

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА
Олимпиада по физика, Национален кръг, Кърджали,
30 април 2011 г.
Тема за 10-12 клас

Задача 1. Разход на гориво.

Разходът на гориво от лек автомобил зависи от скоростта му. За определен автомобил разходът при движение със скорост 50 km/h е 4 литра гориво на 100 km, а при скорост 130 km/h – 8 литра на 100 km. Резервоарът за гориво на автомобила побира 40 литра.

а) Индикаторът за гориво е оформен като стрелка, която може да опише ъгъл от 120° (12 деления) между пълен догоре и празен резервоар. Определете скоростта на стрелката (в градуси/час или деления/час), когато лекият автомобил се движи със скорости 50 km/h и 130 km/h. [5 т.]

б) Нека съпротивителната сила на въздуха зависи от квадрата на скоростта на автомобила. Колко ще бъде разходът на гориво на автомобила, ако се движи със скорост 90 km/h? С каква скорост ще се движи стрелката на индикатора за гориво? [5 т.]

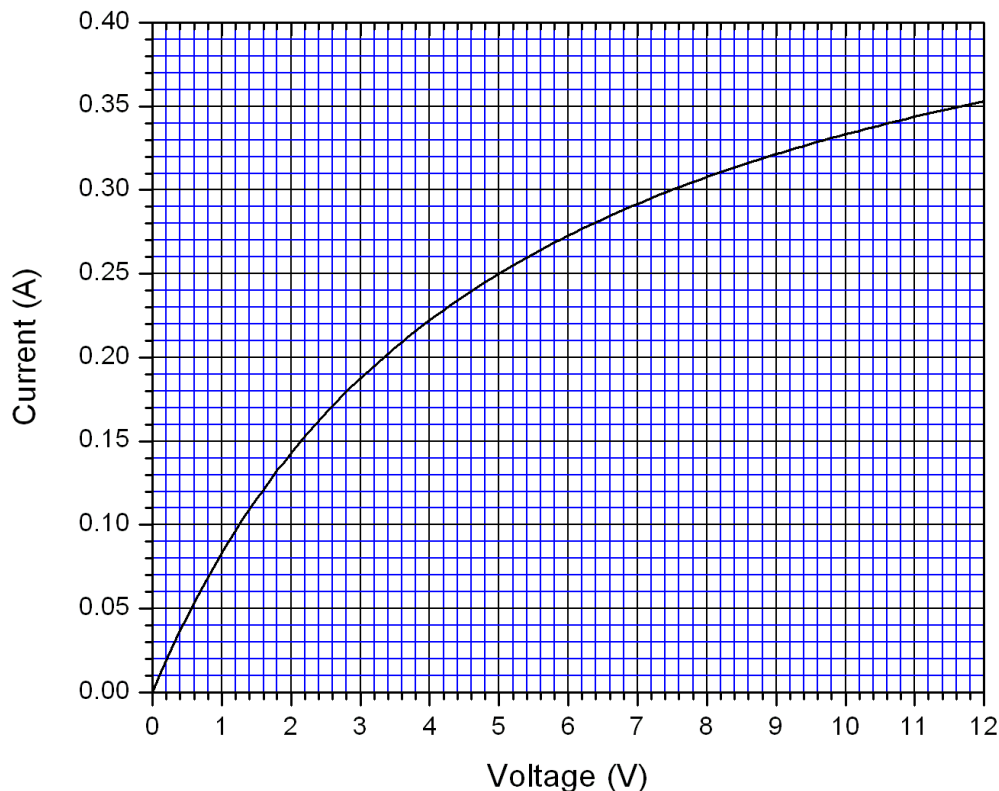
в) Оценете разходът на гориво, когато двигателят работи на място? [5 т.]



Задача 2. Нелинейно съпротивление.

Част 1.

Електрична верига се състои от батерия с електродвижещо напрежение $E = 12,0$ V и с пренебрежимо вътрешно съпротивление, и два резистора, включени последователно. Единият има съпротивление R_0 , а другият не се подчинява на закона на Ом. Волтамперната характеристика на втория резистор е дадена на фигурата по-долу.



а) Каква трябва да бъде стойността на R_0 , за да тече във веригата ток $I_0 = 0,25$ А. [3 т.]

б) Каква ще бъде стойността на тока I_2 във веригата, ако $R_0 = 60 \Omega$. Колко е напрежението U_2 върху втория (нелинейния) резистор? [4 т.]

Част 2.

