FIZ YLERA

II

Nattea do testo

WZORY DO DZIAŁU I

$$y(x,t) = A \sin \omega \left(t - \frac{x}{v}\right)$$

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \nu$$

$$\lambda = \frac{2\pi v}{\omega}$$

Zadanie 1.1.

a) $y = 10 \sin(0{,}5\pi t)$

$y = A \sin(\omega t + \varphi)$

$y(x,t) = A \sin(\omega t - kx + \varphi)$

$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi\omega}{2\pi v} = \frac{\omega}{v}$

$y(x,t) = 0{,}1 \sin\left(0{,}5\pi t - \frac{\pi}{600}x\right)$ [m]

b) $L = 600$ $\quad y(L,t) = 0{,}1 \sin(0{,}5\pi t - \pi)$ [m]

częstość amplituda długość fali

1.2 $\upsilon = 500\ Hz$, $A = 25\ mm$, $\lambda = 70\ cm$

a) Znaleźć prędkość v rozchodzenia się fali.

$$y(x,t) = A \sin \omega \left(t - \frac{x}{\upsilon}\right)$$

$$\upsilon = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu$$

$$0{,}7\ [m] \cdot 500\ [s] = 350\ [m/s] = \checkmark$$

b) Maksymalna prędkość drgań cząsteczek powietrza

$$V = \frac{dy}{dt} = A\omega \cos \omega \left(t - \frac{x}{\upsilon}\right)$$

$$V_{max} \quad \cos \omega \left(t - \frac{x}{v}\right) = 1$$

$$\omega = 2\pi\nu$$

$$V = 0.025\ [m] \cdot 2\pi \cdot 500 \left[\frac{1}{s}\right] = 78{,}5 \left[\frac{m}{s}\right]$$

$$= 78{,}5$$

1.2 $\nu = 500\,Hz$ $A = 25\,mm$ $\lambda = 70\,cm$

a)
$v = ?$ $T = \frac{1}{\nu}$

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu = 0{,}7 \cdot 500 = 350$$

b) maksymalna prędkość cząstek powietrza.

$$y(x,t) = A \sin \omega \left(t - \frac{x}{v}\right)$$

$$\frac{dy}{dt} = A\omega \cos \omega \left(t - \frac{x}{v}\right)$$

V_{max} gdy $\cos \omega \left(t - \frac{x}{v}\right) = 1$

$$V_{max} = A\omega \qquad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

$$V_{max} = 2A\pi\nu = 2\pi \cdot 0{,}025 \cdot 500 \left[\frac{m}{s}\right]$$

1.3. Jaką różnicę faz $\Delta\phi$ będą miały drgania dwóch punktów, znajdujących się w odległości x_1 i x_2 od źródła drgań?

$x_1 = 10m$, $x_2 = 16m$, $T = 0{,}04s$, $u = 300 \frac{m}{s}$

$\Delta\varphi = ?$ $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$

$$y = A\sin(\omega t - kx) = A\sin\omega\left(t - \frac{x}{v}\right)$$

$$y(x_2, t) = A\sin\omega\left(t - \frac{x_2}{v}\right)$$

$$y(x_1, t) = A\sin\omega\left(t - \frac{x_1}{v}\right)$$

$$\Delta\varphi = \omega\left(t - \frac{x_2}{v} - t + \frac{x_1}{v}\right) = \frac{\omega}{v}(x_2 - x_1)$$

$$= \frac{1}{v}\cdot\frac{2\pi}{T}(x_2 - x_1)$$

1.3. $x_1 = 10\,m \quad x_2 = 16\,m \quad T = 0{,}04$

$v = 300\,[m/s]$

$$y(x_1,t) = A\sin\omega\left(t - \frac{x_1}{v}\right)$$

$$y(x_1,t) = A\sin\omega\left(t - \frac{x_2}{v}\right)$$

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \omega\left(t - \frac{x_2}{v} + t + \frac{x_1}{v}\right) =$$

$$= \frac{\omega}{}(x_1 - x_2) = \frac{2\pi}{Tv}(x_1 - x_2) = \frac{2\pi}{\lambda}(x_1 - x_2)$$

1.4 Dwa kamertony dają $n=20$ dudnień w ciągu $t=10s$. Częstość drgań pierwszego kamertonu wynosi

$n=20$, $t=10s$ $\upsilon_1 = 256\,Hz$

$\upsilon = \frac{n}{t}$ $\upsilon = \Delta\upsilon = \upsilon_2 - \upsilon_1$

$\upsilon_2 = \upsilon - \upsilon_1 = \frac{n}{t} + \upsilon_1 = \frac{22}{10} + 256 = 258\,Hz$

1.4. $n = 20$, $t = 10 s$ $\nu_1 = 256 Hz$

$\nu = \frac{n}{t}$

$\nu = \Delta\nu = \nu_2 - \nu_1 \Rightarrow \nu_2 = \nu - \nu_1$

$\nu_2 = \frac{n}{t} + \nu_1 = \frac{20}{10} + 256 Hz = 258$

1.5. Jeden koniec sprężystego pręta o długości l wykonuje drgania opisane wzorem $y(t) = y_0 \sin(\omega) t$, a drugi koniec jest zamocowany sztywno do ściany.
Znaleźć drgania w dowolnym punkcie pręta.

$$y_1(x,t) = A\sin(\omega t + kx + \varphi_1) - \text{zgodny z osią } X.$$

$$y_2(x,t) = A\sin(\omega t + kx + \varphi_2) - \text{niezgodny z osią } X$$

Fala wypadkowa: $\sin(\alpha) + \sin(\beta) = 2\sin\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\cos\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)$

$$y(x,t) = A\sin(\omega t - kx - p_1) + A\sin(\omega t - kx - p_2) =$$

$$= 2A\sin\left(\omega t + \frac{\varphi_1+\varphi_2}{2}\right)\cos\left(kx + \frac{\varphi_1-\varphi_2}{2}\right)$$

1. 5. $y(t) = y_0 \sin \omega t$

y_1 - fala źródła

y_2 - fala po odbiciu

$$y_1(x,t) = A \sin(\omega t + kx + \varphi_1)$$

$$y_2(x,t) = A \sin(\omega t + kx + \varphi_2)$$

Fala wypadkowa: $\sin(\alpha)\sin(\beta) = 2\sin\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\cos\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)$

...

1.6. Równanie źródła drgań niegasnących dane jest w postaci $y = 10\sin(0{,}5\pi t)$ [cm] znaleźć równanie fali płaskiej, jeżeli prędkość rozchodzenia się fal $v = 300$ [m/s]

