CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

Arkusz zawiera informacje prawnie chronione do momentu rozpoczęcia egzaminu.

MFA 2020

WYPEŁNIA ZDAJĄCY

KOD

PESEL

*miejsce na naklejkę*

NOWA FORMUŁA

# EGZAMIN MATURALNY Z FIZYKI
## POZIOM ROZSZERZONY

TERMIN: **dodatkowy 2020 r.**
CZAS PRACY: **180 minut**
LICZBA PUNKTÓW DO UZYSKANIA: **60**

**Instrukcja dla zdającego**

1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 19 stron (zadania 1–12). 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-203

MFA 2020

Układ graficzny
© CKE 2015

## Zadanie 1.

Pewien samolot pasażerski odrywa się od ziemi po osiągnięciu prędkości o wartości 288 km/h w kierunku poziomym.

W zadaniach 1.1.–1.2. przyjmij uproszczony model zjawiska oparty na założeniu, że prędkość samolotu w chwili początkowej $t_0 = 0$ wynosiła zero i aż do momentu oderwania się od ziemi samolot poruszał się ruchem jednostajnie przyśpieszonym prostoliniowym względem ziemi.

## Zadanie 1.1. (0–2)

Gdy ten samolot rozpędzał się po poziomym pasie startowym lotniska, to przebył drogę 45 m w czasie od chwili $t_7 = 7$ s do chwili $t_{10} = 10$ s.

**Oblicz wartość przyśpieszenia samolotu w tej sytuacji.**

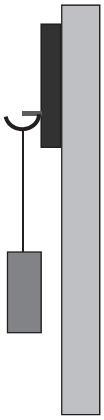
## Zadanie 1.2. (0–2)

Innym razem ten sam samolot rozpędzał się po pasie startowym, poruszając się ze stałym przyśpieszeniem o wartości 1,4 $m/s^2$.

**Ustal i zapisz, czy w takim przypadku samolot mógłby oderwać się od ziemi, gdyby rozpędził się po pasie startowym o długości 1 900 m. Wykonaj niezbędne obliczenia.**

## Zadanie 2. (0–3)

Magnetyczny wieszak (metalowy haczyk z magnesem) jest przeznaczony do mocowania na płaskiej, ustawionej pionowo, stalowej płycie. Na haczyku można wieszać różne przedmioty (zobacz rysunek obok) o masie mniejszej lub równej 3,6 kg – w takiej sytuacji wieszak pozostaje nieruchomy. Zawieszony przedmiot o masie większej od 3,6 kg spowoduje, że wieszak przesunie się w dół.

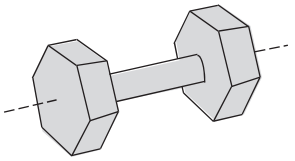


Pomiń masę samego wieszaka oraz pomiń możliwość oderwania się wieszaka od płyty na skutek obrotu. Przyjmij, że zawieszony przedmiot nie dotyka płyty. Współczynnik tarcia statycznego magnesu o powierzchnię płyty jest równy 0,15.

**Oblicz wartość siły, z jaką nieruchomy wieszak jest przyciągany przez stalową płytę.**

## Zadanie 3.

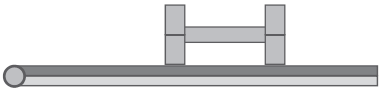
Sześciokątna hantla do ćwiczeń gimnastycznych (zobacz rysunek obok) ma masę $m = 2\,\text{kg}$ i jest wykonana z jednorodnego materiału. Na rysunku linią przerywaną oznaczono oś symetrii hantli przy jej obrocie o kąt 60°.



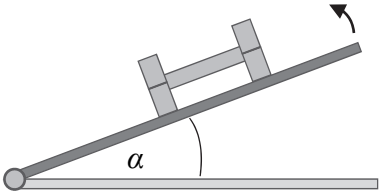
## Dodatkowe informacje do zadań 3.1.–3.2.

Tę hantlę położono na desce w sposób pokazany na rysunku 1. Następnie powoli podnoszono górny koniec deski (zobacz rysunek 2.). Kąt nachylenia deski do poziomu oznaczymy jako $\alpha$. Zauważono, że dopiero przy nachyleniu deski pod kątem większym niż $\alpha_1 = 40°$ hantla zaczęła się z niej zsuwać (zobacz rysunek 3.).

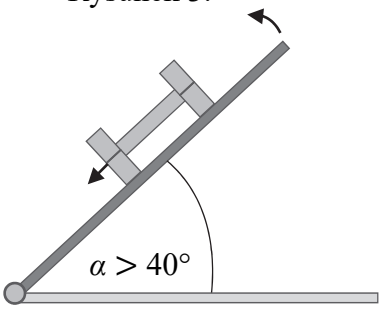
Rysunek 1.



Rysunek 2.




Rysunek 3.




