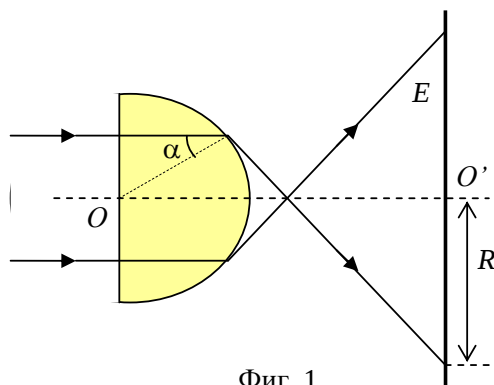


МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА
Национално пролетно състезание по физика,
26 – 27 февруари 2011 г., ВеликоТърново
Тема 10. клас
Решения и указания

Задача 1. а) Тъй като лъчите преминават от стъкло във въздух, за някои от тях е възможно пълно вътрешно отражение и те няма да попадат върху екрана. [1 т.] Границата на петното във формата на кръг се определя от лъчите, които падат върху сферичната повърхнина под ъгъл, равен на граничния (фиг. 1) [1 т.]. Центърът на кръга се намира в пресечната точка на оста OO' и екрана E . [1 т.]



Фиг. 1

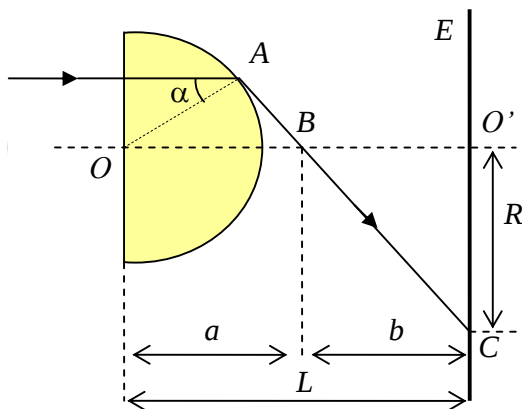
б) От закона на Снелиус определяме граничния ъгъл α :

$$\sin \alpha = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad [2 \text{ т.}] , \quad \alpha = 45^\circ . \quad [1 \text{ т.}]$$

Тогава $R = b = L - a$ [1 т.]. От равнобедрения правоъгълен триъгълник OAB намираме

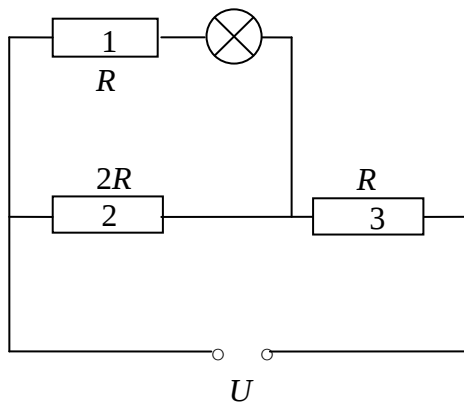
$$a = \frac{r}{\cos \alpha} \quad [1 \text{ т.}] .$$

Следователно имаме $R = L - \frac{r}{\cos \alpha} \approx 2,2 \text{ cm} . \quad [2 \text{ т.}]$

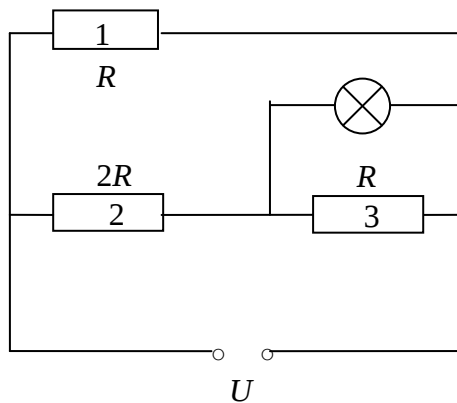


Фиг. 2

Задача 2. а) На фиг. 3 и фиг. 4 са показани еквивалентните схеми на електрическата верига при отворен и затворен ключ K . [2 т.]