$\lambda = ?$

$$y(x,t) = 0{,}1\ \sin\left(\frac{\pi}{2}\left(t - \frac{x}{300}\right)\right)$$

$$\lambda = \frac{2\pi v}{\omega} = \frac{2\cdot 300}{\frac{\pi}{2}} = 1200\pi$$

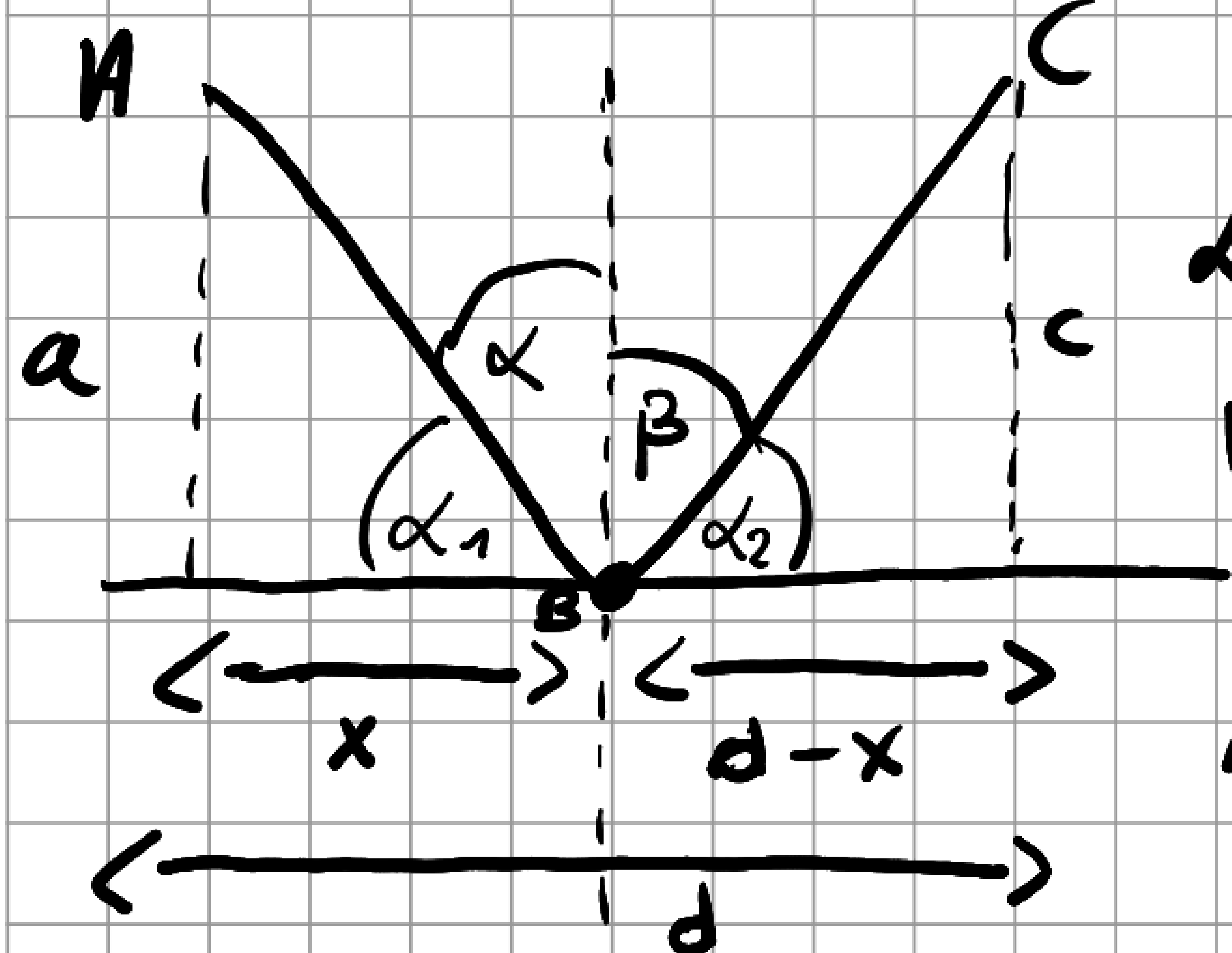
$$y(600,t) = 0{,}1\ \sin\left(\frac{\pi}{2}t - \pi\right)$$

$$v = \frac{dy}{dt} = 0{,}1\cos\left(\frac{\pi}{2}t - \pi\right)\cdot\frac{\pi}{2}$$

*

2.2. W oparciu o zasadę Fermata wyprowadzić prawo odbicia i załamania światła.

1. Prawo odbicia



$l_1 = |AB|, l_2 = |BC|$

$L = l_1 + l_2 = |AB| + |BC|$

$V = \frac{s}{t} \Rightarrow t = \frac{s}{v}$

$L = \sqrt{a^2+x^2} + \sqrt{c^2+(d-x)^2}$

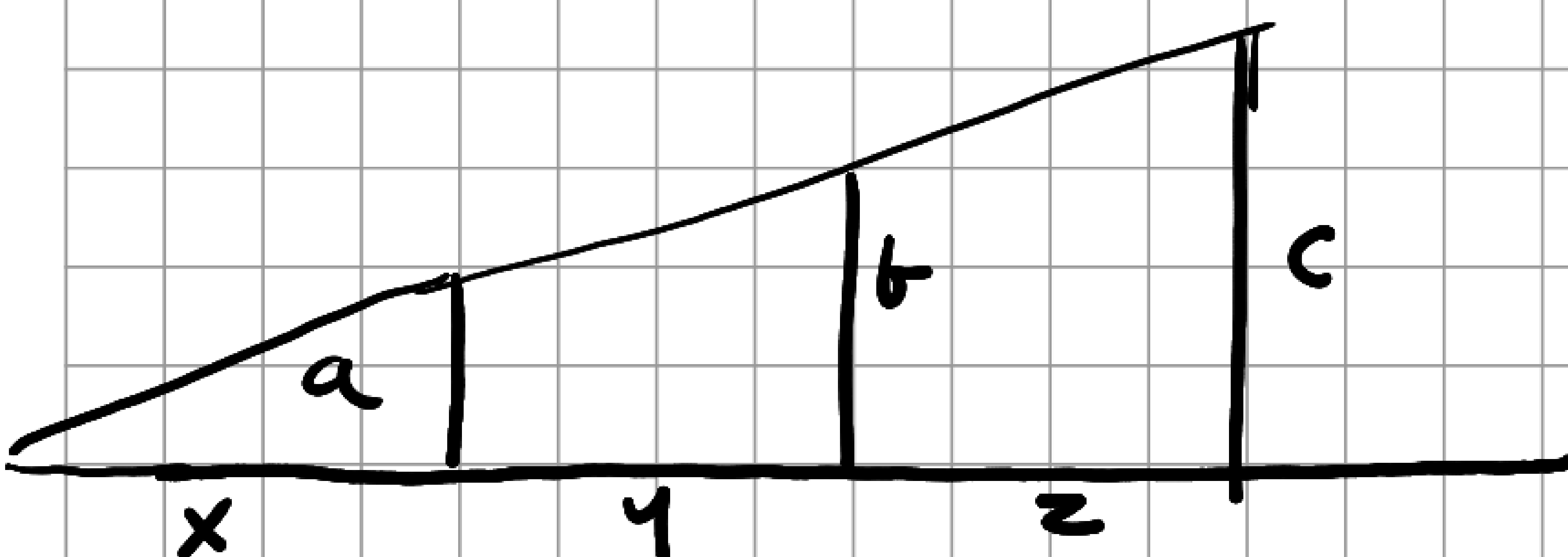
$$\frac{dL}{dx} = \frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}} - \frac{d-x}{\sqrt{c^2+(d-x)^2}}$$

$$\frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}} = \sin(\alpha_1) \qquad \frac{d-x}{\sqrt{c^2+(d-x^2)}} = \sin(\alpha_2)$$

$$\sin(\alpha_1) = \sin(\alpha_2)$$

$$\alpha_1 = \alpha_2$$

2.3. Źródło światła ma średnicę $2a = 10\,cm$ i umieszczone jest w odległości 2cm od ekranu. Pomiędzy źródłem a ekranem w odległości 1cm umieszczono przesłonę $2b = 15\,cm$. Oblicz średnicę cienia powstałego na ekranie oraz szerokość „paska" półcienia.

