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 13 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.

Życzymy powodzenia!

2008

Wypełnia zdający
przed rozpoczęciem pracy

PESEL ZDAJĄCEGO

KOD ZDAJĄCEGO

Za rozwiązanie wszystkich zadań można otrzymać łącznie **60 punktów.**

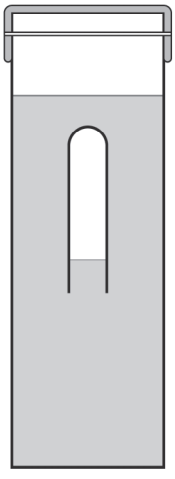
Zadanie 1. Nurek Kartezjusza (*12 pkt*)

Do cylindra miarowego nalano wody i zanurzono w nim menzurkę zwaną nurkiem Kartezjusza tak, że pływa całkowicie zanurzona w wodzie. Na cylinder nałożono gumową membranę i zaciśnięto ją na ściankach naczynia gumką-recepturką (rys. 1). Po naciśnięciu dłonią membrany menzurka zaczęła tonąć (rys. 2). Przyrząd ten wykonano w następujących warunkach: ciśnienie atmosferyczne $p_0 = 10^5$ Pa, temperatura otoczenia i wody $T = 20$ °C, gęstość wody $\rho = 10^3$ kg/m^3. Pod membraną (rys. 1) panuje ciśnienie atmosferyczne.

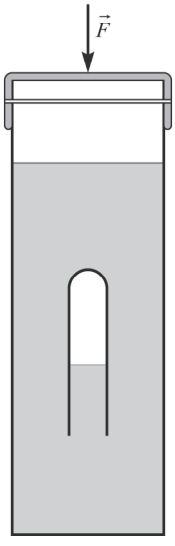
1.1. (*2 pkt*)

Narysuj i nazwij wektory sił działających na nurka:
a) gdy pozostaje nieruchomy pod powierzchnią wody (rys. 1),
b) w momencie, gdy zaczyna tonąć (rys. 2). Pomiń siły oporu.
Zachowaj proporcje długości wektorów.

a) Rys. 1



b) Rys. 2

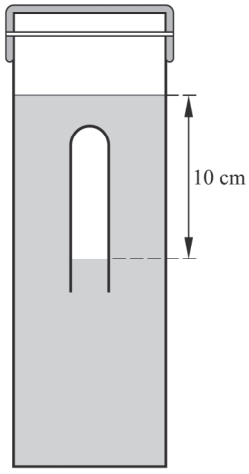


1.2. (*3 pkt*)

W stanie początkowym nurek Kartezjusza był zanurzony na takiej głębokości, że uwięzione w nim powietrze było pod ciśnieniem 101 kPa i zajmowało objętość 5 cm^3. Oblicz, o ile zmienił się poziom cieczy wewnątrz nurka, jeżeli w wyniku naciśnięcia membrany ciśnienie wywierane na powietrze uwięzione w jego wnętrzu wzrosło o 25,5 kPa.
Przyjmij, że temperatura powietrza nie zmieniała się, a menzurka, z której został wykonany nurek Kartezjusza, miała pole przekroju 1 cm^2. Potraktuj powietrze jako gaz doskonały.

1.3. (*3 pkt*)

Oblicz liczbę moli powietrza uwięzionego w nurku, wiedząc, że poziom wody we wnętrzu nurka znajdował się 10 cm poniżej poziomu wody wypełniającej cylinder (rys. 3), a powietrze o temperaturze 20 °C zajmowało objętość 5 cm^3. Potraktuj powietrze jak gaz doskonały.



Rys. 3

1.4. (*2 pkt*)

Co stanie się z nurkiem (rys. 1), gdy temperatura wody wzrośnie. Odpowiedź uzasadnij.

.....

