

*Aneks do informatora
maturalnego*

od maja 2007 roku

**FIZYKA
I ASTRONOMIA**



Warszawa 2006

Opracowano w Centralnej Komisji Egzaminacyjnej
we współpracy z okręgowymi komisjami egzaminacyjnymi



IV. STRUKTURA I FORMA EGZAMINU



Egzamin maturalny z fizyki i astronomii jest egzaminem pisemnym sprawdzającym wiadomości i umiejętności określone w *Standardach wymagań egzaminacyjnych* i polega na rozwiązaniu zadań egzaminacyjnych zawartych w arkuszach egzaminacyjnych.

Opis egzaminu z fizyki i astronomii wybranego jako przedmiot obowiązkowy

Fizyka i astronomia jako przedmiot obowiązkowy może być zdawana na poziomie podstawowym albo na poziomie rozszerzonym. Wyboru poziomu zdający dokonuje w deklaracji składanej do dyrektora szkoły.

1. Egzamin na **poziomie podstawowym** trwa 120 minut i polega na rozwiązaniu zadań egzaminacyjnych, sprawdzających wiedzę i umiejętność zastosowania tej wiedzy w praktyce. Zadania te obejmują zakres wymagań egzaminacyjnych określonych dla poziomu podstawowego.
2. Egzamin na **poziomie rozszerzonym** trwa 150 minut i polega na rozwiązaniu zadań egzaminacyjnych, sprawdzających wiedzę i umiejętność zastosowania tej wiedzy w praktyce oraz umiejętność zastosowania poznanych metod do rozwiązywania problemów dotyczących treści obejmujących zakres wymagań egzaminacyjnych dla poziomu rozszerzonego. Wymagania egzaminacyjne dla poziomu rozszerzonego obejmują również zakres wymagań dla poziomu podstawowego.

Opis egzaminu z fizyki i astronomii wybranego jako przedmiot dodatkowy

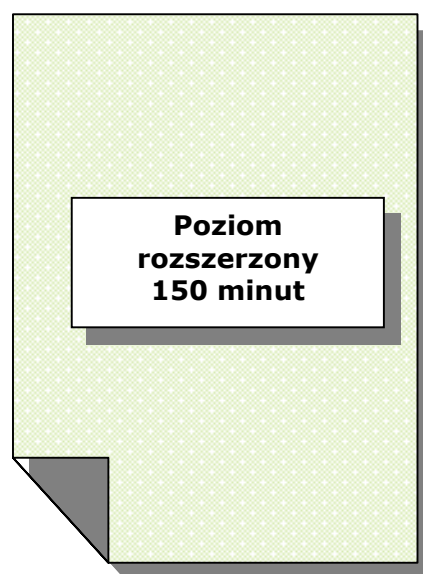
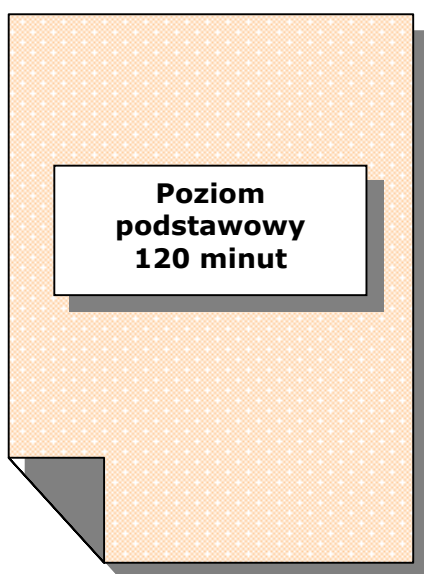
Fizyka i astronomia jako przedmiot wybrany dodatkowo jest zdawana na poziomie rozszerzonym.

Egzamin na **poziomie rozszerzonym** trwa 150 minut i polega na rozwiązaniu zadań egzaminacyjnych, sprawdzających wiedzę i umiejętność zastosowania tej wiedzy w praktyce oraz umiejętność zastosowania poznanych metod do rozwiązywania problemów dotyczących treści obejmujących zakres wymagań egzaminacyjnych dla poziomu rozszerzonego. Wymagania egzaminacyjne dla poziomu rozszerzonego obejmują również zakres wymagań dla poziomu podstawowego.

Zasady oceniania arkuszy egzaminacyjnych

1. Rozwiązania poszczególnych zadań oceniane są na podstawie szczegółowych kryteriów oceniania, jednolitych w całym kraju.
2. Obok każdego zadania podana jest maksymalna liczba punktów, którą można uzyskać za jego poprawne rozwiązanie.
3. Ocenianiu podlegają tylko te fragmenty pracy zdającego, które dotyczą polecenia. Komentarze, nawet poprawne, wykraczające poza zakres polecenia nie podlegają ocenianiu.
4. Zdający otrzymuje punkty tylko za poprawne rozwiązania, precyzyjnie odpowiadające poleceniom zawartym w zadaniach.
5. Gdy do jednego polecenia zdający podaje kilka odpowiedzi (jedną prawidłową, inne nieprawidłowe), nie otrzymuje punktów.
6. W rozwiązaniach zadań rachunkowych oceniane są.: metoda, wykonanie obliczeń i podanie wyniku z jednostką. Błędny zapis jednostki lub jej brak przy ostatecznym wyniku liczbowym powoduje utratę 1 punktu.
7. Za poprawne obliczenia będące konsekwencją zastosowania niepoprawnej metody zdający nie otrzymuje punktów.
8. Wynik otrzymany wskutek błędu merytorycznego nie daje możliwości przyznania ostatniego punktu za wynik końcowy.
9. Zapisy w brudnopisie nie są oceniane.
10. Zdający zdał egzamin maturalny, jeżeli z przedmiotu wybranego jako obowiązkowy na poziomie podstawowym albo na poziomie rozszerzonym otrzymał co najmniej 30% punktów możliwych do uzyskania na danym poziomie. Wynik egzaminu z przedmiotu dodatkowego nie ma wpływu na zdanie egzaminu maturalnego.
11. Wynik egzaminu - wyrażony w skali procentowej - odnotowany jest na świadectwie dojrzałości.
12. Wynik egzaminu ustalony przez komisję okręgową jest ostateczny.