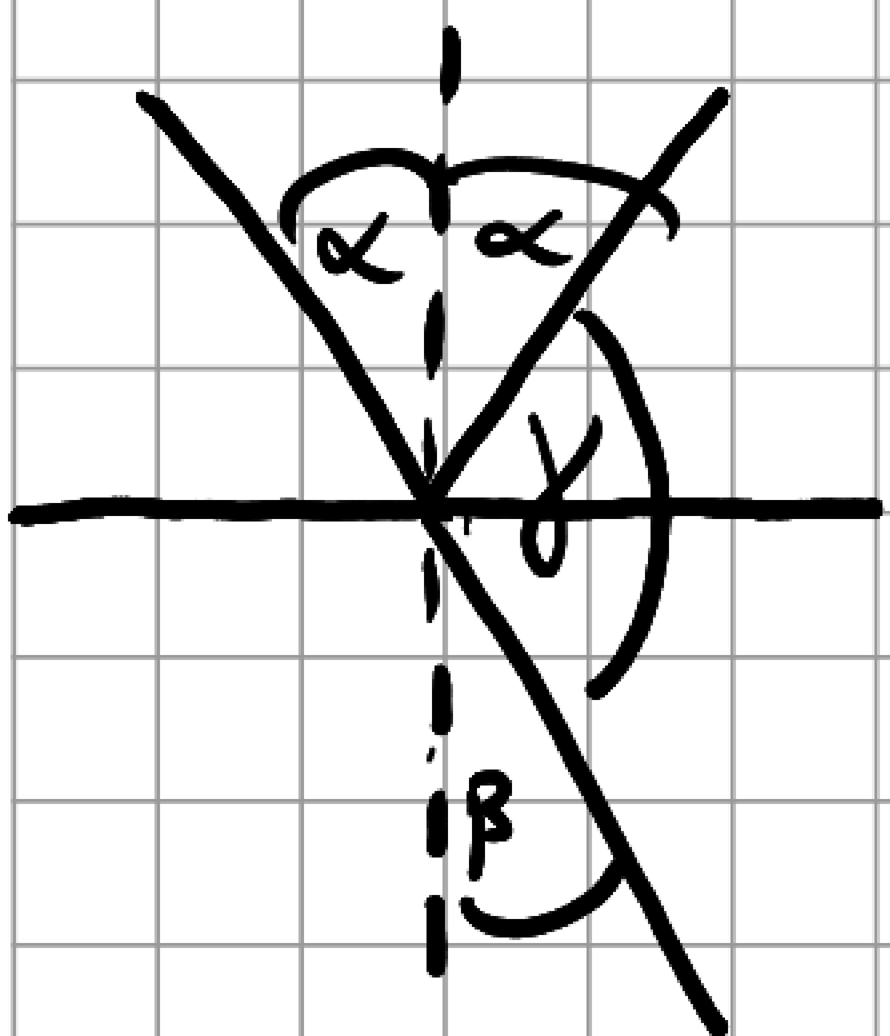


$$\frac{a}{x} = \frac{b}{x+y} = \frac{c}{x+y+z}$$

$$ax + ay = bx \Rightarrow x = \frac{ay}{b-a} = \frac{5 \cdot 1}{7{,}5-5} = 2$$

$$\frac{c}{2+2} = \frac{7{,}5}{2+1} \Rightarrow 10 = c$$

2.4. Na płytkę szklaną o współczynniku załamania $n=1,5$ pada promień świetlny. Jaki jest kąt padania promienia, jeżeli promień załamany tworzy z promieniem odbitym na granicy powietrza i szkła kąt $\gamma = 60°$?



$$\beta = 180° - \alpha - \gamma$$

$$\gamma = 60°$$

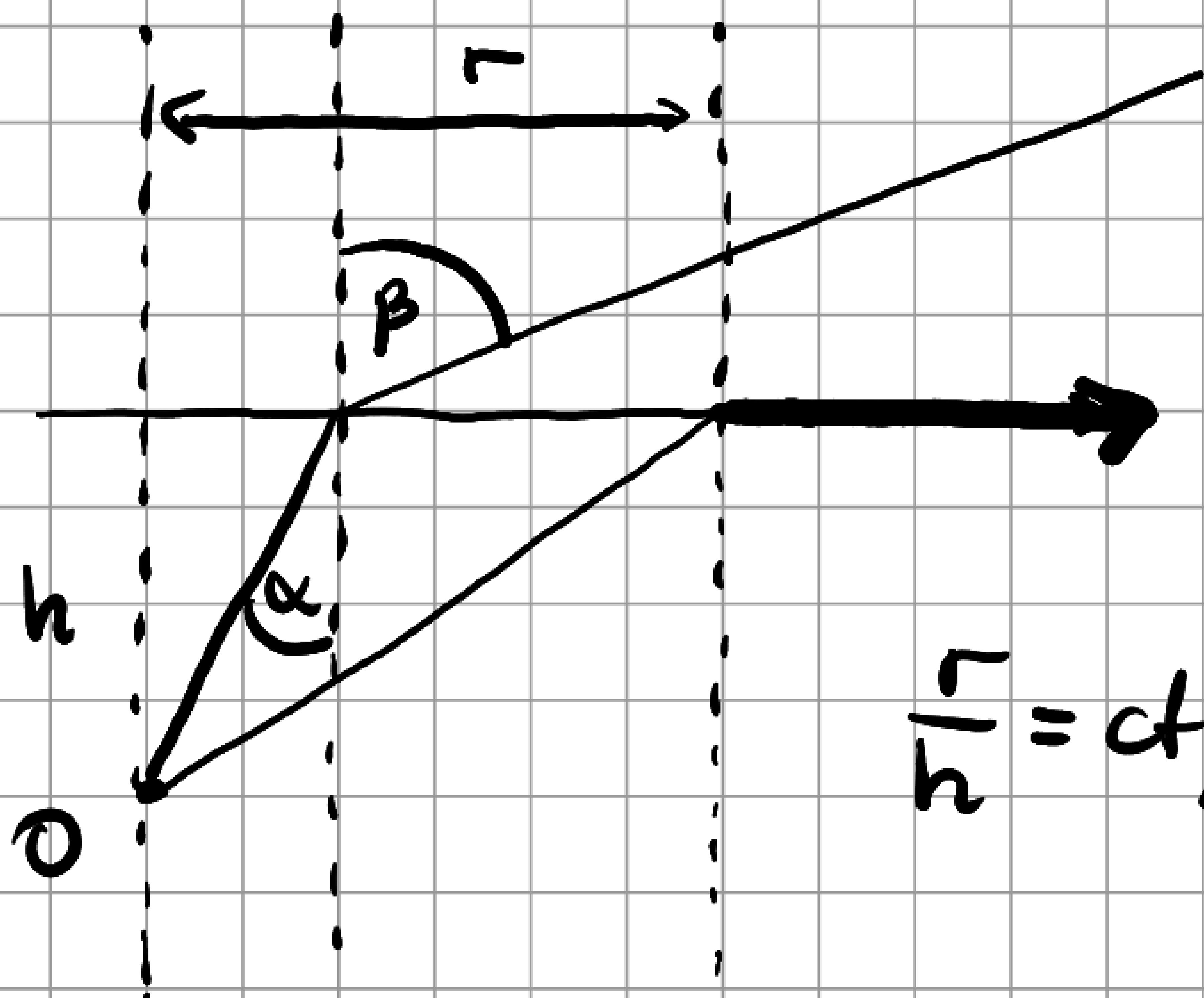
$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{1,5}{1} = 1,5$$

$$\sin(\alpha) = n\sin(\beta) = n\sin(180° - (\alpha+\gamma)) =$$

$$= n\sin(\alpha)\cos(\gamma) + n\sin(\gamma)\cos(\alpha)$$

2.5. Koło w wodzie $h=1m$.

Oblicz średnicę koła, jeśli $n=1.33$.



