CENTRALNA
KOMISJA
EGZAMINACYJNA

# EGZAMIN MATURALNY

# W ROKU SZKOLNYM 2018/2019

# FIZYKA

POZIOM ROZSZERZONY

FORMUŁA OD 2015

(„NOWA MATURA”)

# ZASADY OCENIANIA ROZWIĄZAŃ ZADAŃ

ARKUSZ MFA-R1

**CZERWIEC 2019**

*Uwaga: Akceptowane są wszystkie odpowiedzi merytorycznie poprawne i spełniające warunki zadania.*

## Zadanie 1.1. (0–3)

**Schemat punktowania**

3 p. – prawidłowe obliczenie $v_x$ w $t$ = 5 s i $t$ = 12 s ruchu oraz prawidłowe narysowanie wykresu zależności $v_x$ od $t$.

2 p. – prawidłowa metoda obliczenia $v_x$ w $t$ = 5 s ruchu albo w $t$ = 12 s ruchu oraz narysowanie liniowego wzrostu (do t = 5 s) i zmniejszania się prędkości (od t = 5 s do t = 12 s) z uwzględnieniem jednakowych wartości przyspieszenia i opóźnienia.

1 p. – obliczenie maksymalnej wartości prędkości 10 m/s

*lub*

– narysowanie bez obliczeń liniowego wzrostu (do t = 5 s) i zmniejszania się prędkości (od t = 5 s do t = 12 s) z uwzględnieniem jednakowych wartości przyspieszenia i opóźnienia.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawne rozwiązanie**

Obliczymy zmiany prędkości (z uwzględnieniem znaku): przez pierwsze 5 sekund ruchu a następnie przez 7 kolejnych sekund ruchu (do 12 sekundy):

$$\Delta v_1 = a\Delta t_1 \quad \rightarrow \quad \Delta v_1 = 2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 5\ \mathrm{s} = 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

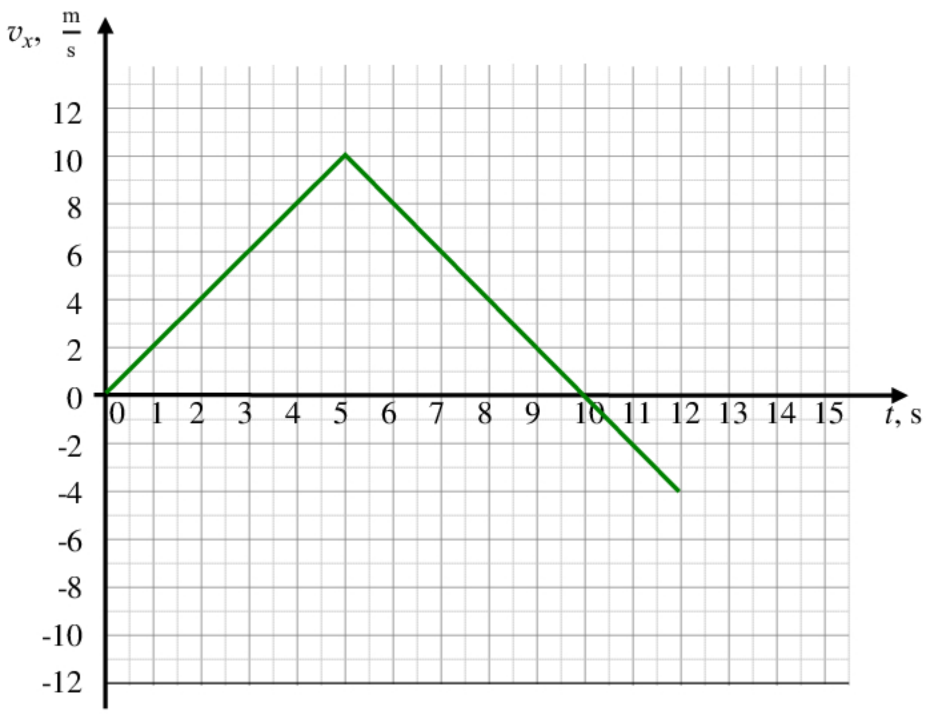
$$\Delta v_2 = a\Delta t_2 \quad \rightarrow \quad \Delta v_2 = -2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 7\ \mathrm{s} = -14\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Obliczymy prędkości w piątej i dwunastej sekundzie ruchu

$$v_1 = 0 + \Delta v_1 = 0 + 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$v_2 = v_1 - |\Delta v_2| = 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 14\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = -4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Sporządzamy kawałkami liniowy wykres.



## Zadanie 1.2. (0–3)

**Schemat punktowania**

3 p. – prawidłowe wszystkie podkreślenia dotyczące prędkości i prawidłowe wpisy dotyczące drogi przebytej w każdym przedziale czasu.

2 p. – prawidłowe podkreślenia w dotyczące prędkości w dwóch przedziałach czasu oraz prawidłowe wpisy dotyczące drogi przebytej w dwóch przedziałach czasu.

