

Друштво физичара Србије и Црне Горе
Министарство просвете и спорта Републике Србије
Министарство просвете и науке Републике Црне Горе
Министарство за просвету, науку и културу Републике Српске
40. Савезно такмичење из физике, Петровац 2005.

III разред

1. Хоризонтална платформа врши кружне осцилације у хоризонталној равни фреквенције ν и амплитуде A . На платформи лежи тело чини је коефицијент трења о платформу једнак μ . Одредити под којим условима тело неће проклизавати по платформи. (15)

2. У струјном колу су извор електромоторне силе $\mathcal{E} = 1.2 \text{ V}$ и занемарљивог унутрашњег отпора, редно везани отпорник отпорности $R = 1 \Omega$ и калем индуктивности $L = 1 \text{ H}$. Од неког тренутка отпорност отпорника се мења тако да се струја у колу смањује константном брзином $\Delta I / \Delta t = 0.2 \text{ A/s}$. Одредити отпорност отпорника $t = 2 \text{ s}$ од почетка мењања струје. (20)

3. Функције координата, брзина и других параметара система које се не мењају при бесконачно малим променама параметара зову се *адијабатске* инваријанте. Лоптица осцилује између два вертикална зида. Судари са зидовима су апсолутно еластични, а губици енергије на кретању лоптице између зидова су занемарљиви. Када зидови мирују лоптица удара у зидове брзином ν , а период њеног осциловања је T_0 . Један од зидова почне да се удаљава од другог малом константном брзином $u \ll \nu$. Одредити:

а) Промену кинетичке енергије лоптице при сваком судару са покретним зидом ΔE_k . (8)

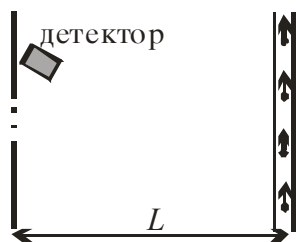
б) Промену периода осциловања лоптице после сваког судара са покретним зидом ΔT . (10)

в) Показати да је производ $TE_k = \text{const}$, тј. да је он адијабатска инваријанта овог система. (7)

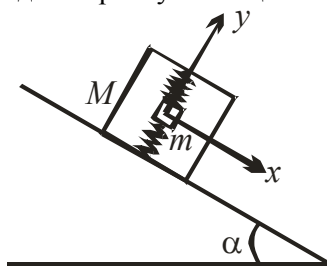
Напомена: $ab = \text{const}$ ако је $a\Delta b + b\Delta a = 0$.

4. На стрмој равни нагибног угла α налази се сандук. За унутрашњи део сандука је опругама везан тег масе m (сл. 1). Маса сандука са тегом и опругама је M . Тег врши хармонијске осцилације, које се могу описати једначином $y = A \sin \omega t$, где је y померање тег дуж y -осе, нормално на стрму раван, A амплитуда, а ω кружна фреквенција осциловања. Коефицијент трења сандука о раван је $\mu = \tan \alpha$. Одредите како убрање сандука зависи од времена. Нађите који услов треба да буде задовољен да сандук не би поскакивао. (20)

5. За мерење брзине ситних честица распршених у текућој течности, користи се уређај који ради на принципу интерференције (сл.2). Сноп ласерске светлости таласне дужине $\lambda = 630 \text{ nm}$ пада на дифракциону решетку константе $d = 100 \mu\text{m}$ иза које протиче течност са честицама кроз прозирну кивету паралелних зидова на удаљености $L = 1 \text{ m}$ од решетке. Веома осетљив детектор (фотомултипликатор) региструје светлост расејану на честицама дајући струјни сигнал сразмеран интензитету расејане светлости која на њега падне. Фреквенција осцилација струјног сигнала је $\nu = 1 \text{ kHz}$. Учестаност протицања честица је довољно мала да струјни сигнал ретко одступа од регуларног осциловања. Одредити брзину честица. (20)



Сл. 1



Сл. 2

Аутор: Андријана Жекић
Рецензент: Мићо Митровић
Председник Комисије: Мићо Митровић

Друштво физичара Србије и Црне Горе
Министарство просвете и спорта Републике Србије
Министарство просвете и науке Републике Црне Горе
Министарство за просвјету, науку и културу Републике Српске

40. Савезно такмичење из физике, Петровац 2005.