VI. PRZYKŁADOWE ARKUSZE I SCHEMATY OCENIANIA



Miejsce
na naklejkę
z kodem szkoły

dysleksja

EGZAMIN MATURALNY Z FIZYKI I ASTRONOMII

POZIOM PODSTAWOWY

Czas pracy 120 minut

Instrukcja dla zdającego

1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 13 stron (zadania 1 – 21). Ewentualny brak zgłoś przewodniczącemu zespołu nadzorującego egzamin.
2. Rozwiązania i odpowiedzi zapisz w miejscu na to przeznaczonym przy każdym zadaniu.
3. W rozwiązaniach zadań rachunkowych przedstaw tok rozumowania prowadzący do ostatecznego wyniku oraz pamiętaj o jednostkach.
4. Pisz czytelnie. Używaj długopisu/pióra tylko z czarnym tuszem/atramentem.
5. Nie używaj korektora, a błędne zapisy wyraźnie przekreśl.
6. Pamiętaj, że zapisy w brudnopisie nie podlegają ocenie.
7. Możesz korzystać z karty wybranych wzorów i stałych fizycznych, linijki oraz kalkulatora.
8. Wypełnij tę część karty odpowiedzi, którą koduje zdający. Nie wpisuj żadnych znaków w części przeznaczonej dla egzaminatora.
9. Na karcie odpowiedzi wpisz swoją datę urodzenia i PESEL. Zamaluj pola odpowiadające cyfrom numeru PESEL. Błędne zaznaczenie otocz kółkiem i zaznacz właściwe.

Za rozwiązanie
wszystkich zadań
można otrzymać
łącznie
50 punktów

Życzymy powodzenia!

Wypełnia zdający przed
rozpoczęciem pracy

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PESEL ZDAJĄCEGO

--	--	--

KOD
ZDAJĄCEGO

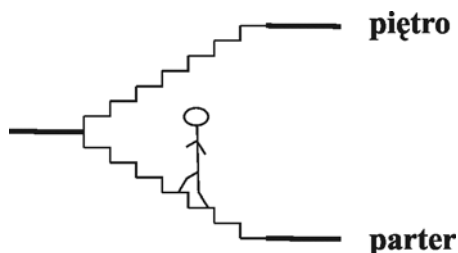
Zadania zamknięte

W zadaniach od 1. do 10. wybierz i zaznacz na karcie odpowiedzi jedną poprawną odpowiedź.

Zadanie 1. (1 pkt)

Tomek wchodzi po schodach z parteru na piętro. Różnica wysokości między parterem a piętrem wynosi 3 m, a łączna długość dwóch odcinków schodów jest równa 6 m. Wektor całkowitego przemieszczenia Tomka ma wartość

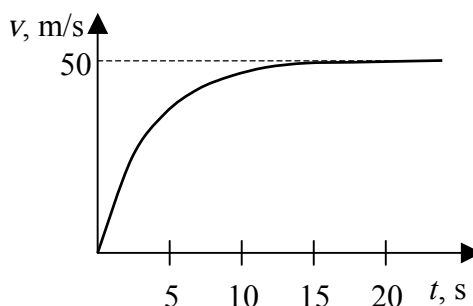
- A. 3 m
- B. 4,5 m
- C. 6 m
- D. 9 m



Zadanie 2. (1 pkt)

Wykres przedstawia zależność wartości prędkości od czasu dla ciała o masie 10 kg, spadającego w powietrzu z dużej wysokości. Analizując wykres można stwierdzić, że podczas pierwszych 15 sekund ruchu wartość siły oporu

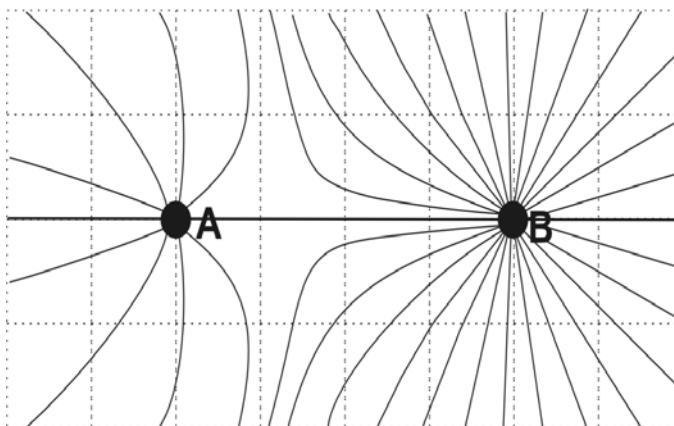
- A. jest stała i wynosi 50 N.
- B. jest stała i wynosi 100 N.
- C. rośnie do maksymalnej wartości 50 N.
- D. rośnie do maksymalnej wartości 100 N.



