

MATURA Z FIZYKI · POZIOM ROZSZERZONY

ZADANIA

10 zadań na każdy klucz — w formacie maturalnym

Po 10 zadań treningowych na każdy klucz — w formacie maturalnym (ABCD, prawda/fałsz, odpowiedź krótka, zadania otwarte z punktacją), od łatwych do wymagających.

25

kluczy

250

zadań treningowych

100%

z rozwiązaniami

Analiza: majowe arkusze CKE 2022–2026 (5 arkuszy, Formuła 2023), fizyka — poziom rozszerzony. Zadania treningowe są autorskie i odwzorowują typy umiejętności — nie są kopiami zadań CKE.

Jak pracować z zadaniami

Zadania są ułożone **progresywnie**: od rozpoznania schematu (★☆☆) przez standard maturalny (★★★) do zadań wymagających (★★★★). Przy każdym zadaniu podano typ i liczbę punktów, jak w arkuszu CKE.

- **Zamknięte (ABCD) i prawda/fałsz** — 1 pkt; w P/F punkt tylko za komplet poprawnych ocen.
- **Odpowiedź krótka** — wpisz sam wynik (czasem z krótkim uzasadnieniem).
- **Otwarte** — zapisz pełne rozwiązanie w kratce; porównaj je potem ze **schematem punktowania** w pliku rozwiązań.

Odpowiedzi skrócone znajdziesz na końcu pliku — celowo oddzielone od zadań, żeby nie podglądać.

Spis treści

FZ01	Kinematyka i wykresy ruchu
FZ02	Rzuty i spadek swobodny
FZ03	Zasady dynamiki, tarcie i równia
FZ04	Opory ruchu, prędkość graniczna i hydrostatyka
FZ05	Praca, moc i zasada zachowania energii
FZ06	Pęd, popęd i zderzenia
FZ07	Ruch po okręgu i siła dośrodkowa
FZ08	Bryła sztywna: moment siły, toczenie, energia obrotowa
FZ09	Równowaga ciał i środek masy
FZ10	Grawitacja, satelity i prawa Keplera
FZ11	Drgania harmoniczne
FZ12	Fale mechaniczne, interferencja i fale stojące
FZ13	Dźwięk: natężenie i efekt Dopplera
FZ14	Gaz doskonały i przemiany gazowe
FZ15	Pierwsza zasada termodynamiki, ciepło i cykle
FZ16	Elektrostatyka: prawo Coulomba i natężenie pola
FZ17	Potencjał, napięcie, praca pola i kondensatory
FZ18	Prąd stały: obwody, opór i moc
FZ19	Pole magnetyczne: siła Lorentza i elektrodynamiczna
FZ20	Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny
FZ21	Optyka geometryczna: załamanie i soczewki
FZ22	Optyka falowa: interferencja, dyfrakcja, polaryzacja
FZ23	Szczególna teoria względności
FZ24	Fizyka kwantowa i atomowa
FZ25	Fizyka jądrowa: rozpady, energia wiązania, prawo rozpadu

🔑 Dwa ciała → dwa równania ruchu; „największa odległość” = równe prędkości.

FZ01.1 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★☆☆

0-2 pkt

Ciało rusza z prędkością $v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ i porusza się ze stałym przyśpieszeniem $a = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Oblicz drogę przebytą w ciągu pierwszych 4 s.

FZ01.2 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0–2 pkt

Samochód hamuje ze stałym opóźnieniem z prędkości $108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ i zatrzymuje się po przebyciu **90 m**. Oblicz wartość opóźnienia.

FZ01.3 ZAMKNIETE ★☆☆

0–1 pkt

Ciało przez pierwsze **4** s rozpędza się jednostajnie od **0** do **$12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$** , a następnie przez **6** s jedzie ze stałą prędkością **$12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$** . Droga przebyta w ciągu tych **10** s jest równa:

- A. 120 m** **B. 108 m** **C. 96 m** **D. 72 m**

FZ01.4 PRAWDA / FAŁSZ ★★★

0–1 pkt

Na wykresie zależności prędkości od czasu pewnego ciała odcinek od **0** do **5** s jest nachylony w górę (od **0** do **10 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$**), a od **5** s do **9** s — w dół (od **10 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$** do **0**). Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1.	Wartość przyspieszenia w pierwszym etapie wynosi $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.	P	F
2.	Wartość przyspieszenia w drugim etapie jest mniejsza niż w pierwszym.	P	F
3.	Łączna droga przebyta przez ciało wynosi 45 m.	P	F

FZ01.5 OTWARTE ★★☆☆

0–2 pkt

Ciało porusza się po prostej: przez **6 s** jedzie ze stałą prędkością **$5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$** w prawo, a potem przez **4 s** ze stałą prędkością **$5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$** w lewo. Oblicz drogę i wartość przemieszczenia ciała.

FZ01.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Dwa pociągi jadą po równoległych torach w tę samą stronę: pierwszy z prędkością $30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, drugi z prędkością $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Długość pierwszego pociągu to **150 m**. Oblicz czas, w jakim pierwszy pociąg wyprzedzi (minie) stojącego przy torze obserwatora oraz czas, w jakim wyprzedzi cały drugi pociąg o długości **250 m**.

FZ01.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Winda rusza z przyspieszeniem $1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ przez **3 s**, potem jedzie ze stałą prędkością przez **8 s** i wreszcie hamuje jednostajnie, zatrzymując się po **2 s**. Oblicz całkowitą drogę przebytą przez windę.

FZ01.8 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Z punktu **A** wyrusza rowerzysta ze stałą prędkością $6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. W tej samej chwili z punktu **B**, odległego o **600 m**, wyrusza mu naprzeciw biegacz z prędkością $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Oblicz, po jakim czasie i w jakiej odległości od **A** się spotkają.

FZ01.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Motocykl rusza z miejsca ze stałym przyśpieszeniem $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ w chwili, gdy mija go rower jadący ze stałą prędkością $8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Oblicz największą odległość, o jaką rower wyprzedzi motocykl, oraz prędkość motocykla w chwili dogonienia roweru.

FZ01.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Ciało porusza się prostoliniowo z przyśpieszeniem $a = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, startując ze spoczynku. Wykaż, że drogi przebyte w kolejnych sekundach ruchu mają się do siebie jak $1 : 3 : 5 : 7$, i oblicz drogę przebytą w czwartej sekundzie ruchu.

FZ02.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Piłkę wyrzucono pionowo w górę z prędkością $v_0 = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ z wysokości $h_0 = 10 \text{ m}$ ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$). Oblicz czas, po którym piłka spadnie na ziemię.

FZ02.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Ciało wyrzucono pionowo w górę z prędkością v_0 . Wykaż, że czas wznoszenia jest równy czasowi spadania do poziomu wyrzutu, a prędkość powrotu ma tę samą wartość co v_0 (opory pomijamy).

FZ02.8 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Ciało rzucono ukośnie z prędkością $v_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ pod kątem 30° do poziomu ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$). Oblicz maksymalną wysokość i zasięg rzutu.

FZ02.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Z balkonu na wysokości h_0 upuszczono swobodnie kamień, który spadał przez 2 s. Drugi kamień rzucono w dół z tej samej wysokości z prędkością $v_0 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Oblicz h_0 oraz czas spadania drugiego kamienia ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$).

FZ02.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Ze szczytu wieży o wysokości H wyrzucono pionowo w górę kulkę z prędkością $v_0 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Kulka uderzyła w ziemię z prędkością o wartości $30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$). Oblicz wysokość wieży i całkowity czas lotu.

FZ03

🔑 Każde ciało osobno, osie wzdłuż ruchu, tarcie zawsze przeciwnie do ruchu.

FZ03.1 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0–2 pkt

Na ciało o masie **4** kg działają dwie siły poziome o wartościach **12** N i **4** N, skierowane przeciwnie. Oblicz wartość przyspieszenia ciała.

FZ03.2 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0–2 pkt

Klocek o masie **5 kg** ciągnięty jest po poziomej podłodze ze stałą prędkością siłą poziomą **10 N**. Oblicz współczynnik tarcia kinetycznego ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$).

FZ03.3 ZAMKNIĘTE ★★☆☆

0–1 pkt

Ciało zsuwa się ruchem jednostajnym po równi nachylonej pod kątem α . Współczynnik tarcia jest wtedy równy:

A. $\operatorname{tg} \alpha$ B. $\sin \alpha$ C. $\cos \alpha$ D. $\operatorname{ctg} \alpha$

FZ03.4 PRAWDA / FAŁSZ ★★☆☆

0–1 pkt

Książka leży nieruchomo na stole. Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1.	Siła grawitacji działająca na książkę i siła nacisku książki na stół są przyłożone do tego samego ciała.	P	F
2.	Siła reakcji stołu równoważy siłę grawitacji działającą na książkę.	P	F
3.	Siła wypadkowa działająca na książkę jest równa zero.	P	F

FZ03.5 OTWARTE ★★☆☆

0–2 pkt

Winda o masie **600** kg rusza w górę z przyspieszeniem **$1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$** ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$). Oblicz siłę naprężenia liny.

FZ03.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Ciało o masie 2 kg zsuwa się z równi o kącie nachylenia 30° przy współczynniku tarcia $\mu = 0,1$ ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$). Oblicz wartość przyspieszenia ciała.

FZ03.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Ciało o masie m wciągane jest po równi o kącie α ze stałą prędkością siłą F równoległą do równi. Współczynnik tarcia wynosi μ . Wyznacz F w zależności od m , g , α i μ .