$$\beta = \frac{\pi}{2}$$

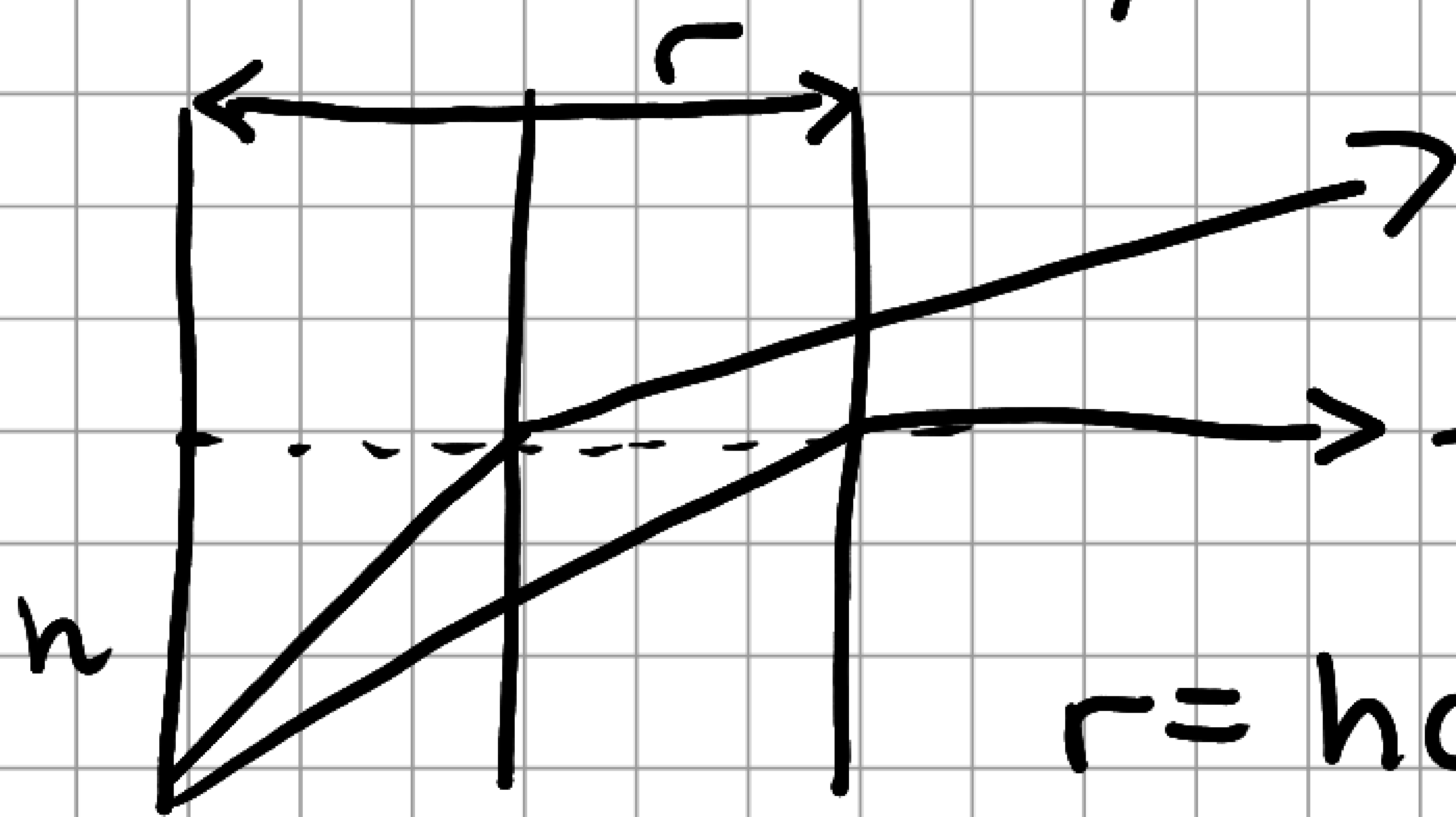
$$\frac{1}{\sin(\alpha)} = n \Rightarrow \sin(\alpha) = \frac{1}{1.33}$$

$$\frac{r}{h} = ctg\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \Rightarrow r = h\,ctg\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$$

$$\text{średnica} = 2r = 2h\,ctg\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = 2h\frac{\cos(\alpha)}{\sin(\alpha)} =$$

$$= 2h\frac{\sqrt{1-\sin^2(\alpha)}}{\sin(\alpha)}$$

2.5. $h = 1\,m$, $n = 1.33$



$$\sin(\alpha) = \frac{1}{1.33}$$

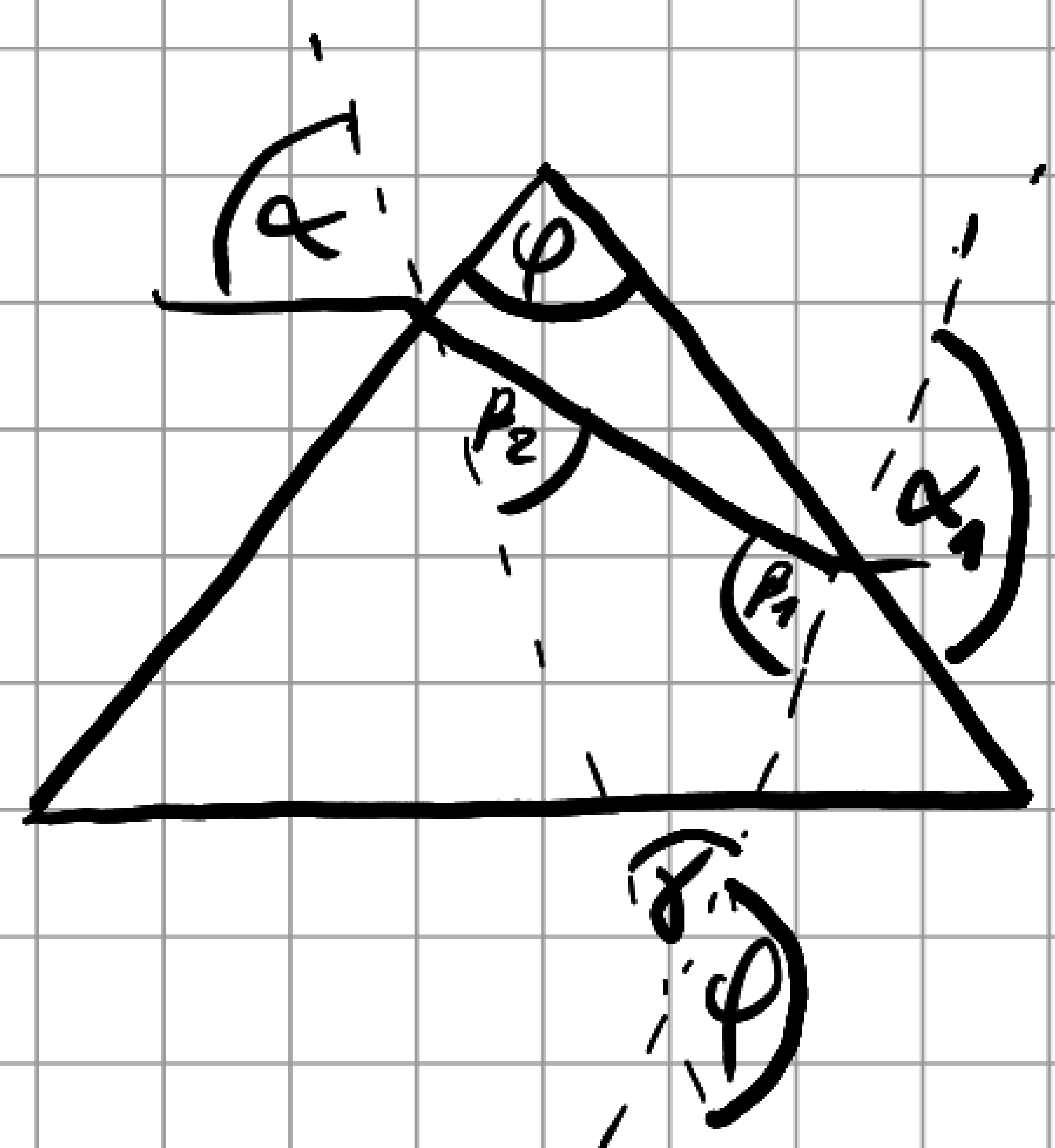
$$\frac{r}{h} = \operatorname{ctg}\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$$

$$r = h \operatorname{ctg}\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$$

średnica $= 2r$

2.6. Promień świetlny pada na przednią ścianę pryzmatu pod kątem α, że po załamaniu promień załamany trafia na jego tylną ścianę pod kątem granicznym i nie załamuje się.

