CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

Arkusz zawiera informacje prawnie chronione do momentu rozpoczęcia egzaminu.

MFA 2017

UZUPEŁNIA ZDAJĄCY

KOD

PESEL

miejsce na naklejkę

EGZAMIN MATURALNY Z FIZYKI
POZIOM ROZSZERZONY

DATA: **13 czerwca 2017 r.**
GODZINA ROZPOCZĘCIA: **14:00**
CZAS PRACY: **180 minut**
LICZBA PUNKTÓW DO UZYSKANIA: **60**

NOWA FORMUŁA

Instrukcja dla zdającego

1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 18 stron (zadania 1–11). 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 będą oceniane.
7. Możesz korzystać z *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*, linijki oraz kalkulatora prostego.
8. Na tej stronie oraz na karcie odpowiedzi wpisz swój numer PESEL i przyklej naklejkę z kodem.
9. Nie wpisuj żadnych znaków w części przeznaczonej dla egzaminatora.

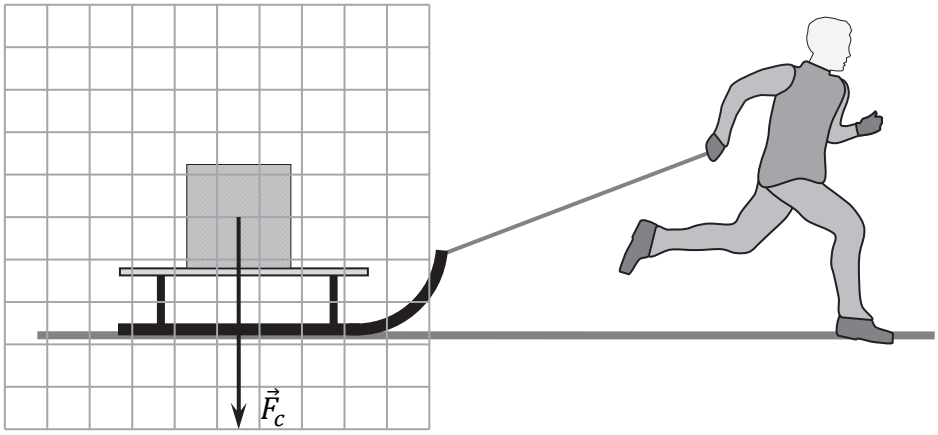
MFA-R1_1P-173

MFA 2017

Układ graficzny
© CKE 2015

Zadanie 1.

Na sankach spoczywa paczka o masie 5 kg. Obok sanek stoi chłopiec, trzymając przywiązany do nich sznur. W pewnej chwili chłopiec zaczyna biec prosto przed siebie, ciągnąc jednocześnie sanki za sznur. Zakładamy, że podczas biegu siła naprężenia sznura pozostaje stała, sanki poruszają się poziomo wzdłuż prostej z przyśpieszeniem $0{,}8\ \mathrm{m/s^2}$, natomiast paczka nie przesuwa się względem siedziska. Gdy pominiemy opory powietrza, to na paczkę podczas tego ruchu działają: siła ciężkości $\vec{F}_c$, siła reakcji siedziska sanek $\vec{R}$ oraz siła tarcia statycznego $\vec{T}$ pomiędzy siedziskiem sanek a paczką. Współczynnik tego tarcia statycznego wynosi 0,2. Na rysunku poniżej narysowano wektor siły ciężkości.



Zadanie 1.1. (0–3)

Dorysuj i oznacz pozostałe siły wymienione w tekście i działające na paczkę w inercjalnym układzie odniesienia podczas przyśpieszonego ruchu sanek. Zachowaj właściwe relacje między wartościami wektorów (równy, większy, mniejszy). Punkty przyłożenia sił wybierz w środku masy paczki.

Zadanie 1.2. (0–2)