1 p. – prawidłowe podkreślenia dotyczące prędkości we wszystkich przedziałach czasu
*lub*
– prawidłowe wpisy dotyczące drogi przebytej we wszystkich przedziałach czasu
*lub*
– prawidłowe podkreślenie dotyczące prędkości w jednym przedziale czasu oraz poprawne określenie drogi przebytej w tym przedziale czasu.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawne rozwiązanie**

| Przedział czasu | Wartość prędkości | Droga $s$, m |
|---|---|---|
| $0\ \text{s} < t \leq 5\ \text{s}$ | *<u>rośnie</u> / maleje / pozostaje stała* | 25 m |
| $5\ \text{s} < t \leq 10\ \text{s}$ | *rośnie / <u>maleje</u> / pozostaje stała* | 25 m |
| $10\ \text{s} < t \leq 12\ \text{s}$ | *<u>rośnie</u> / maleje / pozostaje stała* | 4 m |

## Zadanie 2.1. (0–3)

**Schemat punktowania**

3 p. – prawidłowa metoda i prawidłowe obliczenie wartości siły $\vec{F}$.

2 p. – zapisanie warunku równowagi składowej poziomej sumy sił $\vec{F}$ i wzoru na siłę tarcia z uwzględnieniem w sile nacisku ciężaru składowej pionowej $\vec{F}$ – np. zapisanie równań (może być to pojedyncze równanie): $2F_{\parallel} = T_{s\,max}$ oraz $T_{s\,max} = \mu_s(mg - 2F_{\perp})$.

1 p. – zapisanie warunku równowagi sił z uwzględnieniem poziomej składowej siły $\vec{F}$ oraz z uwzględnieniem maksymalnej siły tarcia (np. zapisanie równania $2F_{\parallel} = T_{s\,max}$).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Podwojona wartość poziomej składowej siły, z jaką pracownik działa na skrzynię musi być równa maksymalnej wartości, jaką może osiągnąć siła tarcia statycznego:

$$2F_{\parallel} = T_{s\,max} \quad \rightarrow \quad 2F_{\parallel} = \mu_s N \quad \rightarrow \quad 2F\cos 25° = \mu_s N$$

gdzie $N$ jest wartością siły nacisku na podłoże:

$$N = mg - 2F_{\perp} = mg - 2F\sin 25°$$

Zatem:

$$2F\cos 25° = \mu_s(mg - 2F\sin 25°) \quad \rightarrow \quad 2F = \frac{\mu_s mg}{\cos 25° + \mu_s \sin 25°}$$

$$2F = \frac{0{,}6 \cdot 63 \cdot 9{,}81}{0{,}91 + 0{,}6 \cdot 0{,}42}\ \text{N} \approx 319\ \text{N} \approx 320\ \text{N} \quad \rightarrow \quad F \approx 160\ \text{N}$$

## Zadanie 2.2. (0–3)

**Schemat punktowania**

3 p. – prawidłowa metoda i prawidłowe obliczenie wartości przyspieszenia skrzyni: $a \approx 1{,}6\ \mathrm{m/s^2}$ lub $a \approx 1{,}5\ \mathrm{m/s^2}$.

2 p. – zapisanie II zasady dynamiki dla ruchu skrzyni w kierunku poziomym z uwzględnieniem poziomej składowej siły $\vec{F}$ i wzoru na siłę tarcia z uwzględnieniem w sile nacisku składowej pionowej siły $\vec{F}$.

1 p. – zapisanie II zasady dynamiki dla ruchu skrzyni w kierunku poziomym z uwzględnieniem poziomej składowej siły $\vec{F}$ oraz siły tarcia (np. zapisanie równania $ma = 2F_{\parallel} - T_k$).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Zapisujemy II zasadę dynamiki dla ruchu skrzyni w kierunku poziomym:

$$ma = 2F_{\parallel} - T_k$$

gdzie $T_k$ jest siłą tarcia równą

$$T_k = \mu_k N = \mu_k(mg - 2F_{\perp})$$

przy czym

$$F_{\parallel} = F\cos 25^\circ \qquad F_{\perp} = F\sin 25^\circ$$

Zapisujemy wszystko jednym równaniem

$$ma = 2F\cos 25^\circ - \mu_k(mg - 2F\sin 25^\circ)$$

$$a = \frac{320 \cdot 0{,}91 - 0{,}4 \cdot (63 \cdot 9{,}81 - 320 \cdot 0{,}42)}{63}\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \approx 1{,}55\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}} \approx 1{,}6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}$$

## Zadanie 2.3. (0–3)

**Schemat punktowania**

3 p. – prawidłowe obliczenie pracy w trzech punktach zadania.

2 p. – prawidłowe obliczenie pracy w dwóch punktach zadania.

1 p. – prawidłowe obliczenie pracy w jednym z punktów zadania.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie a)**

$$W_{2F} = 2Fs\cos 25^\circ \quad \rightarrow \quad W_{2F} = 320 \cdot 2 \cdot \cos 25^\circ\ \mathrm{J} \approx 582\ \mathrm{J}$$

**Przykładowe rozwiązanie b)**

$$W_T = T_k\, s\cos 180^\circ \quad \rightarrow \quad W_T = 193 \cdot 2 \cdot \cos 180^\circ\ \mathrm{J} \approx -386\ \mathrm{J}$$

**Przykładowe rozwiązanie c)**

Zmiana energii kinetycznej równa jest pracy siły wypadkowej, a praca siły wypadkowej jest równa sumie prac poszczególnych sił:

$$\Delta E_k = W_w \quad \rightarrow \quad E_k - 0 = W_{2F} + W_T = 582\ \mathrm{J} + (-386)\ \mathrm{J} = 196\ \mathrm{J}$$

lub równoważnie

$$\Delta E_k = W_w \quad \rightarrow \quad E_k - 0 = W_{2F-T} = (320 \cdot \cos 25^\circ - 193) \cdot 2 \approx 196\ \mathrm{J}$$

Zmianę energii kinetycznej można obliczyć bezpośrednio, z wykorzystaniem wyniku zadania 2.2., ponieważ jest ta sama dynamika ruchu:

$$\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 - 0 = \frac{1}{2}m \cdot (2as) = mas = 63\ \mathrm{kg} \cdot 1{,}55\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}} \cdot 2\ \mathrm{m} \approx 195\ \mathrm{J}$$

## Zadanie 3.1. (0–3)

**Schemat punktowania**

3 p. – prawidłowe wyprowadzenie wzoru na prędkość.