Zadanie 3. (1 pkt)

Rysunek przedstawia linie pola elektrostatycznego układu dwóch punktowych ładunków. Analiza rysunku pozwala stwierdzić, że ładunki są

- A. jednoimienne i $|q_A| > |q_B|$
- B. jednoimienne i $|q_A| < |q_B|$
- C. różnoimienne i $|q_A| > |q_B|$
- D. różnoimienne i $|q_A| < |q_B|$



Zadanie 4. (1 pkt)

Jądro izotopu ${}_{92}^{235}\text{U}$ zawiera

- A. 235 neutronów.
- B. 327 nukleonów.
- C. 143 neutrony.
- D. 92 nukleony.

Zadanie 5. (1 pkt)

Zdolność skupiająca zwierciadła kulistego wklęsłego o promieniu krzywizny 20 cm ma wartość

- A. 1/10 dioptrii.
- B. 1/5 dioptrii.
- C. 5 dioptrii.
- D. 10 dioptrii.

Zadanie 6. (1 pkt)

Piłkę o masie 1 kg upuszczono swobodnie z wysokości 1 m. Po odbiciu od podłoża piłka wzniosła się na maksymalną wysokość 50 cm. W wyniku zderzenia z podłożem i w trakcie ruchu piłka straciła energię o wartości około

- A. 1 J
- B. 2 J
- C. 5 J
- D. 10 J

Zadanie 7. (1 pkt)

Energia elektromagnetyczna emitowana z powierzchni Słońca powstaje w jego wnętrzu w procesie

- A. syntezy lekkich jąder atomowych.
- B. rozszczepienia ciężkich jąder atomowych.
- C. syntezy związków chemicznych.
- D. rozpadu związków chemicznych.

Zadanie 8. (1 pkt)

Stosowana przez Izaaka Newtona metoda badawcza, polegająca na wykonywaniu doświadczeń, zbieraniu wyników swoich i cudzych obserwacji, szukaniu w nich regularności, stawianiu hipotez, a następnie uogólnianiu ich poprzez formułowanie praw, to przykład metody

- A. indukcyjnej.
- B. hipotetyczno-dedukcyjnej.
- C. indukcyjno-dedukcyjnej.
- D. statystycznej.

Zadanie 9. (1 pkt)

Optyczny teleskop Hubble'a krąży po orbicie okołoziemskiej w odległości około 600 km od powierzchni Ziemi. Umieszczono go tam, aby

- A. zmniejszyć odległość do fotografowanych obiektów.
- B. wyeliminować zakłócenia elektromagnetyczne pochodzące z Ziemi.
- C. wyeliminować wpływ czynników atmosferycznych na jakość zdjęć.
- D. wyeliminować działanie sił grawitacji.

Zadanie 10. (1 pkt)

Podczas odczytu za pomocą wiązki światła laserowego informacji zapisanych na płycie CD wykorzystywane jest zjawisko

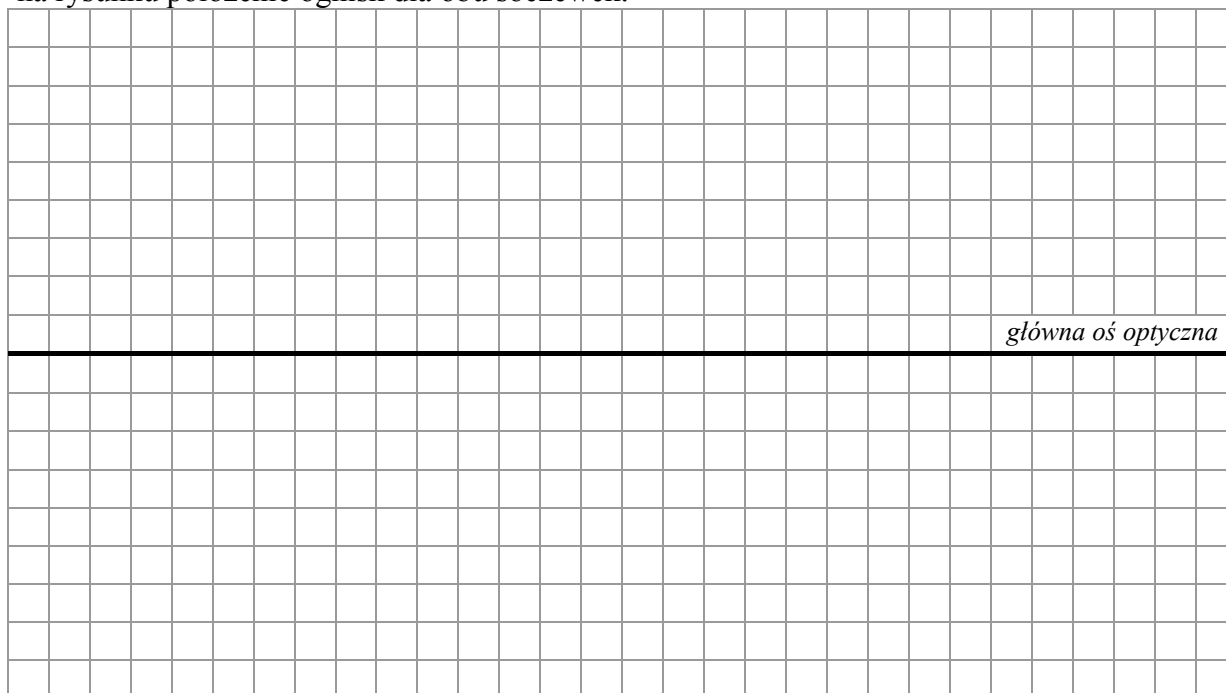
- A. polaryzacji.
- B. odbicia.
- C. załamania.
- D. interferencji.