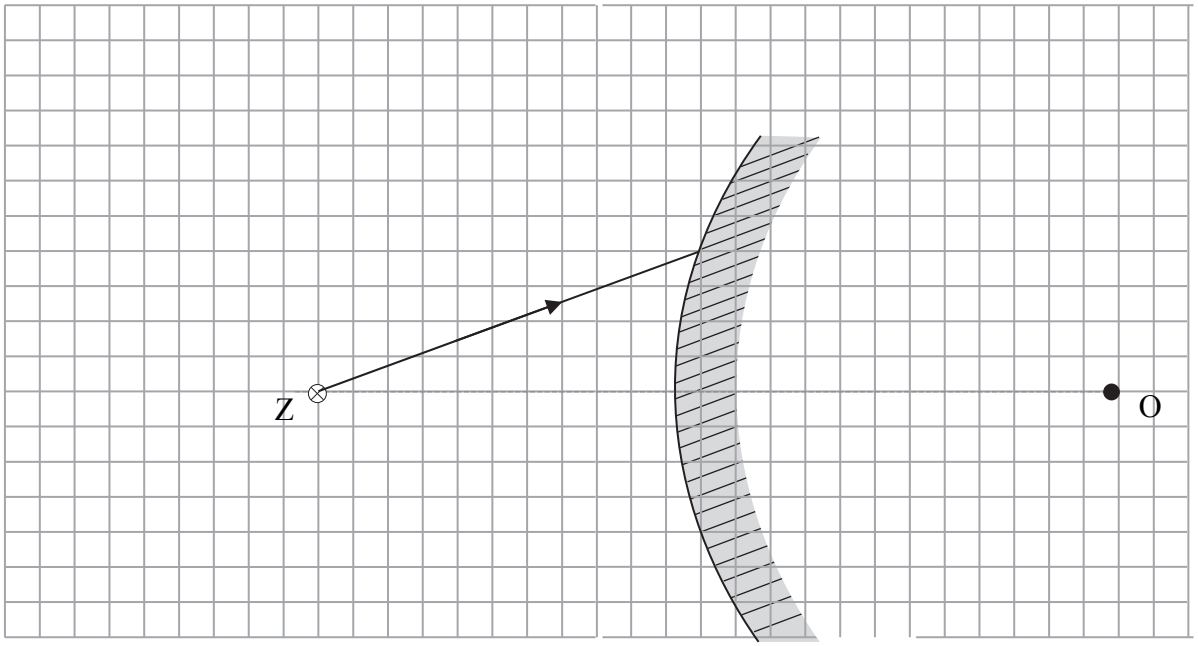
Oblicz wartość siły tarcia statycznego działającej na paczkę podczas przyśpieszonego ruchu sanek, w sytuacji opisanej w zadaniu 1.

Zadanie 1.3. (0–2)

Oblicz wartość maksymalnego przyśpieszenia, z jakim mogłyby poruszać się sanki bez przesuwania się paczki względem siedziska.

Zadanie 2.

Promień światła emitowanego przez punktowe źródło Z biegnie w powietrzu, a następnie pada na powierzchnię zwierciadła sferycznego wypukłego o środku krzywizny w punkcie O (patrz rysunek poniżej).



Zadanie 2.1. (0–1)

Dorysuj dalszy bieg promienia.

Zadanie 2.2. (0–1)

Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Jeżeli cały układ zanurzymy w wodzie, to kierunek biegu promienia odbitego od zwierciadła

A. zmieni się, a czas dotarcia światła z punktu Z do powierzchni zwierciadła zmaleje.

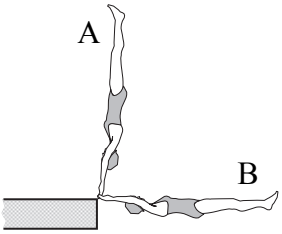
B. zmieni się, a czas dotarcia światła z punktu Z do powierzchni zwierciadła wzrośnie.

C. nie zmieni się, a czas dotarcia światła z punktu Z do powierzchni zwierciadła zmaleje.

D. nie zmieni się, a czas dotarcia światła z punktu Z do powierzchni zwierciadła wzrośnie.

Zadanie 3.

Zawodniczka wykonała skok do wody, który rozpoczęła od pozycji A ukazanej na rysunku – stanęła na rękach tuż przy krawędzi wieży, tyłem do basenu. Następnie, ciągle wyprostowana, opadła do pozycji poziomej (B) i w tym momencie przestała dotykać krawędzi wieży. Dalej wykonała salto w pozycji łamanej (pozycje C i D), po czym wyprostowała się i wpadła do wody głową w dół (pozycja E).

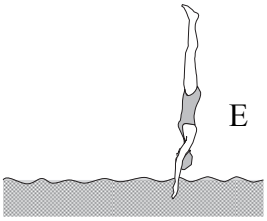






Przyjmijmy następujące założenia:

- długość ciała zawodniczki w pozycji A wynosi około 210 cm, przy czym środek masy znajduje się na wysokości 110 cm powyżej krawędzi wieży,
- masa zawodniczki wynosi 65 kg,
- moment bezwładności tak wyprostowanego ciała względem osi przechodzącej wzdłuż krawędzi wieży wynosi 90 $kg \cdot m^2$,
- opór powietrza należy pominąć,
- od pozycji A do pozycji B zawodniczka trzymała się dłońmi krawędzi wieży (np. na tej krawędzi zamontowany był drążek, obracający się bez tarcia).



