ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2025/2026. ГОДИНЕ

Друштво физичара Србије и
Министарство просвете Републике Србије
РЕШЕЊА – АЛФА КАТЕГОРИЈА

IV разред

ОКРУЖНИ НИВО
14. март 2026.

1. (а) На основу Виновог закона померања, таласна дужина λ_m на којој се јавља максимум у емисионом спектру жице чија је температура T_m је $\lambda_m = \frac{b}{T_m}$ $\boxed{7\text{п}}$. Одатле следи да је у случају алуминијума максимум на таласној дужини од $\lambda_a = 3{,}11\,\mu\text{m}$ $\boxed{2\text{п}}$, за бакар је на $\lambda_b = 2{,}11\,\mu\text{m}$ $\boxed{2\text{п}}$, а за волфрам је на $\lambda_v = 790\,\text{nm}$ $\boxed{2\text{п}}$.
(б) Таласна дужина емисије волфрама је најближа видљивом спектру електромагнетног зрачења од 400–700 nm. Зато је снага зрачења које емитује волфрамова сијалица у видљивом делу спектра већа него у случају друга два метала, па је зато волфрам најпогоднији за коришћење у сијалицама за расвету просторија $\boxed{7\text{п}}$.
Напомене о бодовању: За тачан одговор волфрам без образложења дати $\boxed{1\text{п}}$. За тачан одговор волфрам уз образложење зато што има највећу температуру топљења / најмању таласну дужину максимума дати $\boxed{2\text{п}}$. За тачан одговор волфрам уз образложење зато што има таласну дужину максимума најближу видљивом делу спектра дати $\boxed{4\text{п}}$. За комплетан горе наведени одговор дати свих $\boxed{7\text{п}}$.

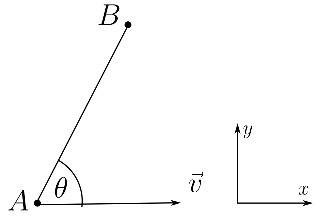
2. Поклопац вентила се отвара када притисак у лонцу p задовољава услов $p > p_0 + \frac{mg}{S}$, где је $S = \frac{1}{4}d^2\pi$ ($S = 15{,}9\,\text{mm}^2$) површина попречног пресека вентила. Тада се вентил отвара, део водене паре излази из лонца, што смањује притисак у лонцу и вентил се поново затвара. На овај начин, притисак у лонцу се одржава на вредности $p = p_0 + \frac{mg}{S}$ $\boxed{7\text{п}}$ ($p = 200{,}6\,\text{kPa}$). Из релације $p = Ae^{-B/T}$ следи да је температура у лонцу $T = -\frac{B}{\ln\left(\frac{p}{A}\right)}$ $\boxed{5\text{п}}$, односно $T = -\frac{B}{\ln\left(\frac{p_0+\frac{4mg}{d^2\pi}}{A}\right)}$ $\boxed{4\text{п}}$ ($T = 393{,}1\,\text{K}$), што даје $T = 120\,^\circ\text{C}$ $\boxed{4\text{п}}$.

3. (а) С обзиром да се кинетичка енергија електрона у фотоефекту користи на савладавање прага реакције, једначина фотоефекта се своди на $\frac{hc}{\lambda_{\max}} = W + E_{\text{p}}$ $\boxed{3\text{п}}$, одакле је $\lambda_{\max} = 691\text{nm}$ $\boxed{1\text{п}}$. Пошто сваки фотон погађа тачно један електрон, број генерисаних молекула X ће бити једнак броју фотона који падну на лист, одакле закључујемо $G = \Phi S \sin\frac{\theta}{2} = \Phi ab\pi \sin\frac{\theta}{2}$ $\boxed{5\text{п}}$, односно $\theta = 2\arcsin\left(\frac{G}{\Phi ab\pi}\right) = 120^\circ$ $\boxed{1\text{п}}$.
   (б) При склапању листа за угао $\Delta\theta$ центри масе полуелипса се подигну за $\Delta h = \frac{4b}{3\pi}\left[\cos\left(\frac{\theta-\Delta\theta}{2}\right) - \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)\right]$ $\boxed{4\text{п}}$ ($\Delta h = 1{,}55 \cdot 10^{-3}\,\text{m}$) при чему се изврши рад $A = mg\Delta h$ $\boxed{2\text{п}}$ ($A = 1{,}52 \cdot 10^{-4}\,\text{J}$). Енергију потребну за вршење тог рада биљка користи из молекула X, акумулираних у временском интервалу t на основу чега закључујемо да важи $A = Gt\frac{E_{\text{p}}}{10}$ $\boxed{3\text{п}}$, односно $t = 5{,}91\text{s}$ $\boxed{1\text{п}}$.

