

Arkusz zawiera informacje prawnie chronione do momentu rozpoczęcia egzaminu.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **WYPEŁNIA ZESPÓŁ NADZORUJĄCY** | | | | | | | | | | | | | | | | | ***Miejsce na naklejkę.***  *Sprawdź, czy kod na naklejce to* **M-660**. |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **KOD PESEL** | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |

|  |
| --- |
| **EG** **EGZAMIN MATURALNY Z FIZYKI**  **Poziom rozszerzony**  **Arkusz pokazowy**  Termin: **4 marca 2022 r.**  Czas pracy: **do 270 minut**  Liczba punktów do uzyskania: **60** |

|  |
| --- |
| **Instrukcja dla zdającego**   1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 12 zadań. Ewentualny brak zgłoś przewodniczącemu zespołu nadzorującego egzamin. 2. Obok każdego numeru zadania podana jest maksymalna liczba punktów, którą można uzyskać za jego poprawne rozwiązanie. 3. W rozwiązaniach zadań otwartych przedstaw tok rozumowania prowadzący do ostatecznego wyniku oraz pamiętaj o jednostkach. 4. W razie pomyłki błędny zapis zapunktuj. 5. Możesz korzystać z „Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki”, linijki oraz kalkulatora. 6. Zapis [kalkulator] zamieszczony w nagłówku zadania informuje, że do rozwiązania zadania będzie niezbędne użycie kalkulatora pozwalającego obliczać wartości logarytmów, funkcji trygonometrycznych oraz funkcji wykładniczych. |

MFAP-R0-**660**-2203

Zadanie 1.

Z niewielkiej wysokości nad poziomym podłożem uczniowie rzucili małą metalową kulkę. Prędkość kulki w chwili początkowej () miała kierunek poziomy. Gdy kulka się poruszała, uczniowie wykonali serię zdjęć (w jednakowych odstępach czasu) kulki w płaszczyźnie ruchu.

Na podstawie serii zdjęć uczniowie wyznaczyli równanie toru ruchu kulki. W tym celu założyli, że torem ruchu jest fragment paraboli. W równaniu toru współczynniki liczbowe wyrażono w podstawowych jednostkach układu SI:

W zadaniach 1.1.–1.2. pomiń opór powietrza i przyjmij do obliczeń wartość przyśpieszenia ziemskiego .

Zadanie 1.1. (0–1)

Dokończ zdanie. Zapisz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Czas lotu kulki od chwili do chwili uderzenia o podłoże wynosi w zaokrągleniu

A.

B.

C.

D.

Zadanie 1.2. (0–3)

Oblicz – wartość prędkości początkowej tej kulki. Zapisz obliczenia.

Zadanie 2.

Jednorodny walec o masie i promieniu obraca się w prawo z prędkością kątową względem swojej osi symetrii. Obracający się walec jest utrzymywany poziomo w ten sposób, że nie dotyka podłoża (jak na rysunku).   
Moment bezwładności walca względem jego osi symetrii jest równy .

W pewnej chwili obracający się walec położono w tej samej pozycji na twardym, poziomym podłożu. Prędkość ruchu postępowego walca w chwili była równa zero.   
Od tego momentu ­– na skutek ruchu obrotowego – walec toczył się przez pewien czas z poślizgiem. Uwzględnij tarcie kinetyczne (poślizgowe), ale pomiń inne opory ruchu. Przyjmij, że siła tarcia działająca na walec ma stałą wartość.

Zadanie 2.1. (0–1)

Walec obraca się w prawo, tocząc się z poślizgiem po poziomym podłożu. Środek masy walca oznaczono jako , a punkt na walcu, przy styku z podłożem, oznaczono jako (jak na rysunku).

S

Dokończ zdanie. Zapisz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Wektor siły tarcia kinetycznego przyłożony w punkcie posiada:  
A. kierunek pionowy, zwrot w górę.  
B. kierunek pionowy, zwrot w dół.  
C. kierunek poziomy, zwrot w lewo.  
D. kierunek poziomy, zwrot w prawo.

Zadanie 2.2. (0–1)

Dokończ zdanie. Zapisz odpowiedź A, B albo C oraz odpowiedź 1., 2. albo 3.

Do momentu, gdy poślizg walca ustał, walec poruszał się ruchem postępowym  
A. jednostajnym,

B. przyśpieszonym,

C. opóźnionym,

a prędkość kątowa ruchu obrotowego walca

1. była stała.