Zadanie 3.1. (0–3)

Oblicz wartość prędkości środka masy zawodniczki w chwili przejścia przez pozycję B (patrz rysunek).

Zadanie 3.2. (0–3)

W pozycjach C i D na rysunku nogi zawodniczki są przyciągnięte do tułowia. W tej fazie ruchu jej ciało obraca się wyraźnie szybciej niż w pozycjach B i E. Podczas przejścia zawodniczki od pozycji B do pozycji C moment bezwładności jej ciała, obliczony względem osi przechodzącej przez środek masy ciała i prostopadłej do płaszczyzny rysunku, zmniejsza się trzykrotnie.

Oblicz, odwołując się do odpowiednich praw fizyki, stosunek energii kinetycznej ruchu obrotowego zawodniczki wokół jej środka masy w pozycji C do analogicznej energii kinetycznej ruchu obrotowego zawodniczki w pozycji B.

Zadanie 3.3. (0–1)

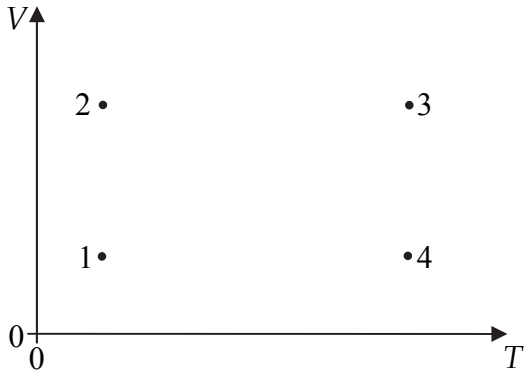
Przyjmijmy, że zawodniczka przestaje dotykać wieży jeszcze przed osiągnięciem pozycji poziomej i środek jej masy uzyskuje pewną prędkość poziomą.

Oceń prawdziwość poniższych zdań. Zaznacz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub F – jeśli jest fałszywe.

1.	Po oderwaniu się od wieży, a przed wpadnięciem do wody tor ruchu środka masy zawodniczki ma kształt taki jak fragment wykresu funkcji kwadratowej.	**P**	**F**
2.	Po oderwaniu się od wieży, a przed wpadnięciem do wody całkowity pęd zawodniczki pozostaje stały.	**P**	**F**
3	Po oderwaniu się od wieży, a przed wpadnięciem do wody, tor ruchu środka masy zawodniczki i jego prędkość nie zależą od ułożenia ciała.	**P**	**F**

Zadanie 4. (0–1)

W cylindrze zamkniętym szczelnym tłokiem znajduje się gaz doskonały. Na diagramie *V*–*T* zaznaczono cztery stany tego gazu. Masa gazu pozostaje stała.



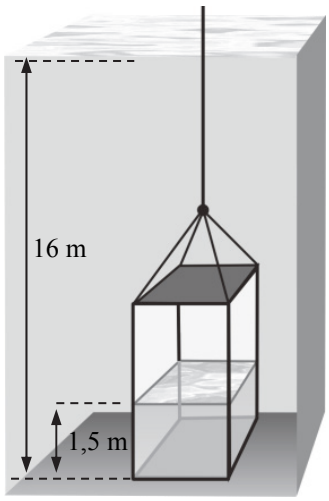
Zaznacz poprawne uzupełnienie zdania.

Największe ciśnienie gazu jest w stanie

A. 1. B. 2. C. 3. D. 4.

Zadanie 5.

Keson to stalowa lub żelbetonowa skrzynia o szczelnych ścianach i otwartym dnie. Służy on do prowadzenia prac pod wodą. Keson opuszczono na dno zbiornika wodnego o głębokości 16 m. Gdy znalazł się na dnie zbiornika, woda wypełniająca keson podniosła się o 1,5 m (patrz rysunek), a ciśnienie powietrza w nim zawartego wzrosło do 0,242 MPa.



Zakładamy, że temperatura wody była stała i nie zależała od głębokości. Gęstość wody również była wszędzie jednakowa i równa 1000 kg/m^3, a ciśnienie atmosferyczne nad powierzchnią wody w zbiorniku wynosiło 1000 hPa.

Zadanie 5.1. (0–1)

Zaznacz właściwe dokończenie zdania wybrane spośród A–C oraz jego poprawne uzasadnienie wybrane spośród 1.–3.

Podczas opuszczania kesonu działająca na niego siła wyporu

A.	rośnie,	ponieważ	1.	objętość wody wypełniającej wnętrze kesonu rośnie.
B.	jest stała,		2.	wartość ciężaru jego ścianek się nie zmienia.
C.	maleje,		3.	ciśnienie w kesonie maleje.