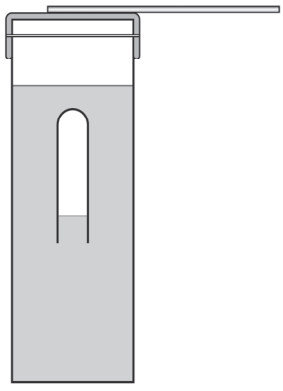
.....

.....

.....

1.5. (*2 pkt*)

Do środka membrany został przyklejony jeden koniec słomki (rys. 4). W ten sposób powstał prosty barometr. W wyniku załamania pogody ciśnienie atmosferyczne zmniejszyło się o 20 hPa. Jak zmieniło się położenie swobodnego końca słomki. Odpowiedź uzasadnij.



Rys. 4

.....

.....

.....

.....

.....

Zadanie 2. GPS (*11 pkt*)

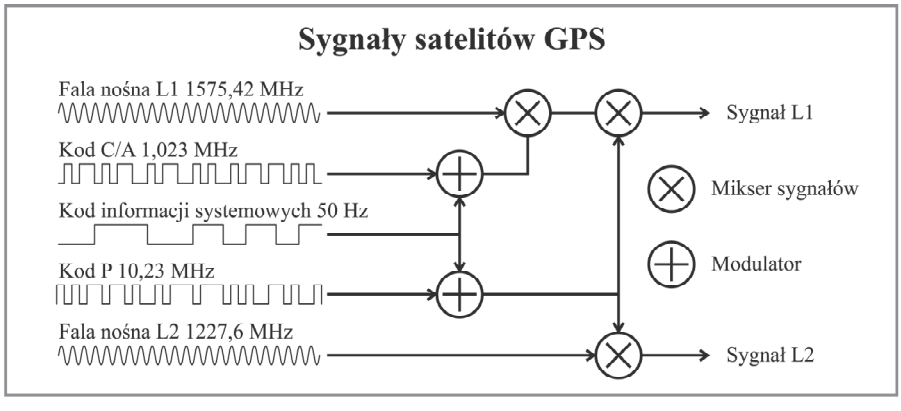
Globalny System Pozycjonowania GPS (Global Positioning System) składa się z segmentu kosmicznego, naziemnej stacji kontroli oraz segmentu użytkownika powiązanych ze sobą. Segment kosmiczny składa się z 24 satelitów rozmieszczonych na orbitach kołowych nachylonych pod kątem 55 stopni względem płaszczyzny równika w odległości 20 162 km od powierzchni Ziemi.

2.1. (*4 pkt*)

Oblicz okres obiegu satelity GPS wokół Ziemi. Podaj, jaką część doby gwiazdowej stanowi czas obiegu satelity GPS?
Do obliczeń wykorzystaj następujące dane:
Doba gwiazdowa T = 23 godziny 56 minut 4 sekundy
Przyspieszenie grawitacyjne przy powierzchni Ziemi g = 9,81 m/s^2
Średni promień Ziemi R_Z = 6370 km

Informacja do zadań 2.2. i 2.3.

Każdy satelita GPS wysyła sygnały L_1 i L_2 o różnych częstotliwościach. Aby odbiornik mógł rozpoznać, z którego satelity odbiera dane, sygnały L_1 i L_2 są modulowane kodami binarnymi C/A i P.



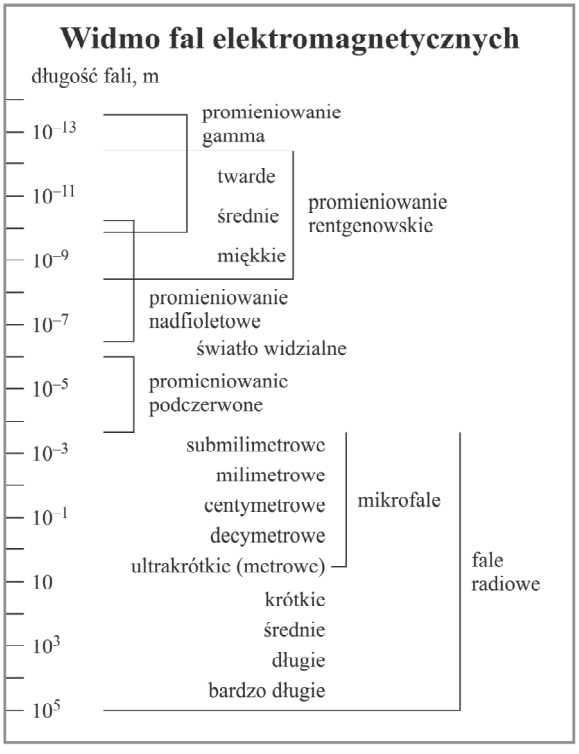
2.2. (*2 pkt*)