Zadanie 18. Dwie soczewki (3 pkt)

Dwie identyczne soczewki płasko-wypukłe wykonane ze szkła zamocowano na ławie optycznej w odległości 0,5 m od siebie tak, że główne osie optyczne soczewek pokrywają się. Na pierwszą soczewkę wzdłuż głównej osi optycznej skierowano równoległą wiązkę światła, która po przejściu przez obie soczewki była nadal wiązką równoległą biegnącą wzdłuż głównej osi optycznej.

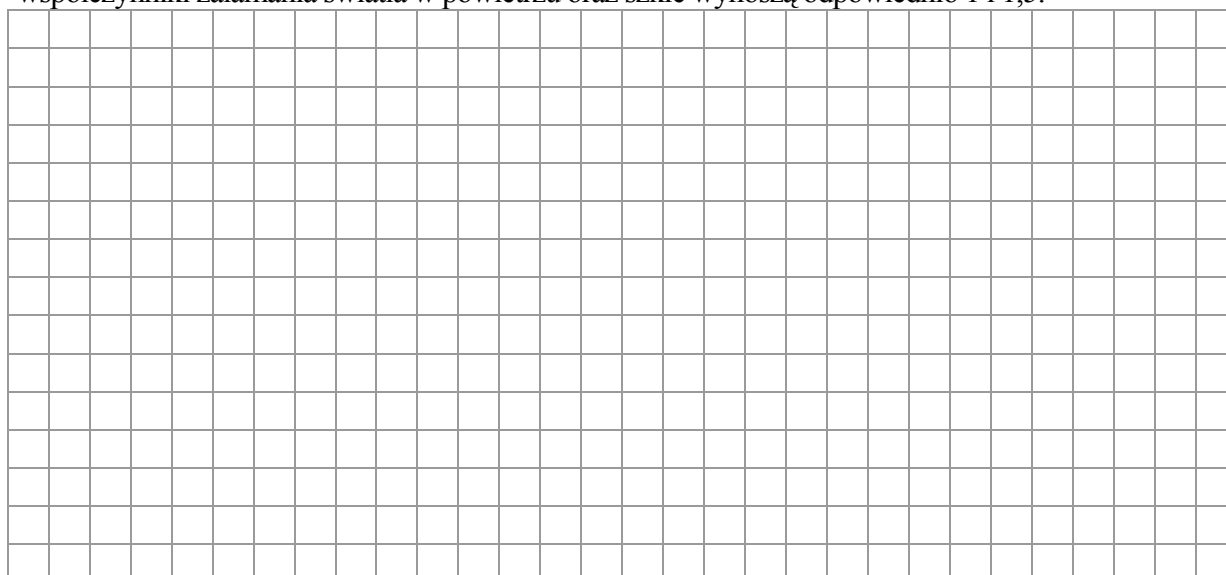
18.1 (1 pkt)

Wykonaj rysunek przedstawiający bieg wiązki promieni zgodnie z opisaną sytuacją. Zaznacz na rysunku położenie ognisk dla obu soczewek.



18.2 (2 pkt)

Oblicz ogniskową układu zbudowanego w powietrzu z tych soczewek po złożeniu ich płaskimi powierzchniami. Przyjmij, że promienie krzywizny soczewek wynoszą 12,5 cm, a bezwzględne współczynniki załamania światła w powietrzu oraz szkłe wynoszą odpowiednio 1 i 1,5.

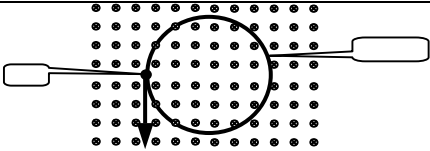


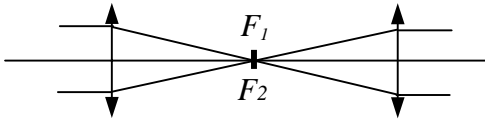
OCENIANIE ARKUSZA DLA POZIOMU PODSTAWOWEGO

Zadania zamknięte

Nr zadania	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Prawidłowa odpowiedź	A	D	B	C	D	C	A	A lub B	C	B
Liczba punktów	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Zad.	Wykonana czynność	Punktacja	
11.1	Zapisanie zależności pomiędzy siłami działającymi na klocek $F = F_T + F_N$.	1	3
	Określenie wartości siły tarcia działającej na klocek $F_T = \mu \cdot m \cdot g$.	1	
	Obliczenie maksymalnej wartości siły ($F = 6 \text{ N}$).	1	
11.2	Określenie siły wypadkowej działającej na klocek po usunięciu nitki $F_w = F - F_T$.	1	2
	Zastosowanie II zasady dynamiki i obliczenie wartości przyspieszenia klocka ($a = 4,5 \text{ m/s}^2$).	1	
12.1	Wykazanie, że czas spadania kropli ($\Delta t = 1 \text{ s}$).	1	2
	Wykazanie, że wartość prędkości końcowej kropli ($v = 10 \text{ m/s}$).	1	
12.2	Opisanie i wyskalowanie osi wykresu.	1	2
	Narysowanie wykresu dla co najmniej 3 kropli.	1	
13.1	Zapisanie uzasadnienia np.: ciężar zwisającej części rolety maleje i dlatego wartość siły, z jaką trzeba ciągnąć za sznurek zmniejsza się.	1	1
13.2	Uwzględnienie w rozwiązaniu zmiany położenia środka ciężkości podczas wciągania rolety $h = \frac{1}{2}l$.	1	2
	Obliczenie wykonanej pracy ($W = 20 \text{ J}$).	1	
RAZEM			12