FZ03.8 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Dwa klocki o masach $m_1 = 1\text{ kg}$ i $m_2 = 3\text{ kg}$ leżą przy sobie na gładkiej poziomej powierzchni. Na klocek m_1 działa pozioma siła $F = 8\text{ N}$. Oblicz przyspieszenie układu oraz siłę, jaką klocek m_1 działa na klocek m_2 .

FZ03.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Klocek o masie $m_1 = 2$ kg na poziomym stole połączono nicią przez bloczek z ciężarkiem $m_2 = 3$ kg. Tarcie pomijamy, $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Oblicz przyspieszenie układu i naprężenie nici.

FZ03.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Na wykresie zależności prędkości od czasu ciała o masie 12 kg odcinek od 30 s do 40 s odpowiada jednostajnemu zmniejszaniu prędkości z $18 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ do $6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Oblicz wartość siły wypadkowej działającej na ciało w chwili $t = 35$ s i podaj jej zwrot względem prędkości.

FZ04

🔑 „Prędkość przestaje rosnąć” → wypadkowa zero; pamiętaj o wyporze.

FZ04.1 ODPOWIEDŹ KRÓTKA

0–2 pkt

Oblicz ciśnienie hydrostatyczne na głębokości **20 m** w wodzie ($\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$).

FZ04.2 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0-2 pkt

Ciało o objętości $0,002 \text{ m}^3$ zanurzone całkowicie w wodzie. Oblicz wartość siły wyporu ($\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$).

FZ04.3 ZAMKNIETE ★★

0–1 pkt

Spadochroniarz opada ze stałą prędkością. Wtedy wartość siły oporu powietrza:

- A.** jest równa zero
- B.** jest równa sile grawitacji
- C.** jest większa od siły grawitacji
- D.** rośnie jednostajnie

FZ04.4 PRAWDA / FAŁSZ ★★☆☆

0–1 pkt

Kulka opada w cieczy: zaczyna od spoczynku, a jej prędkość dąży do wartości granicznej. Siła oporu ma postać $\mathbf{F}_o = A\mathbf{R}\mathbf{v}$. Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1.	Wartość siły oporu rośnie w miarę wzrostu prędkości kulki.	P	F
2.	Wartość przyspieszenia kulki rośnie w czasie ruchu.	P	F
3.	Po osiągnięciu prędkości granicznej siła wypadkowa działająca na kulkę jest równa zero.	P	F

FZ04.5 OTWARTE

0–2 pkt

Siła oporu dana jest wzorem $\mathbf{F}_o = \mathbf{A}\mathbf{R}\mathbf{v}$, gdzie $\mathbf{R}$ — promień (w metrach), $\mathbf{v}$ — prędkość. Wyraż jednostkę współczynnika $\mathbf{A}$ za pomocą podstawowych jednostek układu SI.

FZ04.6 OTWARTE ★★★

0-3 pkt

Ciało o masie 80 kg spada w powietrzu; siła oporu ma postać $F_o = bv^2$, gdzie $b = 0,32 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$). Oblicz prędkość graniczną spadania.

FZ04.7 OTWARTE ★★★

0-3 pkt

Drewniany klocek o gęstości $600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ pływa w wodzie ($\rho_w = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$). Oblicz, jaka część objętości klocka jest zanurzona.

FZ04.8 OTWARTE ★★★

0-3 pkt

Kulka o gęstości $\rho_k = 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ i promieniu $R = 2\text{ mm}$ opada w oleju o gęstości $\rho_c = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Siła oporu wynosi $F_o = ARv$, gdzie $A = 0,12 \frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}}$, $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Oblicz prędkość graniczną kulki.

FZ04.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Ciało o masie 2 kg i objętości $0,001 \text{ m}^3$ zanurzono całkowicie w wodzie i puszczono swobodnie ($\rho_w = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, opór pomijamy). Oblicz wartość i zwrot przyspieszenia ciała.

FZ04.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Kropla deszczu o promieniu R i gęstości ρ_w spada w powietrzu o gęstości ρ_p . Siła oporu ma postać $F_o = k\rho_p S v^2$, gdzie $S = \pi R^2$. Wyprowadź wzór na prędkość ruchu jednostajnego kropli w zależności od R , ρ_p , ρ_w , g i k (wypór powietrza pomijamy, $V = \frac{4}{3}\pi R^3$).

FZ05

🔑 Dwa stany bez pytania o czas → energia; tarcie = strata energii mechanicznej.

FZ05.1 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0–2 pkt

Oblicz pracę, jaką wykonuje siła $F = 50$ N ciągnąca skrzynię na drodze 8 m pod kątem 60° do kierunku ruchu.

FZ05.2 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0-2 pkt

Ciało o masie **2 kg** porusza się z prędkością **$6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$** . Oblicz jego energię kinetyczną.

FZ05.3 ZAMKNIĘTE ★★☆☆

0–1 pkt

Ciało spada swobodnie z wysokości h . Na wysokości $\frac{h}{2}$ stosunek energii kinetycznej do potencjalnej (liczonej względem ziemi) jest równy:

A. 1 : 2

B. 1 : 1

C. 2 : 1

D. 1 : 4

FZ05.4 PRAWDA / FAŁSZ ★★☆☆

0–1 pkt

Klocek ślizga się po poziomej powierzchni z tarciem i stopniowo zwalnia. Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1.	Praca siły tarcia jest ujemna.	P	F
2.	Energia mechaniczna klocka jest zachowana.	P	F
3.	Siła reakcji podłoża nie wykonuje pracy nad klockiem.	P	F

FZ05.5 OTWARTE ★★☆☆

0-2 pkt

Dźwig podnosi ładunek o masie **500 kg** na wysokość **12 m** w czasie **20 s** ze stałą prędkością ($g = 10 \frac{m}{s^2}$).
Oblicz pracę i moc dźwigu.

FZ05.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Samochód o masie **1200 kg** jedzie ze stałą prędkością **$20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$** , pokonując opory o wartości **600 N**. Oblicz moc silnika oraz jego sprawność, jeżeli silnik pobiera moc **30 kW**.

FZ05.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Kulka o masie **0,2 kg** zsuwa się bez tarcia z wysokości **1,8 m** po torze zakończonym pętlą. Oblicz prędkość kulki na dole toru ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$).

FZ05.8 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Sprężynę o współczynniku sprężystości $k = 400 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ściśnięto o **10 cm** i wyrzuciono nią poziomo kulkę o masie **50 g**. Oblicz prędkość kulki (tarcie pomijamy).

FZ05.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Klocek o masie 1 kg wyrzucono w górę po równi o kącie 30° z prędkością $8\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Współczynnik tarcia wynosi $\mu = 0,2$, $g = 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Oblicz drogę, jaką klocek przebędzie wzdłuż równi do zatrzymania.

FZ05.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Ciało o masie m zsuwa się swobodnie (bez tarcia) z wysokości h po dowolnie ukształtowanej gładkiej zjeżdżalni. Wykaż, że prędkość na dole nie zależy od kształtu zjeżdżalni ani od masy ciała, i oblicz tę prędkość dla $h = 5\text{ m}$ ($g = 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$).

FZ06

FZ06.1 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0–2 pkt

Oblicz pęd ciała o masie **3** kg poruszającego się z prędkością **4 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$** .

FZ06.2 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★☆☆

0-2 pkt

Na spoczywające ciało o masie **2 kg** działa przez **0,5 s** stała siła **20 N**. Oblicz prędkość ciała po tym czasie.

FZ06.3 ZAMKNIĘTE ★★

0–1 pkt

Wózek o masie **2** kg jadący z prędkością **$6 \frac{m}{s}$** zderza się z nieruchomym wózkiem o masie **4** kg i oba jadą dalej razem. Ich wspólna prędkość wynosi:

- A. $2 \frac{m}{s}$ B. $3 \frac{m}{s}$ C. $4 \frac{m}{s}$ D. $6 \frac{m}{s}$

FZ06.4 PRAWDA / FAŁSZ ★★☆☆

0-1 pkt

Dwa ciała zderzają się doskonale niesprężystie na gładkim, poziomym stole. Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1.	Całkowity pęd układu przed i po zderzeniu jest taki sam.	P	F
2.	Energia kinetyczna układu przed i po zderzeniu jest taka sama.	P	F
3.	Całkowita energia układu jest zachowana.	P	F

FZ06.5 OTWARTE ★★☆☆

0-2 pkt

Człowiek o masie **60 kg** stojący w nieruchomej łodzi o masie **140 kg** wyskakuje z niej poziomo z prędkością **$3 \frac{m}{s}$** . Oblicz prędkość łodzi po wyskoku (opór wody pomijamy).

FZ06.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Wózek o masie **2** kg jadący z prędkością **$6 \frac{m}{s}$** zderza się niesprężysto z nieruchomym wózkiem o masie **4** kg. Oblicz, jaka część energii kinetycznej została rozproszona.

FZ06.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Pocisk o masie **10** g opuszcza lufę karabinu o masie **4** kg z prędkością **$600 \frac{m}{s}$** . Oblicz prędkość odrzutu karabinu oraz stosunek energii kinetycznej pocisku do energii karabinu.

FZ06.8 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Kula o masie **m** poruszająca się z prędkością **v** zderza się centralnie i doskonale sprężysto z identyczną, spoczywającą kulą. Wykaż, że po zderzeniu pierwsza kula zatrzymuje się, a druga porusza się z prędkością **v** .

