

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ОБЛАСТЕН КРЪГ НА НАЦИОНАЛНАТА ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА

14.04.2002

ТЕМА ЗА 10. – 12. КЛАСОВЕ

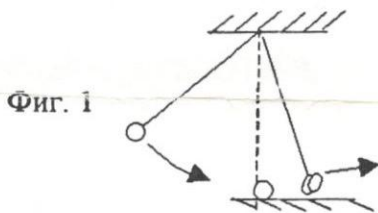
Задача 1. Математично махало се състои от лека, неразтеглива нишка с дължина 1 m, на която е закачено топче от пластилин с маса 0,1 kg (вж. фиг. 1). Махалото е отклонено на ъгъл 60° спрямо вертикалата и е пуснато с нулева начална скорост.

а) Определете големината и посоката на ускорението на топчето непосредствено след пускането на махалото.

б) Намерете скоростта на топчето в момента, когато махалото преминава през вертикално положение. На колко е равна силата на опъване на нишката в същия момент?

в) След като махалото достигне вертикално положение, топчето се удря в друго топче от пластилин със същата маса. Триенето между второто топче и поставката, върху която се е намирало преди удара, може да се пренебрегне. В резултат на удара двете топчета залепват едно за друго и продължават да се люлеят заедно като едно цяло тяло.

На каква максимална височина спрямо точката на удара ще се издигнат двете топчета?



Фиг. 1

Задача 2 Поставка с маса $M = 0,4$ kg може да се движи без триене по хоризонтална повърхност (фиг. 2, а). Поставката е закрепена към пружина с неизвестен коефициент на еластичност. Поставката е изведена от равновесие и започва да трепти свободно с честота $\nu = 3$ Hz и амплитуда $A = 5$ cm.

а) Намерете коефициента на еластичност k на пружината.

б) Намерете максималната скорост на поставката.

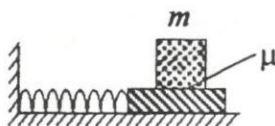
След като поставката е спряна, върху нея е поставено трупче с неизвестна маса (фиг. 2, б). Коефициентът на триене между трупчето и поставката е $\mu = 0,5$. След отклонение от равновесие поставката и трупчето започват да трептят заедно с честота $\nu = 2$ Hz, без трупчето да се хлъзга спрямо поставката.

в) Определете масата m на трупчето.

г) При каква максимално начално отклонение на поставката от равновесно ѝ положение е възможно трупчето да трепти заедно с поставката, без да се хлъзга спрямо нея?



Фиг. 2, а



Фиг. 2, б

МН-Б-С
813249

T₃-12M-

1004 7
1005
1017
1012

ЗАДАЧА 3. Лампа с нагреваемая жичка е свързана към източник на променливо напрежение с ефективна стойност 220 V. През лампата протича променлив ток с ефективна стойност 0,5 A. Дължината на волфрамовата жичка е 2 cm, а нейният диаметър – 0,8 mm.

а) Намерете мощността, която се отделя в лампата.

б) Определете температурата на жичката по време на работа на лампата.

(Приемете, че жичката излъчва като абсолютно черно тяло, и, че абсолютната температура на жичката е много по-голяма от температурата на околната среда).

в) Оценете средния брой фотони, които излъчва лампата за една секунда.

Фундаментални физични константи:

- скорост на светлината във вакуум: $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s;
- константа на Планк: $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s;
- константа на Стефан – Болцман: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ W/(m².K⁴);
- константа на Вин: $b = 2,90 \cdot 10^{-3}$ m.K.

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Примерни решения на задачите от областния кръг на Националната олимпиада
по физика – 14.04.2002 г
Тема за 10 – 12 класове

Максималният брой точки за всяка задача е 10. При вярно решение, което се различава от примерните решения, дадената задача се оценява като се запазва съотношението между точките по отделните подусловия. Числените отговори се приемат за верни, ако се отклоняват от дадените стойности с не повече от 10 %.