Zadanie 5.2. (0–3)

Wykaż, że podana wartość ciśnienia powietrza w kesonie znajdującym się na dnie zbiornika jest zgodna z pozostałymi danymi.

Zadanie 5.3. (0–3)

Oblicz wysokość kesonu. Przyjmij, że powietrze jest gazem doskonałym oraz że temperatura powietrza wewnątrz kesonu pozostawała stała.

Zadanie 5.4. (0–2)

Podczas wykonywania prac hydrotechnicznych wewnątrz kesonu możliwe jest dopompowywanie powietrza do jego wnętrza w celu obniżenia poziomu wody.

Oceń prawdziwość poniższych zdań. Zaznacz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	Podczas dopompowania powietrza do wnętrza kesonu siła wyporu działająca na keson się zmienia.	**P**	**F**
2.	Obniżenie temperatury powietrza w kesonie, przy zachowaniu stałej masy powietrza, nie zmienia poziomu wody w kesonie.	**P**	**F**
3.	Przy odpowiednio wysokim ciśnieniu powietrza w kesonie możliwe jest całkowite usunięcie wody z jego wnętrza.	**P**	**F**

Zadanie 6.

Prędkość elektronów padających na anodę (antykatodę) laboratoryjnej lampy rentgenowskiej ma wartość $3{,}2 \cdot 10^7$ m/s.

Zadanie 6.1. (0–2)

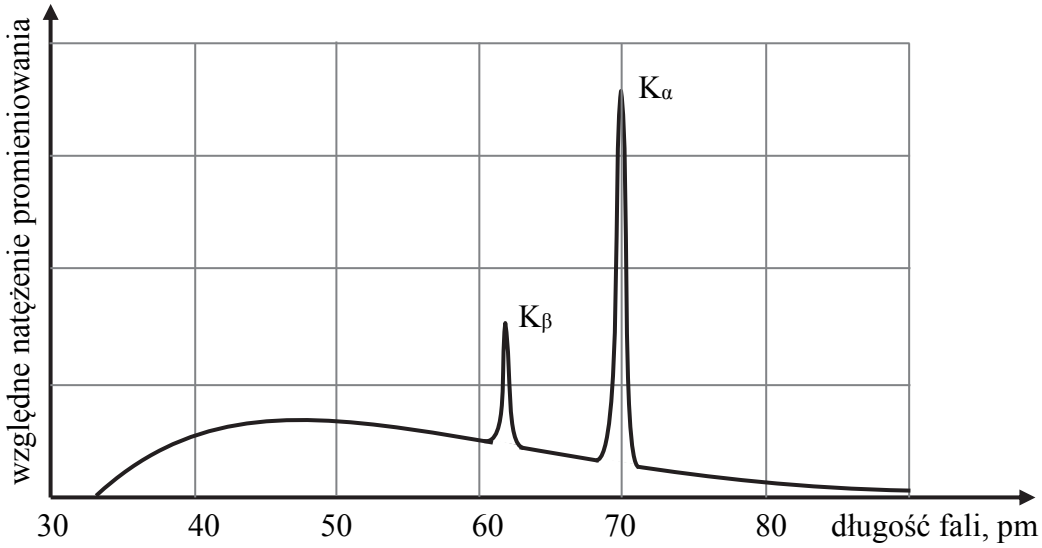
Oblicz napięcie przyspieszające elektrony w tej lampie rentgenowskiej.

Zadanie 6.2. (0–3)

Oblicz najkrótszą długość fali promieniowania rentgenowskiego, jakie powstaje podczas działania tej lampy.

Zadanie 6.3. (0–1)

Na poniższym wykresie przedstawiono widmo promieniowania z lampy, czyli zależność między natężeniem promieniowania rentgenowskiego (wyrażonego w jednostkach umownych) a długością fali λ tego promieniowania. Na tle widma ciągłego pojawiają się maksima (tzw. piki), których mechanizm powstawania jest następujący. Elektrony padające na anodę powodują wzbudzenie elektronów w jej atomach. Następnie elektrony z wyższych powłok przeskakują na niższe poziomy energetyczne, w wyniku czego następuje emisja kwantów promieniowania rentgenowskiego. Symbole K_α, K_β itp. odnoszą się do konkretnych poziomów elektronowych (tzw. powłok elektronowych: K, L, M, itd.), pomiędzy którymi następują przeskoki elektronów.



Przedstawione widmo otrzymano przy innej wartości prędkości elektronów padających na anodę, niż podano w informacji wprowadzającej do zadania 6.