Obliczyć współczynnik załamania n.



$$\gamma + \beta_1 + \beta_2 = 180^\circ$$

$$\gamma + \varphi = 180^\circ$$

$$\beta_1 + \beta_2 = \varphi$$

$$\cos(\beta_1 + \beta_2) = \cos(\varphi)$$

$$\cos(\varphi) = \cos(\beta_1)\cos(\beta_2) - \sin(\beta_1)\sin(\beta_2)$$

$$\cos(\beta_1) = \sqrt{1 - \sin^2(\beta_1)}; \quad \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta_1)} = \frac{n}{n_0} = n \Rightarrow \sin(\beta_1) = \frac{\sin(\alpha)}{n}$$

$$\frac{\sin(\beta_2)}{\sin(\alpha)} = \frac{n_0}{n} \Rightarrow \sin(\beta_2) = \frac{1}{n}$$

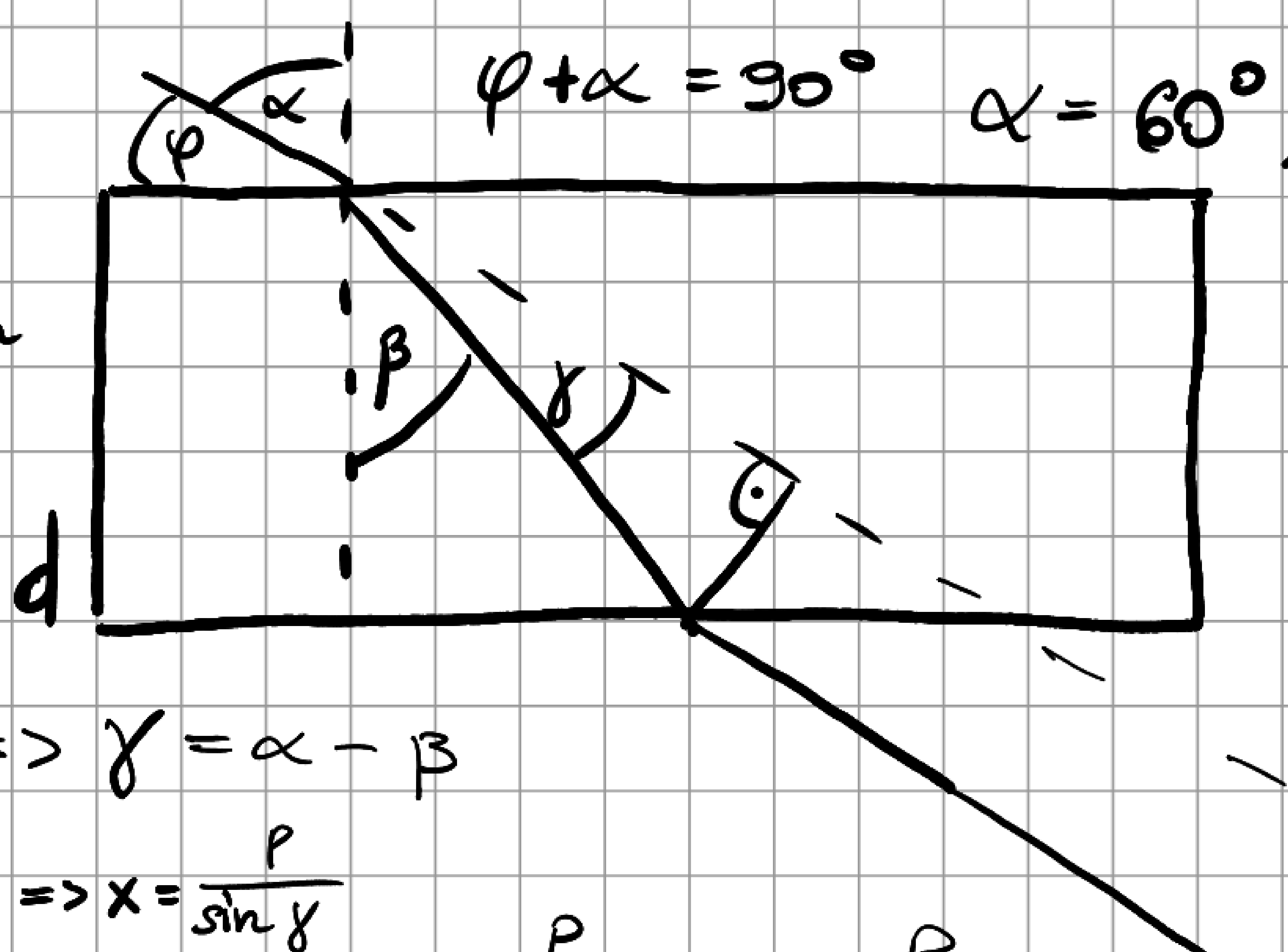
2.7 Promień świetlny ulega przesunięciu równoległemu o p. Oblicz wielkość tego przesunięcia dla promienia $\varphi = 30°$. Grubość płytki $d = 10$ cm. Współczynnik załamania $n = \sqrt{3}$.