Задача 1. а) На фиг. 1, а са показани силите, които действат върху топчето в началния момент. Тъй като топчето е неподвижно ($v = 0$) неговото центростремително ускорение е нула.....(1 т)
Това означава, че ускорението на топчето е насочено перпендикулярно на нишката. След като проектираме силите върху допирателната към окръжността от II принцип на Нютон намираме:

$$ma = mgsin\alpha \text{ или}$$

$$a = gsin\alpha \dots\dots\dots(1 \text{ т})$$

$$a \approx 8,5 \text{ m/s}^2 \dots\dots\dots(0,5 \text{ т})$$

б) Приемаме, че потенциалната енергия на топчето е нула, когато махалото е във вертикално положение. В началния момент топчето се намира на височина $h = l(1 - \cos\alpha)$ спрямо най-ниската точка от траекторията и има потенциална енергия $E_p = mgh = mgl(1 - \cos\alpha)$. От закона за запазване на енергията следва, че в най-ниската точка:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = mgl(1 - \cos\alpha) \dots\dots\dots(1 \text{ т}),$$

откъдето получаваме израз за скоростта:

$$v = \sqrt{2gl(1 - \cos\alpha)} \text{ (или } v = \sqrt{gl} \text{)} \dots\dots\dots(1 \text{ т}).$$

$$v \approx 3,1 \text{ m/s} \dots\dots\dots(0,5 \text{ т}).$$

На фиг. 1, б са показани силите, които действат върху топчето, когато махалото е вертикално. В това положение топчето има центростремително ускорение:

$$a_c = \frac{v^2}{l} = g \dots\dots\dots(1 \text{ т}),$$

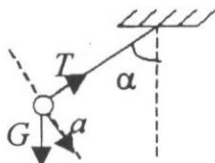
насочено вертикално нагоре. Във второто равенство е използван изразът за скоростта, получен в т. а). От II принцип на Нютон следва:

$$ma_c = T - mg.$$

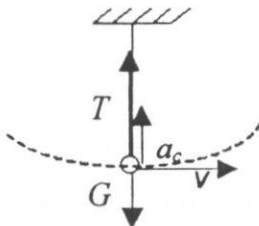
Оттук намираме силата на опън:

$$T = mg + ma_c = 2mg \dots\dots\dots(1 \text{ т}).$$

$$T \approx 2,0 \text{ N} \dots\dots\dots(0,5 \text{ т}).$$



Фиг. 1, а



Фиг. 1, б

в) По време на удара е изпълнен законът за запазване на импулса:

$$mv = 2mv_1,$$

където v_1 е скоростта на двете топчета непосредствено след удара. Оттук определяме:

$$v_1 = \frac{v}{2} \dots\dots\dots (1 \text{ т}).$$

Кинетичната енергия на двете топчета непосредствено след удара е:

$$E_k = \frac{(2m)v_1^2}{2} = \frac{mv^2}{4},$$

а потенциалната им енергия е нула. След достигане на максимална височина h_1 кинетичната енергия е нула, а потенциалната – $(2m)gh_1$. От закона за запазване на енергията (след удара) следва, че

$$\frac{mv^2}{4} = 2mgh_1$$

Оттук, и след като използваме получения израз за скоростта преди удара, намираме окончателно:

$$h_1 = \frac{v^2}{8g} \text{ (или } h_1 = \frac{l}{8} \text{)} \dots\dots\dots (1 \text{ т}).$$

$$h_1 \approx 0,13 \text{ m (или } h_1 \approx 13 \text{ cm)} \dots\dots\dots (0,5 \text{ т}).$$

Задача 2. а) От връзката $v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M}}$ намираме:

$$k = (2\pi v)^2 M \dots\dots\dots (1 \text{ т}).$$

$$k \approx 140 \text{ N/m} \dots\dots\dots (0,5 \text{ т}).$$

б) От закона за запазване на енергията следва, че:

$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{kA^2}{2}.$$

Оттук намираме:

$$v_{\max} = A \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ (или } v_{\max} = 2\pi v A \text{)} \dots\dots\dots (1 \text{ т}).$$

$$v_{\max} \approx 0,94 \text{ m/s (или } v_{\max} \approx 94 \text{ cm/s)} \dots\dots\dots (0,5 \text{ т}).$$