## Zadanie 3.1. (0–2)

**Oblicz współczynnik tarcia statycznego hantli o deskę.**

## Zadanie 3.2. (0–2)

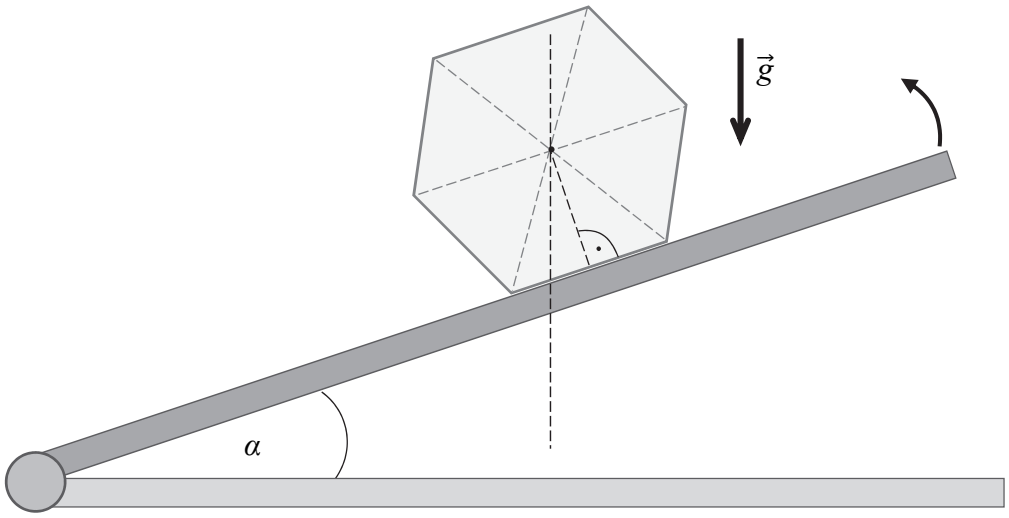
**a) Wyprowadź wzór opisujący zależność wartości *T* siły tarcia statycznego od kąta *α*, dla $0° < \alpha < 40°$ (gdy siła tarcia statycznego nie osiągnęła jeszcze wartości maksymalnej).**

**b) Wykaż, że podczas podnoszenia deski, gdy hantla się nie przesuwała, wartość siły tarcia statycznego rosła.**

## Zadanie 3.3. (0–2)

Za drugim razem hantlę położono na desce w sposób pokazany na rysunku 4. i ponownie powoli podnoszono górny koniec deski. Przy pewnym kącie $\alpha_2$ – nachylenia deski do poziomego podłoża – hantla zaczęła się toczyć (obracać względem deski) bez poślizgu. Na rysunku poniżej kreskami przerywanymi oznaczono linie pomocnicze do analizy sił lub momentów sił. Rysunek przedstawia sytuację, gdy $\alpha < \alpha_2$.

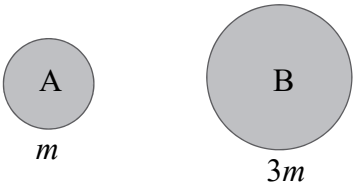
Rysunek 4.




**Wyznacz kąt $\alpha_2$ nachylenia deski do poziomego podłoża, przy którym hantla zaczęła się toczyć (obracać względem deski) bez poślizgu. Odpowiedź uzasadnij.**

## Zadanie 4. (0–2)

Dwie naelektryzowane metalowe kulki umieszczono w pewnej odległości od siebie. Kulki mają ładunki o tej samej wartości i przeciwnych znakach. Kulka B ma masę trzy razy większą od kulki A. Te kulki puszczono swobodnie. Przyjmij, że kulki początkowo spoczywały w inercjalnym układzie odniesienia U, a w trakcie zderzenia ładunki każdej z kulek się zobojętniły. Załóż, że na kulki nie działają inne siły poza wzajemnym oddziaływaniem elektrycznym. Ruch kulek rozpatrujemy w układzie odniesienia U.




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

| | | | |
|---|---|---|---|
| **1.** | Po puszczeniu każda z kulek poruszała się ruchem jednostajnie przyśpieszonym aż do momentu zderzenia. | **P** | **F** |
| **2.** | Po sprężystym zderzeniu dalszy ruch każdej z kulek był jednostajny prostoliniowy. | **P** | **F** |
| **3.** | Kulka A miała w każdej chwili przed zderzeniem wartość prędkości 3 razy większą od wartości prędkości kulki B. | **P** | **F** |
| **4.** | W trakcie sprężystego zderzenia wektory prędkości obu kulek zmieniły zwrot bez zmiany wartości. | **P** | **F** |

## Zadanie 5.

Satelita porusza się po orbicie kołowej dookoła Ziemi jedynie pod wpływem grawitacji. Promień tej orbity jest równy $r = 3R_Z$, gdzie $R_Z$ jest promieniem Ziemi. Pomiń wpływ innych ciał na ruch satelity. Przyjmij do obliczeń $R_Z = 6{,}37 \cdot 10^6$ m oraz masę Ziemi $M_Z = 5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg.