Korzystając ze schematu na rysunku 1, oblicz długość fali L_1 i długość fali kodu C/A.

2.3. (*2 pkt*)

Znajdź długości fal obliczone w punkcie 2.3. w widmie fal elektromagnetycznych przedstawionym na diagramie (rys. 2) i zapisz nazwy tych fal.

Rys. 2

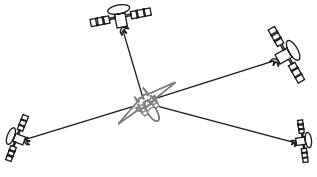


.....

.....

2.4. (*1 pkt*)

Segment użytkownika to urządzenie GPS odbierające i przetwarzające sygnały z satelitów w celu wyznaczenia odpowiedniej pozycji. Aby określić pozycję użytkownika, należy obliczyć odległość od co najmniej czterech satelitów.



Rys. 3

Struktura sygnału GPS umożliwia odbiornikowi wyznaczenie czasu, jaki upłynął od wysłania sygnału przez satelitę do momentu odbioru. Oblicz odległość odbiornika od satelity, wiedząc, że sygnał przebył ją w czasie t = 78 ms.

2.5. (*2 pkt*)

Podaj dwa przykłady zastosowania systemu GPS.

.....

.....

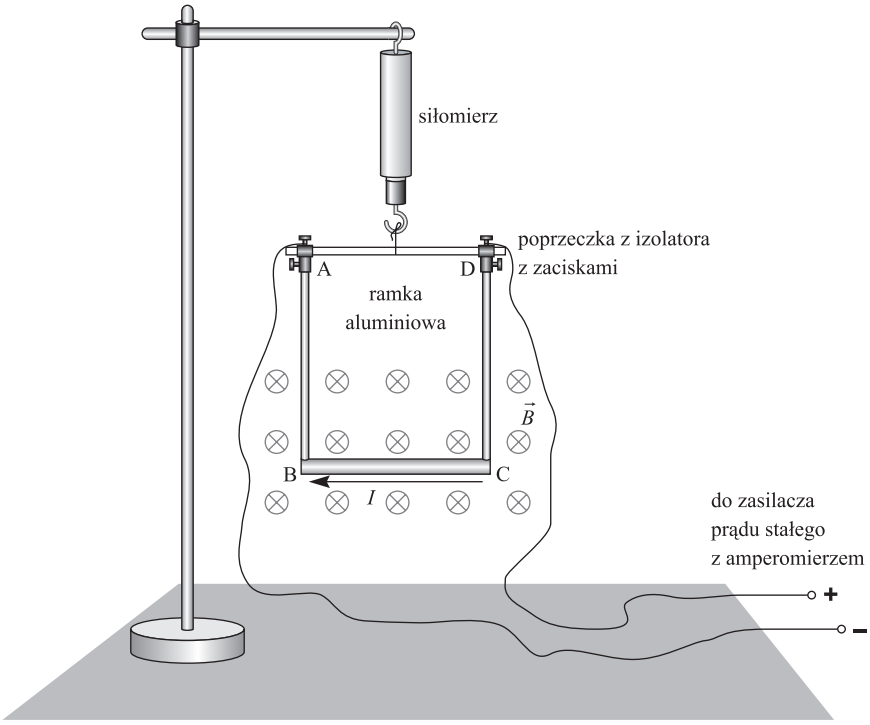
.....