Wartości energii elektronów na wewnętrznych orbitach w atomach pierwiastków innych niż wodór wyrażają się w przybliżeniu wzorem takim jak dla wodoru (zob. karta wzorów), jednak z pomnożeniem energii wodoru przez czynnik Z^2, gdzie Z – liczba atomowa.

Zaznacz właściwe dokończenie zdania wybrane spośród A–C oraz jego poprawne uzasadnienie wybrane spośród 1.–3.

Zmiana materiału anody na metal o większej liczbie atomowej, przy zachowaniu tego samego napięcia przyspieszającego elektrony, spowoduje, że piki

A.	przesuną się w stronę większych λ,	ponieważ	1.	zwiększą się różnice energii pomiędzy poziomami energetycznymi elektronów.
B.	przesuną się w stronę mniejszych λ,		2.	zmaleje energia potrzebna do wybicia elektronów z orbity K atomów anody.
C.	się nie przesuną,		3.	napięcie przyspieszające, a więc i energia przekazana elektronom, się nie zmienią.

Zadanie 7.

Na powierzchni jeziora wzbudzono falę harmoniczną. Czoło tej fali dotarło do stromego brzegu po upływie 1 minuty. Uczniowie obserwujący falę stwierdzili, że odległość między grzbietami wynosiła 1 m, wysokość grzbietów ponad dolinami (w miejscu obserwacji) była równa 30 cm, a czas między kolejnymi uderzeniami grzbietów o brzeg wynosił 2 s.

Zadanie 7.1. (0–2)

Oblicz, w jakiej odległości od brzegu wzbudzono falę.

Zadanie 7.2. (0–1)

Na powierzchni wody leży liść.

Oblicz, ile czasu upływa między maksymalnym wychyleniem liścia w górę a jego maksymalnym wychyleniem w dół.

Pytanie dotyczy najkrótszego takiego czasu.

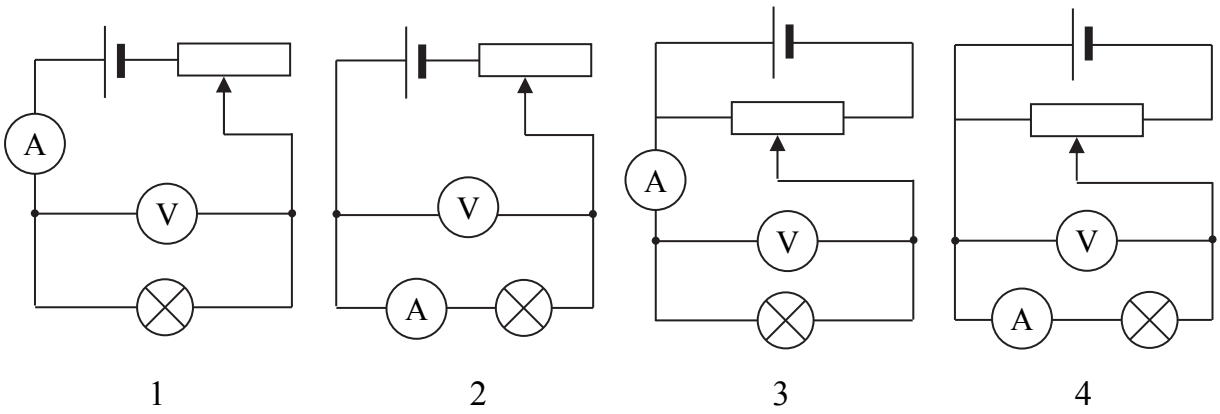
Zadanie 7.3. (0–1)

Liście 1 i 2 leżą na powierzchni wody w odległości 3,25 m od siebie w kierunku biegu fali (liść 1 – z przodu).

Napisz, na jakiej wysokości względem średniego poziomu wody znajduje się liść 2 w chwili, gdy liść 1 jest maksymalnie wychylony w górę.

Zadanie 8.

Uczniowie przeprowadzili doświadczenie, w którym badali zależność natężenia prądu *I* płynącego przez żarówkę od napięcia *U* przyłożonego do niej. W tym celu budowali obwody elektryczne składające się z badanej żarówki, baterii, amperomierza, woltomierza, opornicy suwakowej i przewodów łączących. Rozpatrywali cztery obwody przedstawione poniżej i oznaczone jako 1–4.



1 2 3 4

Uwaga. Doskonały woltomierz ma bardzo duży opór (nie płynie przez niego prąd), a doskonały amperomierz – bardzo mały opór (napięcie na nim jest zaniedbywalne). Jeden z mierników, którymi dysponowali uczniowie, był jednak niedoskonały.