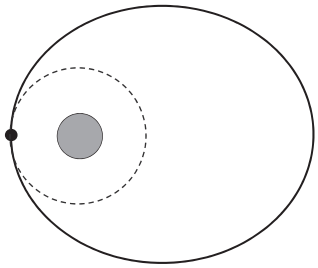
## Zadanie 5.1. (0–3)

**Oblicz okres $T$ obiegu stacji dookoła Ziemi po orbicie kołowej o promieniu $r = 3R_Z$.**

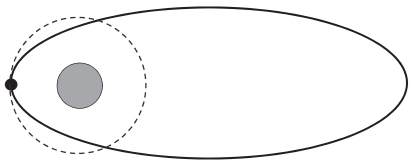
## Zadanie 5.2. (0–1)

Po włączeniu silnika satelita uzyskał prędkość w kierunku stycznym do orbity kołowej, o wartości większej o 20% od tej, z którą krążył po orbicie. Po uzyskaniu tej prędkości silnik wyłączono i satelita poruszał się dalej jedynie pod wpływem grawitacji. Pomiń krótki (w porównaniu z odległością do Ziemi) fragment toru ruchu satelity podczas działania silników.

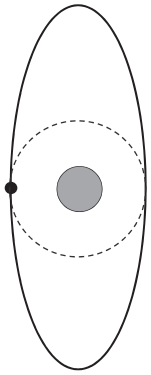
**Spośród rysunków A–D wybierz i zaznacz ten, na którym prawidłowo narysowano dalszy tor ruchu satelity.** *Linią przerywaną jest oznaczona wcześniejsza orbita kołowa.*



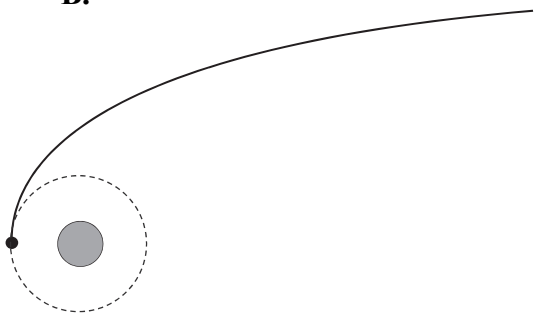
**A.**



**B.**



**C.**



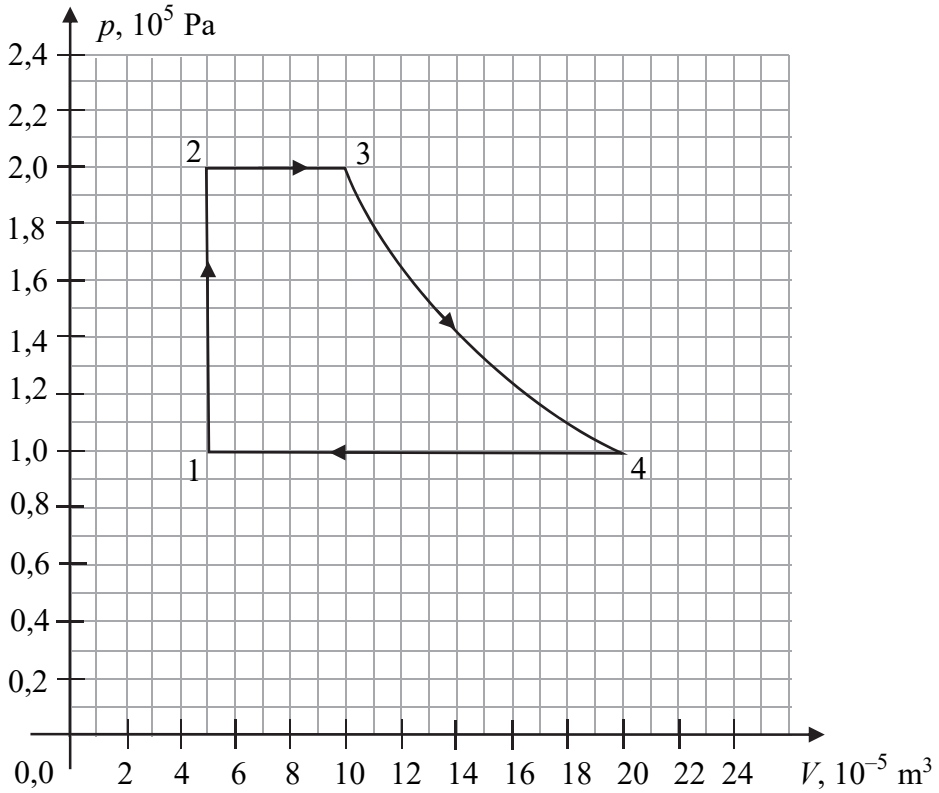
**D.**

## Zadanie 5.3. (0–2)

**Oblicz minimalną wartość prędkości początkowej satelity, znajdującego się w odległości $r = 3R_Z$ od środka Ziemi, która umożliwiłaby temu satelicie oddalenie się od Ziemi z wyłączonymi silnikami na dowolnie dużą odległość – przy pominięciu oddziaływania ze Słońcem.**

## Zadanie 6.

W cylindrze z ruchomym tłokiem znajdują się dwa milimole gazu doskonałego. Ten gaz poddano czterem przemianom termodynamicznym, które tworzą cykl. Na diagramie poniżej przedstawiono wykres tego cyklu we współrzędnych ($V$, $p$) – objętości i ciśnienia. Przemiana 3→4 jest przemianą izotermiczną. Wartość ciepła molowego przy stałej objętości dla tego gazu wynosi 20,8 J/(mol·K).