Zadanie 3. Ramka w polu magnetycznym (*14 pkt*)

Doświadczenie 1. Wyznaczanie wartości wektora indukcji magnetycznej

Zestaw doświadczalny służący do wyznaczania wartości indukcji magnetycznej składa się z ramki aluminiowej, poprzeczki wykonanej z izolatora, magnesów neodymowych, siłomierza i zasilacza prądu stałego z amperomierzem.

Rys. 1



Przyrządy zestawiono tak jak na schemacie.
Aluminiową ramkę zawieszono na poprzeczce z izolatora. Prąd z zasilacza doprowadzono za pomocą giętkich długich przewodów do zacisków. Element **BC** ramki o długości 6 cm i masie 30 g umieszczono w polu magnetycznym o liniach biegnących prostopadle do płaszczyzny rysunku. Ramkę i poprzeczkę z izolatora zawieszono na siłomierzu.

Doświadczenie przebiegało w następujących etapach:
1. Za pomocą siłomierza wyznaczono ciężar ramki i poprzeczki, gdy prąd przez ramkę nie płynął.
2. Odczytano wskazania siłomierza dla różnych wartości natężenia prądu płynącego przez ramkę.
3. Wyniki pomiarów zapisano w tabeli.
4. Ustalono niepewności pomiarowe dla amperomierza ΔI = 0,1 A i siłomierza ΔF = 0,01 N.

Tabela

1	2	3
Natężenie prądu [A]	**Wskazania siłomierza [N]**	**Wartość siły elektrodynamicznej [N]**
0	0,31	
2	0,36	
4	0,42	
6	0,47	
8	0,53	
10	0,58	

3.1. (*3 pkt*)

Korzystając z danych zawartych w tabeli, dokonaj obliczeń i uzupełnij kolumnę nr 3 – „Wartość sił elektrodynamicznych".

3.2. (*4 pkt*)

Korzystając z danych zawartych w tabeli, sporządź wykres zależności siły elektrodynamicznej od natężenia prądu. Zaznacz niepewności pomiarowe i poprowadź linię najlepszego dopasowania.

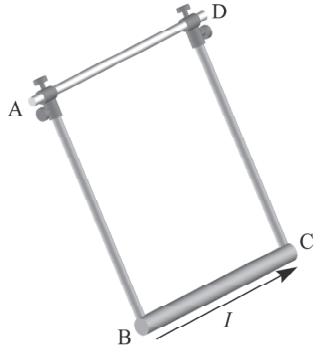
3.3. (*2 pkt*)

Oblicz średnią wartość wektora indukcji magnetycznej.

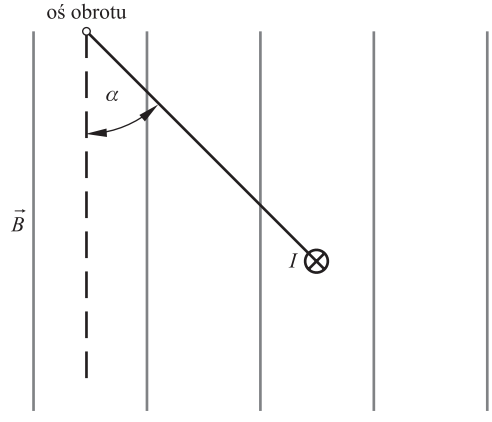
Doświadczenie 2. Badanie kąta odchylenia ramki w polu magnetycznym

Ramkę aluminiową umocowano tak, aby mogła się swobodnie obracać wokół osi przechodzącej przez punkty AD. Całość umieszczono w jednorodnym polu magnetycznym, którego linie jednorodnego pola przebiegają pionowo (rys. 2). Podczas doświadczenia badano kąt odchylenia ramki od położenia równowagi, przy różnych wartościach indukcji magnetycznej i natężenia prądu.