2 p. – prawidłowe zapisanie zasady zachowania energii z wykorzystaniem wzorów na: energię kinetyczną ruchu postępowego, energię kinetyczną ruchu obrotowego, energię potencjalną, oraz wykorzystanie związków: $v = \omega r$ i $I = kmr^2$

*lub*

– prawidłowe zapisanie II zasady dynamiki dla ruchu postępowego i obrotowego bryły z uwzględnieniem związku $a = \epsilon r$ , wzoru $I = kmr^2$ oraz wzorów z kinematyki ruchu jednostajnie przyspieszonego (np. $v^2 = 2as$).

1 p. – zapisanie zasady zachowania energii z uwzględnieniem energii kinetycznej ruchu postępowego oraz energii kinetycznej ruchu obrotowego bryły

*lub*

– zapisanie II zasady dynamiki dla ruchu postępowego i obrotowego bryły.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Sposób 1. (zasada zachowania energii)

Zapisujemy zasadę zachowania energii. Przyjmujemy, że zero energii potencjalnej dla każdej z brył jest na poziomie środka masy w chwili, gdy bryła dotyka linii $l_2$. Korzystamy też z warunku braku poślizgu, co określa związek $v = \omega r$.

$$E_{mech}(l_1) = E_{mech}(l_2) \quad \rightarrow \quad E_{pot\,1} + E_{kin\,calk\,1} = E_{pot\,2} + E_{kin\,calk\,2}$$

$$mgh + 0 = 0 + \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 \quad \rightarrow \quad mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kmr^2\omega^2$$

$$gh = \frac{1}{2}v^2 + \frac{1}{2}kv^2 \quad \rightarrow \quad 2gh = v^2 + kv^2 \quad \rightarrow \quad v^2 = \frac{2gh}{1+k}$$

$$v = \sqrt{\frac{2gh}{1+k}}$$

Sposób 2. (równania II zasady dynamiki)

Zapiszemy równania dynamiki ruchu bryły: II zasadę dynamiki dla ruchu postępowego punktu środka masy oraz II zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego względem środka masy. Uwaga, moment siły względem środka masy to moment siły tarcia statycznego (w ogólności siła ta nie osiąga wartości maksymalnej). Z równań tych wyznaczymy przyspieszenie liniowe bryły. Korzystamy też z warunku braku poślizgu, co określa związek $a = \epsilon r$:

$$\begin{cases} ma = mg\sin\alpha - T_s \\ I\epsilon = rT_s \end{cases} \rightarrow \begin{cases} ma = mg\sin\alpha - T_s \\ kmr^2\dfrac{a}{r} = rT_s \end{cases} \rightarrow \begin{cases} ma = mg\sin\alpha - T_s \\ T_s = kma \end{cases}$$

$$ma = mg\sin\alpha - kma \quad \rightarrow \quad a = g\sin\alpha - ka \quad \rightarrow \quad a = \frac{g\sin\alpha}{k+1}$$

Następnie skorzystamy z równań ruchu jednostajnie przyspieszonego. Drogę jaką przebywa bryła pomiędzy linią $l_1$ a linią $l_2$ oznaczymy $s$. Wtedy też $\sin\alpha = \frac{h}{s}$:

$$v^2 = 2as \quad \rightarrow \quad v^2 = 2\,\frac{g\sin\alpha}{k+1}s = \frac{2g\frac{h}{s}}{k+1}s = \frac{2gh}{k+1} \quad \rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2gh}{1+k}}$$

## Zadanie 3.2. (0–1)

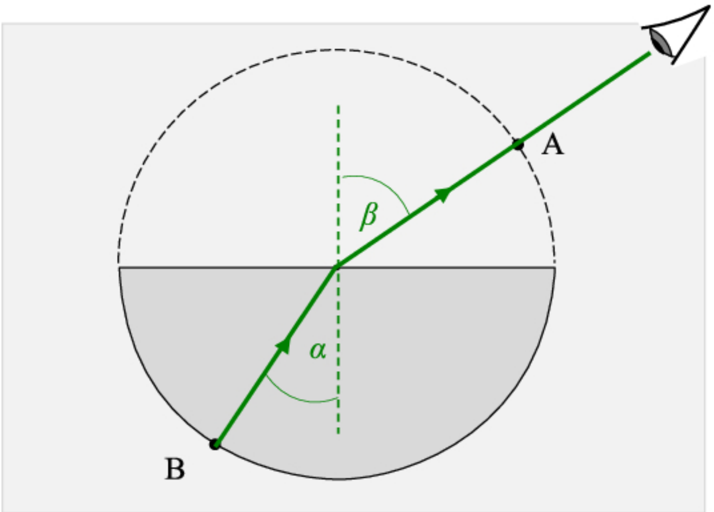
**Schemat punktowania**
1 p. – poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**
C