FZ06.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Piłka o masie $0,2\text{ kg}$ uderza prostopadle w ścianę z prędkością $15\frac{\text{m}}{\text{s}}$ i odbija się z prędkością $12\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Czas kontaktu ze ścianą wynosi $0,05\text{ s}$. Oblicz wartość średniej siły, jaką ściana działała na piłkę.

FZ06.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Krążek o masie m poruszający się z prędkością v o składowych v_x i v_y uderza w spoczywający krążek o tej samej masie. Po zderzeniu pierwszy krążek porusza się z prędkością o składowych $(0; v_y)$. Wyznacz prędkość drugiego krążka po zderzeniu i sprawdź, czy zderzenie było sprężyste.

FZ07 Ruch po okręgu i siła dośrodkowa

🔑 Oś do środka okręgu; wypadkowa realnych sił = $\frac{mv^2}{r}$.

FZ07.1 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★☆☆

0-2 pkt

Ciało porusza się po okręgu o promieniu **2 m** z prędkością **$6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$** . Oblicz przyspieszenie dośrodkowe.

FZ07.2 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0-2 pkt

Koło obraca się z częstotliwością **2** Hz. Oblicz okres obrotu i prędkość kątową.

FZ07.3 ZAMKNIĘTE ★★☆☆

0–1 pkt

Samochód pokonuje poziomy zakręt o promieniu **50 m**. Współczynnik tarcia opon o jezdnię wynosi **0,8** ($g = 10 \frac{m}{s^2}$). Maksymalna bezpieczna prędkość to:

- A. $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ B. $15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ C. $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ D. $40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

FZ07.4 PRAWDA / FAŁSZ ★★☆☆

0–1 pkt

Ciało porusza się ruchem jednostajnym po okręgu. Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1.	Przyśpieszenie ciała jest równe zero.	P	F
2.	Wartość prędkości ciała jest stała.	P	F
3.	Siła wypadkowa działająca na ciało jest skierowana do środka okręgu.	P	F

FZ07.5 OTWARTE ★★☆☆

0-2 pkt

Kulka o masie **0,5** kg na nici o długości **1** m zatacza okrąg w płaszczyźnie poziomej z prędkością **$4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$** . Oblicz siłę napięcia nici (nić traktuj jako poziomą).

FZ07.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Satelita okrąży Ziemię po orbicie kołowej o promieniu r z okresem T . Wyprowadź wzór na jego przyspieszenie dośrodkowe w zależności od r i T .

FZ07.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Ciało o masie $0,4$ kg porusza się po okręgu w płaszczyźnie pionowej o promieniu $0,5$ m. W najwyższym punkcie ma prędkość $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$). Oblicz siłę napięcia nici w tym punkcie.

FZ07.8 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Oblicz najmniejszą prędkość, z jaką kulka musi przechodzić przez najwyższy punkt pętli o promieniu $0,8$ m, aby nie oderwać się od toru ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$). Podaj, z jakiej minimalnej wysokości musi wystartować (bez tarcia).

FZ07.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Ciało o masie m zawieszone na nici o długości l wychylono o kąt 60° od pionu i puszczono. Oblicz siłę napięcia nici w najniższym punkcie toru, wyrażając wynik przez m i g .

FZ07.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Ciało porusza się ruchem jednostajnym po okręgu o promieniu r z prędkością o wartości v . Wykaż, że wartość zmiany wektora prędkości po przebyciu ćwiartki okręgu jest równa $v\sqrt{2}$, i wyjaśnij, dlaczego wartość prędkości pozostaje stała.

FZ08

FZ08.1ODPOWIEDŹ KRÓTKA

0-2 pkt

Na kole o promieniu **0,4 m** działa styczna siła **15 N**. Oblicz moment tej siły względem osi koła.

FZ08.2

ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0-2 pkt

Walec o momencie bezwładności $I = 0,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ obraca się z prędkością kątową $\omega = 6 \frac{1}{\text{s}}$. Oblicz jego energię kinetyczną ruchu obrotowego.

FZ08.3

ZAMKNIĘTE 

0–1 pkt

Jednorodny walec pełny toczy się bez poślizgu. Stosunek energii kinetycznej ruchu postępowego do całkowitej energii kinetycznej walca wynosi:

A. $\frac{1}{2}$

B. $\frac{1}{3}$

c. $\frac{2}{3}$

D. $\frac{3}{4}$

FZ08.4

PRAWDA / FAŁSZ

0–1 pkt

Jednorodny walec toczy się bez poślizgu po poziomym podłożu. Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1.	W czasie jednego pełnego obrotu walec przebywa drogę równą $2\pi R$.	P	F
2.	Energia kinetyczna ruchu obrotowego walca jest większa od energii ruchu postępowego.	P	F
3.	Prędkość punktu styku walca z podłożem jest chwilowo równa zero.	P	F

FZ08.5OTWARTE 

0-2 pkt

Koło zamachowe o momencie bezwładności $I = 4 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ rozpędzono od spoczynku do $\omega = 10 \frac{1}{\text{s}}$ w czasie 5 s. Oblicz moment siły napędzającej koło.

FZ08.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Walec pełny ($I = \frac{1}{2}mR^2$) i obręcz ($I = mR^2$) staczają się bez poślizgu z tej samej wysokości. Wykaż, który z nich osiągnie większą prędkość u podnóża równi, i podaj stosunek tych prędkości.

FZ08.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Na walec o momencie bezwładności $I = \frac{1}{2}MR^2$ ($M = 4$ kg, $R = 0,2$ m) nawinięto nić, na której końcu wisi ciężarek o masie $m = 2$ kg. Oblicz przyspieszenie ciężarka ($g = 10 \frac{m}{s^2}$).

FZ08.8 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Jednorodny walec o masie $m = 10$ kg ciągnięty jest za oś poziomą siłą $F = 30$ N i toczy się bez poślizgu. Oblicz przyspieszenie środka masy walca oraz wartość siły tarcia statycznego.

FZ08.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Walec częściowo wydrążony ma moment bezwładności $I = kmR^2$, gdzie $k > \frac{1}{2}$. Wyprowadź wzór na przyspieszenie liniowe środka masy tego walca staczającego się bez poślizgu z równi o kącie β w zależności od g , β i k .

FZ08.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Łyżwiarka wiruje z prędkością kątową $\omega_1 = 3 \frac{1}{8}$, mając moment bezwładności $I_1 = 4 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. Przyciąga ręce i jej moment bezwładności maleje do $I_2 = 1,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. Oblicz nową prędkość kątową oraz stosunek energii kinetycznych, i wyjaśnij, skąd bierze się różnica energii.

FZ09

🔑 Dwa warunki: siły i momenty; oś obrotu wybierz tam, gdzie znika niewiadoma.

FZ09.1 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0–2 pkt

Na dźwigni w odległości **0,5** m od osi działa siła **40** N. W jakiej odległości od osi po drugiej stronie trzeba przyłożyć siłę **20** N, aby dźwignia była w równowadze?

FZ09.2 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0–2 pkt

Dwa ciała o masach **2 kg** i **6 kg** leżą na osi x w punktach $x_1 = 0$ i $x_2 = 4$ m. Oblicz położenie środka masy układu.

FZ09.3 ZAMKNIĘTE ★★☆☆

0–1 pkt

Jednorodny pręt zawieszono swobodnie na gwoździu przechodzącym przez otwór w jego końcu. W położeniu równowagi:

- A.** środek masy leży na pionie przez punkt zawieszenia
- B.** środek masy leży powyżej punktu zawieszenia
- C.** moment siły grawitacji jest największy
- D.** siła grawitacji jest równa zero

FZ09.4 PRAWDA / FAŁSZ ★★☆☆

0–1 pkt

Jednorodna belka spoczywa na dwóch podporach. Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1.	Suma wszystkich sił działających na belkę jest równa zero.	P	F
2.	Suma momentów sił względem dowolnie wybranego punktu jest równa zero.	P	F
3.	Siły nacisku na obie podpory są zawsze sobie równe.	P	F

FZ09.5 OTWARTE ★★☆☆

0-2 pkt

Jednorodna deska o masie **12 kg** i długości **3 m** spoczywa na dwóch podporach umieszczonych na jej końcach. W odległości **1 m** od lewego końca stoi ciężarek o masie **6 kg** ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$). Oblicz siły nacisku na obie podpory.

FZ09.6 OTWARTE ★★★

0–2 pkt

Kątomierz w kształcie jednorodnego półkola zawieszono swobodnie na szpilce w punkcie A na jego brzegu. Opisz, jak wyznaczyć konstrukcyjnie położenie środka masy S kątomierza, i uzasadnij tę konstrukcję.

FZ09.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Drabina o masie 20 kg opiera się o gładką ścianę pod kątem 60° do podłoża ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$). Oblicz wartość siły, jaką ściana działa na drabinę.

FZ09.8 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Trzy jednakowe kulki o masie m umieszczono w wierzchołkach trójkąta o współrzędnych $(0; 0)$, $(6; 0)$ i $(0; 3)$ (w metrach). Oblicz współrzędne środka masy układu.

FZ09.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Belka o masie **30** kg i długości **4** m jest podparta w punkcie odległym o **1** m od lewego końca. Jaką masę należy położyć na lewym końcu belki, aby była ona w równowadze ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$)?

FZ09.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Jednorodny sześcian o krawędzi **a** i masie **m** stoi na poziomym podłożu. Wykaż, że aby go przewrócić wokół dolnej krawędzi, środek masy trzeba podnieść o $\frac{a}{2}(\sqrt{2} - 1)$, i oblicz najmniejszą pracę potrzebną do przewrócenia sześcianu o masie **2** kg i krawędzi **0,4** m ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$).