Zadanie 8.1. (0–1)

Napięcie na żarówce ma być zmieniane od zera do wartości maksymalnej. Amperomierz jest doskonały, ale woltomierz – nie (dokładna wartość oporu woltomierza jest nieznana).

Zaznacz, który z obwodów wybrany spośród 1–4 należy zastosować, aby najdokładniej wykonać pomiary.

A. 1 B. 2 C. 3 D. 4

Zadanie 8.2. (0–1)

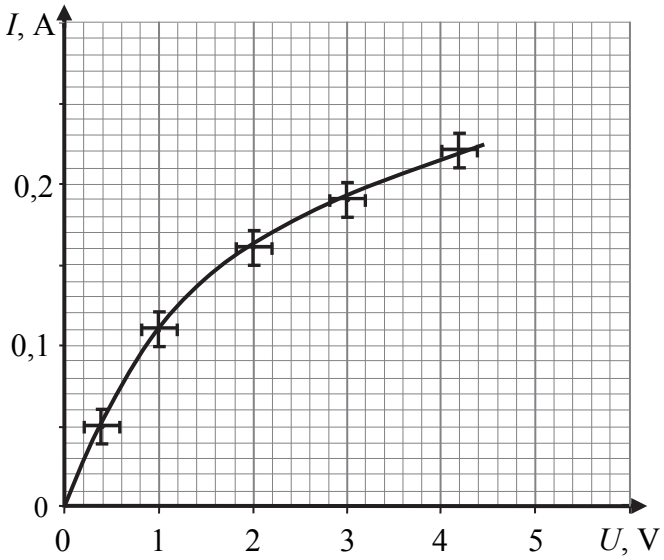
Napięcie na żarówce ma być zmieniane od zera do wartości maksymalnej. Tym razem woltomierz jest doskonały, ale amperomierz – nie (dokładna wartość oporu amperomierza jest nieznana).

Zaznacz, który z obwodów wybrany spośród 1–4 należy zastosować, aby najdokładniej wykonać pomiary.

A. 1 B. 2 C. 3 D. 4

Informacja do zadań 8.3.–8.5.

Obok przedstawiono wykres otrzymany na podstawie wyników pomiarów przeprowadzonych przez uczniów. Niepewności pomiarów natężenia prądu oraz napięcia oznaczono odpowiednio odcinkami pionowymi i poziomymi, przecinającymi się w punkcie pomiarowym.



Zadanie 8.3. (0–1)

Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Z przedstawionego wykresu wynika wniosek, że

A. ze wzrostem napięcia opór żarówki stale rośnie.

B. ze wzrostem napięcia opór żarówki stale maleje.

C. ze względu na niepewność pomiarów nie można jednoznacznie stwierdzić, czy ze wzrostem napięcia opór żarówki rośnie, czy – maleje.

D. w różnych częściach wykresu opór zmienia się w różny sposób: w jednej części rośnie, a w innej – maleje.

Zadanie 8.4. (0–2)

Na podstawie danych odczytanych z wykresu oszacuj opór żarówki zasilanej napięciem 2 V oraz jego niepewność pomiarową. Wyniki wpisz w miejscach oznaczonych kropkami.

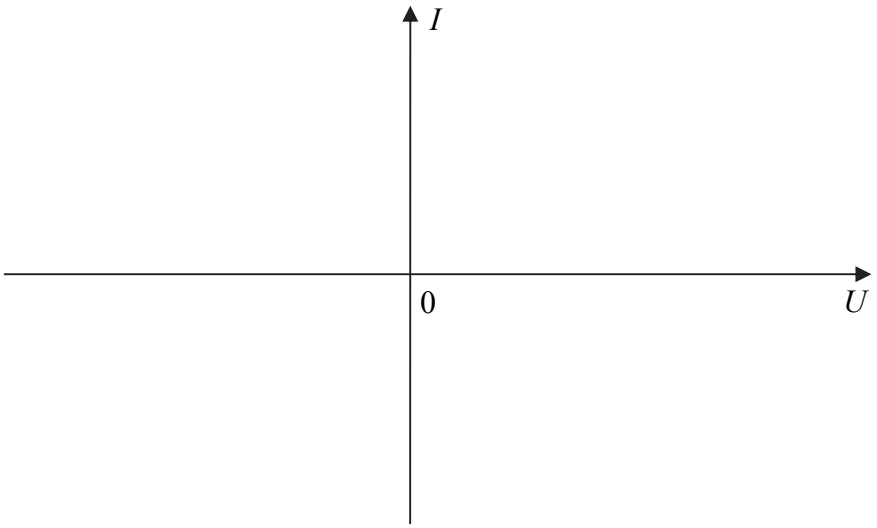
$R =$ ..... $\pm$ .....

obliczenia

Zadanie 8.5. (0–1)

Naszkicuj i objaśnij, jak będzie przebiegał wykres zależności *I*(*U*) dla diody włączonej zamiast żarówki w opisanym doświadczeniu.