Фиг. 3



Фиг. 4

б) Според схемата на фиг. 3 напрежението между краищата на лампата е

$$U_0 = U_2 - U_1, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

където напрежението върху втория резистор е

$$U_2 = \frac{R'_2}{R'_2 + R_3} U. \quad [1 \text{ т.}]$$

Еквивалентното съпротивление R'_2 , свързано последователно на резистор 3, е

$$R'_2 = \frac{R_2(R_1 + r)}{R_1 + R_2 + r} = \frac{2R(R + r)}{3R + r} = \frac{2x(x + 1)}{3x + 1} r, \quad [1 \text{ т.}]$$

където е използвано означението $x = R/r$. Тогава за напрежението U_2 получаваме

$$U_2 = \frac{2(x + 1)}{5x + 3} U, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

откъдето следва

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + r} U_2 = \frac{2x}{5x + 3} U, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

$$U_0 = \frac{2}{5x + 3} U. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Като използваме схемата от фиг. 4 и отчетем, че еквивалентното съпротивление на R_3 и лампата е последователно свързано с R_2 намираме

$$\frac{U - U_0}{U_0} = \frac{R_2}{R_3 r / (R_3 + r)} = 2(x + 1). \quad [1 \text{ т.}]$$

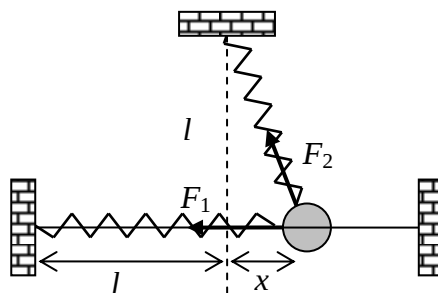
След като изразим x от едното равенство и го заместим в другото имаме

$$U_0 = \frac{U}{9} = 6 \text{ V}. \quad [1 \text{ т.}]$$

в) Като използваме получения резултат намираме $x = 3$ [1 т.], откъдето следва

$$r = \frac{R}{3} = 30 \Omega. \quad [1 \text{ т.}]$$

Задача 3. а) При отклонение на топчето на разстояние $x \ll l$ хоризонталната пружина му действа с върщаща сила F_1 , а отклонената от вертикалата – със сила F_2 , насочена към точката на окачване (фиг. 5).



Фиг. 5

По големина те са равни съответно на

$$F_1 = kx, \quad F_2 = k(\sqrt{l^2 + x^2} - l) \approx k \frac{x^2}{2l}. \quad [1 \text{ т.}]$$

Силата F_2 може да бъде представена като сума на две сили – F_2' , насочена към равновесното положение на топчето (върщаща сила) и F_2'' , перпендикулярна на спицата (тази сила определя реакцията на опората) [1 т.]. Тогава имаме

$$F_2' = F_2 \frac{x}{\sqrt{l^2 + x^2}} \approx F_2 \frac{x}{l} = kx \frac{x^2}{2l^2} = F_1 \frac{x^2}{2l^2} \quad [1 \text{ т.}]$$

Резултантната върщаща сила е

$$F = F_1 + F_2' = F_1 \left(1 + \frac{x^2}{2l^2} \right) \approx F_1 = kx. \quad [1 \text{ т.}]$$

Тогава периодът на хармоничните трептения на топчето е

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \approx 0,63 \text{ s}. \quad [1 \text{ т.}]$$

б) Във втория случай се променя само силата F_2 , като сега

$$F_2 = k'(\sqrt{l^2 + x^2} - l_0) \approx k'(l - l_0) + k' \frac{x^2}{2l}. \quad [2 \text{ т.}]$$

Тогава върщащата сила е

$$F = F_1 + F_2 \frac{x}{\sqrt{l^2 + x^2}} \approx \left(k + \frac{f}{l} \right) x \quad [2 \text{ т.}]$$

и за периода на хармоничните трептения в този случай намираме

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\left(k + \frac{f}{l} \right)}} \approx 0,45 \text{ s}. \quad [1 \text{ т.}]$$