

Министерство на образованието и науката
Национално пролетно състезание по физика
Бургас, 12–13 март 2016 г.
Тема 9. Клас
Решения и указания за оценяване

Задача 1. Електрически вериги

Част А: Заряд на кондензатор. Токът, който тече във веригата, е

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{U}{3R_2}. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Тогава напреженията между краищата на всеки от резисторите са съответно

$$U_1 = IR_1 = \frac{2}{3}U, \quad U_2 = IR_2 = \frac{1}{3}U. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Нека приемем, че електродът на кондензатора с капацитет C , свързан с т. N , има положителен заряд. (Ако зарядът на този електрод се окаже отрицателен, във всички уравнения трябва да заменим $q \rightarrow -q$, при което електродите на този кондензатор ще сменят знаците на зарядите си.) Напрежението между точките A и M е сума от напреженията на кондензаторите с капацитет C_1 и C . Тогава имаме

$$\frac{q_1}{C_1} + \frac{q}{C} = \frac{2}{3}U. \quad [1 \text{ т.}]$$

Аналогично напрежението между точките A и B е

$$\frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} = U, \quad [1 \text{ т.}]$$

а от закона за запазване на електричния заряд в т. N намираме

$$q_1 = q + q_2. \quad [1 \text{ т.}]$$

Решаването на тази система уравнения дава

$$q = \frac{1}{18}CU. \quad [1 \text{ т.}]$$

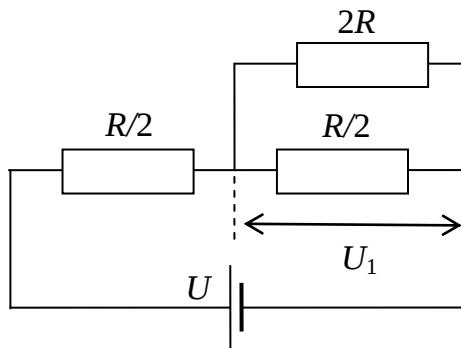
Част Б: Потенциометър. На фиг. 1, а е показана еквивалентната схема на свързване в първия случай. [0,5 т.] Нека означим напрежението на източника с U . Тогава за еквива-

лентното съпротивление на успоредно свързаните резистор и половината от потенциометъра имаме

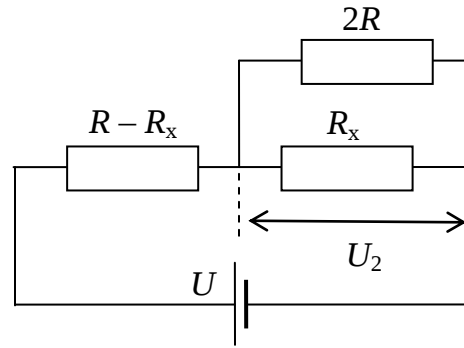
$$R_1 = \frac{2R \cdot (R/2)}{2R + R/2} = \frac{2}{5} R. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Тогава напрежението върху резистора е

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R/2} U = \frac{4}{9} U. \quad [0,5 \text{ т.}]$$



Фиг. 1, а



Фиг. 1, б

Във втория случай (фиг. 1, б) [0,5 т.] резисторът се свързва успоредно на съпротивлението R_x на част от потенциометъра. Тогава еквивалентното им съпротивление е

$$R_2 = \frac{2RR_x}{2R + R_x} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

а напрежението между краищата на резистора е

$$U_2 = \frac{R_2}{R - R_x + R_2} U = \frac{2RR_x}{RR_x - R_x^2 + 2R^2} U = \frac{2}{3} U. \quad [1 \text{ т.}]$$

Търсеното съпротивление R_x се определя от квадратното уравнение

$$R_x^2 + 2RR_x - 2R^2 = 0. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Следователно търсеното съпротивление е

$$R_x = (\sqrt{3} - 1)R \approx 0,73R \approx \frac{3}{4} R. \quad [1 \text{ т.}]$$

Задача 2. Потопено тяло

а) На кълбото действат три сили: сила на тежестта mg , насочена надолу [0,5 т.], сила на Архимед F_A [0,5 т.] и реакцията на опората (дъното) R [0,5 т.], насочени нагоре. При равновесие имаме

$$mg - F_A - R = 0. \quad [1 \text{ т.}]$$

В дадения случай

$$F_A = \rho_0 g \frac{V}{2}, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

където V е обемът на кълбото. По третия принцип на механиката $R = F$ [0,5 т.] и $mg = P$ [0,5 т.]. Освен това имаме

$$m = \rho V, \quad V = \frac{P}{\rho g}. \quad [1 \text{ т.}]$$

След заместване в условието за равновесие на потопеното кълбо намираме

$$P - \frac{\rho_0}{2\rho} P - F = 0, \quad [1 \text{ т.}]$$

откъдето следва

$$\rho = \frac{P}{2(P - F)} \rho_0 = 800 \text{ kg/m}^3. \quad [1 \text{ т.}]$$

б) Натискът върху дъното на съда става нула, когато се изравнят силата на тежестта и Архимедовата сила, т.е. $mg = F_A$ [0,5 т.]. В този случай

$$F_A = \rho_0 g \left(\frac{V}{2} + \Delta V \right). \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Тогава от уравнението

$$\rho V = \rho_0 \left(\frac{V}{2} + \Delta V \right) \quad [1 \text{ т.}]$$

намираме

$$\Delta V = \frac{1}{2} \left(\frac{2\rho}{\rho_0} - 1 \right) V = \frac{1}{2} \left(\frac{2\rho}{\rho_0} - 1 \right) \frac{P}{\rho g} = 0,6 \text{ л.} \quad [1 \text{ т.}]$$

Задача 3. Топлина

Част А: Началната температура на сместа е 0°C , която остава постоянна до пълното разтопяване на леда [0,5 т.]. За това е необходимо количество топлина

$$Q_1 = m\lambda. \quad [1 \text{ т.}]$$

След като в съда има само вода с маса M , започва нейното нагряване. Количеството топлина Q_2 , което отива за повишаване на температурата на водата с ΔT , е

$$Q_2 = Mc\Delta T. \quad [1 \text{ т.}]$$

От друга страна имаме

$$Q_1 = Pt_1, \quad Q_2 = Pt_2, \quad [1 \text{ т.}]$$

където P е постъпилото количество топлина за единица време. От тези равенства следва

$$\frac{m\lambda}{Mc\Delta T} = \frac{t_1}{t_2}, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

откъдето намираме

$$M = \frac{\lambda}{c\Delta T} \frac{t_2}{t_1} m = 3 \text{ kg}. \quad [1 \text{ т.}]$$

Част Б: Нека лекият автомобил изминава разстояние s [0,5 т.]. Автомобилът ще изразходва бензин с маса $m = \rho V$ [0,5 т.], при изгарянето на който в двигателя се получава количество топлина

$$Q = mq = \rho Vq. \quad [1 \text{ т.}]$$

Разглеждайки двигателя на автомобила като топлинна машина, можем да определим извършената от него работа

$$A = \eta Q = \eta \rho Vq. \quad [1 \text{ т.}]$$

От друга страна, поради движението на автомобила с постоянна скорост, силата на съпротивление извършва работа по големината

$$A_f = fs = A. \quad [1 \text{ т.}]$$

След заместване намираме $f = \frac{\eta \rho Vq}{s} \approx 773 \text{ N}$. [1 т.]