



- Према постулатима Галилејеве релативности једном синхронизовани часовници у два различита инерцијална референтна система остају заувек синхронизовани. Стога је тренутак слања сигнала исти и у систему везаном за Земљу и за сателит **3п**. Посматрана разлика између тренутка пријема (у систему везаном за Земљу) и тренутка слања сигнала (у систему везаном за сателит) једнака је тако у нерелативистичком случају $\Delta t_{nr} = \frac{l}{c}$ где је l растојање између сателита и пријемника **3п**. Размотримо даље релативистички случај. Узевши у обзир постулате специјалне теорије релативности закључујемо да иако су часовници били синхронизовани у почетном тренутку они нису синхронизовани у тренутку слања сигнала. Стога се тренутак слања сигнала разликује за посматрана два референтна система **3п**. У систему везаном за Земљу сигнал је послат након $t'_1 = \frac{t_1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ **5п** од почетног тренутка и пријемник га прима у тренутку $t'_2 = t'_1 + \frac{l}{c}$ **1п**. Разлика коју пријемник региструје у овом релативистичком случају је $\Delta t_r = t'_2 - t_1 = \frac{l}{c} + t_1 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$ **2п**. Промена разматране разлике је онда $\delta = \Delta t_r - \Delta t_{nr} = t_1 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) = 5,00 \text{ ns}$ **2п**. Закључујемо, дакле, да се вредност тражене разлике повећала за $5,00 \text{ ns}$ **1п**.
- При рефлексији зрака 1 долази до промене његове фазе за $\varphi_1 = \pi$ јер је антирефлексиони слој оптички гушћи од ваздуха **3п**. При двоструком проласку зрака 2 кроз антирефлексиони слој и његовој рефлексији од стакла долази до промена његове фазе за $\varphi_2 = 2\varphi_{2a} + \varphi_{2b}$ **3п**, где је $\varphi_{2a} = \frac{2\pi}{\lambda} n_a d$ **3п** промена фазе при једном проласку кроз слој дебљине d , а $\varphi_{2b} = \pi$ **2п** промена фазе при рефлексији од стакла јер је стакло оптички гушће од антирефлексионог слоја (јер је $n_s > n_a$). Интерференциони минимуми настају када је $\varphi_2 - \varphi_1 = k\pi$, где је k непаран број **3п**. Из претходних једначина налазимо $d = k \frac{\lambda}{4n_a}$ **2п**. Најмање d се добија за $k = 1$, одакле је $d = \frac{\lambda}{4n_a}$ **2п**, односно $d = 110 \text{ nm}$ **2п**.
- Први начин:** Амплитуда електричног поља таласа пре проласка кроз поларизатор је $E_u = \sqrt{E_{0x}^2 + E_{0y}^2}$ **5п**, где су $E_{0x} = E_0$ и $E_{0y} = 2E_0$ амплитуде компоненти електричног поља, одакле је $E_u = \sqrt{5}E_0$ **3п**. Поларизатор чија је оса x оса, пропушта само x компоненту таласа, па је зато амплитуда пропуштеног таласа $E_p = E_0$ **4п**. Интензитет електромагнетног таласа је пропорционалан квадрату амплитуде, па је однос интензитета упадног и пропуштеног таласа $r = \frac{I_u}{I_p} = \frac{E_u^2}{E_p^2}$ **4п**. Одатле налазимо $r = 5$, односно интензитет таласа се смањи 5 пута при проласку кроз поларизатор **4п**.

Други начин: Према Малусовом закону, однос интензитета пропуштеног и упадног таласа је $\frac{I_p}{I_u} = \cos^2 \varphi$, где је φ угао између правца вектора електричног поља упадног таласа и правца осе поларизатора, у овом случају x осе **5п**. Угао φ који правац вектора електричног поља заклапа са x осом налазимо из $\cos \varphi = \frac{E_x}{\sqrt{E_x^2 + E_y^2}}$ **6п**, одакле је $\cos^2 \varphi = \frac{1}{5}$ **5п**. Одатле налазимо $r = \frac{I_u}{I_p} = 5$, односно да се интензитет таласа смањи 5 пута при проласку кроз поларизатор **4п**.
- (а) Користећи Лапласов закон закључујемо да је притисак унутар мехурића $p = p_a + \frac{4\gamma}{R}$ **2п** (уколико је формула написана уз грешку у нумеричком фактору испред $\frac{\gamma}{R}$, нпр. $\frac{2\gamma}{R}$ дати **1п**). На клип са горње стране делује притисак $p_1 = p + \rho gh$ **1п**. Имајући на уму да се друга страна клипа налази у контакту са ваздухом следи да укупна сила којом клип делује на прст медицинске сестре задовољава услов $F + p_a S = p_1 S$ **1п**, одакле је $F = (\frac{4\gamma}{R} + \rho gh)S$ **1п**, односно $F = 3,88 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ **1п**.