## Zadanie 4.1. (0–1)

**Schemat punktowania**
1 p. – prawidłowe narysowanie biegu promienia świetlnego oraz prawidłowe oznaczenia kątów.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawne rozwiązanie**




## Zadanie 4.2. (0–2)

**Schemat punktowania**
2 p. – prawidłowe nazwanie zjawiska oraz prawidłowe zapisanie warunku zajścia zjawiska.
1 p. – prawidłowe nazwanie zjawiska
*lub*
– prawidłowe zapisanie warunku zajścia zjawiska.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawne rozwiązanie**
Nazwa zjawiska: całkowite wewnętrzne odbicie.
Warunek zajścia zjawiska:

$$\alpha > \alpha_g \quad \text{gdzie} \quad \sin\alpha_g = \frac{1}{n} \qquad (\text{lub} \quad \alpha > \alpha_g \quad \text{gdzie} \quad \sin\alpha_g = \frac{n_p}{n_s})$$

Równoważny powyższemu zapis warunku:

$$\sin\alpha > \frac{1}{n} \qquad (\text{lub} \quad \sin\alpha > \frac{n_p}{n_s})$$

**Zadanie 4.3. (0–4)**

**a) (0–2)**
**Schemat punktowania**
2 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia współczynnika załamania światła szkła względem powietrza i prawidłowy wynik podany z dokładnością do trzech cyfr znaczących.
1 p. – prawidłowo zapisane równanie Snelliusa z poprawną identyfikacją kątów.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**
Określamy kąty padania i załamania: $\alpha_{szklo} = 30°$ $\beta_{pow} = 30° + 20° = 50°$. Zapisujemy prawo Snelliusa, z uwzględnieniem zwrotu biegu promienia światła. Niech $n = \frac{n_{szklo}}{n_{pow}}$, wtedy:

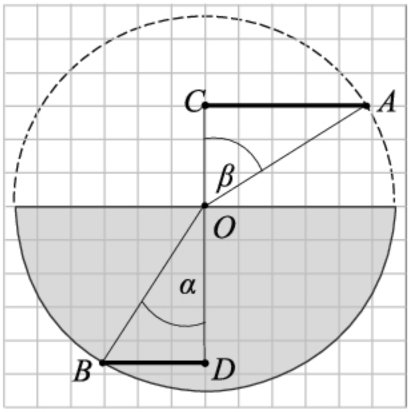
$$\frac{\sin\alpha_{szklo}}{\sin\beta_{pow}} = \frac{n_{pow}}{n_{szklo}} = \frac{1}{n} \quad \rightarrow \quad n = \frac{\sin\beta_{pow}}{\sin\alpha_{szklo}} \quad \rightarrow \quad n = \frac{\sin 50°}{\sin 30°} \approx \frac{0{,}766}{0{,}500} \approx 1{,}53$$

**b) (0–2)**
**Schemat punktowania**
2 p. – prawidłowa metoda obliczenia prędkości światła w szkle i prawidłowy wynik podany z dokładnością do trzech cyfr znaczących.
1 p. – prawidłowe zapianie związków między prędkościami światła w ośrodkach i bezwzględnymi współczynnikami załamania światła w ośrodkach (lub względnym współczynnikiem załamania).
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**
Zapisujemy związek pomiędzy prędkościami światła w powietrzu i szkle a współczynnikami załamania światła w ośrodkach: Niech $n = \frac{n_{szklo}}{n_{pow}}$, wtedy:

$$\frac{c}{v_p} = \frac{n_{szklo}}{n_{pow}} = n \quad \rightarrow \quad v_p = \frac{c}{n} \quad \rightarrow \quad v_p = \frac{299\,700}{1{,}53}\,\frac{\text{km}}{\text{s}} \approx 196\,000\,\frac{\text{km}}{\text{s}}$$

**Zadanie 4.4. (0–2)**




**Schemat punktowania**
2 p. – prawidłowe wyprowadzenie wzoru $n = \frac{|CA|}{|BD|}$.
1 p. – prawidłowe zapisane równania Snelliusa z zapisem sinusów jako stosunków długości odpowiednich odcinków.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Zapiszemy prawo Snelliusa: $n = \frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$

Sinusy kątów $\alpha$ i $\beta$ wyrazimy stosunkami odpowiednich odcinków:

$$n = \frac{\frac{|CA|}{|OA|}}{\frac{|BD|}{|OB|}}$$

Uwzględniamy fakt, że $|OB| = |OA| = r$:

$$n = \frac{\frac{|CA|}{r}}{\frac{|BD|}{r}} \quad \rightarrow \quad n = \frac{|CA|}{|BD|}$$

## Zadanie 5.1. (0–1)

**Schemat punktowania**
1 p. – poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**
1. **P** 2. **F** 3. **F**

## Zadanie 5.2. (0–1)

**Schemat punktowania**
1 p. – poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**
B

## Zadanie 5.3. (0–1)

**Schemat punktowania**
1 p. – poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**
C3

## Zadanie 6.1. (0–3)

**a) (0–2)**
**Schemat punktowania**
2 p. – prawidłowa metoda obliczenia prędkości dźwięku w powietrzu o temperaturze 20 °C oraz prawidłowy wynik z jednostką podany z dokładnością do 4 cyfr znaczących.
1 p. – prawidłowe zastosowanie podanego wzoru z uwzględnieniem temperatury wyrażonej w kelwinach.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

$$t = 20\ ^\circ\mathrm{C} \quad \rightarrow \quad T = 293{,}15\ \mathrm{K}$$

$$v_T = v_0\sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad \rightarrow \quad v_T = 331{,}8 \cdot \sqrt{\frac{293{,}15}{273{,}15}}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \quad \rightarrow \quad v_T \approx 343{,}7\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

