 1. а) Вертикално нагоре.....1 точка
 б) $q/m = g/E$1 точка
 в) $ma = mg - eE - kv$1 точка
 $ma = mg - kv$ (без поле).....1 точка
 г) Ускорението е максимално в момент t_1 (когато електричното поле става нула).....1 точка
 д) Максималното ускорение се определя от уравнението $ma_{\max} = mg - kv_1$, където v_1 е скоростта в момент t_1 . Ускорението става нула, когато силата на тежестта се уравновеси от силата на съпротивление на въздуха: $mg = kv_2$, където v_2 е постоянната скорост, до която ще достигне капката. От последните две уравнения получаваме

$$a_{\max} = g \left(1 - \frac{v_1}{v_2} \right) \dots\dots\dots 2 \text{ точки}$$

Отношението v_1/v_2 определяме от графиката: скоростта v_2 е право пропорционална на площта под цялата графика, а v_1 - на площта под графиката от $t = 0$ до $t = t_1$. След преброяване на квадратчетата от графиката се получава

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{12 \text{ квадрата}}{36 \text{ квадрата}} = \frac{1}{3} \quad a_{\max} = 6.5 \text{ m/s}^2 \dots\dots\dots 3 \text{ точки}$$

Задача 2. а) На фиг.1 са показани силите, които действат на куба. Разстоянието x от приложената точка на силата на реакция на опората N до горния ръб на куба може да се изменя от $x = d$ до $x = 0$. От условието кубът да не се движи постъпателно следват уравненията:

$$T_y + f = mg; \text{ и } T_x = N \dots\dots\dots 1 \text{ точка}$$

За да не се завърти кубът около ръба A , трябва да се изпълнява условието за въртящите моменти:

$$T_y d + Nx = mgd/2 \dots\dots\dots 1 \text{ точка}$$

Като отчетем, че силата на триене на покой не може да е по-голяма от kN , т.е. $f \leq kT_x$, и че $x \geq 0$, получаваме неравенствата: $T_y + kT_x \geq mg$; $mg \geq 2T_y$, откъдето следва:

$$\tan \alpha = \frac{T_x}{T_y} \geq \frac{1}{k} = \sqrt{3}; \quad \alpha \geq 60^\circ \dots\dots\dots 2 \text{ точки}$$

б) Силите, които действат на куба в инерциалната отправна система, са показани на фиг.2. От втория принцип на механиката следват равенствата $N = mg$, $f = ma$. От условието за въртящите моменти спрямо оста O , минаваща през центъра на куба, следва равенството

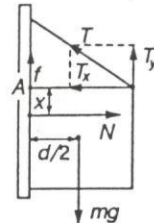
$$Nx = f(d/2) \text{ или } mgx = mad/2.$$

Тъй като приложената точка на силата на реакция на опората N не може да излезе извън основата на куба, то $x \leq d/2$. От уравнението за въртящите моменти следва, че при $a = g$; $x = d/2$.

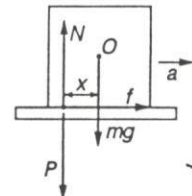
При $a > g$ кубът се преобръща под действие на въртящия момент на силата на триене.....2 точки

Забележка. Задачата може да се реши и в неинерциална отправна система, в която кубът е в покой.

в) Приложните точки на телото P (фиг.2) на двата куба също се отнемат на разстояние x от централната ос O на кубовете. При $a = g/2$ от уравнението на въртящите моменти следва, че $x = d/4$1 точка



Фиг.1.



Фиг.2.

Условието за равновесие на лоста е

$$\rho_1 d^3 g \left(\ell - \frac{d}{2} - \frac{d}{4} \right) = \rho_2 d^3 g \left(\ell - \frac{d}{2} + \frac{d}{4} \right) \dots\dots\dots 2 \text{ точки}$$

Отношението на плътностите на двата куба е

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\ell - \frac{d}{4}}{\ell - \frac{3d}{4}} \dots\dots\dots 1 \text{ точка}$$

Задача 3. а) Поради явлението самоиндукция след затваряне на ключа K токът през намотката постепенно нараства от нула до постоянната си стойност. Непосредствено след затварянето на ключа целият ток преминава през резистора R_2 . Тогава: $\mathcal{E} = I_1(r + R_1 + R_2)$2 точки

След като се установи постоянен ток през намотката, напрежението върху нея става нула и през резистора R_2 не тече ток. Тогава: $\mathcal{E} = I_2(r + R_1)$2 точки

От двете уравнения определяме:

$$r = \frac{I_1(R_1 + R_2) - I_2 R_1}{I_2 - I_1} = 5 \, \Omega \dots\dots\dots 1 \text{ точка}$$

$$\mathcal{E} = \frac{I_1 I_2 R_2}{I_2 - I_1} = 3 \text{ V} \dots\dots\dots 1 \text{ точка}$$

б) По време на нарастването на тока големината на самоиндуцираното напрежение в намотката е

$$\mathcal{E}_L = L \frac{\Delta I_n}{\Delta t} \dots\dots\dots 1 \text{ точка}$$

Напрежението върху резистора R_2 винаги е равно на напрежението върху намотката, т.е.

$$R_2 I = \mathcal{E}_L \dots\dots\dots 1 \text{ точка}$$

Като отчетем, че $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$, от горните две равенства

$$\text{получаваме: } \Delta q = \frac{L}{R_2} \Delta I_n \dots\dots\dots 1 \text{ точка}$$

Тъй като нарастването на заряда, преминал през резистора R_2 , е право пропорционално на нарастването на тока I_n през намотката, при увеличаване на тока от $I_1 = 0$ до $I_n = I_2$ през резистора ще премине заряд

$$q = \frac{L}{R_2} (I_2 - 0) = \frac{L I_2}{R_2} = 0.4 \text{ mC} \dots\dots\dots 1 \text{ точка}$$