FZ10

🔑 Elipsa → półosć wielka i $v_P r_P = v_A r_A$; koło → $\frac{GM}{r^2} = \frac{v^2}{r}$.

FZ10.1 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0-2 pkt

Planeta krąży wokół Słońca po orbicie o pólosci wielkiej **4** au. Oblicz okres jej obiegu w latach ziemskich.

FZ10.2 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0-2 pkt

Oblicz, ile razy zmaleje siła grawitacji między dwoma ciałami, jeżeli odległość między nimi wzrośnie trzykrotnie.

FZ10.3 ZAMKNIĘTE ★★☆☆

0–1 pkt

Satelita krąży wokół Ziemi po orbicie kołowej o promieniu r . Jeżeli promień orbity wzrośnie czterokrotnie, to okres obiegu satelity:

- A.** wzrośnie **2** razy
- B.** wzrośnie **4** razy
- C.** wzrośnie **8** razy
- D.** wzrośnie **16** razy

FZ10.4 PRAWDA / FAŁSZ ★★☆☆

0–1 pkt

Planetoida porusza się po orbicie eliptycznej wokół Słońca. Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1.	W peryhelium wartość prędkości planetoidy jest największa.	P	F
2.	Wartość przyspieszenia planetoidy jest w czasie ruchu stała.	P	F
3.	Moment pędu planetoidy względem Słońca jest zachowany.	P	F

FZ10.5 OTWARTE ★★☆☆

0–2 pkt

Kometa ma peryhelium $r_P = 1$ au i aphelium $r_A = 9$ au. Oblicz okres obiegu komety wokół Słońca.

FZ10.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Prędkość komety z poprzedniego zadania w peryhelium wynosi $42 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Oblicz jej prędkość w aphelium.

FZ10.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Oblicz pierwszą prędkość kosmiczną dla planety o masie $M = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ i promieniu $R = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$ ($G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$).

FZ10.8 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Odległość między środkami Ziemi i Księżyca wynosi $d = 384\,400 \text{ km}$, a masa Ziemi jest **81** razy większa od masy Księżyca. Oblicz odległość od środka Ziemi punktu, w którym wypadkowa siła grawitacji działająca na sondę jest równa zero.

FZ10.9 OTWARTE ★★★

0-4 pkt

Wyprowadź wzór na promień orbity satelity geostacjonarnego w zależności od G , M (masa Ziemi) i T , a następnie oblicz go dla $M = 6 \cdot 10^{24}$ kg, $T = 24$ h ($G = 6,67 \cdot 10^{-11}$).

FZ10.10 OTWARTE ★★★

0-4 pkt

Dwie sondy krążą wokół Słońca po orbitach kołowych o promieniach $r_A = 0,962$ au i $r_B = 1,043$ au. Okres obiegu sondy A wynosi ~~344~~ doby. Oblicz okres obiegu sondy B oraz iloraz $\frac{v_A}{v_B}$ ich prędkości liniowych.

FZ11.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Sprężyna o współczynniku $k = 200 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ jest rozciągnięta o 6 cm i puszczona z ciężarkiem o masie 0,5 kg (na gładkim poziomym stole). Oblicz maksymalną prędkość ciężarka.

FZ11.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Ciężarek zawieszony na sprężynie wydłuża ją w spoczynku o $\Delta l = 8$ cm. Oblicz okres drgań tego ciężarka ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$).

FZ11.8 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Ciężarek o masie 0,25 kg drga na sprężynie o $k = 40 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ z amplitudą 6 cm ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$). Oblicz wartość siły sprężystości w najwyższym i najniższym położeniu ciężarka.

FZ11.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Wahadło matematyczne o długości 1 m wychylono o kąt 10° i puszczono. Oblicz okres drgań oraz maksymalną prędkość ciężarka ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$).

FZ11.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Wykaż, że dla ciężarka drgającego na sprężynie stosunek maksymalnej wartości siły sprężystości do minimalnej (w drganiach pionowych o amplitudzie A) jest równy $\frac{\Delta l + A}{\Delta l - A}$, i oblicz ten stosunek dla $\Delta l = 10\text{ cm}$ i $A = 4\text{ cm}$.

FZ12

FZ12.1

0-2 pkt

Fala o częstotliwości **500** Hz biegnie z prędkością **340 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$** . Oblicz jej długość.

FZ12.2

0-2 pkt

Fala dźwiękowa o długości **0,5 m** w powietrzu ($v_p = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$) przechodzi do wody, gdzie prędkość dźwięku wynosi **1450 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$** . Oblicz długość tej fali w wodzie.

FZ12.3

0–1 pkt

Struna o długości L zamocowana na obu końcach drga, tworząc falę stojącą o największej możliwej długości. Długość tej fali wynosi:

- A. L B. $2L$ C. $\frac{L}{2}$ D. $4L$

FZ12.4

0–1 pkt

Fala przechodzi z ośrodka, w którym jej prędkość jest większa, do ośrodka, w którym jest mniejsza. Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1.	Częstotliwość fali maleje.	P	F
2.	Długość fali maleje.	P	F
3.	Kierunek rozchodzenia się fali odchyła się w stronę normalnej.	P	F

FZ12.5

0–3 pkt

Dwa głośniki drgające zgodnie w fazie emitują fale o częstotliwości **850 Hz** ($v = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$). Punkt **A** jest oddalony od nich o **10,5 m** i **11,5 m**. Ustal, czy w punkcie **A** nastąpi wzmocnienie, czy wygaszenie dźwięku.

FZ12.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Struna o długości **0,6** m i masie **1,2** g jest napięta siłą **180** N. Oblicz częstotliwość tonu podstawowego struny.

FZ12.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Fala biegnąca w ośrodku o prędkości $v_1 = 1500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ pada na granicę ośrodków pod kątem 30° i przechodzi do ośrodka o prędkości $v_2 = 1000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Oblicz kąt załamania.

FZ12.8 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Dwie identyczne struny o długości swobodnej L_0 rozciągnięto: pierwszą do $L_1 = 1,01L_0$, drugą do $L_2 = 1,03L_0$. Siła napinająca jest proporcjonalna do wydłużenia. Oblicz iloraz $\frac{f_2}{f_1}$ częstotliwości tonów podstawowych (pomiń zmianę gęstości liniowej).

FZ12.9 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Fala o długości $\lambda_1 = 1,5$ cm przechodzi z ośrodka $\mathcal{O}_1$ do ośrodka $\mathcal{O}_2$, w którym prędkość jest dwa razy mniejsza. Oblicz długość fali w drugim ośrodku i uzasadnij, dlaczego częstotliwość się nie zmienia.

FZ12.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

W rurze otwartej z obu stron o długości $0,85$ m powstaje fala stojąca. Oblicz częstotliwość tonu podstawowego i pierwszego tonu wyższego ($v = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$).

FZ13 Dźwięk: natężenie i efekt Dopplera

🔑 Zbliżanie → krótsza fala, wyższy dźwięk; iloraz λ skraca f_0 .

FZ13.1 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0-2 pkt

Głośnik emituje fale kuliste o mocy **40** mW. Oblicz natężenie dźwięku w odległości **10** m od głośnika.

FZ13.2 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★☆☆

0-2 pkt

W jakiej odległości od źródła natężenie fali kulistej jest 9 razy mniejsze niż w odległości 2 m?

FZ13.3 ZAMKNIĘTE ★★☆☆

0–1 pkt

Źródło dźwięku zbliża się do nieruchomego obserwatora. Obserwator słyszy dźwięk o częstotliwości:

- A.** większej niż emitowana **B.** mniejszej niż emitowana
C. równej emitowanej **D.** zależnej od natężenia dźwięku

FZ13.4 PRAWDA / FAŁSZ ★★★

0-1 pkt

Ambulans z włączoną syreną o częstotliwości f_0 porusza się po prostej drodze. Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1.	Obserwator, od którego ambulans się oddala, słyszy dźwięk o częstotliwości mniejszej od f_0 .	P	F
2.	Gdy oddalający się ambulans hamuje, obserwator słyszy dźwięk o malejącej częstotliwości.	P	F
3.	Gdy oddalający się ambulans przyspiesza, obserwator słyszy dźwięk o malejącej częstotliwości.	P	F

FZ13.5 OTWARTE 

0–2 pkt

Nieruchome źródło emituje dźwięk o częstotliwości **600** Hz. Obserwator zbliża się do źródła z prędkością **$34 \frac{\text{m}}{\text{s}}$** ($v = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$). Oblicz częstotliwość odbieraną przez obserwatora.

FZ13.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Źródło emitujące dźwięk o częstotliwości **500 Hz** zbliża się do nieruchomego obserwatora z prędkością **$20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$** ($v = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$). Oblicz częstotliwość odbieraną przez obserwatora i długość fali docierającej do niego.

FZ13.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Poziom natężenia dźwięku w odległości **1 m** od źródła wynosi **80 dB**. Oblicz natężenie dźwięku w tym punkcie oraz poziom natężenia w odległości **10 m** ($I_0 = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$).

FZ13.8 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Dwa głośniki emitują zgodnie w fazie falę o częstotliwości **850 Hz** ($v = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$). Oblicz najmniejszą niezerową różnicę dróg, dla której w danym punkcie nastąpi wzmocnienie, oraz taką, dla której nastąpi wygaszenie.