Rozważ zarówno dodatnie, jak i ujemne wartości *U* (bieguny baterii mogły być dołączone odwrotnie).



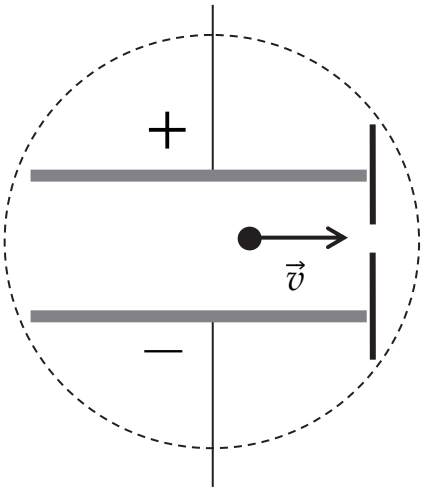
objaśnienie

Zadanie 9.

W pewnych eksperymentach fizycy mają do dyspozycji strumień cząstek o tym samym ładunku i tym samym kierunku prędkości, ale o różnych masach i wartościach prędkości. Z tego strumienia muszą wyodrębnić wiązkę cząstek o tej samej prędkości (niezależnie od ich masy). Ten warunek spełnia próżniowe urządzenie selekcjonujące, w którym stosuje się pola elektryczne i magnetyczne o kierunkach wzajemnie prostopadłych. Przez szczelinę selektora przechodzą tylko te cząstki, które poruszają się z odpowiednią prędkością, prostopadłą do linii obu pól. Siłę grawitacji w opisanej sytuacji można pominąć.

Zadanie 9.1. (0–2)

Załóżmy, że źródłem pola elektrycznego w opisanym selektorze jest kondensator płaski. Na rysunku obok zaznaczono schematycznie linią przerywaną obszar pola magnetycznego w obrębie kondensatora. W tym kondensatorze porusza się dodatnio naładowana cząstka ruchem jednostajnym prostoliniowym z prędkością $\vec{v}$.



Narysuj i oznacz:

- **wektory siły elektrycznej $\vec{F}_e$ i siły magnetycznej $\vec{F}_m$, które działają na cząstkę,**
- **wektor indukcji magnetycznej $\vec{B}$.**

Zachowaj właściwą relację między wartościami wektorów sił. Do zaznaczenia kierunków i zwrotów wektorów możesz posłużyć się strzałkami lub symbolami $\otimes$ $\odot$ oznaczającymi wektor prostopadły do płaszczyzny rysunku ze zwrotem odpowiednio za lub przed rysunek.

Zadanie 9.2. (0–2)

Indukcja pola magnetycznego w selektorze ma wartość 0,8 T, a natężenie pola elektrycznego między okładkami kondensatora ma wartość 6 kV/m.

Oblicz wartość prędkości cząstek przechodzących przez selektor bez zmiany kierunku.

Zadanie 9.3. (0–2)

Uzupełnij zdania z polami wykropkowanymi – wpisz w drugim wierszu nazwę toru cząstki, wybraną spośród: *okręgu* / *paraboli* / *prostej.* Parabola jest krzywą o kształcie wykresu funkcji kwadratowej.

Gdyby w obrębie kondensatora wyłączono pole elektryczne, to torem cząstek byłby fragment

.....

Gdyby w obrębie kondensatora wyłączono pole magnetyczne, to torem cząstek byłby fragment

.....

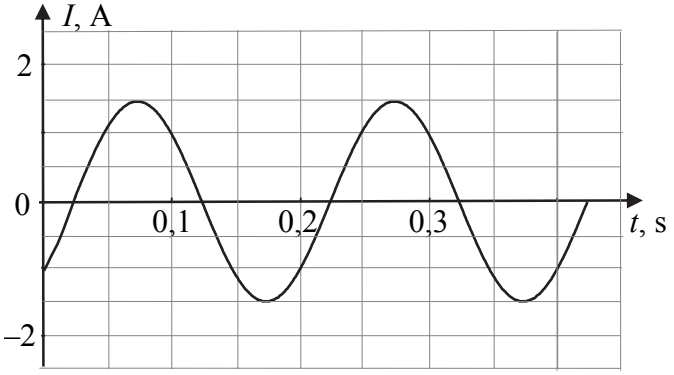
Zadanie 9.4. (0–2)

Wyłączono pole magnetyczne, a natężenie pola elektrycznego między okładkami kondensatora ma wartość 6 kV/m.