$p = 30°$

$d = 10$ cm

$n = \sqrt{3}$

$\varphi + \alpha = 90°$ $\alpha = 60°$, $\beta° = 30°$



$\alpha = \beta + \gamma \Rightarrow \gamma = \alpha - \beta$

$\sin\gamma = \frac{p}{x} \Rightarrow x = \frac{p}{\sin\gamma}$

$\cos\beta = \frac{d}{x} \Rightarrow x = \frac{d}{\cos\beta}$

$$\frac{p}{\sin\gamma} = \frac{p}{\sin(\alpha-\beta)} = \frac{d}{\cos\beta}$$

$$p = \frac{d\sin(\alpha-\beta)}{\cos(\beta)} = \frac{d\sin(30°)}{\cos(30°)}$$

2.8

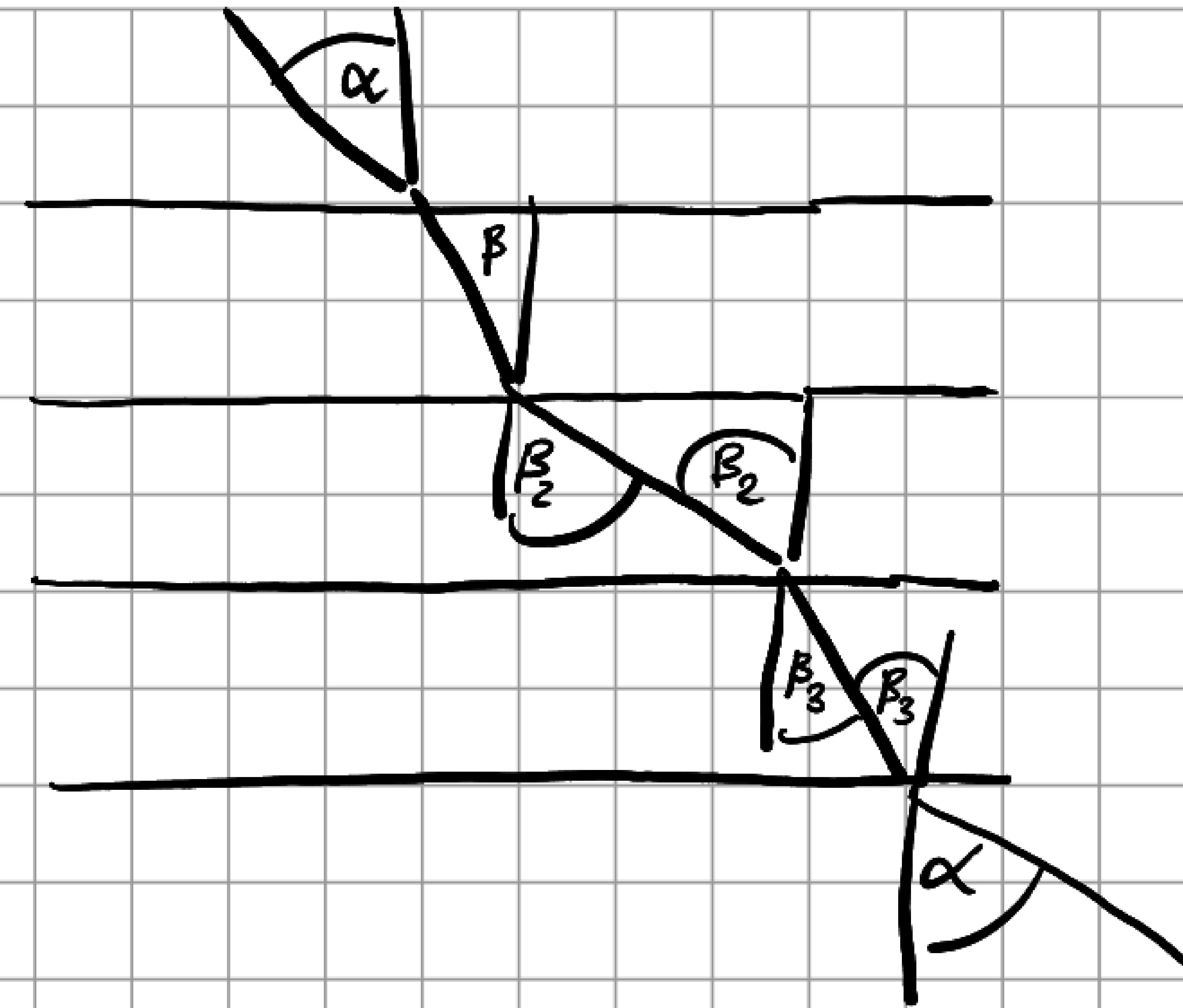
①

$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta_1)} = \frac{n_1}{n_p}$$

$$\frac{\sin(\beta_1)}{\sin(\beta_2)} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{\sin(\beta_2)}{\sin(\beta_3)} = \frac{n_3}{n_2}$$

$$\frac{\sin(\beta_3)}{\sin(\alpha')} = \frac{n_p}{n_3}$$



$$\frac{\sin\alpha}{\sin\alpha'} = \frac{n_1 \sin(\beta)}{n_p} \cdot \frac{n_p}{n_3 \cdot \sin\beta_3} =$$

$$= \frac{n_1}{n_3} \cdot \frac{n_2 \cdot \sin\beta}{n_1} \cdot \frac{n_3}{\sin\beta \cdot n_2} = 1$$

$$\sin\alpha = \sin\alpha'$$

②

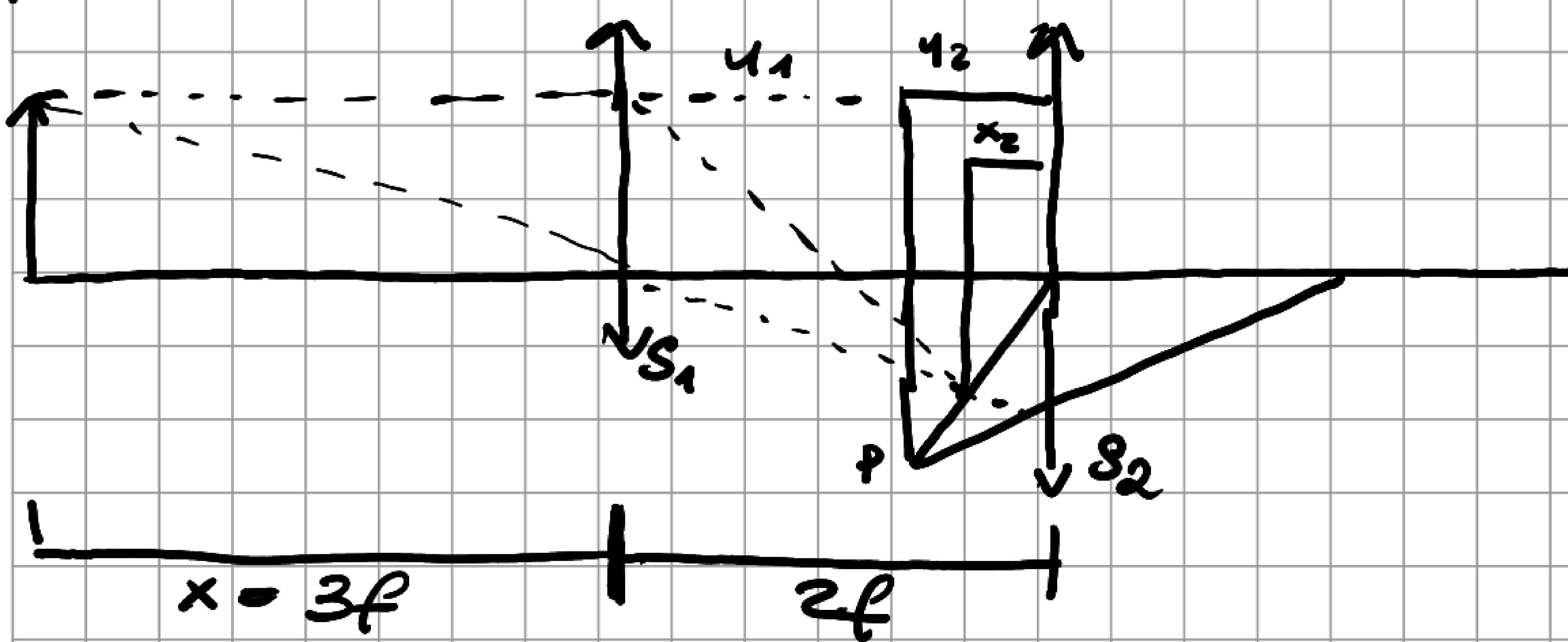
$$\sin\alpha = \frac{n_1 \sin\beta_1}{n_p}$$

$$\sin\beta_1 = \frac{n_2 \sin\beta_2}{n_1}$$

$$\sin\beta_3 = \frac{n_2 \sin(\beta_2)}{n_3}$$

$$\sin\alpha' = \frac{n_3 \sin(\beta_3)}{n_p}$$

2.9. Dwie soczewki skupiające S_1 i S_2 o ogniskowych f i wspólnej osi optycznej ustawione są w odległości $d=2f$ od siebie. W odległości x_1 przed soczewką S_1 znajduje się przedmiot P. W jakiej odległości y_2 od soczewki S_2 powstanie obraz podawany przez tę soczewkę, jeżeli $x_1 = 3f$. Określ rodzaj obrazu i powiększenie.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x_1} + \frac{1}{y_1} \qquad \frac{1}{f} = \frac{1}{x_2} + \frac{1}{y_2}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{3f} + \frac{1}{y_1} \Rightarrow \frac{1}{y_1} = \frac{3}{3f} - \frac{1}{3f} \Rightarrow y_1 = \frac{3}{2}f$$

Powiększenie: $\frac{y_1}{x_1} = \frac{\frac{1}{2}f}{3f} = \frac{1}{2}$

2.10. Jak zmieni się długość fali λ promieni światła czerwonego przy ich przechodzeniu z powietrza do szkła? Współczynnik załamania szkła dla promieni światła czerwonego wynosi $n = 1.55$, a częstotliwość tego promieniowania jest równa $f = 4 \cdot 10^{14}$ Hz.

$$c = 3 \cdot 10^{8} \qquad n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_p}{\lambda_s} = 1.55$$

$$\lambda_p = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^{8} \frac{m}{s}}{4 \cdot 10^{14} \frac{1}{s}} = 0{,}75 \cdot 10^{-6} m$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda_p}{n} = 483 nm$$

2.12. Kopia siatki Rowlanda ma 14476 rys na cal angielski. Odległość I-rzędu wynosi dla danego światła monochromatycznego $2\delta = 12cm$. Oblicz długość fali użytego światła.

2.18. Jaki jest najwyższy rząd linii widma sodu $\lambda = 590\ nm$, który może być oglądany za pomocą siatki dyfrakcyjnej mającej 500 rys na 1mm?