2. się zwiększała.

3. się zmniejszała.

Zadanie 2.3. (0–4)

W chwili , gdy poślizg walca ustał, środek walca osiągnął prędkość liniową o wartości i prędkość kątową o wartości .

Oblicz wartość liczbową ilorazu prędkości kątowych . Zapisz obliczenia.

Wskazówki:

(1) Podczas poślizgu , gdzie jest wartością przyśpieszenia liniowego środka walca,  jest wartością przyśpieszenia kątowego walca.

(2) Brak poślizgu oznacza, że .

Zadanie 3.

Ciało niebieskie krąży wokół gwiazdy macierzystej po orbicie eliptycznej. Długość półosi wielkiej tej orbity eliptycznej jest równa . Na rysunku poniżej przedstawiono położenia ciała, gdy przechodzi ono przez punkt (perycentrum orbity) oraz gdy przechodzi ono przez punkt . Prędkość ciała w punkcie wynosi .

Odległość punktu od środka gwiazdy jest równa , natomiast odległość punktu od środka gwiazdy jest równa .

Do analizy zagadnienia przyjmij model zjawiska, w którym:

- ciało traktujemy jako punkt materialny  
- przyjmujemy, że ciało oddziałuje jedynie z gwiazdą

- środek masy układu przypada w środku gwiazdy .

a

Zadanie 3.1. (0–3)

Wyprowadź wzór pozwalający wyznaczyć – wartość prędkości ciała w punkcie – w  zależności od: , , masy gwiazdy , oraz stałej grawitacyjnej .

Zadanie 3.2. (0–1)

Siłę grawitacji działająca na ciało w punkcie oznaczymy jako , a siłę grawitacji działająca na ciało w punkcie oznaczymy jako .

Które zdanie (A–D) prawidłowo opisuje kierunki sił i oraz relację między wartościami i tych sił? Zapisz właściwą odpowiedź spośród podanych.

A. Obie siły są skie rowane do gwiazdy oraz .

B. Obie siły są skierowane do gwiazdy oraz .

C. Obie siły są styczne do orbity oraz .

D. Obie siły są styczne do orbity oraz .

Zadanie 3.3. (0–3)

Masa gwiazdy wynosi , gdzie jest masą Słońca. Oblicz okres obiegu ciała dookoła gwiazdy . Wynik podaj w latach ziemskich. Zapisz obliczenia.

Wskazówki:

(1) Okres obiegu ciała po orbicie eliptycznej o półosi wielkiej jest równy okresowi obiegu (dookoła tej samej masy) ciała po orbicie kołowej o promieniu .

(2) Obliczenia ułatwi wykorzystanie parametrów ruchu orbitalnego Ziemi () dookoła Słońca, przy założeniu, że ta orbita jest kołowa, a jej promień i okres obiegu wynoszą:

oraz .

Zadanie 4.

Głośnik G poruszał się z prędkością o stałej wartości po prostoliniowym torze pomiędzy nieruchomymi mikrofonami M1 i M2 (jak na rysunku). Podczas tego ruchu głośnik wytwarzał dźwięk o stałej częstotliwości – tzn. membrana głośnika drgała z częstotliwością . Mikrofony M1 i M2 rejestrowały w tym czasie częstotliwości – odpowiednio – oraz dźwięku docierającego do nich z głośnika G.

Na rysunku przedstawiono fragment chwilowego obrazu powierzchni falowych tego dźwięku w powietrzu w układzie odniesienia związanym z ziemią. Odległości pomiędzy kolejnymi powierzchniami falowymi są mniejsze w stronę M1(po lewej stronie głośnika) a większe w  stronę M2 (po jego prawej stronie).

M1

M2

G

l

Zadanie 4.1. (0–1)

Dokończ zdanie. Zapisz odpowiedź A albo B oraz odpowiedź 1., 2. albo 3.

W sytuacji przedstawionej na rysunku głośnik G porusza się w stronę  
A. mikrofonu M1,  
B. mikrofonu M2,

a częstotliwości dźwięku rejestrowane przez oba mikrofony spełniają relację  
1.

2.

3.

Zadanie 4.2. (0–4)

Prędkość dźwięku w powietrzu ma wartość . Stosunek odległości zmierzonej między najbliższymi powierzchniami falowymi w kierunku głośnika M1 do odległości zmierzonej między najbliższymi powierzchniami falowymi w kierunku głośnika M2 jest równy .