4. (а) За сферно симетрично тело масе M и полупречника R, друга космичка брзина добија се из услова да је кинетичка енергија на површини једнака по апсолутној вредности гравитационој потенцијалној енергији: $\frac{1}{2}mv_{\text{esc}}^2 = \frac{GMm}{R}$ $\boxed{1{,}5\text{п}}$, па је $v_{\text{esc}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$ $\boxed{1\text{п}}$. Шварцшилдов радијус R_s у овој (грубој) интерпретацији добијамо из услова $v_{\text{esc}} = c$ $\boxed{1{,}5\text{п}}$, тј. $c = \sqrt{\frac{2GM}{R_s}}$, одакле следи $R_s = \frac{2GM}{c^2}$ $\boxed{1\text{п}}$.
   (б) **Први начин.** Уведимо укупну масу $M = M_1 + M_2$ и редуковану масу $\mu = \frac{M_1M_2}{M_1+M_2}$. Релативно кретање је еквивалентно кретању честице масе μ у централном пољу са параметром GM, па за кружну орбиту важи $\mu\omega^2 R = \frac{GM_1M_2}{R^2}$ $\boxed{2\text{п}}$ (јер је $F = \mu a_{\text{rel}}$ и $a_{\text{rel}} = \omega^2 R$), односно $\omega^2 = \frac{G(M_1+M_2)}{R^3}$. Орбитална фреквенција је $f = \frac{\omega}{2\pi}$, па је $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{G(M_1+M_2)}{R^3}}$ $\boxed{1\text{п}}$. Потенцијална енергија система је $U = -\frac{GM_1M_2}{R}$ $\boxed{1\text{п}}$. За кружну орбиту важи и $T = \frac{1}{2}\mu v_{\text{rel}}^2 = \frac{1}{2}\mu(\omega R)^2$, па убацивањем $\omega^2 = \frac{G(M_1+M_2)}{R^3}$ добијамо $T = \frac{1}{2}\mu\frac{G(M_1+M_2)}{R} = \frac{1}{2}\frac{GM_1M_2}{R}$ $\boxed{1\text{п}}$ (јер је $\mu(M_1+M_2) = M_1M_2$). Зато је укупна енергија $E = T + U = \frac{1}{2}\frac{GM_1M_2}{R} - \frac{GM_1M_2}{R} = -\frac{1}{2}\frac{GM_1M_2}{R}$ $\boxed{1\text{п}}$.
   Други начин. Из Другог Њутновог закона за кретање првог тела следи $M_1R_1\omega^2 = G\frac{M_1M_2}{R^2}$ $\boxed{1\text{п}}$, где је ω кружна фреквенца кретања тела, а $R_1 = \frac{M_2R}{M_1+M_2}$ $\boxed{1\text{п}}$ растојање првог тела од центра масе. Из претходних једначина налазимо $\omega^2 = \frac{G(M_1+M_2)}{R^3}$, односно тражена фреквенца је једнака $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{G(M_1+M_2)}{R^3}}$ $\boxed{1\text{п}}$. Укупна енергија система је $E = \frac{1}{2}M_1R_1\omega^2 + \frac{1}{2}M_2R_2\omega^2 - \frac{GM_1M_2}{R}$ $\boxed{2\text{п}}$. Коришћењем претходних једначина и чињенице да је растојање другог тела од центра масе $R_2 = \frac{M_1R}{M_1+M_2}$, налазимо $E = -\frac{1}{2}\frac{GM_1M_2}{R}$ $\boxed{1\text{п}}$.
   (в) Како је снага зрачења гравитационих таласа приближно константна, P, и да важи $P = -\frac{dE}{dt}$. Пошто је $E(R) = -\frac{GM_1M_2}{2R}$, имамо $\frac{dE}{dR} = \frac{GM_1M_2}{2R^2}$, па је $\frac{dE}{dt} = \frac{GM_1M_2}{2R^2}\frac{dR}{dt}$ $\boxed{3\text{п}}$. Из $-P = \frac{GM_1M_2}{2R^2}\frac{dR}{dt}$ следи $\frac{dR}{dt} = -\frac{2PR^2}{GM_1M_2}$ (растојање опада). Даље, $\omega(R) = \sqrt{\frac{G(M_1+M_2)}{R^3}}$, па је $\frac{d\omega}{dR} = -\frac{3}{2}\frac{\omega}{R}$. Зато је $\frac{d\omega}{dt} = \frac{d\omega}{dR}\frac{dR}{dt} = -\frac{3}{2}\frac{\omega}{R}\left(-\frac{2PR^2}{GM_1M_2}\right) = \frac{3P\,\omega R}{GM_1M_2}$ $\boxed{3\text{п}}$.
   Ако желимо израз само преко ω, из $\omega^2 = \frac{G(M_1+M_2)}{R^3}$ добијамо $R = \left(\frac{G(M_1+M_2)}{\omega^2}\right)^{1/3}$, па је
   $\frac{d\omega}{dt} = \frac{3P}{GM_1M_2}\left(G(M_1+M_2)\right)^{1/3}\omega^{1/3}$. Пошто је $f = \frac{\omega}{2\pi}$, важи $\frac{df}{dt} = \frac{1}{2\pi}\frac{d\omega}{dt}$, односно
   $\frac{df}{dt} = \frac{3P}{GM_1M_2}\left(G(M_1+M_2)\right)^{1/3}(2\pi)^{-2/3}f^{1/3}$ $\boxed{3\text{п}}$.