в) След поставяне на трупчето поставката и трупчето трептят като едно цяло тяло с маса $(M + m)$. Следователно честотата е:

$$v_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M+m}}.$$

Като използваме резултата от точка а) получаваме:

$$\frac{M+m}{M} = \left(\frac{v}{v_1} \right)^2,$$

откъдето намираме окончателно:

$$m = M \left\{ \left(\frac{v}{v_1} \right)^2 - 1 \right\} \dots\dots\dots (2 \text{ т}).$$

$$m = 0,5 \text{ kg} \dots\dots\dots (0,5 \text{ т}).$$

г) По време на трептене върху поставката действат в хоризонтално направление силата на еластичност на пружината $F_E = k|x|$ и силата на триене – f от страна на трупчето (вж. фиг. 2). Върху трупчето действа в хоризонтална посока само силата на триене f от страна на поставката.

От II принцип на Нютон следва, че:

$$Ma = k|x| - f \quad (1 \text{ т}),$$

$$ma = f$$

където a е ускорението, с което се движат трупчето и поставката. Оттук изразяваме големината на силата на триене като функция на отместването x :

$$f = k|x| \frac{m}{m+M} \quad (1 \text{ т}).$$

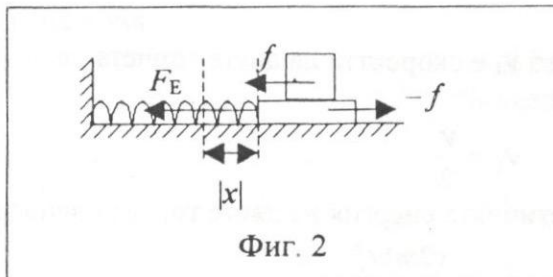
За да не се хлъзга трупчето е необходимо f да е по-малка или равна на максималната сила на триене при покой:

$$f \leq \mu mg \quad (1 \text{ т}).$$

Оттук намираме:

$$|x| \leq x_{\max} = \frac{\mu(M+m)g}{k} \quad (\text{или } x_{\max} = \frac{\mu g}{(2\pi\nu_1)^2}) \quad (1 \text{ т}).$$

$$x_{\max} \approx 0,031 \text{ m (или } x_{\max} \approx 3,1 \text{ cm)} \quad (0,5 \text{ т}).$$



Фиг. 2

$$k|x| \frac{m}{m+M} \leq \mu mg$$

$$x \leq x_{\max} = \frac{\mu(M+m)g}{k}$$

Задача 3. а) Мощността, която се отделя в жичката се определя от закона на Джаул – Ленц при протичане на променлив ток:

$$P = UI,$$

където U е ефективната стойност на напрежението, а I – ефективната стойност на тока. (1 т).

$$P = 110 \text{ W} \quad (0,5 \text{ т}).$$

б) От закона на Стефан – Болцман следва, че:

$$P = \sigma T^4 S \quad (1,5 \text{ т}),$$

където σ е константата на Стефан – Болцман, T е абсолютната температура на жичката, а $S = \pi dl$ е околната повърхност на жичката (d и l са съответно диаметърът и дължината на жичката). Оттук намираме:

$$T = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma \pi dl}} \quad (1 \text{ т}).$$

$$T \approx 2500 \text{ K} \quad (0,5 \text{ т}).$$

в) От закона на Вин определяме дължината на вълната, при която излъчването на жичката има максимален интензитет:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T} (\approx 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}) \quad (1,5 \text{ т}).$$

Средната честота на фотоните излъчени от жичката е:

$$\bar{\nu} = \frac{c}{\lambda} \quad (1 \text{ т}),$$

а средната им енергия:

$$\bar{E} = h\bar{\nu} = \frac{hcT}{b} (\approx 1,7 \cdot 10^{-19} \text{ J}) \quad (1,5 \text{ т}).$$

Количеството енергия, излъчено за единица време е равно на мощността на лампата. Следователно средният брой фотони, излъчени за една секунда, е:

$$N = \frac{P}{\bar{E}} = \frac{Pb}{hcT} \quad (1 \text{ т}).$$

$$N \approx 6,4 \cdot 10^{20} \text{ фотона / s} \quad (0,5 \text{ т}).$$