Oblicz prędkość głośnika G w sytuacji przedstawionej na rysunku.

Zadanie 4.3. (0–1)  
 W pewnej chwili głośnik G zatrzymał się i wciąż emitował dźwięk o stałej częstotliwości – tak samo we wszystkich kierunkach. Punkt znajduje się w odległości od głośnika, a  punkt znajduje się w odległości od głośnika. Pomiń efekty związane z odbiciem dźwięku od przeszkód w otoczeniu.

Dokończ zdanie. Zapisz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Iloraz natężenia dźwięku z głośnika w punkcie i w punkcie jest równy

A.

B.

C.

D.

Zadanie 5.1. (0–1)

Równoległa wiązka mieszaniny światła czerwonego i fioletowego, biegnąca w powietrzu, pada na szklany pryzmat. Prędkość światła czerwonego w szkle ma większą wartość od prędkości światła fioletowego w szkle.

Które linie na poniższym rysunku prawidłowo przedstawiają przejście promieni światła czerwonego i fioletowego przez pryzmat? Zapisz właściwą odpowiedź spośród podanych.

4

3

2

1

A. 1 – promień fioletowy, 2 – promień czerwony.

B. 1 – promień czerwony, 2 – promień fioletowy.

C. 3 – promień fioletowy, 4 – promień czerwony.

D. 3 – promień czerwony, 4 – promień fioletowy.

Zadanie 5.2. (0–4) [kalkulator]

Promień światła jednobarwnego pada z powietrza na pryzmat o przekroju w kształcie trójkąta równobocznego (rysunek poniżej). Po przejściu przez powierzchnię promień światła załamuje się w pryzmacie i dociera do powierzchni .

Na rysunku zaznaczono kąt padania ) promienia na powierzchnię , kąt załamania ) promienia na powierzchni oraz kąt padania ) promienia na powierzchnię . Promień odbity od powierzchni pominięto. Przyjmij, że oraz .

Ustal i zapisz, czy promień światła wyjdzie przez powierzchnię z pryzmatu na zewnątrz, czy też nastąpi całkowite wewnętrzne odbicie promienia od tej powierzchni. Powołaj się na odpowiednie prawa lub zależności fizyczne i wykonaj niezbędne obliczenia, uzasadniające Twoje stwierdzenie.

Zadanie 5.3. (0–2)

Na rysunku przedstawiono przejście impulsu światła monochromatycznego przez granicę ośrodków 1. i 2. Pęd impulsu światła (zgodnie z korpuskularną teorią światła) w ośrodku 1. oznaczono jako , a w ośrodku 2. oznaczono jako . Punkt leży w ośrodku 2. – na granicy obu ośrodków.

Ośrodek 1.

Ośrodek 2.

Udowodnij, że siła, z jaką impuls światła działa na materię ośrodka 2. w punkcie jest prostopadła do granicy ośrodków.

Wskazówki:

(1) Wykorzystaj związek geometryczny między różnicą pędów a siłą. Rozważ składowe pędów w kierunku granicy ośrodków.

(2) We wzorze na pęd fotonu w ośrodku należy użyć długości fali świetlnej w ośrodku.

Zadanie 6.

Ustaloną masę gazu doskonałego poddano przemianie izotermicznej ze stanu początkowego do stanu , po czym gaz doprowadzono z powrotem do stanu . Następnie przeprowadzono przemianę adiabatyczną tego gazu ze stanu do stanu , po której ponownie sprowadzono gaz do stanu . W ostatniej części doświadczenia gaz poddano pewnej przemianie ze stanu do stanu . W przemianie gaz osiągał ciśnienia niższe niż w przemianie izotermicznej i jednocześnie wyższe niż w przemianie adiabatycznej.

Na poniższym diagramie przedstawiono wykresy zależności ciśnienia od objętości gazu w trzech opisanych przemianach.

Zadanie 6.1. (0–2)

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Po każdym numerze zdania zapisz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1. W przemianie gaz nie pobiera ciepła z otoczenia.

2. W przemianie nie zmienia się energia wewnętrzna gazu.

3. Siła parcia gazu wykonuje największą pracę w przemianie .

Zadanie 6.2. (0–1)

Dokończ zdanie. Zapisz odpowiedź A, B albo C i jej uzasadnienie 1., 2. albo 3.