14.1	Udzielenie odpowiedzi przeczącej .	1	2
	Zapisanie uzasadnienia np.: okres drgań wahadła matematycznego $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ nie zależy od masy .	1	
14.2	Obliczenie okresu drgań ($T = 2,51$ s).	1	2
	Określenie i zapisanie liczby pełnych drgań ($n = 3$).	1	
15	Zapisanie odpowiedzi twierdzącej .	1	2
	Zapisanie uzasadnienia np.: odwołanie się do zależności $v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$.	1	
16.1	Uwzględnienie w rozwiązaniu informacji, że połowa energii kinetycznej doprowadziła do nagrzania pocisku.	1	3
	Zapisanie zależności umożliwiającej obliczenie przyrostu temperatury $\Delta T = \frac{v^2}{4c_w}$.	1	
	Obliczenie maksymalnego przyrostu temperatury pocisku ($\Delta t = 50^\circ\text{C}$ lub $\Delta T = 50$ K).	1	
16.2	Zapisanie wyjaśnienia np.: reszta energii kinetycznej zostaje zużyta na wykonanie pracy (np.: wydrążenie kanału w piasku, spłaszczenie pocisku) .	1	1
17.1	Narysowanie wektora prędkości protonu.	1	2
		1	
	Powołanie się w wyjaśnieniu na regułę lewej dłoni lub inną poprawną regułę.	1	
17.2	Zapisanie równania $r = \frac{mv}{Bq}$ umożliwiającego określenie promienia okręgu.	1	3
	Uwzględnienie w rozwiązaniu zależności pomiędzy prędkościami protonów.	1	
	Wykazanie, że $\frac{r_2}{r_1} = 3$.	1	
RAZEM			15

18.1	Narysowanie biegu promieni świetlnych na rysunku oraz zaznaczenie położenia ognisk.		1	1
18.2	Zastosowanie zależności $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_s}{n_p} - 1\right) \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$ lub zapisanie formuły $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_s}{n_p} - 1\right) \cdot \left(\frac{2}{r}\right)$.		1	2
	Obliczenie ogniskowej ($f = 12,5 \text{ cm}$).		1	
19	Uwzględnienie w rozwiązaniu drogi przebytej przez dźwięk, od momentu kłaśnięcia w dłonie do chwili usłyszenia przez słuchacza dźwięku odbitego od ściany.		1	3
	Zastosowanie równania na drogę w ruchu jednostajnym po linii prostej.		1	
	Obliczenie odległości i zapisanie odpowiedzi - aby słuchacz usłyszał echo odległość od ściany powinna być większa niż 17 m.		1	
20	Zastosowanie w rozwiązaniu równania stanu gazu doskonałego lub równania Clapeyrona.		1	3
	Obliczenie, np. ciśnienia azotu w temperaturze 77°C ($p = 1400 \text{ kPa}$)		1	
	Ustalenie i zapisanie prawidłowego wniosku (zawór nie otworzy się).		1	
21.1	Odczytanie z wykresu właściwej energii wiązania (8 MeV/nukleon).		1	2
	Obliczenie energii wiązania jądra izotopu radonu ($E = 1760 \text{ MeV}$).		1	
21.2	Podanie znaczenia pojęcia niedoboru masy jądra atomowego jako różnicy pomiędzy masą składników jądra i rzeczywistą masą jądra.		1	2
	Zapisanie formuły pozwalającej obliczyć niedobór masy jądra atomowego $\Delta m = \frac{E}{c^2}$.		1	
RAZEM				13

Miejsce
na naklejkę
z kodem szkoły

dysleksja

EGZAMIN MATURALNY Z FIZYKI I ASTRONOMII

POZIOM ROZSZERZONY

Czas pracy 150 minut

Instrukcja dla zdającego

1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 12 stron (zadania 1–5). Ewentualny brak zgłoś przewodniczącemu zespołu nadzorującego egzamin.
2. Rozwiązania i odpowiedzi zapisz w miejscu na to przeznaczonym przy każdym zadaniu.
3. W rozwiązaniach zadań rachunkowych przedstaw tok rozumowania prowadzący do ostatecznego wyniku oraz pamiętaj o jednostkach.
4. Pisz czytelnie. Używaj długopisu/pióra tylko z czarnym tuszem/atramentem.
5. Nie używaj korektora, a błędne zapisy wyraźnie przekreśl.
6. Pamiętaj, że zapisy w brudnopisie nie podlegają ocenie.
7. Możesz korzystać z karty wybranych wzorów i stałych fizycznych, linijki oraz kalkulatora.
8. Wypełnij tę część karty odpowiedzi, którą koduje zdający. Nie wpisuj żadnych znaków w części przeznaczonej dla egzaminatora.
9. Na karcie odpowiedzi wpisz swoją datę urodzenia i PESEL. Zamaluj pola odpowiadające cyfrom numeru PESEL. Błędne zaznaczenie otocz kółkiem i zaznacz właściwe.

Za rozwiązanie
wszystkich zadań
można otrzymać
łącznie
60 punktów

Życzymy powodzenia!