Rys. 2



Rys. 3



3.4. (*1 pkt*)

Ustal zwrot linii pola magnetycznego i zaznacz go na rysunku 3.

3.5. (*1 pkt*)

Narysuj wektory sił działających na element **BC** ramki. Zachowaj proporcję długości wektorów.

3.6. (*3 pkt*)

Wykaż, że kąt odchylenia ramki od pionu wynosi 45° przy następujących danych uzyskanych w doświadczeniu: natężenie prądu 10 A, wartość indukcji pola magnetycznego 0,5 T, długość elementu BC 6 cm. W obliczeniach uwzględnij jedynie masę elementu BC wynoszącą 30 g.

Zadanie 4. Diagnostyka i terapia radiopierwiastkami (*12 pkt*)

Medycyna nuklearna zajmuje się diagnozowaniem i leczeniem chorób przy użyciu izotopów promieniotwórczych.

Informacja do zadań 4.1. i 4.2.

W diagnostyce stosuje się metodę scyntygrafii obrazowej polegającej na wprowadzeniu do organizmu preparatu zawierającego radioizotop emitujący promieniowanie gamma.
Pacjentowi podano w formie iniekcji technet $^{99}_{43}Tc$ emitujący promieniowanie γ o energii 140 keV z czasem połowicznego rozpadu 6 godzin. Gamma-kamera rejestrowała kumulację znacznika w stawie kolanowym w określonych przedziałach czasu.

4.1. (*2 pkt*)

Oblicz długość fali, jaką mają kwanty γ emitowane przez technet $^{99}_{43}Tc$.

4.2. (*2 pkt*)

Uzupełnij reakcje jądrowe, które prowadzą do otrzymania izotopu technetu $^{99}_{43}Tc$.

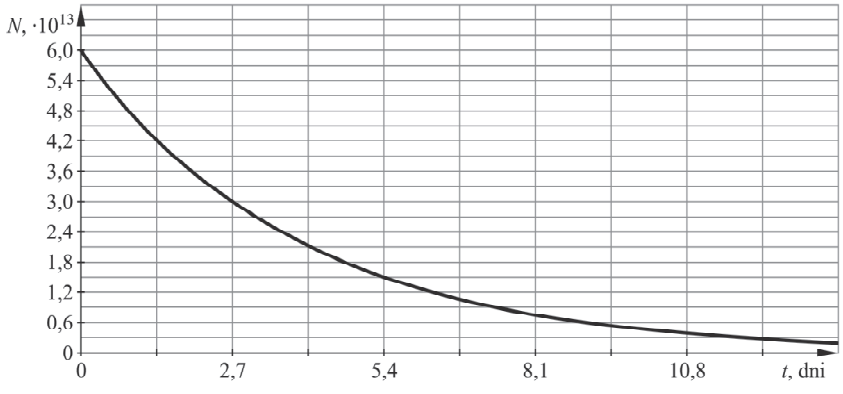
$^{98}_{42}Mo + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \rightarrow {}^{99}_{42}Mo + \gamma$

$^{99}_{42}Mo \rightarrow \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + {}^{99}_{43}Th$

Informacja do zadań 4.3., 4.4. i 4.5.

W leczeniu stosuje się między innymi radiosynowektomię, polegającą na podaniu preparatu promieniotwórczego, który przez emisję cząstek β^- likwiduje proces zapalny.
Pacjentowi wstrzyknięto do stawu kolanowego koloidalny roztwór zawierający promieniotwórczy itr $^{90}_{39}Y$, który jest β^- promieniotwórczy. Na wykresie przedstawiono krzywą rozpadu promieniotwórczego tego izotopu.

Wykres:



4.3. (*4 pkt*)

Oszacuj początkową aktywność koloidalnego preparatu zawierającego itr promieniotwórczy $^{90}_{39}Y$. Potrzebne dane odczytaj z wykresu. Przyjmij, że $\gamma = 0{,}69/T_{1/2}$.