Temperatura gazu w przemianie   
A. rośnie,

B. pozostaje stała,

C. maleje,

ponieważ w przemianie wraz ze wzrostem

1. nie zmienia się liczba moli gazu.

2. maleje iloczyn .

3. rośnie iloraz .

Zadanie 6.3. (0–3)

Wykaż, że w przemianie gaz pobiera ciepło z otoczenia. Powołaj się na odpowiednie właściwości przemian i zapisz niezbędne zależności fizyczne uzasadniające to stwierdzenie.

Wskazówka: Porównaj przemianęz przemianąalbo rozważ cykl kołowy.

Zadanie 6.4. (0–2)

Punkt na wykresie, który reprezentuje stan ma współrzędne: dla pewnej liczby rzeczywistej .

Oblicz ciśnienie gazu w stanie . Wynik zapisz w postaci iloczynu liczby rzeczywistej, zaokrąglonej do dwóch cyfr znaczących, i symbolu .

Zadanie 7.

Blok lodu o temperaturze i masie włożono do wody o temperaturze . Po pewnym czasie cały lód się stopił, a woda osiągnęła ustaloną temperaturę w każdym punkcie. Podczas tego procesu, aż do ustalenia się temperatury wody, układ (lód oraz woda) oddał do otoczenia ciepła.

W zadaniu pomiń efekty związane z parowaniem. Przyjmij do obliczeń:

(ciepło właściwe lodu), (ciepło topnienia lodu), (ciepło właściwe wody).

Zadanie 7.1. (0–1)

Dokończ zdanie. Zapisz odpowiedź A, B albo C oraz odpowiedź 1., 2. albo 3.

Podczas topnienia blok lodu

A. pobiera ciepło z wody,

B. oddaje ciepło do wody,

C. nie wymienia ciepła z wodą,

a średnia energia kinetyczna jego cząsteczek

1. maleje.

2. rośnie.

3. pozostaje stała.

Zadanie 7.2. (0–3)

Oblicz – temperaturę wody, jaka ustali się po stopieniu lodu. Wynik możesz podać w  lub . Zapisz obliczenia.

Zadanie 8.

W doświadczeniu 1. wiązka niespolaryzowanego światła pada na polaryzator liniowy . Światło, które przeszło przez polaryzator , dalej pada prostopadle na polaryzator liniowy . Płaszczyzna polaryzacji (polaryzatora B) jest ustawiona pod kątem względem płaszczyzny polaryzacji (polaryzatora A). Okazuje się, że światło nie przechodzi dalej przez polaryzator .

W doświadczeniu 2. pomiędzy polaryzatory i wstawiono trzeci polaryzator liniowy , którego płaszczyzna polaryzacji jest ustawiona pod kątem względem oraz . Okazuje się, że w takim przypadku część wiązki światła niespolaryzowanego padająca na przejdzie przez polaryzator .

Na rysunku oznaczono jako amplitudę fali elektromagnetycznej (wektor natężenia pola elektrycznego) po przejściu przez polaryzator .

Zadanie 8.1. (0–2)

Wyjaśnij, dlaczego w pierwszym doświadczeniu światło nie przechodzi przez układ polaryzatorów – , oraz wyjaśnij, dlaczego w drugim doświadczeniu światło przechodzi przez układ polaryzatorów – – .

Zadanie 8.2. (0–3)

Natężenie fali elektromagnetycznej po przejściu przez polaryzator oznaczymy jako , a natężenie fali elektromagnetycznej po przejściu przez polaryzator (w drugim doświadczeniu) oznaczymy jako .

Oblicz stosunek . Zapisz obliczenia.

Zadanie 9. (0–3)

Uczeń zamierzał wyznaczyć opór R pewnego opornika. W tym celu zbudował obwód elektryczny, składający się z: badanego opornika, wyłącznika W, mierników natężenia prądu i napięcia (czułego miliamperomierza A i woltomierza V) oraz zasilacza Z (stałego napięcia). Schemat obwodu przedstawiono na poniższym rysunku:

A

V

W

Z

Po zamknięciu wyłącznika W popłynął w obwodzie prąd elektryczny. W tym czasie amperomierz wskazywał natężenie prądu , a woltomierz wskazywał napięcie . Opór elektryczny woltomierza wynosi .