## Zadanie 6.1. (0–2)

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

| | | | |
|---|---|---|---|
| **1.** | Przemiana gazu ze stanu 1 do stanu 2 to izochoryczne ochładzanie. | **P** | **F** |
| **2.** | Najniższą temperaturę gaz ma w stanie 1. | **P** | **F** |
| **3.** | W przemianie ze stanu 2 do stanu 3 gaz oddaje ciepło do otoczenia. | **P** | **F** |
| **4.** | W przemianie ze stanu 3 do stanu 4 rośnie energia wewnętrzna gazu. | **P** | **F** |

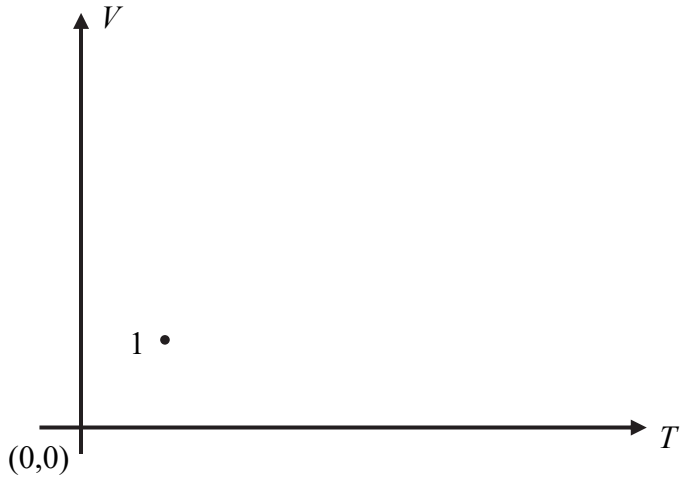
## Zadanie 6.2. (0–2)

**<u>Oszacuj</u> wartość pracy całkowitej (tzw. pracy użytecznej) w jednym cyklu przemian.**

## Zadanie 6.3. (0–2)

**Narysuj we współrzędnych (*T*, *V*) – temperatury i objętości – wykres cyklu przedstawionego we wstępie do zadania 6. Oznacz stany 2, 3, 4. Rysunek wykonaj na poniższym diagramie bez nanoszenia wartości na osiach.**

*Osie wyskalowane są liniowo. Na diagramie oznaczono stan* 1.




## Zadanie 6.4. (0–3)

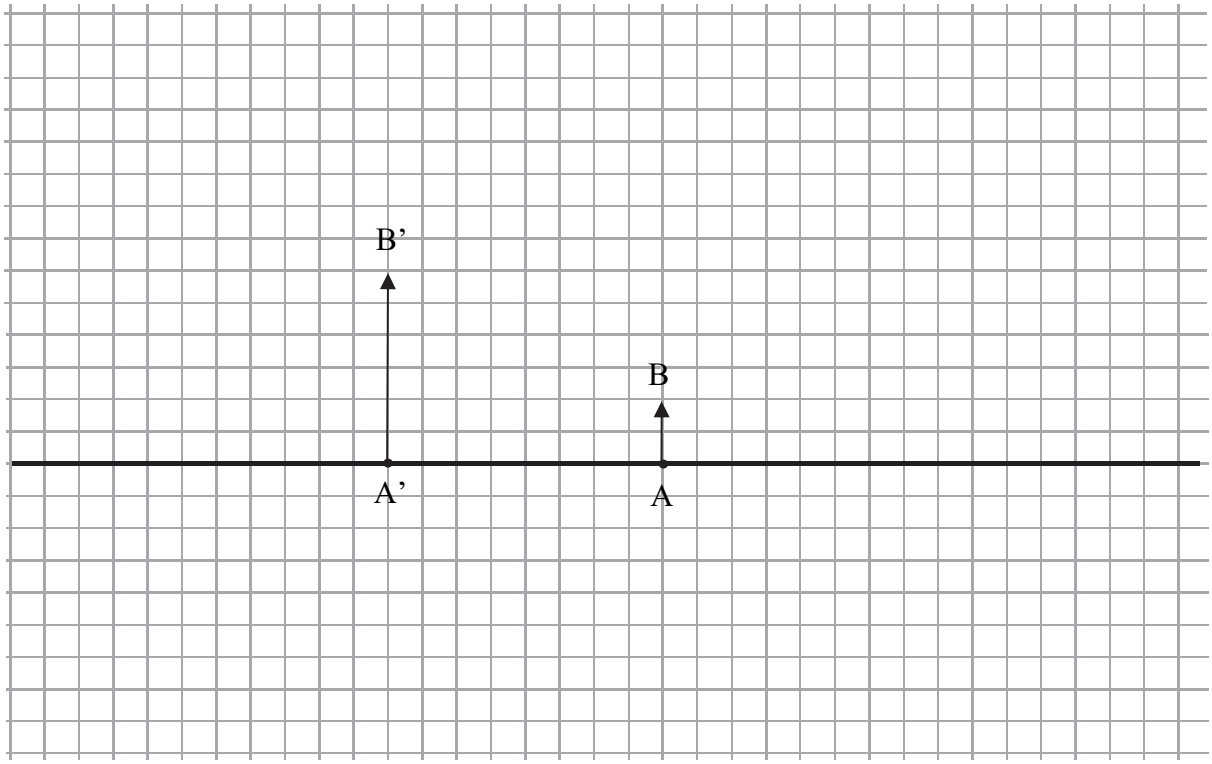
**Oblicz ciepło oddane przez gaz w przemianie 4–1.**