На друг резистор електричното съпротивление зависи от температурата му така:

$R(t) = R_0(1 + \alpha t)$, където $R_0 = 100 \Omega$, $\alpha = \frac{1}{300} \text{ K}^{-1}$, а t се мери в $^\circ\text{C}$. Разсеяното количество топлина в околната среда за единица време от резистора, е пропорционално на разликата в температурите на резистора и околната среда, т.е. $\frac{\Delta Q}{\Delta \tau} = \beta(t - t_0)$, където

$\beta = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ W/K}$, а температурата на околната среда е $t_0 = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$. На резистора се подава постоянно напрежение $E = 12,0 \text{ V}$.

а) Намерете формула и изчислете каква температура t ще има съпротивлението след достатъчно дълго време. [4 т.]

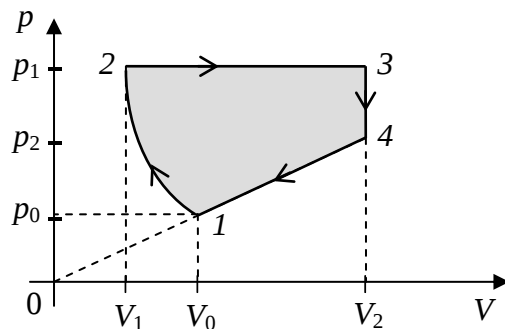
б) Ако ни интересува как зависи съпротивлението на резистора от приложеното му напрежение и една приближена формула при малки напрежения е $R(U) = A + BU^2$, изчислете стойностите на коефициентите A и B . [4 т.]

полезна математика: $(1 + x)^n \approx 1 + nx$, ако $x \ll 1$.

Задача 3. Термодинамика на цикличен процес.

На фигурата е показан цикличен процес, който се използва в топлинен двигател. Работното вещество е газообразен хелий, който може да се разглежда като идеален газ. Цикълът включва следните процеси: адиабатен 1–2, изобарен 2–3, изохорен 3–4 и процеса 4–1. Налягането $p_0 = 1 \text{ atm}$, а обемът $V_0 = 0,5 \text{ l}$. Отношението на обемите е

$$\varepsilon = \frac{V_0}{V_1} = 2, \quad \omega = \frac{V_2}{V_0} = 2.$$



а) Намерете налягането p_1 , при което протича изобарният процес и крайното налягане p_2 на газа в изохорния процес. [2 т.]

б) Определете работата A , която извършва двигателят за един цикъл. [8 т.]

в) Намерете неговия КПД η . [1 т.]

г) Цикличният процес 1–4–3–2–1 може да се използва в топлинна машина, която работи или като хладилник, или като топлинна помпа. В случай на хладилник ефективността ϕ се определя по отнетата топлина от охлаждащото тяло за един цикъл и работата, извършена от външен източник. В случай на топлинна помпа ефективността ψ се определя по отдадената топлина на нагряваното тяло за един цикъл и работата, извършена от външен източник. Определете коефициентите на ефективност ϕ и ψ .

[4 т.]

Задача 4. Релативистки свят.

Задачата се състои от две независими части.

А) Относителност на времето

[6 т.]

През 1971 г. е проведен следният експеримент за проверка на ефектите на Специалната теория на относителността. Два цезиеви атомни часовника са синхронизирани помежду си така, че да показват еднакво време. Единият часовник е качен в самолет, който прави обиколка около Екватора, а другият остава неподвижен на земната повърхност. След като самолетът се завръща, показанията t_1 на часовника от самолета и t_2 на неподвижния часовник се сравняват.

- Кой от часовниците показва по-голямо време?

- Получете израз за разликата Δt в показанията на двата часовника чрез скоростта v на самолета, обиколката L на Екватора и скоростта c на светлината.

- Получете приблизителен израз за Δt , като вземете предвид, че $v/c \ll 1$. Пресметнете Δt при $v = 300 \text{ m/s}$ и $L = 42\,000 \text{ km}$.

- Като имате предвид, че в покой цезиевият атом излъчва електромагнитна вълна с дължина $\lambda = 3,2 \text{ cm}$, пресметнете на колко периода на трептене на вълната съответства разликата Δt във времената на двата часовника.

Приемете, че Земята е инерциална отправна система.

Скоростта на светлината е $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Б) Релативистки нееластичен удар

[9 т.]

Частичка с маса в покой m_1 , която се движи със скорост v_0 , се удря в неподвижна частица с маса m_2 . Двете частици се сливат и образуват една нова частица.

- Колко е скоростта v на новата частица?

- Колко е масата в покой m на новата частица?

- Сравнете m със сумарната маса в покой $m_1 + m_2$ на двете частици преди удара. Обяснете накратко защо $m \neq m_1 + m_2$.

- Разгледайте случая $v_0/c \ll 1$ и получите приблизителни изрази за скоростта v на новата частица и за разликата в масите $\Delta m = m - (m_1 + m_2)$.