Wypełnia zdający przed
rozpoczęciem pracy

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PESEL ZDAJĄCEGO

--	--	--

KOD
ZDAJĄCEGO

1.3 (3 pkt)

Oblicz wartość prędkości klocka z pociskiem bezpośrednio po zderzeniu w sytuacji, gdy masa klocka była 499 razy większa od masy pocisku.

1.4 (4 pkt)

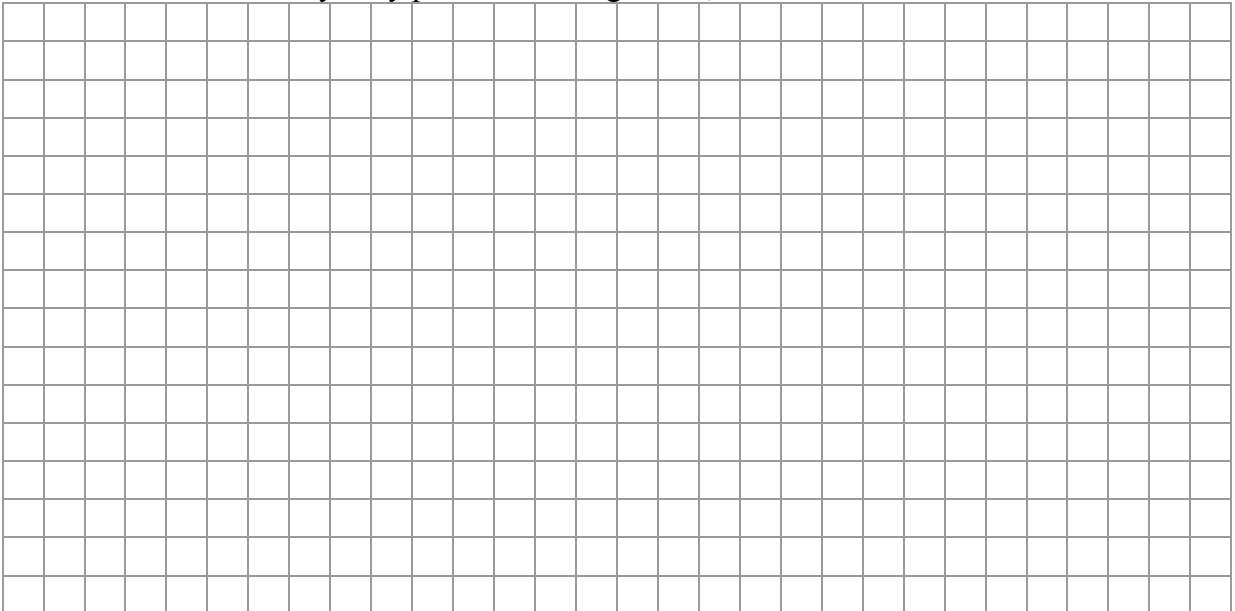
Oblicz, jaka powinna być masa klocka wahadła, aby po wychyleniu z położenia równowagi wahadła o 60° , zwolnieniu go, a następnie trafieniu pociskiem w chwili przechodzenia wahadła przez położenie równowagi, wahadło zatrzymało się w miejscu. Do obliczeń przyjmij, że masa pocisku wynosi $0,008 \text{ kg}$. W obliczeniach możesz skorzystać z podanych poniżej wartości funkcji trygonometrycznych.

$\sin 30^\circ = \cos 60^\circ = \frac{1}{2} = 0,50$	$\sin 60^\circ = \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0,87$
--	---

Wypełnia egzaminator!	Nr zadania	1.1	1.2	1.3	1.4
	Maks. liczba pkt	2	3	3	4
	Uzyskana liczba pkt				