## Zadanie 7.

Wykonano dwa doświadczenia z użyciem cienkiej soczewki skupiającej. W każdym z doświadczeń ustawienie przedmiotu względem soczewki było inne.

## Zadanie 7.1. (0–2)

W pierwszym doświadczeniu uzyskano za pomocą soczewki pozorny, prosty obraz A'B' przedmiotu AB. Na rysunku poniżej przedstawiono położenie przedmiotu AB oraz położenie jego obrazu pozornego A'B'. Punkty A i A' leżą na osi optycznej soczewki.




**<u>Wyznacz konstrukcyjnie</u> (bez obliczeń) położenie soczewki oraz położenie jednego z ognisk. Oznacz literą O położenie środka soczewki na osi optycznej, a literą F – położenie jednego z ognisk.**

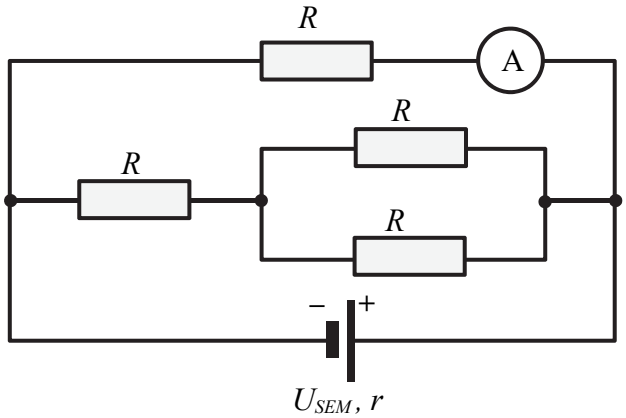
## Zadanie 7.2. (0–2)

W drugim doświadczeniu uzyskano za pomocą soczewki rzeczywisty, odwrócony obraz A''B'' przedmiotu AB. Odległość między przedmiotem AB a jego obrazem A''B'' jest równa 32 cm. Przedmiot AB ma wysokości 2 cm, a jego obraz A''B'' ma wysokość 6 cm. Punkty A i A'' leżą na osi optycznej soczewki.

**Oblicz odległość *x* przedmiotu AB od soczewki, odległość *y* jego obrazu A''B'' od soczewki oraz ogniskową *f* tej soczewki.**

## Zadanie 8. (0–4)

Cztery oporniki, każdy o jednakowej wartości oporu elektrycznego $R = 6\ \Omega$, połączono w obwód i podłączono do źródła zasilania o sile elektromotorycznej $U_{SEM} = 12\ \text{V}$ i oporze wewnętrznym $r = 2\ \Omega$. Schemat tego obwodu przedstawiono na rysunku poniżej. Przyjmij, że opór wewnętrzny amperomierza wynosi zero.

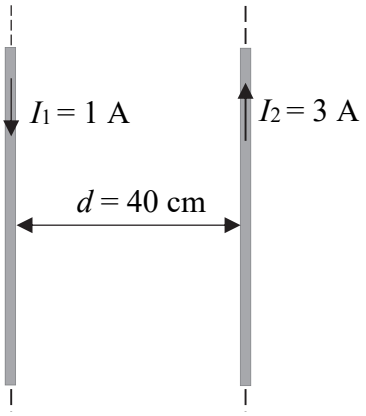



**Oblicz natężenie prądu płynącego przez amperomierz.**

## Zadanie 9.

Dwa długie prostoliniowe przewodniki miedziane umieszczono równolegle do siebie w odległości $d = 40$ cm. W tych przewodnikach płyną – w przeciwnych kierunkach – prądy stałe o natężeniach odpowiednio $I_1 = 1$ A oraz $I_2 = 3$ A. Na rysunku 1. przedstawiono opisany układ w płaszczyźnie zawierającej oba przewodniki.

Rysunek 1.