(б) Пошто је у питању изотермски процес важи $p_1 V_1 = p_2 V_2$ **2п** где су $p_1 = p_a + \frac{4\gamma}{R}$ **1п** ($p_1 = 101465 \text{ Pa}$), $p_2 = p_a + \frac{4\gamma}{2R}$ **1п** ($p_2 = 101395 \text{ Pa}$), $V_1 = \frac{4}{3}R^3\pi + Sh'$ **1п**, $V_2 = \frac{4}{3}(2R)^3\pi$ **1п** ($V_2 = 2,68 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$) а где је h' висина стуба са ваздухом у шприцу у почетном тренутку. Знајући однос међу запреминама налазимо да је $h' = \frac{1}{S} (\frac{p_a + \frac{4\gamma}{2R}}{p_a + \frac{4\gamma}{R}} \frac{4}{3}(2R)^3\pi - \frac{4}{3}(R)^3\pi)$ **2п** ($h' = 2,34 \text{ mm}$). Извршени рад над гасом је $A_1 = -p_2 V_2 \ln \frac{p_1}{p_2} = -1,88 \cdot 10^{-5} \text{ J}$ **2п** + **1п** (уколико је знак погрешан дати **1п**). Рад на подизању нивоа раствора у шприцу је $A_2 = \rho gh Sh' = 5,81 \cdot 10^{-5} \text{ J}$ **2п** + **1п**.
- Нека су S и S' системи мировања станице и воза. Нека се S' креће брзином v усмереном дуж x осе у односу на S . Нека је L_0 сопствена дужина воза, а $\beta = \frac{v}{c}$ и $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$.

(а) **Први начин:** За два догађаја важи $\Delta t = 0$, $\Delta x = L_a$ и $\Delta x' = L_0$ **1п**. Из Лоренцове трансформације



$$\Delta x' = \gamma(\Delta x - v\Delta t) \quad \boxed{2\text{п}} \text{ следи } L_a = \frac{L_0}{\gamma} \quad \boxed{1\text{п}}.$$

Други начин: Како је у питању контракција дужине, следи да је: $L_a = \frac{L_0}{\gamma} \quad \boxed{4\text{п}}.$

(б) За два догађаја важи $\Delta t' = 0$, $\Delta x = L_b$ и $\Delta x' = L_0 \quad \boxed{1\text{п}}.$ Из инверзне трансформације $\Delta x = \gamma(\Delta x' + v\Delta t')$ $\boxed{2\text{п}}$ добија се $L_b = \gamma L_0. \quad \boxed{1\text{п}}$

(в) За догађаје E_1 и E_2 (одбијање импулса од предњег и задњег краја) важи $\Delta t' = -L_0/c$ и $\Delta x' = -L_0 \quad \boxed{1\text{п}}.$ Из Лоренцове трансформације за време $\Delta t = \gamma\left(\Delta t' + \frac{v\Delta x'}{c^2}\right) \quad \boxed{2\text{п}}$ следи $\Delta t = -\gamma\frac{L_0}{c}(1 + \beta).$ Пошто је по дефиницији $L_c = \frac{(t_1 - t_2)c}{2}$ и $t_1 - t_2 = -2\Delta t \quad \boxed{2\text{п}},$ добијамо $L_c = \gamma(1 + \beta)L_0 = \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}} L_0 \quad \boxed{1\text{п}}.$

(г) Нека су догађаји E_1 : задњи крај пролази B и E_2 : предњи крај пролази A . Пошто светлост стиже истовремено до посматрача, важи $\Delta t = -L_d/c \quad \boxed{1\text{п}},$ а такође $\Delta x = L_d$ и $\Delta x' = L_0 \quad \boxed{1\text{п}}.$ Из односа $\Delta x' = \gamma(\Delta x - v\Delta t) \quad \boxed{2\text{п}}$ следи $L_0 = \gamma L_d(1 + \beta),$ па је $L_d = \frac{L_0}{\gamma(1 + \beta)} = \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}} L_0 \quad \boxed{2\text{п}}.$