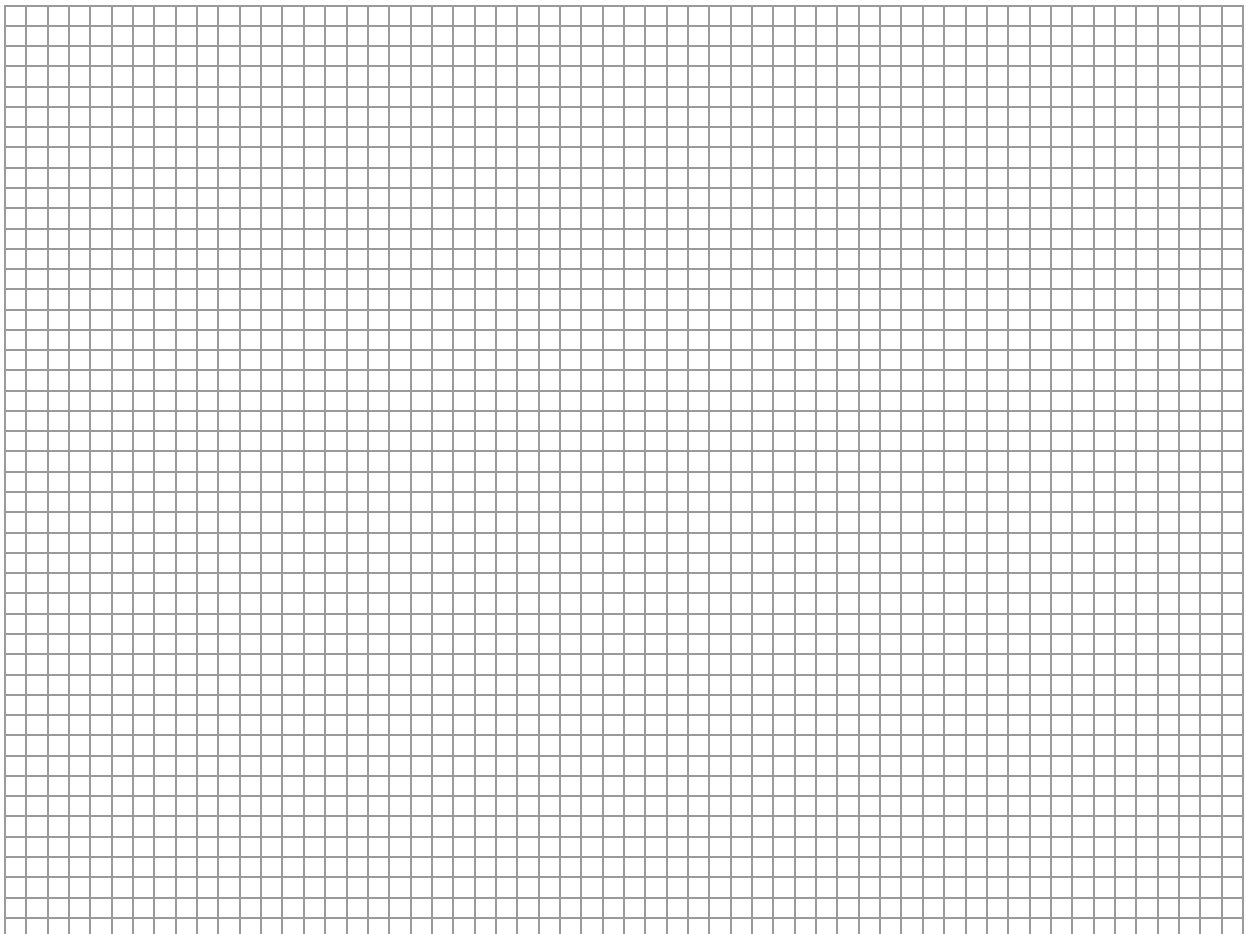
3.2 (3 pkt)

Oblicz promień krzywizny soczewki wiedząc, że jeśli przedmiot był w odległości 0,3 m od soczewki to obraz rzeczywisty powstał w odległości 0,15 m od soczewki.



3.3 (4 pkt)

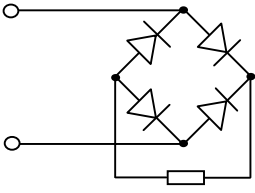
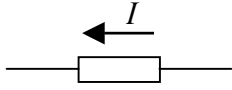
Naszkić wykres zależności $y(x)$. Zaznacz niepewności pomiarowe. Wykorzystaj dane zawarte w tabeli.



Wypełnia egzaminator!	Nr zadania	2.6	2.7	3.1	3.2	3.3
	Maks. liczba pkt	2	1	2	3	4
	Uzyskana liczba pkt					

OCENIANIE ARKUSZA DLA POZIOMU ROZSZERZONEGO

Zad.	Wykonana czynność	Punktacja	
1.1	Skorzystanie z definicji przyspieszenia i zamiana jednostek (z ms na s).	1	2
	Obliczenie wartości przyspieszenia pocisku ($a = 2,5 \cdot 10^6 \text{ m/s}^2$).	1	
1.2	Np. zauważenie (odczytanie z wykresu), że energia kinetyczna pocisku dla zerowej masy klocka wahadła jest równa 1 kJ.	1	3
	Zastosowanie zależności $E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$ i wyznaczenie z niej masy pocisku $m = \frac{2E_k}{v^2}$.	1	
	Obliczenie masy pocisku ($m = 0,008 \text{ kg}$).	1	
1.3	Uwzględnienie w rozwiązaniu, że masa wahadła po zderzeniu jest równa sumie mas klocka i pocisku.	1	3
	Zapisanie zasady zachowania pędu dla układu pocisk - klocek $m_p v_p = (m_p + m_k) v_k$ i wyznaczenie wartości prędkości klocka $v_k = \frac{m_p v_p}{m_p + m_k}$.	1	
	Obliczenie wartości prędkości klocka ($v = 1 \text{ m/s}$).	1	
1.4	Zastosowanie zasady zachowania energii dla ruchu klocka i wyznaczenie wartości prędkości klocka w momencie zderzenia $mgh = \frac{m v_k^2}{2} \Rightarrow v_k = \sqrt{2gh}$.	1	4
	Zauważenie, że w opisanej sytuacji $h = \frac{1}{2}l$ lub $h = l(1 - \cos\alpha)$.	1	
	Zastosowanie zasady zachowania pędu dla zderzenia klocka z pociskiem i wyznaczenie masy klocka $m_p v_p = m_k v_k \Rightarrow m_k = \frac{m_p v_p}{v_k}$.	1	
	Obliczenie masy klocka ($m = 1,27 \text{ kg} \approx 1,3 \text{ kg}$).	1	
RAZEM za zadanie:			12