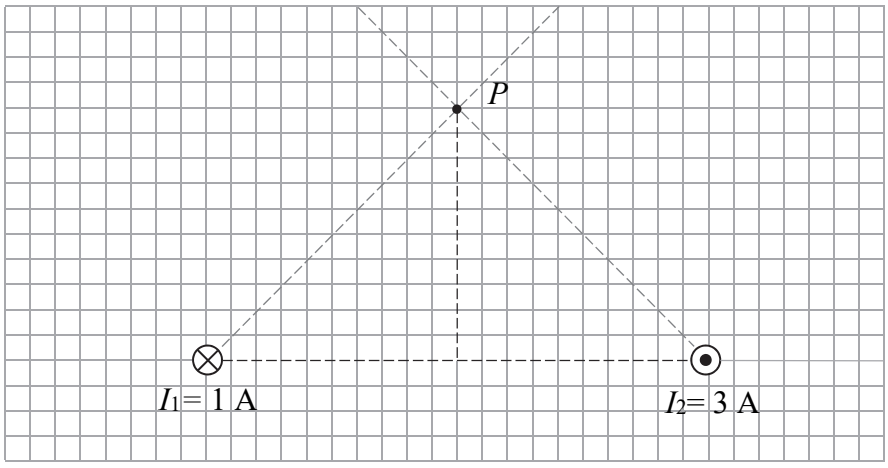

Na kolejnych rysunkach 2. oraz 3. (w zadaniach 9.1. i 9.2.) te same przewodniki przedstawiono tak, że są one prostopadłe do płaszczyzny rysunku, przy czym prąd o natężeniu $I_1$ płynie za tę płaszczyznę.

## Zadanie 9.1. (0–2)

Punkt $P$ leży na symetralnej odcinka łączącego przewodniki, w odległości 20 cm od tego odcinka (zobacz rysunek 2. poniżej).

*Kreską przerywaną oznaczono linie pomocnicze.*

Rysunek 2.

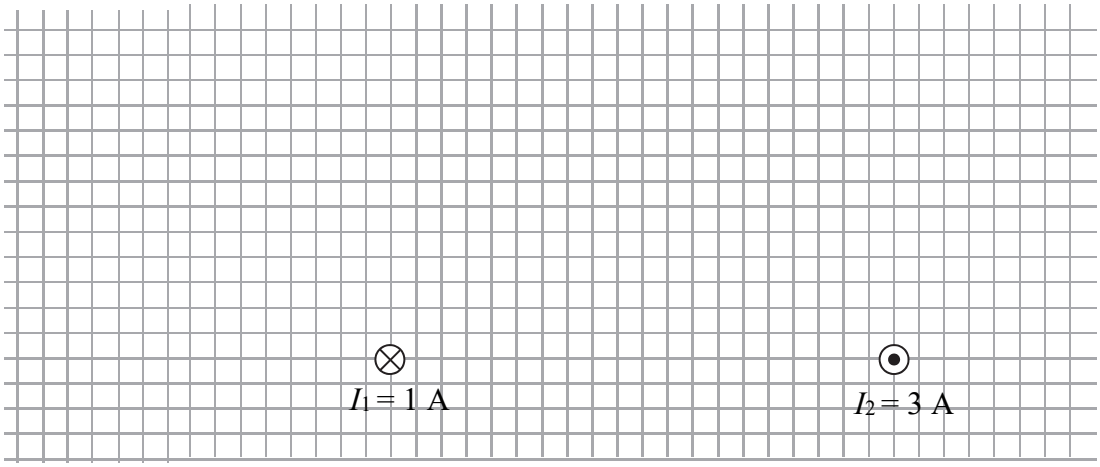



**Narysuj w punkcie $P$ wektory indukcji magnetycznej $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$ (pochodzące odpowiednio od przewodników, w których płyną prądy o natężeniach $I_1$, $I_2$) oraz wypadkowy wektor indukcji magnetycznej $\vec{B}$. Podpisz wszystkie trzy wektory symbolami użytymi w tym poleceniu i zachowaj odpowiednie proporcje pomiędzy ich wartościami.**

**Zadanie 9.2. (0–3)**

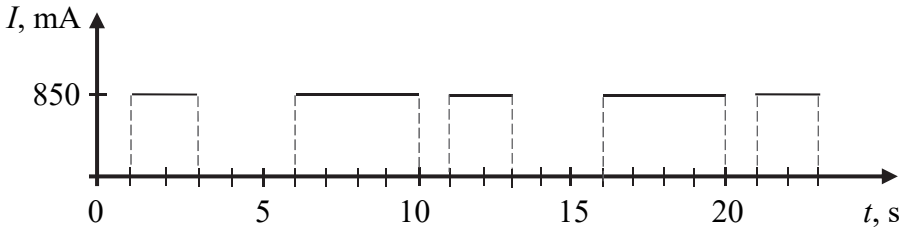
**Na rysunku 3. poniżej zaznacz punkt *Z*, w którym wypadkowy wektor indukcji pola magnetycznego wynosi zero. Oblicz odległość *x* tego punktu od przewodnika, w którym płynie prąd o natężeniu $I_1 = 1$ A.**

Rysunek 3.



## Zadanie 10.

Ładowarka do telefonu uległa uszkodzeniu i nie pracuje w sposób ciągły, lecz działa z przerwami. Uczniowie podłączyli amperomierz do obwodu z ładowarką i na podstawie pomiarów wykonali wykres $I(t)$ – zależności natężenia prądu od czasu (zobacz rysunek poniżej). Widoczny na wykresie cykl zmian natężenia prądu od 0 do 10 s powtarzał się przez 30 minut.