$\lambda = 590\,nm$

$d = 1/500\ nm$

$$d \cdot \sin(Q) = k \cdot \lambda$$

$$k = \frac{d \sin(Q)}{\lambda}$$

dla k_{max} $\sin(Q) = 1$

$$k = \frac{d}{\lambda}$$

4.1. Wychodząc z prawa Plancka, wykazać słuszność Stefana-Boltzmana.

$$e(T) = \int_0^\infty \varepsilon(f,T)\,df \qquad \Omega_{\frac{1}{2}} = 2\pi$$

$$E(T) = \Omega_{\frac{1}{2}} \cdot e(t)$$

$$e(t) = \int_0^\infty \frac{2\pi h f^3}{c^2} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{hf}{kt}\right)-1} = \frac{2\pi h}{c^2}\int \frac{f}{\exp\left(\frac{hf}{kt}\right)-1} =$$

$$=$$

4.2. Wychodząc z prawa Plancka wykazać słuszność prawa przesunięć Wienna.

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{\nu} \qquad \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$d\nu = -\frac{c}{\lambda^2} \cdot d \cdot \lambda \qquad \left|\frac{d\nu}{d\lambda}\right| = \frac{c}{\lambda^2}$$

z prawa Plancka:

$$\varepsilon(\nu, T) = \frac{2\pi h}{c^2} \cdot \frac{\nu^3}{\exp\left(\frac{h\nu}{kt}\right)-1}$$

4.4. Jaką moc należy dostarczać kuli doskonale czarnej o promieniu $R=3\,cm$, aby jej temperatura wynosiła stale $T=30°C$. Temp. otoczenia $=20°C$. Zakładamy, że kula traci tylko energię promieniując.

$R=3\,cm$ $\quad P+P_2=P_1 \quad E(T)=\frac{dP(T)}{dS}=\sigma T^4$

$T_1=30°C \quad P=P_2-P_1 \quad dp(T)=\sigma T^4\,dS$

$T_2=20°C \quad P=\sigma T^4 S$

$$P_1=\sigma T_1^4\cdot 4\pi R^3$$

$$P_2=\sigma T_2^4\cdot 4\pi R^3$$

$$P=4\pi R^3\sigma\left(T_1^4-T_2^4\right)$$

4.5 Po jakim czasie temperatura kuli obniży się z temperatury T_1 do temperatury T_2. Gęstość kuli ρ_k, promień kuli $R = 0.1$, $T_1 = 1500K$, $T_2 = 300K$, $\sigma = 5{,}67$

$$E(T) = E_1 \cdot S_k \quad S_k = 4\pi R^2$$

$$E(T) = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

$$E(T) \cdot dt = -m c_k \cdot dt$$

$$dt = \frac{-m c_k \, dt}{E(t)} = \frac{-m c_k \, dT}{4\pi R^2 \sigma T^4}$$

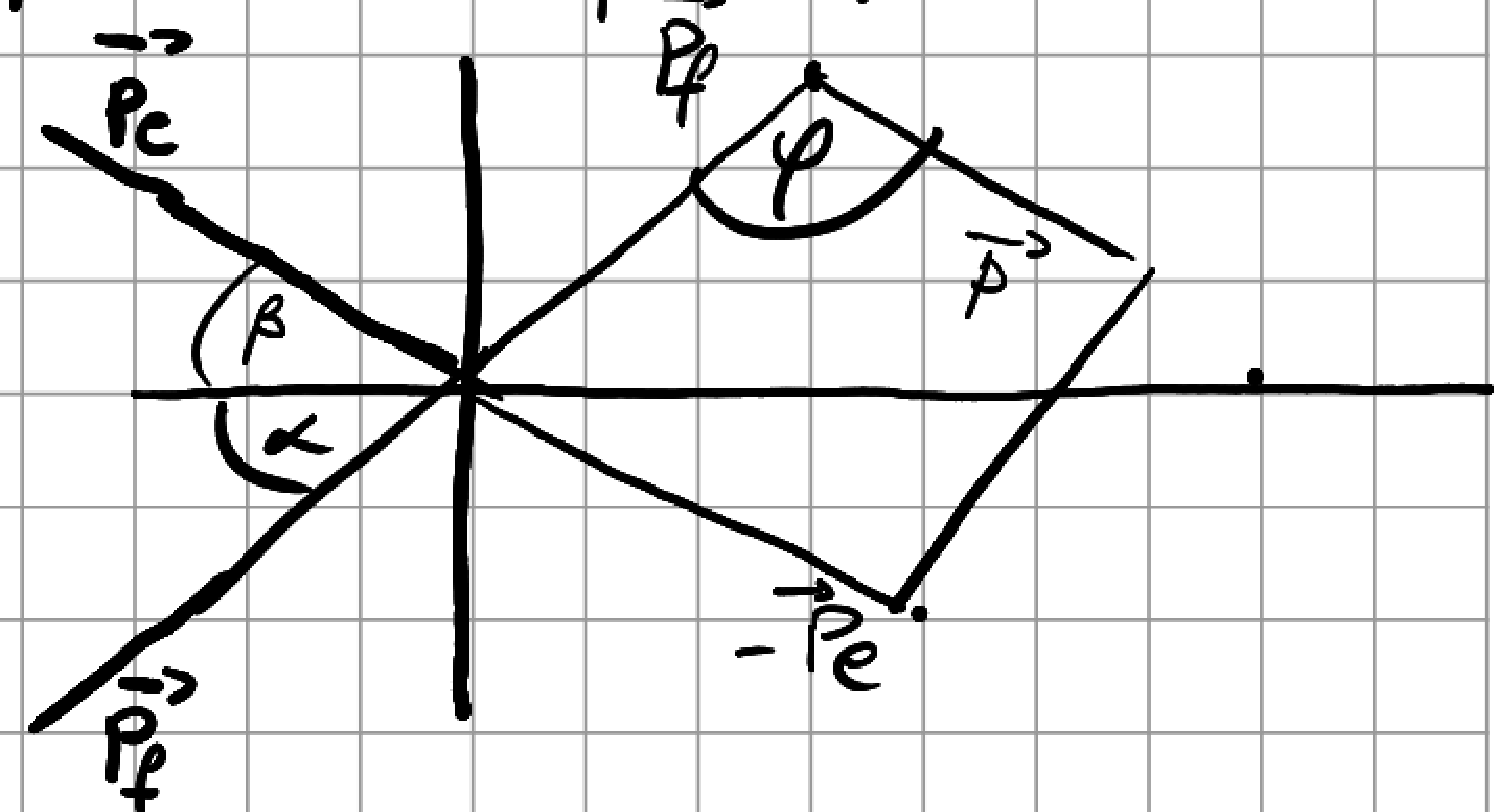
$$t = \int_0^t dt = \int_{T_1}^{T_2} \frac{-m c_k \, dt}{4\pi R^2 \sigma T^4} = \frac{m c_k}{4\pi R^2 \sigma} \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T^4} = -\frac{m c_k}{4\pi R^2 \sigma}$$

4.11. Na płytkę pod kątem α pada foton o długości λ i wybija z niej elektron. Znaleźć prędkość przekazu w tym procesie, jeśli fotoelektron wyleciał pod kątem β.

praca wyjścia - W

masa elektronu - m_e

prędkość światła - c



$\alpha + \beta + \varphi = \pi$

Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne

$$V = \frac{c}{\lambda} \quad E_f = h\nu, \; p_f = \frac{E_f}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}, \; p_e = m_e \cdot V_e$$