Решења - III разред

1. Проклизивања нема ако је $\mu mg \geq ma_{\max}$. Пошто је $a_{\max} = A\omega^2 = 4\pi^2\nu^2 A$, услов је $\mu g \geq 4\pi^2\nu^2 A$.

2. Омов закон $\varepsilon + L \frac{\Delta I}{\Delta t} = R_t I = R_t \left(I_0 - \frac{\Delta I}{\Delta t} t \right) = R_t \left(\frac{\varepsilon}{R} - \frac{\Delta I}{\Delta t} t \right)$, где је I_0 почетна струја, па је $R_t = \frac{\varepsilon + L(\Delta I / \Delta t)}{\varepsilon / R - (\Delta I / \Delta t)t} = 1.75 \Omega$.

3. а) У систему везаном за покретни клип лоптица пре удара има брзину $v-u$, а после исту, супротног смера, тј $-v+u$. У непокретном систему лоптица се одбија брзином $(-v+u)+u = -v+2u$ па је промена кин. енергије при једном судару

$$\Delta E_k = \frac{m}{2} [(-v+2u)^2 - v^2] = -2m(uv - u^2) \approx -2m\nu u. \text{ б) Док су зидови фиксирани период је } T_0 = 2l/\nu,$$

l - растојање зидова. Кретање зида у наредном периоду повећава пут на $l+uT$, а интензитет брзине смањује на $v-2u$ па је

$$T = \frac{2(l+uT)}{v-2u} = \frac{2(l+uT)(v+2u)}{v^2-4u^2} \approx T_0 + \frac{2uTv+4lu}{v^2} = T + 4T \frac{u}{v}, \quad \Delta T = 4T \frac{u}{v}.$$

$$\Delta E_k / E_k + \Delta T / T = -4u/v + 4u/v = 0.$$

4. Ако је у координати x доња опруга сабијена, силе су као на слици (осцилује и важи 2. Њутнов закон): $ma_x = F - mg \cos \alpha = -m\omega^2 A \sin \alpha$. Кад не поскакује, због равнотеже сила на сандук дуж x осе важи:

$$N = (M-m)g \cos \alpha + F = (M-m)g \cos \alpha + mg \cos \alpha - m\omega^2 \sin \alpha = Mg \cos \alpha - mA\omega^2 \sin \alpha$$

Убрзање низ стрму раван следи из 2. Њутновог закона за сандук као целину:

$$a_x(t) = \frac{Mg \sin \alpha - \mu N}{M} = \frac{Mg \sin \alpha - \tan \alpha N}{M} = \mu \frac{m}{M} A\omega^2 \sin \omega t. \text{ сандук не поскакује ако је}$$

$$N \geq 0 \text{ увек, па и када је } \sin \omega t = 1, \text{ тј. ако је: } Mg \cos \alpha \geq mA\omega^2, \text{ односно: } \frac{M}{m} \geq \frac{A\omega^2}{g \cos \alpha}.$$

5. Честице периодично пресецају области минимума и максимума дифрактоване светлости. Исти период имају и интензитет расејане светлости која стиже у детектор, као и произведени струјни сигнал. Периодичност сигнала је једнака времену потребном да честица прелети пут једнак

ширини дифракционог максимума $\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$, односно $T = \frac{\Delta x}{v} = \frac{\lambda L}{dv} = \frac{1}{\nu_0}$, па је

$$\nu = \frac{\lambda \nu_0 L}{d} = 6.3 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Аутор: Андријана Жекић

Рецензент: Мићо Митровић

Председник Комисије: Мићо Митровић