FZ13.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Samochód jadący z prędkością u mija nieruchomego obserwatora, emitując dźwięk o częstotliwości $f_0 = 400$ Hz. Obserwator słyszy najpierw 440 Hz, a po minięciu — f_2 . Oblicz u oraz f_2 ($v = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$).

FZ13.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Sonda oddala się od Ziemi i wysyła falę elektromagnetyczną o częstotliwości $f_0 = 3,00$ GHz. Na Ziemi odebrano falę o częstotliwości mniejszej o 75 kHz. Oblicz prędkość sondy względem Ziemi ($c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; dla $v \ll c$ przyjmij $\frac{\Delta f}{f_0} \approx \frac{v}{c}$).

FZ14.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Gaz doskonały rozpręża się izobarycznie pod ciśnieniem $2 \cdot 10^5$ Pa od objętości 1 m^3 do 3 m^3 . Oblicz pracę wykonaną przez gaz oraz stosunek temperatur końcowej do początkowej.

FZ14.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Gaz przechodzi ze stanu ($p_1 = 10^5 \text{ Pa}$; $V_1 = 2 \text{ m}^3$; $T_1 = 300 \text{ K}$) do stanu ($p_2 = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $V_2 = 3 \text{ m}^3$). Oblicz temperaturę końcową.

FZ14.8 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Gaz doskonały przechodzi cykl: izochoryczne ogrzanie od (p_1, V_1) do $3p_1$, izobaryczne rozprężenie do $3V_1$, a następnie powrót do stanu początkowego. Oblicz pracę wykonaną przez gaz w całym cyklu w jednostkach $p_1 V_1$ (przyjmij powrót po odcinku prostym na wykresie $p(V)$).

FZ14.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Oblicz średnią energię kinetyczną cząsteczki gazu doskonałego w temperaturze 27°C oraz stosunek średnich prędkości kwadratowych cząsteczek helu ($M = 4 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$) i tlenu ($M = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$) w tej samej temperaturze ($k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$).

FZ14.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Gaz doskonały przechodzi przemianę, w której $p \propto V$, od stanu A o objętości V_1 do stanu B o objętości $2V_1$. Wykaż, że temperatura wzrasta czterokrotnie, i oblicz stosunek średnich prędkości kwadratowych cząsteczek w obu stanach.

FZ15.6 OTWARTE ★★☆☆

0–3 pkt

Silnik cieplny pobiera w każdym cyklu **800 J** ciepła i oddaje **600 J**. Oblicz pracę wykonaną w jednym cyklu i sprawność silnika.

FZ15.7 OTWARTE ★★☆☆

0–3 pkt

Silnik Carnota pracuje między zbiornikami o temperaturach **600 K** i **300 K**. Oblicz jego maksymalną sprawność oraz pracę, jaką wykona, pobierając **1200 J** ciepła.

FZ15.8 OTWARTE ★★☆☆

0–4 pkt

Gaz jednoatomowy przechodzi izochorycznie ze stanu $(p_1; V_1)$ do $3p_1$, a następnie izobarycznie do $3V_1$. Wyprowadź wzór na całkowite ciepło pobrane przez gaz w obu przemianach, wyrażone przez p_1 i V_1 .

FZ15.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Gaz jednoatomowy w cyklu pobiera ciepło tylko w jednej przemianie: izobarycznym rozprężaniu od V_1 do $2V_1$ pod ciśnieniem p_1 . Oblicz to ciepło w jednostkach $p_1 V_1$ oraz podaj, jaka jego część zamieniła się w pracę gazu.

FZ15.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Gaz jednoatomowy przechodzi cykl: izotermiczne sprężanie w temperaturze T_1 , izochoryczne ogrzanie i izobaryczne rozprężanie. Wykaż, że w całym cyklu zmiana energii wewnętrznej jest zerowa, i wyjaśnij, co z tego wynika dla ciepła i pracy w cyklu.

FZ16.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

W dwóch przeciwległych wierzchołkach kwadratu o boku a umieszczono ładunki $+Q$ i $-Q$. Wyznacz wartość natężenia pola w środku kwadratu.

FZ16.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Dwa ładunki $Q_1 = +9 \mu\text{C}$ i $Q_2 = +1 \mu\text{C}$ znajdują się w odległości 40 cm . Oblicz, w jakiej odległości od Q_1 natężenie pola wypadkowego jest równe zero.

FZ16.8 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

W trzech wierzchołkach kwadratu o boku a umieszczono ładunki ujemne: $-2q$ (lewy dolny), $-q$ (prawy dolny), $-2q$ (prawy górny). Wyznacz wartość natężenia pola w środku kwadratu S .

FZ16.9 OTWARTE ★★★

0-4 pkt

Kulka o masie 2 g i ładunku $5\text{ }\mu\text{C}$ wisi na nici w jednorodnym polu elektrycznym o natężeniu poziomym $E = 3000\text{ }\frac{\text{N}}{\text{C}}$ ($g = 10\text{ }\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$). Oblicz kąt odchylenia nici od pionu.

FZ16.10 OTWARTE ★★★

0-4 pkt

Wykaż, że jeżeli w dwóch sąsiednich wierzchołkach kwadratu o boku a umieścimy ładunki $+Q$ i $-Q$, to wartość natężenia pola w środku kwadratu wynosi $\frac{2\sqrt{2}kQ}{a^2}$.

FZ17.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Dwa kondensatory o pojemnościach $4\ \mu\text{F}$ i $12\ \mu\text{F}$ połączono szeregowo i podłączono do napięcia $60\ \text{V}$. Oblicz pojemność zastępczą i ładunek zgromadzony na każdym kondensatorze.

FZ17.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Kondensator płaski ma okładki o powierzchni $0,02\ \text{m}^2$ odległe o $1\ \text{mm}$ ($\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$). Oblicz jego pojemność oraz energię zgromadzoną przy napięciu $200\ \text{V}$.

FZ17.8 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Elektron wpada równolegle do okładek kondensatora o długości $4\ \text{cm}$ z prędkością $2 \cdot 10^7\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Natężenie pola między okładkami wynosi $10^4\ \frac{\text{V}}{\text{m}}$ ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}\ \text{C}$, $m = 9,1 \cdot 10^{-31}\ \text{kg}$). Oblicz odchylenie toru elektronu przy wylocie z kondensatora.

FZ17.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Oblicz potencjał w punkcie odległym o **30** cm od ładunku $Q_1 = +6 \mu\text{C}$ i o **60** cm od ładunku $Q_2 = -12 \mu\text{C}$ ($k = 9 \cdot 10^9$).

FZ17.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Kondensator o pojemności C naładowany do napięcia U odłączono od źródła i połączono równolegle z identycznym, nienaładowanym kondensatorem. Wykaż, że energia zgromadzona w układzie zmalała dwukrotnie, i wyjaśnij, gdzie się podziła.

FZ18.6 OTWARTE ★★★

0-3 pkt

Drut wolframowy o średnicy $30\ \mu\text{m}$ ma w temperaturze $300\ \text{K}$ opór $63\ \Omega$. Opór właściwy wolframu wynosi $\rho = 5,6 \cdot 10^{-8}\ \Omega\cdot\text{m}$. Oblicz długość drutu.

FZ18.7 OTWARTE ★★★

0-3 pkt

Trzy oporniki $R_1 = 4\ \Omega$, $R_2 = 6\ \Omega$, $R_3 = 12\ \Omega$ połączono: R_1 szeregowo z równoległym połączeniem R_2 i R_3 . Do obwodu przyłożono napięcie $16\ \text{V}$. Oblicz prąd płynący przez każdy opornik.

FZ18.8 OTWARTE ★★★

0-4 pkt

W obwodzie z poprzedniego zadania przerwano gałąź z opornikiem R_3 . Oblicz nowe natężenie prądu głównego oraz iloraz $\frac{I_2}{I_1}$ wskazań amperomierza po i przed przerwaniem.

FZ18.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Grzałka o mocy **2000 W** podgrzewa **2** litry wody od **20°C** do **100°C** ($c_w = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$). Oblicz czas grzania przy sprawności **80%**.

FZ18.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Dwie żarówki o mocach nominalnych **40 W** i **100 W** (obie na **230 V**) połączone szeregowo i podłączone do napięcia **230 V**. Wykaż, że jaśniej świeci żarówka o mniejszej mocy nominalnej.

FZ19.6 OTWARTE ★★

0–3 pkt

Wykaż, że wartość prędkości cząstki naładowanej poruszającej się w jednorodnym polu magnetycznym jest stała, powołując się na własności siły Lorentza.

FZ19.7 OTWARTE ★★

0–3 pkt

Elektron przyspieszony napięciem **1000 V** wpada prostopadłe do pola magnetycznego o indukcji **2 mT** ($m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C). Oblicz promień jego toru.

FZ19.8 OTWARTE ★★

0–3 pkt

Proton porusza się po dwóch kolejnych półokręgach o promieniach $r_1 = 10$ cm i $r_2 = 20$ cm, z tą samą prędkością. Oblicz stosunek indukcji pól magnetycznych $\frac{B_1}{B_2}$ na tych półokręgach.

FZ19.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Przez dwa równoległe przewodniki odległe o **10** cm płyną prądy **5** A i **8** A w tę samą stronę ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$). Oblicz siłę działającą na **1** m długości jednego z przewodników i podaj, czy jest to przyciąganie, czy odpychanie.

FZ19.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Wykaż, że okres obiegu naładowanej cząstki w jednorodnym polu magnetycznym nie zależy od jej prędkości, i wyjaśnij, dlaczego ta własność umożliwia działanie cyklotronu.