4.4. (*2 pkt*)

Oblicz, ile jąder izotopu itru $^{90}_{39}Y$ ulegnie rozpadowi po upływie 5,4 dnia.

4.5. (*2 pkt*)

Oblicz całkowitą energię wyzwoloną podczas rozpadu β jądra itru:

$^{90}_{39}Y \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{90}_{40}Zr$

Skorzystaj z danych zawartych w tabeli.

Tabela

Nazwa	Masa atomowa
izotop itru	89,90674 u
izotop cyrkonu	89,90432 u
elektron	0,000549 u
1 jednostce masy atomowej 1 u odpowiada energia 931,5 MeV	

Zadanie 5. Promieniowanie kosmiczne (*11 pkt*)

Z przestrzeni międzygwiezdnych do górnych warstw atmosfery ziemskiej dociera promieniowanie kosmiczne. W skład pierwotnego promieniowania kosmicznego w stratosferze wchodzą: protony (87%), cząstki (11%), ciężkie jony od Be do Fe (ok. 1%) i elektrony (1%).

W wyniku oddziaływania pierwotnego promieniowania kosmicznego na nuklidy powietrza atmosferycznego w atmosferze ziemskiej powstaje promieniowanie wtórne. Składnikami tego promieniowania są: bariony, nukleony, mezony, leptony – miony, elektrony i neutrina.

5.1. (*2 pkt*)

Detektor cząstek elementarnych znajdujący się na powierzchni ziemi zarejestrował obecność mionu, którego prędkość oszacowano na 0,95*c*. Oblicz, na jakiej maksymalnie wysokości powstał ten mion, jeżeli jego czas życia w układzie związanym z tym mionem wynosił $2{,}2 \cdot 10^{-6}$ s.

5.2. (*2 pkt*)

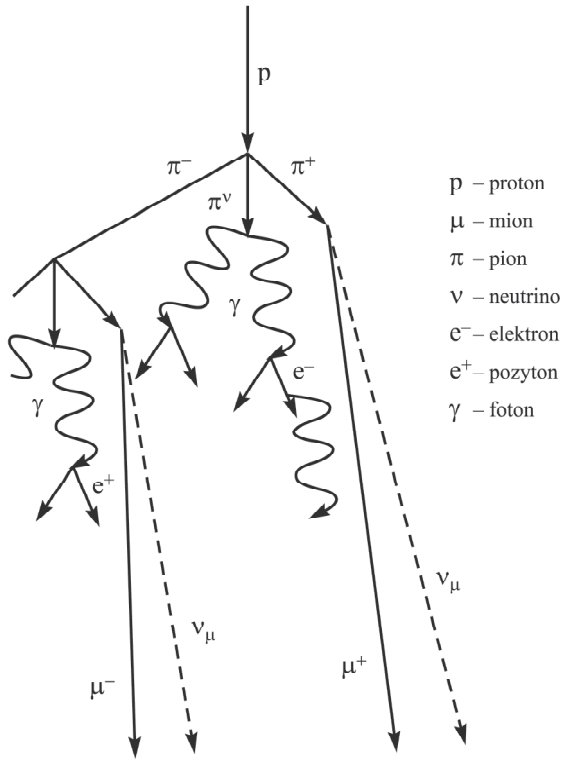
Cząstki wtórnego promieniowania kosmicznego produkują kolejne generacje cząstek. W wyniku tego zjawiska powstaje kaskada cząstek zwana pękiem atmosferycznym. Na schemacie przedstawiono fragment takiej kaskady.
Podczas przemian cząstek muszą być spełnione zasady zachowania. Wymień dwie spośród wszystkich obowiązujących zasad zachowania dopuszczających następujący rozpad cząstek elementarnych:
$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$

1. .....

.....

2. .....

.....