**b) (0–1)**
**Schemat punktowania**
1 p. – prawidłowe obliczenie różnicy procentowej otrzymanego wyniku z wartością prędkości podaną w tabeli.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Przykładowe rozwiązanie**

$$\frac{v_{T\ wzor}}{v_{T\ tabela}} = \frac{343{,}7}{343{,}8} \approx 0{,}9997 = 1 - 0{,}0003 \quad \rightarrow \quad |\Delta v_T| \approx 0{,}03\%\ v_{T\ tabela}$$

*Uwaga: jeżeli w obliczeniach nie korzysta się z przybliżenia wyniku w pkt a), to:*

$$\frac{v_{T\ wzor}}{v_{T\ tabela}} = \frac{331{,}8}{343{,}8} \cdot \sqrt{\frac{293{,}15}{273{,}15}}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 0{,}9998 = 1 - 0{,}0002 \quad \rightarrow \quad |\Delta v_T| \approx 0{,}02\%\ v_{T\ tabela}$$

**Zadanie 6.2. (0–3)**

**Schemat punktowania**

3 p. – prawidłowa metoda wyprowadzenia wzoru, z wykorzystaniem związków 1)–3).

2 p. – wykorzystanie równania stanu gazu doskonałego, zapisanie wzoru na prędkość dźwięku w temperaturze 0 °C z uwzględnieniem parametrów $p_0$ i $\rho_0$ oraz zapisanie związku pomiędzy gęstością, masą molową, liczbą moli i objętością

*lub*

– wykorzystanie równania stanu gazu doskonałego, zapisanie wzoru na prędkość dźwięku w temperaturze 0 °C z uwzględnieniem parametrów $p_0$ i $\rho_0$ oraz stwierdzenie, że stosunek $\frac{p}{\rho}$ jest proporcjonalny do *T*.

1 p. – wykorzystanie równania stanu gazu doskonałego oraz zapisanie wzoru na prędkość dźwięku w temperaturze 0 °C z uwzględnieniem parametrów $p_0$ i $\rho_0$ (drugie równanie w punkcie 2) poniżej).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Wypiszemy wszystkie równania, z których wolno nam skorzystać, aby uzyskać równanie, które jest tezą do wykazania.

1) Równanie stanu gazu doskonałego:

$$pV = nRT$$

2) Podany wzór na prędkość dźwięku w temperaturze *T* i w temperaturze $T_0$:

$$v_T = \sqrt{\frac{pk}{\rho}} \qquad v_0 = \sqrt{\frac{p_0 k}{\rho_0}}$$

3) W równaniu 2) widzimy gęstość, a w równaniu 1) liczbę moli. Musimy więc powiązać obie wielkości. Wykorzystamy definicję masy molowej $\mu$ oraz definicję gęstości $\rho$:

$$\begin{cases} \mu = \frac{m}{n} \\ \rho = \frac{m}{V} \end{cases} \quad \rightarrow \quad \frac{\mu}{\rho} = \frac{V}{n}$$

Wyprowadzamy wzór.

Z równań 2) otrzymujemy:

$$\frac{v_T}{v_0} = \sqrt{\frac{p}{\rho}}\sqrt{\frac{\rho_0}{p_0}}$$

Z równań 1) i 3) mamy:

$$pV = nRT \quad \rightarrow \quad p\frac{V}{n} = RT \quad \xrightarrow{3)} \quad p\frac{\mu}{\rho} = RT \quad \rightarrow \quad \frac{p}{\rho} = \frac{RT}{\mu}$$

Zatem:

$$\frac{v_T}{v_0} = \sqrt{\frac{RT}{\mu}}\sqrt{\frac{\mu}{RT_0}} = \sqrt{\frac{T}{T_0}} \qquad \rightarrow \qquad v_T = v_0\sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

## Zadanie 7.1. (0–2)

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowe metoda wyznaczenia amplitudy napięcia na uzwojeniu wtórnym oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

1 p. – prawidłowe zastosowanie równania dla transformatora idealnego i wyznaczenie wartości napięcia skutecznego na uzwojeniu wtórnym.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Zastosujemy wzór dla transformatora idealnego, wiążący napięcia i liczby zwojów na obu uzwojeniach (indeks $_1$ dotyczy uzwojenia pierwotnego, a indeks $_2$ dotyczy uzwojenia wtórnego), w celu wyznaczenia napięcia skutecznego na uzwojeniu wtórnym:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad \rightarrow \quad \frac{230\ \mathrm{V}}{U_{2\,sk}} = \frac{1500}{120} \quad \rightarrow \quad U_{2\,sk} = 18{,}4\ \mathrm{V}$$

Następnie wyznaczamy amplitudę napięcia (napięcie maksymalne) na uzwojeniu wtórnym:

$$U_{2\,max} = \sqrt{2}\, U_{2\,sk} \quad \rightarrow \quad U_{2\,max} = \sqrt{2} \cdot 18\ \mathrm{V} = 26\ \mathrm{V}$$

## Zadanie 7.2. (0–2)

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowa metoda wyznaczenia natężenia skutecznego prądu płynącego przez odbiornik.