FZ20.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Napięcie w obwodzie prądu przemiennego ma postać $U(t) = 20 \text{ V} \cdot \sin\left(314 \frac{1}{\text{s}} \cdot t\right)$, a opór obwodu wynosi 50Ω . Oblicz częstotliwość prądu i średnią moc wydzielaną na oporniku.

FZ20.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Pręt o długości $0,4 \text{ m}$ przesuwa się z prędkością $3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ prostopadle do pola o indukcji $0,25 \text{ T}$, zwierając obwód o oporze 2Ω . Oblicz SEM indukcji, natężenie prądu i moc wydzielaną w obwodzie.

FZ20.8 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Transformator obniża napięcie z 230 V do 12 V . Uzwojenie pierwotne ma 1150 zwojów, a sprawność transformatora wynosi 100% . Oblicz liczbę zwojów uzwojenia wtórnego oraz prąd w uzwojeniu pierwotnym, gdy w obwodzie wtórnym płynie prąd 2 A .

FZ20.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Ramka o **200** zwojach i powierzchni **$0,01 \text{ m}^2$** obraca się w polu o indukcji **$0,4 \text{ T}$** z częstotliwością **50 Hz**. Oblicz amplitudę SEM indukowanej w ramce.

FZ20.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Wykaż, że reguła Lenza jest konsekwencją zasady zachowania energii, rozważając magnes zbliżany do zamkniętej pętli przewodzącej.

FZ21

FZ21.1

ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0–2 pkt

Oblicz prędkość światła w szkłe o współczynniku załamania $n = 1,5$ ($c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$).

FZ21.2

ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0-2 pkt

Oblicz kąt graniczny dla granicy szkło ($n = 1,5$) – powietrze ($n = 1$).

FZ21.3

ZAMKNIĘTE 

0–1 pkt

Przedmiot umieszczono w odległości **30** cm od soczewki skupiającej o ogniskowej **10** cm. Obraz powstanie w odległości:

A. 15 cm

B. 20 cm

C. 30 cm

D. 7,5 cm

FZ21.4

PRAWDA / FAŁSZ

0–1 pkt

Promień światła przechodzi z powietrza do wody. Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1.	Kąt załamania jest mniejszy od kąta padania.	P	F
2.	Częstotliwość światła maleje.	P	F
3.	Długość fali świetlnej maleje.	P	F

FZ21.5

OTWARTE 

0-2 pkt

Promień pada z powietrza na szkło pod kątem 60° i załamuje się pod kątem 35° . Oblicz współczynnik załamania szkła i prędkość światła w tym szkłe.

FZ21.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Przedmiot o wysokości **2** cm umieszczono **15** cm przed soczewką skupiającą o ogniskowej **10** cm. Oblicz położenie, powiększenie i wysokość obrazu.

FZ21.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Dioda umieszczona tuż pod powierzchnią szklanej kuli ($n = 1,50$) świeci we wszystkich kierunkach do jej wnętrza. Oblicz kąt graniczny dla granicy szkło–powietrze oraz wyjaśnij, dlaczego światło wychodzi tylko przez fragment powierzchni kuli.

FZ21.8 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Kulę szklaną z poprzedniego zadania zanurzono w wodzie ($n_w = 1,33$). Ustal, czy kąt graniczny wzrośnie, czy zmaleje, i czy pole powierzchni, przez którą wychodzi światło, się zwiększy, czy zmniejszy. Odpowiedź uzasadnij rachunkiem.

FZ21.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Dwie soczewki skupiające o ogniskowych $f_1 = 15$ cm i $f_2 = 40$ cm ustawiono tak, że mają wspólne ognisko. Na pierwszą pada wiązka równoległa do osi o szerokości $d_1 = 2,25$ mm. Oblicz szerokość wiązki wychodzącej z drugiej soczewki.

FZ21.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Wykaż, że dla ustalonej odległości d przedmiotu od ekranu istnieją dwa położenia soczewki skupiającej dające ostry obraz (gdy $d > 4f$), i podaj związek między powiększeniami w tych położeniach.

FZ22

FZ22.1

0-2 pkt

Światło niespolaryzowane o natężeniu I przechodzi przez polaryzator. Podaj natężenie światła po polaryzatorze.

FZ22.2

0-2 pkt

Siatka dyfrakcyjna ma **500** rys na milimetr. Oblicz jej stałą.

FZ22.3

0–1 pkt

Dwa polaryzatory ustawiono pod kątem 60° . Światło spolaryzowane o natężeniu I_1 pada na drugi z nich. Natężenie po przejściu wynosi:

- A.** $0,87I_1$ **B.** $0,5I_1$ **C.** $0,25I_1$ **D.** 0

FZ22.4

0–1 pkt

Rozważamy zjawiska falowe światła. Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1.	Zjawisko polaryzacji dowodzi poprzeczności fal świetlnych.	P	F
2.	Interferencja i dyfrakcja świadczą o falowej naturze światła.	P	F
3.	Falę dźwiękową rozchodzącą się w powietrzu można spolaryzować.	P	F

FZ22.5

0-2 pkt

W doświadczeniu Younga szczeliny są odległe o **0,2** mm, a ekran znajduje się **2** m od nich. Odległość sąsiednich jasnych prążków wynosi **6** mm. Oblicz długość fali światła.

FZ22.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Na siatkę dyfrakcyjną o stałej $2\ \mu\text{m}$ pada prostopadle światło o długości $500\ \text{nm}$. Oblicz kąt ugięcia w pierwszym rzędzie oraz liczbę widocznych rzędów.

FZ22.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Światło niespolaryzowane o natężeniu I_0 przechodzi przez dwa polaryzatory o osiach pod kątem 30° . Oblicz natężenie światła po drugim polaryzatorze.

FZ22.8 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Trzy polaryzatory ustawiono kolejno: drugi pod kątem 45° do pierwszego, trzeci pod kątem 90° do pierwszego. Na układ pada światło niespolaryzowane o natężeniu I_0 . Oblicz natężenie po trzecim polaryzatorze i wyjaśnij, dlaczego usunięcie środkowego polaryzatora wygasza światło.

FZ22.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

W doświadczeniu Younga użyto światła o długości **600** nm, a szczeliny odległe są o **0,25** mm. Oblicz odległość między środkiem ekranu a trzecim jasnym prążkiem, jeżeli ekran jest oddalony o **1,5** m.

FZ22.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Wykaż, że jeżeli natężenie światła po polaryzatorze zmalało dwukrotnie, to amplituda natężenia pola elektrycznego zmalała $\sqrt{2}$ razy, i podaj kąt między osiami polaryzatorów, dla którego tak się dzieje (światło padające jest spolaryzowane).

FZ23

🔑 $E = E_0 + E_k, \gamma = \frac{E}{E_0}, \frac{v}{c} = \sqrt{1 - \gamma^{-2}}.$

FZ23.1 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★☆☆

0-2 pkt

Oblicz czynnik Lorentza dla cząstki poruszającej się z prędkością $v = 0,6c$.

FZ23.2 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★

0-2 pkt

Oblicz energię spoczynkową elektronu o masie $9,11 \cdot 10^{-31}$ kg ($c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$). Wynik podaj w dżulach.

FZ23.3 ZAMKNIĘTE ★★

0–1 pkt

Sonda oddalająca się od Ziemi z prędkością v wysyła falę elektromagnetyczną. Prędkość tej fali zmierzona na Ziemi jest równa:

- A.** $c - v$ **B.** c
C. $c + v$ **D.** zależy od kierunku obserwacji

FZ23.4 PRAWDA / FAŁSZ ★★☆☆

0–1 pkt

Rakieta porusza się względem Ziemi z prędkością bliską c . Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1.	Obserwator na Ziemi stwierdzi, że zegar w rakiecie chodzi wolniej niż jego własny.	P	F
2.	Zmierzona z Ziemi długość rakiety jest mniejsza od jej długości spoczynkowej.	P	F
3.	Astronauta stwierdzi, że jego własny zegar chodzi wolniej.	P	F

FZ23.5 OTWARTE 

0-2 pkt

Cząstka porusza się z prędkością $v = \frac{1}{2}c$, a jej energia kinetyczna wynosi $E_k = 79,05$ keV. Oblicz energię spoczynkową tej cząstki.

FZ23.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Elektron rozpędzono do prędkości $v = 2,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ($c = 3,00 \cdot 10^8$). Oblicz iloraz energii całkowitej do spoczynkowej oraz energię kinetyczną elektronu w keV ($E_0 = 511 \text{ keV}$).

FZ23.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Mion powstaje w górnych warstwach atmosfery i żyje średnio $2,2 \mu\text{s}$ w swoim układzie. Porusza się z prędkością $0,98c$. Oblicz, jak długo żyje w układzie związanym z Ziemią i jaką drogę przebywa.

FZ23.8 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Proton ma energię kinetyczną równą jego energii spoczynkowej ($E_0 = 938 \text{ MeV}$). Oblicz iloraz $\frac{v}{c}$ dla tego protonu.

FZ23.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Rakieta o długości spoczynkowej **120** m porusza się względem Ziemi z prędkością **0,8c**. Oblicz jej długość zmierzoną z Ziemi oraz czas, jaki według obserwatora na Ziemi zajmie jej przelot obok punktu pomiarowego.

FZ23.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Wykaż, że dla cząstki o energii całkowitej E i energii spoczynkowej E_0 zachodzi $\frac{v}{c} = \sqrt{1 - \left(\frac{E_0}{E}\right)^2}$, i oblicz $\frac{v}{c}$ dla cząstki, której energia całkowita jest **5** razy większa od spoczynkowej.