## Zadanie 10.1. (0–3)

**Oblicz ładunek elektryczny, jaki przepłynął przez amperomierz w czasie 30 minut. Wartość ładunku podaj w miliamperogodzinach (mAh) oraz kulombach (C).**

## Zadanie 10.2. (0–3)

Natężenie skuteczne prądu zmiennego płynącego przez opornik $R$ określa się jako natężenie prądu stałego, który płynąc w sposób ciągły przez opornik $R$, przekazałby taką samą energię jak prąd zmienny – w czasie jednego okresu.

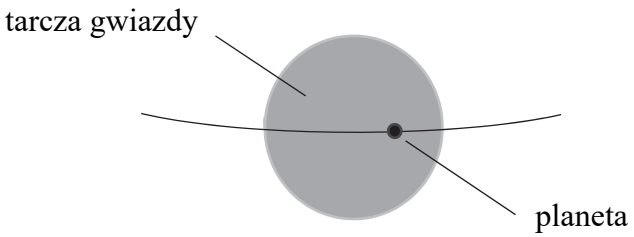
*Uwaga! Prąd płynący przez ładowarkę nie jest zmienny sinusoidalnie, w związku z czym wzór* $I_{sk} = I_{max}/\sqrt{2}$ *nie ma zastosowania w opisanej sytuacji.*

**Wyznacz wartość natężenia skutecznego prądu płynącego przez uszkodzoną ładowarkę.**

## Zadanie 11.

Układ planetarny o nazwie TRAPPIST-1 znajduje się w odległości około 40 lat świetlnych od naszego Słońca i jest podobny do Układu Słonecznego. Układ TRAPPIST-1 składa się z gwiazdy centralnej oraz z siedmiu obiegających ją planet, które nazwano kolejnymi literami alfabetu: *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*. Planeta *b* znajduje się najbliżej gwiazdy, a planeta *h* – najdalej.

Planety odkryto za pomocą teleskopu TRAPPIST, rejestrującego zmiany jasności gwiazdy podczas tranzytu, czyli przejścia planety przed tarczą gwiazdy (patrz rysunek poniżej).




Zakładamy, że gwiazda ma dużo większą masę od mas wszystkich planet oraz że orbity planet leżą w jednej płaszczyźnie.

## Zadanie 11.1. (0–2)

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

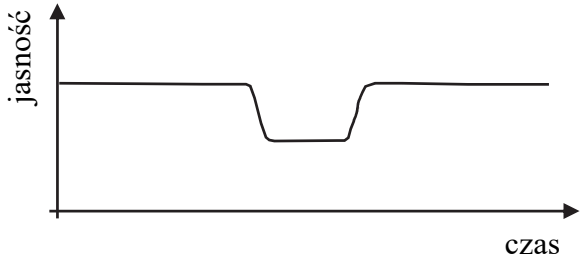
| | | | |
|---|---|---|---|
| **1.** | Planeta *b* ma największą prędkość liniową w ruchu wokół gwiazdy. | **P** | **F** |
| **2.** | Okres obiegu planety *h* jest najmniejszy. | **P** | **F** |
| **3.** | Stosunek kwadratu okresu obiegu planety dookoła gwiazdy do sześcianu promienia jej orbity jest jednakowy dla wszystkich planet układu TRAPPIST-1. | **P** | **F** |
| **4.** | Płaszczyzna orbity planety, której tranzyt obserwujemy, jest prostopadła do kierunku obserwacji. | **P** | **F** |

**Zadanie 11.2. (0–2)**

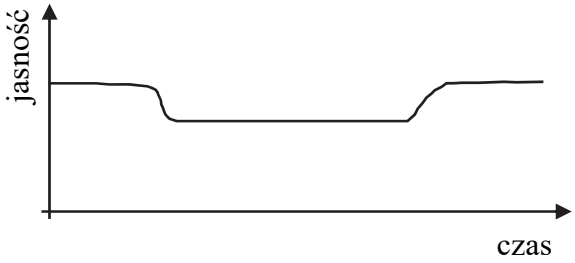
Poniżej – na schematycznych wykresach – przedstawiono zmiany obserwowanej przez astronomów jasności gwiazdy, podczas tranzytu dwóch różnych planet układu: planety 1. i planety 2. Jasność jest wielkością związaną z natężeniem rejestrowanego promieniowania elektromagnetycznego i wyrażono ją na wykresie w jednostkach umownych. Przyjmij, że drogi przebyte przez te planety w trakcie obserwowanego tranzytu są w przybliżeniu równe.

*Osie na obu wykresach wyskalowane są tak samo.*

Wykres jasności podczas tranzytu planety 1.




Wykres jasności podczas tranzytu planety 2.