1 p. – prawidłowe zastosowanie wzoru ($I_1U_1 = I_2U_2$) wynikającego z zasady zachowania energii dla transformatora idealnego oraz zastosowanie wzoru dla transformatora idealnego, wiążącego napięcia i liczby zwojów na obu uzwojeniach ($n_2U_1 = n_1U_2$) – zapis może być w formie pojedynczego równania: $n_1I_1 = n_2I_2$.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Wykorzystamy własność transformatora idealnego – energia w ustalonej jednostce czasu przekazywana jest pomiędzy uzwojeniami bez strat, co oznacza równość mocy:

$$P_1 = P_2 \quad \rightarrow \quad I_1U_1 = I_2U_2 \quad \rightarrow \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1}$$

Następnie zastosujemy wzór dla transformatora idealnego, wiążący napięcia i liczby zwojów na obu uzwojeniach (indeks $_1$ dotyczy uzwojenia pierwotnego, a indeks $_2$ dotyczy uzwojenia wtórnego):

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad \rightarrow \quad \frac{I_{2\,sk}}{I_{1\,sk}} = \frac{1500}{120} = 12{,}5 \quad \rightarrow \quad I_{2\,sk} = 12{,}5 \cdot 0{,}15\ \mathrm{A} = 1{,}875\ \mathrm{A} \ \approx 1{,}9\ \mathrm{A}$$

## Zadanie 7.3. (0–3)

**Schemat punktowania**

3 p. – narysowanie wykresu o charakterze jednopołówkowym z poprawnie wyznaczonym okresem oraz z poprawnie oznaczoną maksymalną wartością napięcia.

2 p. – narysowanie wykresu o charakterze jednopołówkowym z poprawnie wyznaczonym okresem lub z poprawnie oznaczoną maksymalną wartością napięcia.

1 p. – narysowanie wykresu o charakterze jednopołówkowym
*lub*
– wyznaczenie okresu zmienności napięcia.

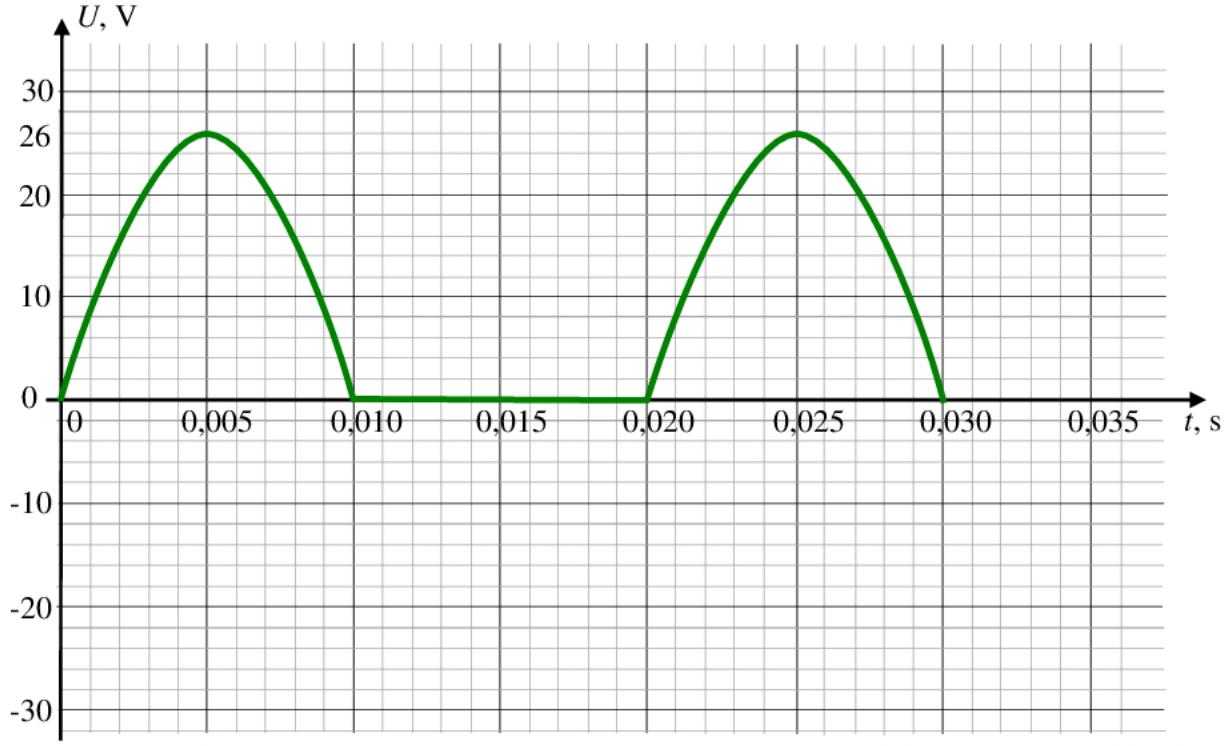
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawne rozwiązanie**

Napięcie maksymalne na końcach A i B opornika wynosi $U_{2\,max} = \sqrt{2} \cdot 18\ \text{V} = 26\ \text{V}$.
Wyznaczamy okres zmienności napięcia na obu uzwojeniach:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50\ \text{Hz}} = 0{,}02\ \text{s}$$

Sporządzamy wykres napięcia na końcach opornika. Uwzględniamy działanie diody powodujące, że prąd nie płynie przez odbiornik w kierunku zaporowym diody (przez połowę okresu).