FZ24



FZ24.1 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★☆☆

0-2 pkt

Oblicz energię fotonu o długości fali **620 nm** (przyjmij $hc = 1240 \text{ eV}\cdot\text{nm}$).

FZ24.2 ODPOWIEDŹ KRÓTKA ★★☆☆

0-2 pkt

Oblicz energię poziomu $n = 3$ w atomie wodoru.

FZ24.3 ZAMKNIĘTE ★★☆☆

0–1 pkt

Foton emitowany przy przejściu $5 \rightarrow 3$ w atomie wodoru ma — w porównaniu z fotonem emitowanym przy przejściu $4 \rightarrow 3$ — energię i długość fali:

- A.** mniejszą energię i mniejszą λ **B.** większą energię i mniejszą λ
C. większą energię i większą λ **D.** taką samą energię

FZ24.4 PRAWDA / FAŁSZ 

0–1 pkt

Rozważamy zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne. Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1.	Zwiększenie natężenia padającego światła zwiększa maksymalną energię kinetyczną elektronów.	P	F
2.	Poniżej pewnej częstotliwości progowej zjawisko fotoelektryczne nie zachodzi.	P	F
3.	Maksymalna energia kinetyczna elektronów rośnie liniowo wraz z częstotliwością światła.	P	F

FZ24.5 OTWARTE ★★☆☆

0–2 pkt

Praca wyjścia dla pewnego metalu wynosi **2,3 eV**. Oblicz maksymalną energię kinetyczną elektronów wybijanych światłem o długości fali **400 nm** ($hc = 1240 \text{ eV}\cdot\text{nm}$).

FZ24.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Oblicz najdłuższą falę światła, która wywoła efekt fotoelektryczny dla metalu o pracy wyjścia **4,0 eV**.

FZ24.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Oblicz długości fal emitowanych przy przejściach **3 → 2** i **4 → 2** w atomie wodoru i ustal, która linia jest bardziej czerwona.

FZ24.8 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Oblicz długość fali de Broglie’a elektronu rozpędzonego napięciem **100 V** ($h = 6,63 \cdot 10^{-34}$, $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C).

FZ24.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Oblicz energię jonizacji atomu wodoru ze stanu podstawowego oraz minimalną długość fali fotonu zdolnego zjonizować ten atom.



FZ24.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

W widmie emisyjnym mieszaniny wodoru i helu zaobserwowano linię o długości **434** nm. Sprawdź rachunkiem, czy może ona pochodzić od wodoru, i wskaż odpowiednie przejście.



FZ25

FZ25.1

0–2 pkt

Uzupełnij równanie rozpadu: ${}_{82}^{214}\text{Pb} \rightarrow ? + \beta^-$ (antyneutrino pomijamy). Podaj liczbę masową, atomową i symbol pierwiastka.

FZ25.2

0-2 pkt

Po jakim czasie pozostanie **25%** początkowej liczby jąder izotopu o czasie połowicznego rozpadu **8 dni**?

FZ25.3

0–1 pkt

Jądro $^{238}_{92}\text{U}$ ulega rozpadowi α . Powstaje jądro:

A. ${}^{238}_{90}\text{Th}$

B. $^{234}_{92}\text{U}$

FZ25.4

0–1 pkt

Nieruchome jądro ulega rozpadowi α . Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1.	Masa jądra przed rozpadem jest mniejsza od sumy mas produktów rozpadu.	P	F
2.	Produkty rozpadu uzyskują energię kinetyczną.	P	F
3.	Pędy obu produktów mają równe wartości i przeciwne zwroty.	P	F

FZ25.5

0-2 pkt

Próbka zawiera $8 \cdot 10^{20}$ jąder promieniotwórczych o czasie połowicznego rozpadu **5** godzin. Oblicz, ile jąder pozostanie po **15** godzinach.

FZ25.6 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Moc cieplna próbki plutonu ^{238}Pu ($T_{1/2} = 87,7$ roku) wynosiła początkowo **100 W**. Oblicz moc cieplną tej próbki po **50** latach.

FZ25.7 OTWARTE ★★★

0–3 pkt

Jądro $^{238}_{94}\text{Pu}$ rozpada się na cząstkę α i jądro X , przy czym $\frac{m_X}{m_\alpha} \approx 58,5$. Zapisz równanie rozpadu i oblicz iloraz $\frac{E_{\text{kin } X}}{E_{\text{kin } \alpha}}$.

FZ25.8 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Detektor zliczył łączną liczbę cząstek emitowanych przez próbkę: po **40 min** — **1275**, a po długim czasie — **2000** (wszystkie jądra się rozpadły). Oblicz czas połowicznego rozpadu.

FZ25.9 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Masa jądra ${}^4_2\text{He}$ wynosi **4,00150** u, masa protonu **1,00728** u, neutronu **1,00866** u. Oblicz energię wiązania tego jądra oraz energię wiązania przypadającą na jeden nukleon (**$1 \text{ u} \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV}$**).

FZ25.10 OTWARTE ★★★

0–4 pkt

Izotop ${}^{18}_9\text{F}$ ulega rozpadowi β^+ . Masy jąder: $m_F = 17,99600$ u, $m_X = 17,99477$ u, masa cząstki β to **0,00055** u. Zapisz równanie rozpadu i oblicz łączną energię kinetyczną produktów (**$1 \text{ u} \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV}$** , jądro fluoru spoczywało).

Odpowiedzi

FZ01 Kinematyka i wykresy ruchu

1. $s = 32 \text{ m}$
2. $a = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
3. C
4. PFP
5. $s = 50 \text{ m}$; $|\Delta x| = 10 \text{ m}$
6. 5 s oraz 40 s
7. $s = 37,8 \text{ m}$
8. po 60 s, w odległości 360 m od A
9. $d_{\max} = 16 \text{ m}$; $v = 16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
10. $s_4 = 14 \text{ m}$

FZ02 Rzuty i spadek swobodny

1. $t = 3 \text{ s}$
2. $h = 20 \text{ m}$
3. B
4. PFP
5. $z = 30 \text{ m}$; $v = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
6. $t \approx 3,56 \text{ s}$
7. dowód
8. $h_{\max} = 5 \text{ m}$; $z \approx 34,6 \text{ m}$
9. $h_0 = 20 \text{ m}$; $t \approx 1,56 \text{ s}$
10. $H = 40 \text{ m}$; $t = 4 \text{ s}$

FZ03 Zasady dynamiki, tarcie i równia

1. $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
2. $\mu = 0,2$
3. A
4. FPP
5. $N = 6900 \text{ N}$
6. $a \approx 4,13 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
7. $F = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$
8. $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $F_{12} = 6 \text{ N}$
9. $a = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $N_n = 12 \text{ N}$
10. $F_w = 14,4 \text{ N}$, zwrot przeciwny do prędkości

FZ04 Opory ruchu, prędkość graniczna i hydrostatyka

1. $p = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
2. $F_w = 20 \text{ N}$
3. B
4. PFP
5. $\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$
6. $v_{\max} = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
7. 60%
8. $v_{\max} \approx 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
9. $a = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, zwrot w dół
10. $v = \sqrt{\frac{4R\rho_w g}{3k\rho_p}}$

FZ05 Praca, moc i zasada zachowania energii

1. $W = 200 \text{ J}$
2. $E_k = 36 \text{ J}$
3. B
4. PFP
5. $W = 60 \text{ kJ}$; $P = 3 \text{ kW}$
6. $P = 12 \text{ kW}$; $\eta = 40\%$
7. $v = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
8. $v \approx 8,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
9. $s \approx 4,8 \text{ m}$
10. $v = \sqrt{2gh} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

FZ06 Pęd, popęd i zderzenia

1. $p = 12 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$
2. $v = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
3. A
4. PFP
5. $v \approx 1,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ w przeciwną stronę
6. $\frac{2}{3} \approx 67\%$
7. $v = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $\frac{E_p}{E_k} = 400$
8. dowód
9. $F = 108 \text{ N}$
10. $\vec{v}_2 = (v_x; 0)$; zderzenie było sprężyste

FZ07 Ruch po okręgu i siła dośrodkowa

- $a_d = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- $T = 0,5 \text{ s}; \omega = 4\pi \frac{1}{\text{s}} \approx 12,6 \frac{1}{\text{s}}$
- C
- FPP
- $F_n = 8 \text{ N}$
- $a_d = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$
- $F_n = 8,8 \text{ N}$
- $v_{\min} \approx 2,83 \frac{\text{m}}{\text{s}}; h = 2 \text{ m}$
- $F_n = 2mg$
- $|\Delta \vec{v}| = v\sqrt{2}$

FZ08 Bryła sztywna: moment siły, toczenie, energia obrotowa

- $M = 6 \text{ N} \cdot \text{m}$
- $E = 9 \text{ J}$
- C
- PFP
- $M = 8 \text{ N} \cdot \text{m}$
- walec; $\frac{v_w}{v_o} = \sqrt{\frac{4}{3}} \approx 1,15$
- $a = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; T = 10 \text{ N}$
- $a = \frac{g \sin \beta}{1 + k}$
- $\omega_2 = 7,5 \frac{1}{\text{s}}; \frac{E_2}{E_1} = 2,5$