**Podkreśl właściwe określenia wybrane spośród podanych w nawiasach, tak aby zdania 1. i 2. były prawdziwe. Po każdym zdaniu napisz krótkie uzasadnienie swojego wyboru.**

1. Na podstawie analizy obu wykresów można stwierdzić, że spośród planet 1. i 2. większą z nich jest (*planeta 1.* / *planeta 2.*).

   Uzasadnienie: .....

   .....

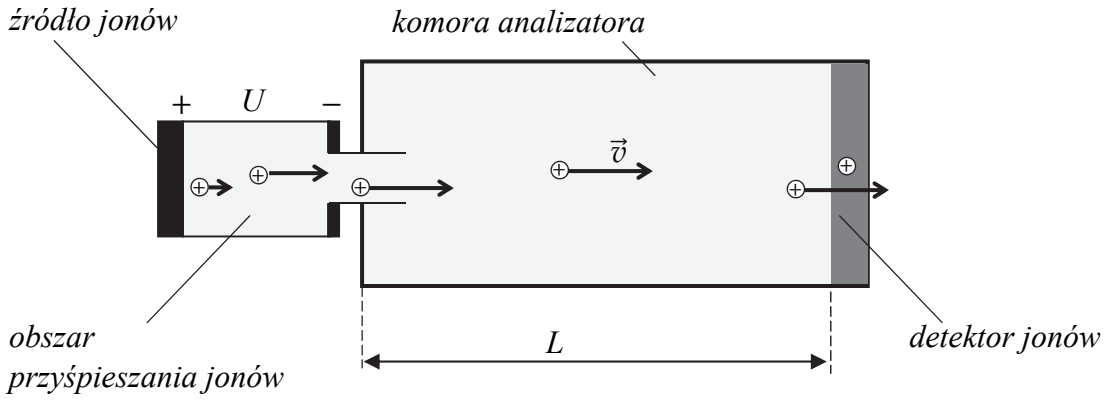
2. Na podstawie analizy obu wykresów można stwierdzić, że spośród planet 1. i 2. dalej od gwiazdy krąży (*planeta 1.* / *planeta 2.*).

   Uzasadnienie: .....

   .....

## Zadanie 12.

Spektrometr masy to urządzenie pozwalające wyznaczyć stosunek $m$ do $q$ – masy $m$ jonu do ładunku elektrycznego $q$ tego jonu. Jedna z metod pomiaru stosunku $m$ do $q$ polega na pomiarze czasu przelotu jonu przez komorę analizatora (zobacz rys. poniżej). W tym celu początkowo spoczywające jony najpierw przyśpiesza się w polu elektrycznym napięciem $U$. Rozpędzone jony uzyskują pewną prędkość $\vec{v}$, z którą opuszczają obszar pola elektrycznego i wpadają do komory analizatora. Zakładamy, że jony poruszają się w próżni, oraz pomijamy wpływ innych pól na ruch jonów.




Iloraz $\frac{m}{q}$ może być podawany w jednostkach nazywanych tomson [Th], w których masa $m$ jest wyrażona w atomowych jednostkach masy u, a ładunek elektryczny $q$ jest wyrażony poprzez wielokrotność ładunku elementarnego $e$.

## Zadanie 12.1. (0–2)

**Wyraź jednostkę tomson w podstawowych jednostkach układu SI oraz oblicz jej wartość.**

## Zadanie 12.2. (0–3)

W pewnym spektrometrze jony są przyśpieszane w polu elektrycznym napięciem o wartości $U = 12\,000$ V, a następnie wpadają do komory analizatora, gdzie nie ma już pola elektrycznego. Przyjmij, że w komorze analizatora o długości $L = 1{,}5$ m jony poruszają się ruchem jednostajnym prostoliniowym. Czas przelotu jonów przez tę komorę jest równy $\Delta t = 9{,}4$ μs.

**Oblicz iloraz $\frac{m}{q}$ dla tego jonu.**

## Zadanie 12.3. (0–2)

Spektrometr ma rozdzielczość $R$, gdy rozróżnia pod względem masy dwa jony o masach $m_1$ i $m_2$ (oraz jednakowych ładunkach elektrycznych $q$) spełniające warunek:

$$\frac{m_1}{m_2 - m_1} < R, \qquad \text{przy czym} \qquad m_1 < m_2$$

Rozważmy spektrometr o rozdzielczości $R = 250$. Poniżej w tabeli wypisano masy $m_1$, $m_2$ wybranych par jonów, których ładunki elektryczne są takie same. Przyjmij, że podane masy są dokładne.

**Ustal i zaznacz – poprzez wpisanie znaku X do odpowiedniej kolumny tabeli – które pary jonów mogą być rozróżniane w spektrometrze, a które – nie. Odpowiedź uzasadnij odpowiednimi obliczeniami zapisanymi w wyznaczonych komórkach tabeli.**

| $m_1$ | $m_2$ | Obliczenia | Spektrometr rozróżnia jony | Spektrometr nie rozróżnia jonów |
|---|---|---|---|---|
| 996 u | 999 u | | | |
| 950 u | 954 u | | | |
| 999 u | 1004 u | | | |
| 1000 u | 1003 u | | | |

# BRUDNOPIS *(nie podlega ocenie)*