*Uwaga, prawidłowe rozwiązania to także: co pół okresu „garb w dół/zero/garb w dół” lub „zero/garb w górę/zero” lub „zero/garb w dół/zero”.*

## Zadanie 7.4. (0–1)

**Schemat punktowania**

1 p. – poprawna odpowiedź.

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**

D

## Zadanie 8. (0–4)

**a) (0–2)**

**Schemat punktowania**

2 p. – prawidłowa metoda i prawidłowe wyprowadzenie wzoru pozwalającego wyznaczyć $M$ z parametrów orbitalnych.

1 p. – zapisanie siły grawitacji jako siły dośrodkowej oraz skorzystanie ze wzoru na wartość prędkości liniowej albo prędkości kątowej w ruchu jednostajnym po okręgu.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Sposób 1.

Zapiszemy siłę grawitacji jako siłę dośrodkową i wykorzystamy wzór na wartość prędkości w ruchu jednostajnym po okręgu:

$$\begin{cases} \frac{mv^2}{r} = \frac{GmM}{r^2} \\ v = \frac{2\pi r}{T} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} v^2 = \frac{GM}{r} \\ v = \frac{2\pi r}{T} \end{cases} \rightarrow \left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 = \frac{GM}{r} \rightarrow M = \frac{4\pi^2}{G}\frac{r^3}{T^2}$$

Sposób 2.

Zapiszemy siłę grawitacji jako siłę dośrodkową i wykorzystamy wzór na wartość prędkości kątowej ruchu jednostajnym po okręgu:

$$\begin{cases} m\omega^2 r = \frac{GmM}{r^2} \\ \omega = \frac{2\pi}{T} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \omega^2 = \frac{GM}{r^3} \\ \omega = \frac{2\pi}{T} \end{cases} \rightarrow \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{GM}{r^3} \rightarrow M = \frac{4\pi^2}{G}\frac{r^3}{T^2}$$

**b) (0–2)**

**Schemat punktowania**

2 p. – wpisanie nazw odpowiednich planet we wszystkich wierszach oraz prawidłowe obliczenia ilorazów $\frac{r^3}{T^2}$ umożliwiające identyfikacje planet.

1 p. – wpisanie nazw odpowiednich planet we wszystkich wierszach bez obliczeń

*lub*

– wpisanie odpowiednich planet w dwóch wierszach wynikające z obliczeń ilorazów $\frac{r^3}{T^2}$.

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Poprawne rozwiązanie**

| | **Promień orbity satelity, tys. km** | **Okres obiegu dookoła planety, dni** | **Planeta macierzysta, Jowisz albo Saturn** |
|---|---|---|---|
| 1. | 295 | 1,89 | *Saturn* |
| 2. | 422 | 1,77 | *Jowisz* |
| 3. | 671 | 3,55 | *Jowisz* |
| 4. | 3560 | 79,3 | *Saturn* |

*Obliczenia*

Ponieważ $\frac{r^3}{T^2} \sim M$ to wystarczy porównać ilorazy $\frac{r^3}{T^2}$ obliczone z danych w tabeli – większa wartość ilorazu odpowiada Jowiszowi:

$\frac{r_J^3}{T_J^2} \approx 24 \cdot 10^6 \ \frac{(\text{tys. km})^3}{\text{dni}^2}$ (wiersze 2. i 3.), $\frac{r_S^3}{T_S^2} \approx 7{,}2 \cdot 10^6 \ \frac{(\text{tys. km})^3}{\text{dni}^2}$ (wiersze 1. i 4.)

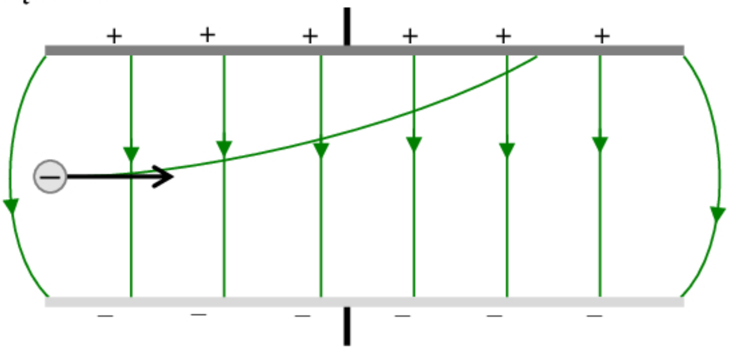
## Zadanie 9.1. (0–1)

**Schemat punktowania**

1 p. – prawidłowe naszkicowanie toru ruchu cząstki oraz prawidłowe narysowanie linii pola elektrycznego (efekty brzegowe nie muszą być uwzględniane).

0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Przykładowe rozwiązanie**




## Zadanie 9.2. (0–3)

**Schemat punktowania**

3 p. – prawidłowa metoda obliczenia czasu oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.

2 p. – skorzystanie ze wzoru na drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym oraz skorzystanie z drugiej zasady dynamiki i wyrażenie siły elektrycznej przez napięcie.