Zad.	Wykonana czynność	Punktacja	
2.1	Zaznaczenie prawidłowej odpowiedzi – tylko elektrony .	1	1
2.2	Zastosowanie prawa Ohma dla obwodu do wyznaczenia np. natężenia prądu $I = \frac{\mathcal{E}}{R_z + R_w}$.	1	3
	Zastosowanie wzoru na moc np. $P = I^2 R$.	1	
	Obliczenie mocy elementu grzejnego ($P = 240 \text{ W}$).	1	
2.3	Zastosowanie formuły określającej opór właściwy $\rho = \frac{RS}{l}$.	1	2
	Wykazanie, że opór właściwy wynosi $\rho \approx 3,8 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$.	1	
2.4	Zapisanie prawidłowej zależności – opór elektryczny metali rośnie wraz ze wzrostem temperatury .	1	1
2.5	Uwzględnienie zależności pomiędzy napięciami w obu przypadkach $U_2 = 0,8U_1$.	1	3
	Zauważenie, że prace wykonane przez prąd elektryczny w obu przypadkach są równe.	1	
	Oszacowanie wydłużenia czasu potrzebnego na doprowadzenie wody do temperatury wrzenia $\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{U_1^2}{(0,8U_1)^2} = 1,56 \approx 1,6$.	1	
2.6	Narysowanie prawidłowo połączonych elementów półprzewodnikowych – diod. 	1	2
	Zaznaczenie prawidłowego kierunku przepływu prądu płynącego przez grzałkę. 	1	
2.7	Prawidłowe uzasadnienie np. jedynie zmienny strumień pola magnetycznego może spowodować zajście zjawiska indukcji elektromagnetycznej w uzwojeniu wtórnym transformatora .	1	1
RAZEM za zadanie:			13

Zad.	Wykonana czynność	Punktacja	
3.1	Prawidłowy wybór pary wartości $x = 0,11 \text{ m}$ i $y = 0,8 \text{ m}$.	1	2
	Prawidłowe uzasadnienie odpowiedzi np. powiększenie obrazu obliczamy z zależności $p = \frac{y}{x}$ - zatem największą wartość p uzyskamy dla wybranej pary wartości.	1	
3.2	Zastosowanie zależności $\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{f}$.	1	3
	Zastosowanie zależności $\left(\frac{1}{f}\right) = \left(\frac{n_s}{n_p} - 1\right) \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$.	1	
	Obliczenie promienia krzywizny soczewki ($r = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$).	1	
3.3	Opisanie i wyskalowanie osi wykresu.	1	4
	Naniesienie punktów pomiarowych.	1	
	Zaznaczenie niepewności pomiarowych.	1	
	Naszkiecowanie wykresu na podstawie położenia punktów pomiarowych.	1	
3.4	Zapisanie odpowiedzi - ogniskowa soczewki.	1	3
	Zastosowanie równania soczewki $\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{f}$.	1	
	Obliczenie ogniskowej soczewki ($f = 0,1 \text{ m}$).	1	
RAZEM za zadanie:			12

Zad.	Wykonana czynność	Punktacja	
4.1	Zapisanie prawidłowej odpowiedzi – własności korpuskularne.	1	1
4.2	Odczytanie z wykresu i zapisanie wartości częstotliwości granicznej ($\nu = 4,84 \cdot 10^{14}$ Hz).	1	1
4.3	Zastosowanie zależności $h \cdot \nu = W + E_k$ i zauważenie, że w opisanej sytuacji energia fotoelektronów jest równa 0.	1	2
	Obliczenie pracy wyjścia elektronu ($W \approx 2$ eV).	1	
4.4	Zastosowanie zależności $h \cdot \nu = W + E_k$.	1	3
	Uwzględnienie danych z wykresu dla dwóch par punktów pomiarowych $\begin{cases} h\nu_1 = W + E_{k1} \\ h\nu_2 = W + E_{k2} \end{cases}$	1	
	Obliczenie doświadczalnej wartości stałej Plancka ($h \approx 6,6 \cdot 10^{-34}$ J·s).	1	
4.5	Narysowanie amperomierza włączonego szeregowo, mierzącego natężenie prądu płynącego przez fotokomórkę.	1	4
	Narysowanie woltomierza włączonego równoległe, mierzącego napięcie na fotokomórce.	1	
	Narysowanie potencjometru (opornicy suwakowej) pozwalającego regulować napięcie pomiędzy elektrodami fotokomórki.	1	
	Narysowanie fotokomórki w obwodzie o prawidłowo spolaryzowanych elektrodach; anoda połączona z biegunem ujemnym.	1	
RAZEM za zadanie:			11

Zad.	Wykonana czynność	Punktacja	
5.1	Podanie prawidłowego wyjaśnienie pojęcia – o jednej długości fali .	1	1
5.2	Wyrażenie energii wyemitowanych fotonów poprzez moc lasera $W = P\Delta t$.	1	5
	Zastosowanie zależności opisującej energię fotonu $E_f = h\frac{c}{\lambda}$.	1	
	Uwzględnienie, że $W = n \cdot E_f$.	1	
	Zastosowanie zależności $t = s/c$.	1	
	Obliczenie liczby fotonów ($n \approx 1 \cdot 10^9$ fotonów).	1	
5.3	Zastosowanie uogólnionej postaci II zasady dynamiki Newtona dla zderzenia fotonu z płytką $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$.	1	3
	Uwzględnienie dwukrotnej zmiany pędu fotonu przy odbiciu od płytki.	1	
	Obliczenie wartości siły wywieranej na płytkę ($F = 2,1 \cdot 10^{-10}$ N).	1	
5.4	Zauważenie, że w równaniu $d \cdot \sin \alpha = n \cdot \lambda$ w opisanej sytuacji $\sin \alpha \rightarrow 1$.	1	2
	Obliczenie wartości n oraz określenie maksymalnego rzędu widma ($n_{max} = 3$).	1	
5.5	Udzielenie prawidłowej odpowiedzi – własności falowe .	1	1
RAZEM za zadanie:			12