Wykaż, że dla cząstek *α* wpływ siły grawitacji na tor ruchu cząstki jest znikomy.

Zadanie 10.

Przez opornik płynie prąd przemienny o natężeniu zmieniającym się w czasie tak, jak to przedstawiono na wykresie. Źródłem napięcia przemiennego jest prądnica, której wirnik składa się ze 100 ciasno nawiniętych zwojów z cienkiego izolowanego drutu miedzianego. Każdy ze zwojów ma kształt prostokątnej ramki o polu powierzchni $20\ cm^2$. Wirnik obraca się w jednorodnym polu magnetycznym wokół osi prostopadłej do linii pola magnetycznego.



Zadanie 10.1. (0–2)

Opór opornika wynosi 4 Ω.

Oblicz wartość skuteczną napięcia wytwarzanego przez prądnicę.

Zadanie 10.2. (0–1)

Wyznacz częstotliwość zmian natężenia prądu płynącego w obwodzie.

Zadanie 10.3. (0–2)

Gdy tę samą ramkę obracano z inną częstotliwością, równą 75 Hz, amplituda napięcia wytwarzanego przez prądnicę wynosiła 90 V.

Oblicz wartość indukcji pola magnetycznego.

Pomiń pole magnetyczne prądu płynącego w ramce.

Zadanie 11.

Ten dramat rozgrywa się w konstelacji Feniksa, w odległości około 326 lat świetlnych od nas. WASP-18 jest gwiazdą o masie 1,24 mas Słońca i promieniu 1,23 promienia Słońca, a więc nieznacznie większą od naszej gwiazdy dziennej. W 2009 r. działający w ramach SuperWASP (*Wide Angle Search for Planets*) zespół pod kierunkiem prof. Coela Helliera z Keele University odkrył w jej sąsiedztwie intrygującą planetę. WASP-18b to ekstremalny przykład tzw. *gorącego jowisza*. Masa tej planety ponad dziesięciokrotnie przewyższa masę Jowisza. Niezwykle masywna WASP-18b orbituje z okresem obiegu około 22,6 h w odległości zaledwie około 3,03 mln km od gwiazdy. Między obydwoma obiektami zachodzą więc silne oddziaływania pływowe. Masywna planeta swą grawitacją przyciąga materię wewnątrz gwiazdy, w wyniku czego powstają dwa wybrzuszenia: kierujące się w stronę planety i w stronę przeciwną. Za sprawą tych czynników dochodzi tu najprawdopodobniej do hamowania pływowego — orbitująca planeta traci moment pędu (obliczany względem środka masy układu). Interesujące zachowanie wykazuje też sama gwiazda. Szacowany wiek omawianej gwiazdy (0,5–2 mld lat) lokuje ją w grupie gwiazd młodych. Gwiazdy młode są zwykle bardzo aktywne. Wykazują silne pole magnetyczne i intensywną emisję promieniowania rentgenowskiego, a na ich powierzchniach dochodzi do potężnych rozbłysków. Tymczasem WASP-18 jest bardzo spokojna. Ponadto w jej widmie zaobserwowano wyraźne linie litu. To właśnie młode gwiazdy są bogate w lit.

Na podstawie: Paweł Ziemnicki, *Kosmiczni Pan i Pani Smith*, „Wiedza i Życie” nr 1, 2015.

Zadanie 11.1. (0–3)

Na podstawie tylko danych zawartych w tekście i na karcie wzorów oblicz masę gwiazdy WASP-18.

Wskazówka. Chociaż masa planety WASP-18b jest wyjątkowo duża, jednak pozostaje znacznie mniejsza od masy gwiazdy WASP-18.

Zadanie 11.2. (0–1)

Całkowity moment pędu układu oddziałujących wzajemnie ciał, na które nie działają siły zewnętrzne, jest stały. W tekście jednak czytamy, że „orbitująca planeta traci moment pędu". Na podstawie przedstawionego artykułu można podać następujące wyjaśnienie tej pozornej sprzeczności:

A. Na gwiazdę WASP-18 wraz z jej planetą działają zewnętrzne siły grawitacji.

B. Planeta traci moment pędu wraz z wysyłanym przez nią promieniowaniem.

C. Gwiazda WASP-18 przejmuje moment pędu tracony przez planetę.

D. Pole magnetyczne planety przejęło tracony przez nią moment pędu.

Zadanie 11.3. (0–1)

Wypisz wszystkie cechy młodej gwiazdy wymienione w tekście. Cechę „aktywność" wykluczamy jako ogólnikową.

BRUDNOPIS *(nie podlega ocenie)*