МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

НАЦИОНАЛНО ЕСЕННО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА

8-10 ноември 2019 г., гр. Велико Търново

Решения на задачите от тема 11-12 клас

Задача 1. Генериране и пренос на електрическа енергия

а) От дефиницията следва: $Q = S\frac{\Delta x}{\Delta t} = Sv$. **[1 т.]**

б) Полезната мощност е равна на пълната механична енергия, която водата отдава на турбината за единица време, умножена с коефициента на полезно действие:

$P = \eta Q\rho\left(gH + \frac{v^2}{2}\right)$. **[2 т.]**

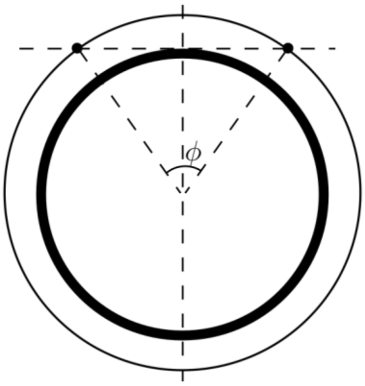
в) Имаме $P_{\mathrm{R}} = I^2R$ и $P = I^2(R + R_{\mathrm{C}})$. Така: $P_R = \frac{R}{R+R_C}P$. **[3 т.]**

г) Генерираната мощност е $P = UI$. Мощността, отделена в консуматора, е $P_R = U_RI_R$. При идеален трансформатор: $U'I = U_RI_R$, където U' и U_R са съответно напреженията в първичната и вторичната намотки на трансформатора. Освен това имаме: $U' = U - IR_{\mathrm{C}}$, $U' = \alpha U_R$, $U_R = I_RR$. След като решим системата уравнения, получаваме $P_R = \frac{R}{R+R_C/\alpha^2}P$. **[4 т.]** Съпротивлението на електропреносната система се редуцира с фактор α^2.

Задача 2. Космически спътник

а) Ъгловата скорост е ъгълът, изминат за единица време: $\omega_{\mathrm{V}} = \varphi/\tau$. **[1 т.]**

б) Видимата ъгловата скорост е $\omega_{\mathrm{V}} = \frac{V_0}{H}$, а ъгловата скорост спрямо центъра на Земята е $\omega_0 = \frac{V_0}{R+H}$. Следователно $\omega_0 = \omega_{\mathrm{V}}\frac{H}{R+H} \approx \omega_{\mathrm{V}}\frac{H}{R}$. **[2 т.]**



в) Имаме уравненията $\cos\frac{\phi}{2} = \frac{R}{R+H}$ и $\omega_0T_{\mathrm{V}} = \phi$. Като отчетем, че $\cos\frac{\phi}{2} \approx 1 - \frac{\phi^2}{8}$ и $\frac{R}{R+H} \approx 1 - \frac{H}{R}$, получаваме $\phi \approx \sqrt{\frac{8H}{R}}$. Заместваме ъгъла ϕ във второто уравнение и получаваме $H \approx \frac{8R}{\omega_{\mathrm{V}}^2T_{\mathrm{V}}^2}$. **[4 т.]**

г) За скоростта получаваме $V_0 = \omega_0(R + H) \approx \frac{8R}{\omega_{\mathrm{V}}T_{\mathrm{V}}^2}$ **[1 т.]**, а за периода получаваме $T_0 = \frac{2\pi(R+H)}{V_0} \approx \frac{\pi}{4}\omega_{\mathrm{V}}T_{\mathrm{V}}^2$. **[1 т.]**

д) $T_{\mathrm{R}} = \frac{2\pi}{(\omega_{\mathrm{E}}+\omega_{\mathrm{V}})\frac{H}{R+H}} \approx \frac{\pi}{4}\frac{\omega_{\mathrm{V}}{}^2T_{\mathrm{V}}{}^2}{(\omega_{\mathrm{E}}+\omega_{\mathrm{V}})}$. **[1 т.]**