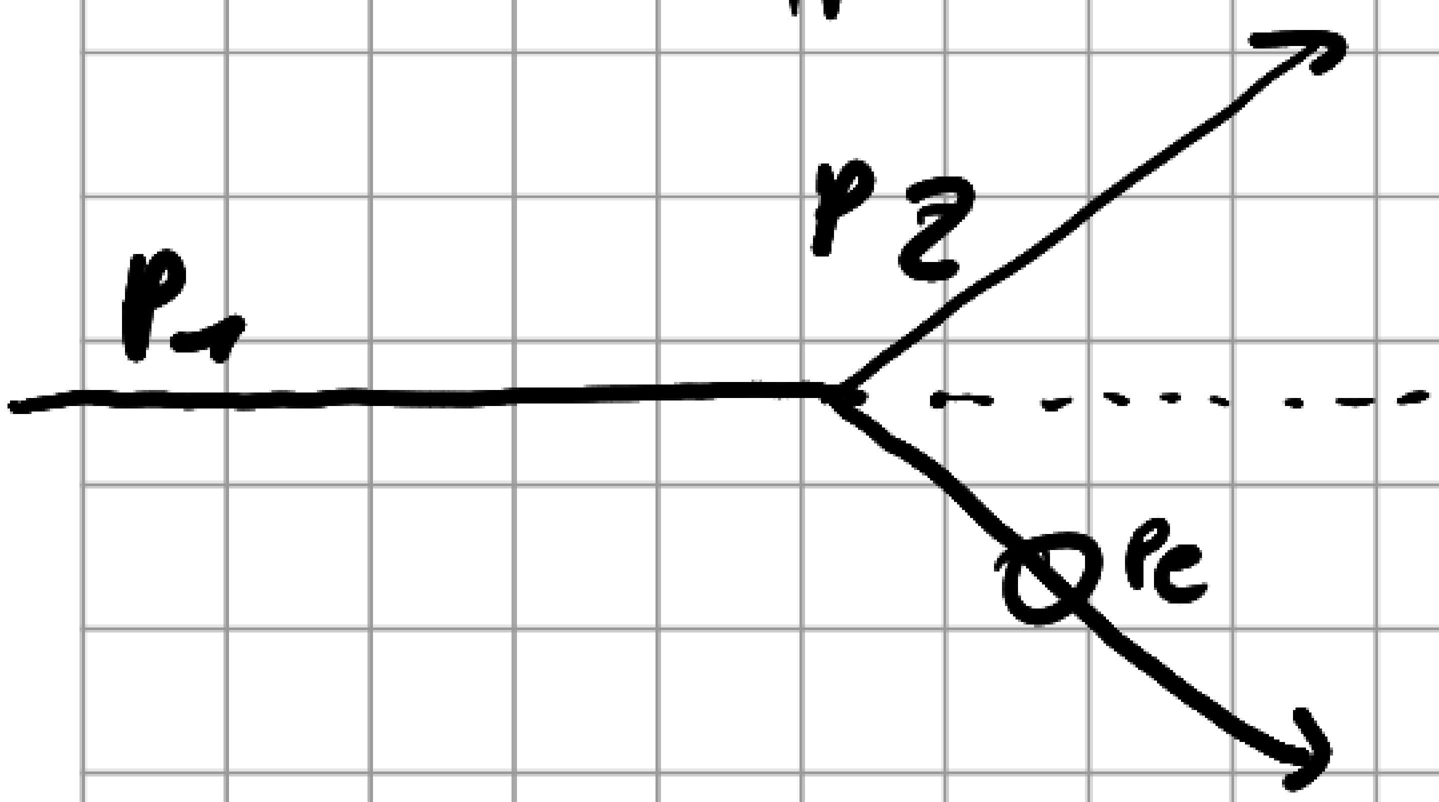
$$E_k = h\nu - W \Rightarrow h\nu = E_k + W$$

$$E_k = \frac{m_f \cdot V_e^2}{2} = \frac{p_e V_e}{2} = \frac{p_e^2}{2m_e}$$

$$p^2 = p_f^2 + p_e^2 - 2p_f \cdot p_e \cos\varphi$$

$$p^2 = p_f^2 + p_e^2 - 2p_f\, p_e \cos(\pi - (\alpha + \beta))$$

4.12. Wyprowadzenie równania Comptona.



$$p_f = \frac{E_f}{c} \Rightarrow E_f = p_f \cdot c$$

$$p_f = \frac{E_1}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

$$p_1 = p_2 + p_e$$

$$p_e^2 = p_1^2 + p_2^2 - 2 p_1 \cdot p_2 = p_1^2 + p_2^2 - 2 p_1 p_2 \cos\Theta$$

Z zasady zachowania energii:

$$p_1 c + E_0 = p_2 c + (E_0^2 + p_e^2 c^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$E_0^2 + c^2 (p_1 - p_2)^2 + 2 c E_0 (p_1 - p_2) = E_0 + p_e^2 c^2$$

$$p^2 = p_1^2 + p_2^2 - 2 p_1 p_2 + \frac{2 E_0 (p_1 - p_2)}{c}$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$\frac{E_0 (p_1 - p_2)}{c} = p_1 p_e (1 - \cos\Theta)$$

$$\lambda_2 - \lambda_1 = \frac{hc}{E_0} (1 - \cos\Theta) = \frac{hc}{mc^2} (1 - \cos\Theta)$$

$$\lambda_2 - \lambda_1 = \frac{h}{mc} (1 - \cos\Theta)$$

6.1. Wyznaczyć energię E_n i promień orbity r_n elektronu o masie $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ [kg] i ładunku elektrycznym $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ [C] na n-tej orbicie w atomie wodoru.

6.3. Wyznaczyć energię jonizacji atomu wodoru.

W jonizacji atomu wodoru

$$E_n = -E_0 \frac{1}{n^2} \qquad E_0 = \frac{me^5}{8\varepsilon^2 h^2}$$

$$\Delta E = E_0 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad \text{dla } n = \infty$$

$$\Delta E = \frac{E_0}{m^2}$$

$$W = \Delta E = \frac{E_0}{n^2} = E_0 = \frac{me^4}{8\varepsilon^2 h^2} \approx 13{,}59\,eV$$

7.2.

Oszacować energię minimalną E_{min} elektronu w atomie wodoru oraz jego odległość od jądra r opierajac się na relacji nieoznaczoności Heisenberga.

7.3. Udowodnij na gruncie mechaniki kwantowej, jeżeli pęd p cząsteczki posiada ściśle określoną wartość, to cząstkę można znaleźć z jednakowym prawdopodobieństwem w dowolnym punkcie przestrzeni.

7.4. Udowodnij na gruncie mechaniki kwantowej, że zasada Heisenberga wynika z dualizmu korpuskularno-falowego.

8.1. Sformułować równanie różniczkowe, które wiąże własności falowe i korpuskularne materii (równanie Schrodingera).

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}; \quad \Psi(x, \cancel{y, z}, t) = Ae^{i(kx-\omega t)}$$

$$p = \sqrt{p_x^2 + p_y^2 + p_z^2}; \quad p = \hbar k \Rightarrow k = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{h}{2\pi} = \frac{p}{\hbar}$$

$$E = E_k + U = \frac{p^2}{2m} + U$$

8.2. Cząstka o masie m w jednowymiarowej przestrzeni jest opisywana funkcją falową, gdzie a i C to stałe współczynniki.

$$\Psi(x) = C\exp\left(-\frac{a^2x^2}{2}\right),$$ gdzie a i C to stałe.

a) Wyznaczyć C zakładając, że a jest znane.

8.3. $\Psi(x) = A_n \sin\left(\frac{2\pi n}{L} x\right)$ jest zdefiniowana w obszarze $0 \leq x \leq L$. Skorzystaj z warunku normalizacji do obliczenia stałej A_n.

9.4. Oblicz, ile energii wydziela się podczas rozpadu $m = 1kg$ uranu $\left({}^{235}_{92}U\right)$. Jaką ilość węgla trzeba spalić, aby otrzymać taką samą ilość energii?

ciepło spalania węgla: $2{,}93 \cdot 10^7 \left[\frac{J}{kg}\right]$,

energia wydzielona z rozpadu 1 atomu uranu 200 MeV.

Liczba Avogadro $6.02 \cdot 10^{26} \frac{1}{kmol}$

masa molowa uranu $235 \frac{kg}{kmol}$

ciepło właściwe lodu $2.1 \frac{kJ}{kgK}$

ciepło topnienia lodu $335 \frac{kJ}{kg}$

9.11. Wykazać, że dla półprzewodnika domieszkowanego koncentracja elektronów i dziur spełnia następujące związki: $n = n_i \exp\left(\frac{\mu - \mu_i}{kT}\right)$ oraz prawo działania mas: $np = n_i^2$, gdzie μ_i i μ to równowagowe poziomy Fermiego odpowiednio dla półprzewodnika samoistnego i domieszkowanego