Задатке припремили и рецензирали: *Милош Петрашиновић* и *Јован Потребић*, Физички факултет у Београду,
др Ненад Вукмировић, Институт за физику у Београду
Председник Комисије за такмичења ученика средњих школа: *проф. др Имре Гут*, Природно-математички факултет у Новом Саду

5. Поставимо координатни систем као на слици 1.
1. начин У референтном систему везаном за Земљу $x-$компонента брзине светлосног зрака је $v'_x = -c\cos\theta'$ $\boxed{\textbf{5п}}$. На основу закона слагања брзина, та брзина у систему везаном за звезду је $v_x = \frac{v'_x+v}{1+\frac{vv'_x}{c^2}}$ $\boxed{\textbf{6п}}$. Угао θ у систему везаном за звезду је $\cos\theta = -\frac{v_x}{c}$ $\boxed{\textbf{3п}}$. Из претходних једначина следи $\cos\theta = \frac{\cos\theta' - \frac{v}{c}}{1-\frac{v\cos\theta'}{c}}$ $\boxed{\textbf{3п}}$, одакле налазимо $\theta - \theta' = 8{,}43''$ $\boxed{\textbf{3п}}$.
2. начин У референтном систему везаном за Земљу $x-$компонента брзине светлосног зрака је $v'_x = -c\cos\theta'$, а $y-$компонента је $v'_y = -c\sin\theta'$ $\boxed{\textbf{5п}}$. На основу закона слагања брзина, те брзине у систему везаном за звезду су $v_x = \frac{v'_x+v}{1+\frac{vv'_x}{c^2}}$, $v_y = \frac{v'_y\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}{1+\frac{vv'_x}{c^2}}$ $\boxed{\textbf{6п}}$. Даље је $\operatorname{tg}\theta = \frac{v_y}{v_x}$ $\boxed{\textbf{3п}}$, односно $\operatorname{tg}\theta = \frac{\operatorname{tg}\theta'}{1-\frac{v}{c\cos\theta'}}\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ $\boxed{\textbf{3п}}$, одакле налазимо $\theta - \theta' = 8{,}43''$ $\boxed{\textbf{3п}}$.



Слика 1: уз решење задатка 5: A - земља, B - удаљена звезда.