Задача 3. Механика

Част 1

а) Височините на двете топки като функция на времето са съответно $y_{\mathrm{A}}(t) = H_{\mathrm{A}} - V_{\mathrm{A}}t - \frac{gt^2}{2}$ и $y_{\mathrm{B}}(t) = H_{\mathrm{B}} + V_{\mathrm{B}}t - \frac{gt^2}{2}$. Времето намираме от равенството $y_{\mathrm{A}}(t_0) = y_{\mathrm{B}}(t_0)$, при което се получава $t_0 = \frac{H_{\mathrm{A}}-H_{\mathrm{B}}}{V_{\mathrm{A}}+V_{\mathrm{B}}}$. **[1 т.]**

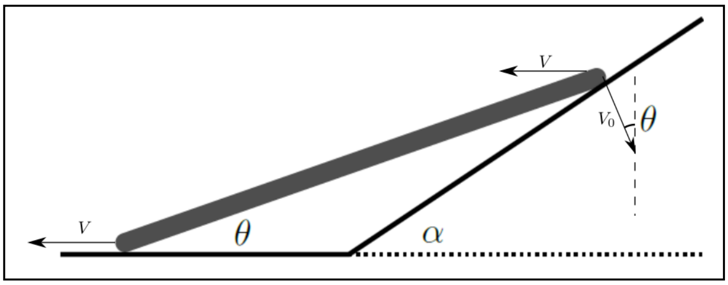
б) Получаваме $V_{\mathrm{A}}' = V_{\mathrm{A}} + \frac{g(H_{\mathrm{A}} - H_{\mathrm{B}})}{V_{\mathrm{A}} + V_{\mathrm{B}}}$ **[0.5 т.]** и $V_{\mathrm{B}}' = V_{\mathrm{B}} - \frac{g(H_{\mathrm{A}} - H_{\mathrm{B}})}{V_{\mathrm{A}} + V_{\mathrm{B}}}$. **[0.5 т.]**

в) Височината получаваме като заместим $t_0 = \frac{H_{\mathrm{A}} - H_{\mathrm{B}}}{V_{\mathrm{A}} + V_{\mathrm{B}}}$ в $y_{\mathrm{A}}(t_0)$ или в $y_{\mathrm{B}}(t_0)$. За дадените числени стойности получаваме $H = 7$ m. **[1 т.]**

Част 2

Законите за движение на двете ракети са съответно $y_{\mathrm{A}}(t) = \frac{a_{\mathrm{A}} t^2}{2}$ и $y_{\mathrm{B}}(t) = \frac{a_{\mathrm{B}}(t-T)^2}{2}$. От равенството $y_{\mathrm{A}}(t_0) = y_{\mathrm{B}}(t_0)$ получаваме времето: $t_0 = \frac{T}{1-\sqrt{\frac{a_{\mathrm{A}}}{a_{\mathrm{B}}}}}$. **[2 т.]**

Част 3



При движението си пръчката хем се транслира със скорост V, хем се завърта, така че горният ѝ край се движи със скорост V_0 спрямо долния. Ако с V_{x} означим скоростта в ляво хоризонтално направление, а с V_{y} – скоростта в направление вертикално надолу, имаме $V_{\mathrm{x}} = V - V_0 \sin\theta$ **[1 т.]** и $V_{\mathrm{y}} = V_0 \cos\theta$ **[1 т.]**. Тъй като горният десен край е в контакт с наклонената равнина, имаме връзката $\frac{V_{\mathrm{y}}}{V_{\mathrm{x}}} = \tan\alpha$. **[1 т.]** Пълната скорост е $V' = \sqrt{V_{\mathrm{x}}^2 + V_{\mathrm{y}}^2}$. **[0.5 т.]** След като решим системата уравнения, получаваме $V' = V \frac{\cos\theta}{\cos(\alpha-\theta)}$. **[1.5 т.]**