5.3. (*2 pkt*)

Oblicz masę mionu o energii spoczynkowej 105,66 MeV.

Informacja do zadań 5.4. i 5.5.

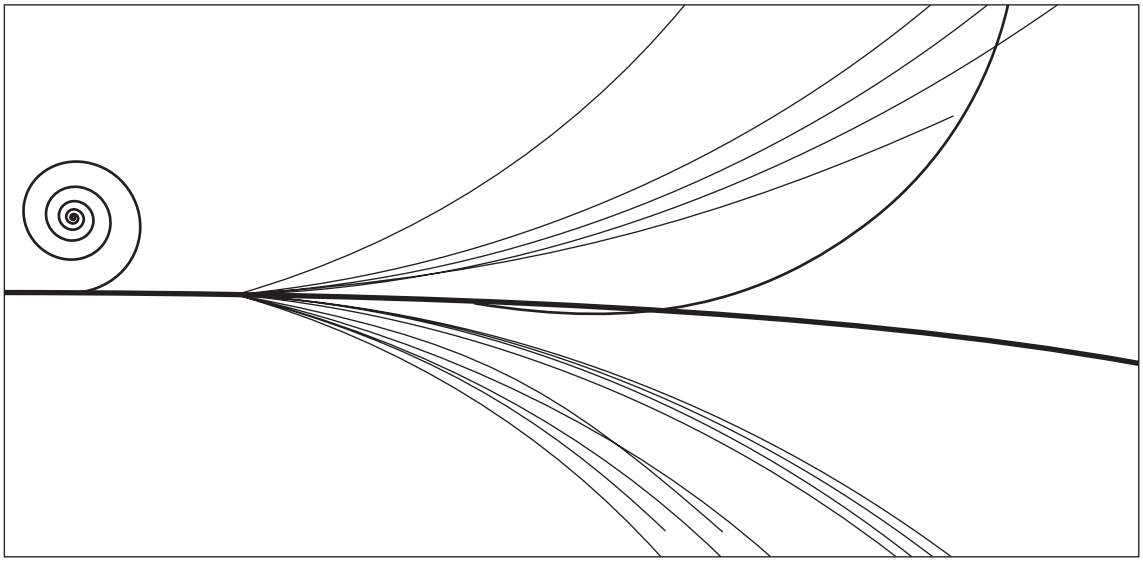
Maksymalne energie cząstek promieniowania kosmicznego sięgają 10^{20} eV. Cząstki przyspieszane w laboratoriach uzyskują energie wielokrotnie mniejsze, jednak wystarczająco duże, by prowadzić badania naukowe. W CERN, aby wygenerować nowe cząstki elementarne, doprowadza się do zderzenia protonów z nieruchomą tarczą lub zderzenia dwu przeciwbieżnych protonów.

5.4. (*3 pkt*)

W nieruchomą tarczę uderza centralnie w ciągu sekundy 100 protonów, każdy o energii kinetycznej $1{,}6 \cdot 10^{-9}$ J, które zostają całkowicie wyhamowane. Oblicz wartość siły, z jaką działa na tarczę strumień tych cząstek. Pomiń efekty relatywistyczne.

5.5. (*2 pkt*)

W doświadczeniu doprowadzono do kolizji proton-proton. W tym celu skierowano atom wodoru o dużej energii na protony zawarte w próbce ciekłego wodoru. Na kliszy zarejestrowano następujące cząstki: protony, kaon, elektron, piony naładowane dodatnio i piony naładowane ujemnie. Korzystając z tabeli zidentyfikuj i podpisz na rysunku linię obrazującą tor ruchu elektronu. Odpowiedź uzasadnij.



Nazwa cząstki	Oznaczenie	Ładunek elektryczny	Masa (m_e)
proton	p^+	+1	1837
pion π^+	π^+	+1	273
pion π^-	π^-	–1	273
kaon K^+	K^+	+1	966
elektron	e^-	–1	1

BRUDNOPIS