Oblicz opór R opornika.

Zadanie 10. (0–2)

W pobliżu zwojnicy z rdzeniem ferromagnetycznym podłączonej do amperomierza umieszczono z prawej jej strony magnes walcowy tak, że oś magnesu pokrywa się z osią zwojnicy. Magnes jest zwrócony północnym biegunem N do zwojnicy. Naprzemiennie zbliżano go oraz oddalano go od zwojnicy.

Dokończ zdania. Zapisz odpowiedź spośród A–B i C–D oraz odpowiedź spośród E–H.

1. Podczas zbliżania magnesu do zwojnicy na jej krańcach powstaną bieguny:

A. po prawej stronie południowy S, a po lewej stronie północny N,

B. po prawej stronie północny N, a po lewej stronie południowy S,

a podczas oddalania magnesu od zwojnicy na jej krańcach powstaną bieguny:

C. po prawej stronie południowy S, a po lewej stronie północny N.

D. po prawej stronie północny N, a po lewej stronie południowy S.

2. Prąd w zwojnicy płynie

E. zgodnie z ruchem wskazówek zegara podczas zbliżania i oddalania magnesu (patrząc z prawej strony).

F. zgodnie z ruchem wskazówek zegara podczas zbliżania magnesu i przeciwnie do ruchu wskazówek zegara podczas oddalania magnesu (patrząc z prawej strony).

G. przeciwnie do ruchu wskazówek zegara podczas zbliżania magnesu i zgodnie z ruchem wskazówek zegara podczas oddalania magnesu (patrząc z prawej strony).

H. przeciwnie do ruchu wskazówek zegara podczas zbliżania i oddalania magnesu (patrząc z prawej strony).

Zadanie 11.

Gdy elektron w atomie wodoru przechodzi z poziomu energetycznego na niższy poziom energetyczny (gdzie ), to następuje emisja fotonu z atomu wodoru. Takie przejście elektronu pomiędzy poziomami w atomie wodoru oznaczymy jako .Rozważmy następujące przejścia elektronu pomiędzy stanami w atomie wodoru:

Różnice energii pomiędzy poziomami (od do ) w atomie wodoru reprezentują odległości między odcinkami poziomymi na poniższym diagramie.

Stosunki tych odległości (w pionie) odpowiadają stosunkom różnic energii. Energia stanu podstawowego wynosi .

Diagram

Zadanie 11.1. (0–1)

Częstotliwości fotonów emitowanych podczas przejść oznaczymy jako .

Uporządkuj rosnąco częstotliwości fotonów emitowanych podczas przejść przedstawionych na diagramie. Zapisz odpowiednie oznaczenia częstotliwości w wykropkowane miejsca, tak aby relacja w ten sposób zapisana była prawdziwa.

< < < < <

Zadanie 11.2. (0–3)

Poniżej zapisano długości fal odpowiadających liniom L1–L4 widma emisyjnego atomu wodoru w zakresie światła widzialnego:

L1: , L2: , L3: , L4: .

Ustal i zapisz, któremu spośród przejść wymienionych w zadaniu 11. odpowiada linia widmowa L3. Wykonaj i zapisz odpowiednie obliczenia uzasadniające to przyporządkowanie.

Uwaga! Pomiń odrzut atomu w wyniku emisji fotonu.

Zadanie 12.

Izotop radonu powstaje w wyniku przemiany (rozpadu) pewnego pierwiastka oraz sam ulega przemianie (rozpadowi), podczas której emituje cząstkę . Pierwiastek, z którego powstaje izotop radonu , oznaczymy jako , a pierwiastek, w który się przemienia izotop radonu , oznaczymy jako .

Liczba jąder w badanej próbce w chwili jest równa . Po upływie 40 h w próbce pozostaje 74% początkowej liczby jąder .

Zadanie 12.1. (0–1)

Ustal i zapisz symbole oraz nazwy pierwiastków oznaczonych w zadaniu 12. jako oraz .

Symbol oraz nazwa pierwiastka : ....

Symbol oraz nazwa pierwiastka :  ....

Zadanie 12.2. (0–3) [kalkulator]

Oblicz, jaki ułamek (lub %) z początkowej liczby jąder izotopu radonu pozostanie w próbce po , licząc od chwili . Wynik zapisz zaokrąglony do dwóch cyfr znaczących.