1 p. – skorzystanie ze wzoru na drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym oraz skorzystanie z drugiej zasady dynamiki (np. zapisanie $s_y = \frac{1}{2}at^2$ oraz $a = \frac{F_{el}}{m}$)

*lub*

– skorzystanie z drugiej zasady dynamiki i wyrażenie siły elektrycznej przez napięcie (np. zapisanie $ma = \frac{qU}{d}$ ).

0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**

Przyjmujemy, że drobina porusza się w jednorodnym polu elektrycznym, a zatem działa na nią stała siła – dlatego rzut ruchu drobiny w kierunku linii pola jest jednostajnie przyspieszony. Droga przebyta w kierunku pionowym (tzn. w kierunku linii pola) wynosi około *d*/2, zatem:

$$s_y = \frac{d}{2} = \frac{1}{2}at^2 \qquad \rightarrow \qquad t = \sqrt{\frac{d}{a}}$$

Siła działająca na drobinę w jednorodnym polu elektrycznym ma wartość:

$$F = qE \qquad \text{przy czym} \qquad E = \frac{U}{d}$$

W związku z powyższym i na mocy II zasady dynamiki, przyspieszenie drobiny jest równe:

$$a = \frac{F}{m} \qquad \rightarrow \qquad a = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md}$$

Obliczamy czas ruchu drobiny

$$t = \sqrt{\frac{d}{a}} = \sqrt{\frac{d^2m}{qU}} \quad \rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{25^2 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-14}}{10^{-12} \cdot 50 \cdot 10^3}}\ \mathrm{s} \approx \sqrt{1{,}25 \cdot 10^{-10}}\ \mathrm{s} \approx 1{,}1 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{s}$$

$$t \approx 10^{-5}\ \mathrm{s}$$

## Zadanie 10.1. (0–1)

**Schemat punktowania**
1 p. – poprawna odpowiedź.
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawna odpowiedź**
A2

## Zadanie 10.2. (0–2)

**Schemat punktowania**
2 p. – prawidłowa metoda obliczenia energii fotonu oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
1 p. – skorzystanie z zasady zachowania energii dla układu atom – foton oraz skorzystanie ze wzoru na energię elektronu w atomie wodoru.
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**
Obliczamy energię emitowanego fotonu – zgodnie z zasadą zachowania energii jest ona równa różnicy energii jaką ma elektron na drugim i pierwszym poziomie energetycznym:

$$E_{fot\,21} = E_{el\,2} - E_{el\,1} \qquad \text{gdzie} \qquad E_{el\,n} = -\frac{13{,}6\ \text{eV}}{n^2}$$

$$E_{fot\,21} = -\frac{13{,}6\ \text{eV}}{2^2} - \left(-\frac{13{,}6\ \text{eV}}{1^2}\right) = -3{,}4\ \text{eV} + 13{,}6\ \text{eV} = 10{,}2\ \text{eV} = 16{,}32 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

## Zadanie 11. 1. (0–3)

**Schemat punktowania**
3 p. – prawidłowa metoda obliczenia energii kinetycznej oraz prawidłowy wynik liczbowy z jednostką.
2 p. – zastosowanie zasady zachowania energii z uwzględnieniem wzoru Einsteina na energię spoczynkową oraz prawidłowe podstawienie wszystkich danych liczbowych do odpowiedniego równania.
1 p. – zastosowanie zasady zachowania energii z uwzględnieniem wzoru Einsteina na energię spoczynkową (punktowany jest także ogólny zapis wzoru na energię kinetyczną produktów, np.: $E_{kin\,c} = (m_{substr} - m_{prod})c^2$ – we wzorze musi pojawić się energia kinetyczna oraz różnica mas substratów i produktów).
0 p. – brak spełnienia powyższych kryteriów.

**Przykładowe rozwiązanie**
Korzystamy z zasady zachowania energii oraz wzoru Einsteina na energię spoczynkową. Energia całkowita substratów (spoczynkowa oraz kinetyczna) jest równa energii całkowitej produktów reakcji. Zapisujemy bilans energii, przekształcamy i podstawiamy wartości liczbowe:

$$E_{kin\,sub} + E_{spocz\,sub} = E_{kin\,prod} + E_{spocz\,prod}$$

$$E_{kin\,sub} + m_n c^2 + m_U c^2 = E_{kin\,prod} + m_{Ba} c^2 + m_{Kr} c^2 + 3m_n c^2$$

$$0 + m_U c^2 = E_{kin\,prod} + m_{Ba} c^2 + m_{Kr} c^2 + 2m_n c^2$$

$$E_{kin\,prod} = m_U c^2 - m_{Ba} c^2 - m_{Kr} c^2 - 2m_n c^2 = (m_U - m_{Ba} - m_{Kr} - 2m_n)c^2$$

$$E_{kin\,prod} = (390{,}29 - 233{,}99 - 152{,}65 - 2 \cdot 1{,}675) \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2\ \text{J}$$

$$E_{kin\,prod} = 0{,}3 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2{,}7 \cdot 10^{-11}\ \text{J} = 1{,}69 \cdot 10^8\ \text{eV} \approx 170\ \text{MeV}$$

## Zadanie 11.2. (0–1)

**Schemat punktowania**
1 p. – prawidłowe zapisanie reakcji
0 p. – brak spełnienia powyższego kryterium.

**Poprawne rozwiązanie**

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 2\,{}^{1}_{0}n $$