FZ09 Równowaga ciała i środek masy

- $r = 1 \text{ m}$
- $x_{sm} = 3 \text{ m}$
- A
- PPF
- $N_L = 100 \text{ N}; N_P = 80 \text{ N}$
- przecięcie dwóch pionów poprowadzonych z dwóch różnych punktów zawieszenia
- $F \approx 57,7 \text{ N}$
- $S = (2; 1)$
- $m = 30 \text{ kg}$
- $W \approx 1,66 \text{ J}$

FZ10 Grawitacja, satelity i prawa Keplera

- $T = 8 \text{ lat}$
- 9 razy
- C
- PFP
- $T \approx 11,2 \text{ roku}$
- $v_A \approx 4,7 \frac{\text{km}}{\text{s}}$
- $v_I \approx 7,9 \frac{\text{km}}{\text{s}}$
- $x \approx 346\,000 \text{ km}$
- $r \approx 4,2 \cdot 10^7 \text{ m}$
- $T_B \approx 388 \text{ dob}; \frac{v_A}{v_B} \approx 1,04$

FZ11 Drgania harmoniczne

- $T \approx 0,4 \text{ s}$
- $l \approx 0,99 \text{ m}$
- D
- FPP
- $v_{\max} \approx 0,63 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- $v_{\max} \approx 1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- $T \approx 0,56 \text{ s}$
- $F_{\text{góra}} = 0,1 \text{ N}; F_{\text{dół}} = 4,9 \text{ N}$
- $T \approx 1,99 \text{ s}; v_{\max} \approx 0,55 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- stosunek $= \frac{7}{3} \approx 2,33$

FZ12 Fale mechaniczne, interferencja i fale stojące

- $\lambda = 0,68 \text{ m}$
- $\lambda_w \approx 2,13 \text{ m}$
- B
- FPP
- wygaszenie ($\Delta r = 2,5\lambda$)
- $f \approx 250 \text{ Hz}$
- $\beta \approx 19,5^\circ$
- $\frac{f_2}{f_1} \approx 1,70$
- $\lambda_2 = 0,75 \text{ cm}$
- $f_1 = 200 \text{ Hz}; f_2 = 400 \text{ Hz}$

FZ13 Dźwięk: natężenie i efekt Dopplera

- $I \approx 3,2 \cdot 10^{-5} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$
- $r = 6 \text{ m}$
- A**
- PFP
- $f = 660 \text{ Hz}$
- $f \approx 531 \text{ Hz}; \lambda = 0,64 \text{ m}$
- $I = 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}; L = 60 \text{ dB}$
- wzmocnienie: **0,4 m**; wygaszenie: **0,2 m**
- $u \approx 30,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}; f_2 \approx 366,7 \text{ Hz}$
- $v = 7,5 \frac{\text{km}}{\text{s}}$

FZ14 Gaz doskonały i przemiany gazowe

- $p = 4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- 2** razy
- C**
- PPF
- $p \approx 6,2 \cdot 10^4 \text{ Pa}$
- $W = 4 \cdot 10^5 \text{ J}; \frac{T_2}{T_1} = 3$
- $T_2 = 675 \text{ K}$
- $W = 2p_1V_1$
- $\overline{E_k} \approx 6,2 \cdot 10^{-21} \text{ J}; \frac{v_{He}}{v_{O_2}} = 2\sqrt{2} \approx 2,83$
- $\frac{T_B}{T_A} = 4; \frac{v_B}{v_A} = 2$

FZ15 Pierwsza zasada termodynamiki, ciepło i cykle

- $\Delta U = 300 \text{ J}$
- $\Delta U \approx 1246,5 \text{ J}$
- B**
- PPF
- $Q \approx 4155 \text{ J}; W \approx 1662 \text{ J}$
- $W = 200 \text{ J}; \eta = 25\%$
- $\eta = 50\%; W = 600 \text{ J}$
- $Q = 18p_1V_1$
- $Q = 2,5p_1V_1$; na pracę idzie **40%**
- $\Delta U_{\text{cyklu}} = 0$, więc $Q_{\text{netto}} = W_{\text{netto}}$

FZ16 Elektrostatyka: prawo Coulomba i natężenie pola

- $F = 0,6 \text{ N}$
- $E = 9 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$
- D**
- PPF
- $E = 0$
- $E = \frac{4kQ}{a^2}$
- $x = 30 \text{ cm}$
- $E_S = \frac{2kq}{a^2}$
- $\alpha \approx 37^\circ$
- dowód

FZ17 Potencjał, napięcie, praca pola i kondensatory

- $W = 1 \text{ J}$
- $E = 3 \cdot 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$
- B**
- PPF
- $v \approx 6,2 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- $C = 3 \mu\text{F}; Q = 180 \mu\text{C}$
- $C \approx 177 \text{ pF}; E \approx 3,5 \cdot 10^{-6} \text{ J}$
- $y \approx 3,5 \text{ mm}$
- $V = 0$
- $E_2 = \frac{1}{2} E_1$

FZ18 Prąd stały: obwody, opór i moc

- $R = 2 \Omega$
- $P = 5 \text{ W}$
- C**
- PPF
- $I = 2 \text{ A}; U = 11 \text{ V}$
- $l \approx 0,8 \text{ m}$
- $I_1 = 2 \text{ A}; I_2 = \frac{4}{3} \text{ A}; I_3 = \frac{2}{3} \text{ A}$
- $I = 1,6 \text{ A}$; iloraz = **0,8**
- $t = 420 \text{ s} = 7 \text{ min}$
- jaśniej świeci żarówka **40 W**

FZ19 Pole magnetyczne: siła Lorentza i elektrodynamiczna

1. $F = 3,2 \cdot 10^{-14} \text{ N}$
2. $F = 0,6 \text{ N}$
3. B
4. FPP
5. $r \approx 4,2 \text{ cm}$
6. dowód
7. $r \approx 5,3 \text{ cm}$
8. $\frac{B_1}{B_2} = 2$
9. $F = 8 \cdot 10^{-5} \text{ N}$; przyciąganie
10. $T = \frac{2\pi m}{qB}$

FZ20 Indukcja elektromagnetyczna i prąd przemienny

1. $\varepsilon = 2 \text{ V}$
2. $U_0 \approx 325 \text{ V}$
3. A
4. PPF
5. $\varepsilon = 0,1 \text{ V}$
6. $f \approx 50 \text{ Hz}$; $P = 4 \text{ W}$
7. $\varepsilon = 0,3 \text{ V}$; $I = 0,15 \text{ A}$; $P = 0,045 \text{ W}$
8. $n_2 = 60$; $I_1 \approx 0,104 \text{ A}$
9. $\varepsilon_0 \approx 251 \text{ V}$
10. dowód

FZ21 Optyka geometryczna: załamanie i soczewki

1. $v = 2 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
2. $\alpha_{gr} \approx 41,8^\circ$
3. A
4. PPF
5. $n \approx 1,51$; $v \approx 1,99 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
6. $y = 30 \text{ cm}$; $p = 2$; $h' = 4 \text{ cm}$
7. $\alpha_{gr} \approx 41,8^\circ$
8. kąt graniczny wzrośnie do $\approx 62,5^\circ$, pole się zwiększy
9. $d_2 = 6 \text{ mm}$
10. $p_1 p_2 = 1$

FZ22 Optyka falowa: interferencja, dyfrakcja, polaryzacja

1. $I_1 = \frac{1}{2} I$
2. $d = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
3. C
4. PPF
5. $\lambda = 600 \text{ nm}$
6. $\theta_1 \approx 14,5^\circ$; 4 rzędy po każdej stronie
7. $I_2 = 0,375 I_0$
8. $I_3 = 0,125 I_0$
9. $x_3 = 10,8 \text{ mm}$
10. $\alpha = 45^\circ$

FZ23 Szczególna teoria względności

1. $\gamma = 1,25$
2. $E_0 \approx 8,2 \cdot 10^{-14} \text{ J}$
3. B
4. PPF
5. $E_0 \approx 511 \text{ keV}$
6. $\frac{E}{E_0} \approx 1,34$; $E_k \approx 175 \text{ keV}$
7. $\Delta t \approx 11,1 \mu\text{s}$; $s \approx 3,3 \text{ km}$
8. $\frac{v}{c} \approx 0,866$
9. $l = 72 \text{ m}$; $t = 0,3 \mu\text{s}$
10. $\frac{v}{c} \approx 0,98$

FZ24 Fizyka kwantowa i atomowa

1. $E = 2 \text{ eV}$
2. $E_3 \approx -1,51 \text{ eV}$
3. B
4. FPP
5. $E_k = 0,8 \text{ eV}$
6. $\lambda = 310 \text{ nm}$
7. $\lambda_{32} \approx 656 \text{ nm}$ (czerwona); $\lambda_{42} \approx 486 \text{ nm}$
8. $\lambda \approx 0,12 \text{ nm}$
9. $E = 13,6 \text{ eV}$; $\lambda \approx 91,2 \text{ nm}$
10. tak — przejście $5 \rightarrow 2$

1. ${}_{83}^{214}\text{Bi}$ (bizmut)

2. $t = 16$ dni

3. C

4. FPP

5. $N = 10^{20}$

6. $P \approx 67,3$ W

7. ${}_{92}^{234}\text{U}; \frac{E_{\text{kin } X}}{E_{\text{kin } \alpha}} \approx 0,017$

8. $T_{1/2} \approx 27$ min

9. $E \approx 28,3$ MeV; $\approx 7,1 \frac{\text{MeV}}{\text{nukleon}}$

10. ${}_{8}^{18}\text{O}; E \approx 0,63$ MeV