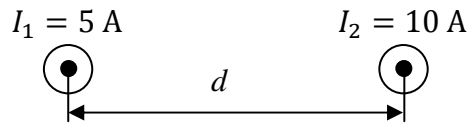


1.3. Pola

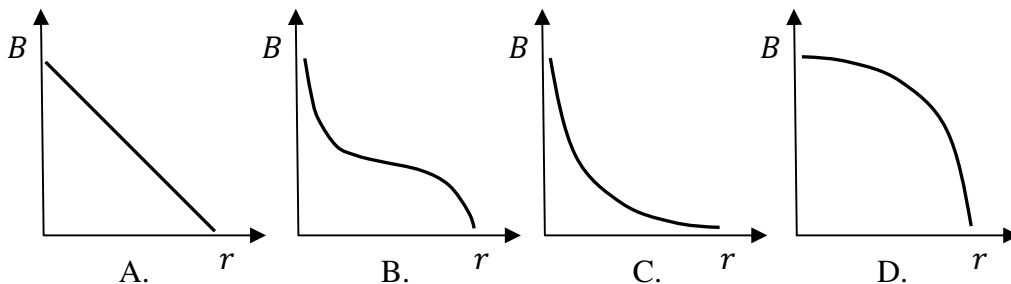
Zadanie 53.

Dwa równoległe bardzo długie przewody, przez którymi płyną prądy o natężeniach $I_1 = 5 \text{ A}$ i $I_2 = 10 \text{ A}$, umieszczono w powietrzu w odległości $d = 30 \text{ cm}$ od siebie.



Zadanie 53.1.

Wskaż, na którym wykresie poprawnie przedstawiono zależność $B_1(r)$ indukcji pola magnetycznego wytworzonego tylko przez przewód, w którym płynie prąd o natężeniu I_1 w odległości r od tego przewodnika.



Wskazówki i rozwiązanie zadania

Wartość indukcji pola magnetycznego wytworzonego przez przewód prostoliniowy możesz obliczyć ze wzoru: $B(r) = \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi r}$.

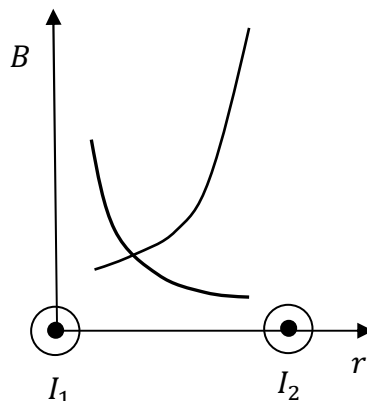
Zauważ, że wartość indukcji B jest w tym wzorze odwrotnie proporcjonalna do odległości r . Zależność indukcji pola magnetycznego $B(r)$, wytworzonego tylko przez przewód, w którym płynie prąd o natężeniu I_1 , poprawnie przedstawiono więc na wykresie C.

Poprawna odpowiedź

C

Zadanie 53.2.

Na wykresie przedstawiono zależność $B_1(r)$ i $B_2(r)$ wartości indukcji pól magnetycznych wytworzonych przez prądy w punkcie znajdującym się między przewodami, w odległości r od lewego przewodnika.



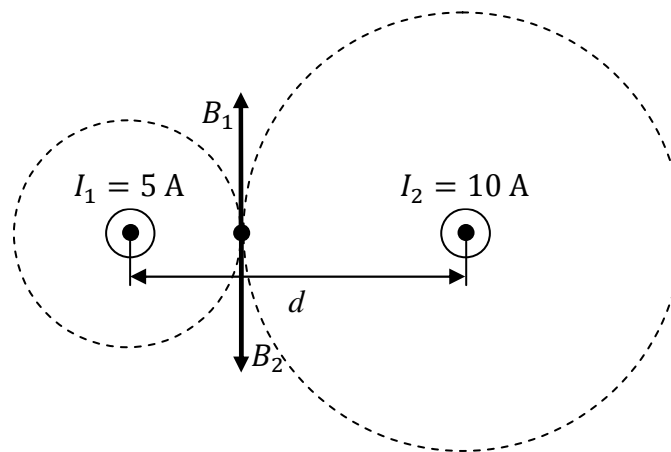
Uzupełnij zdania, wpisując w wykropkowane miejsca odpowiednie stwierdzenia wybrane spośród wyrażeń w nawiasie.

(takie same, różne, zgodne, przeciwne, skierowane w górę rysunku, skierowane w dół rysunku, równe zeru, różne od zera)

Punkt przecięcia obu wykresów to punkt, w którym wartości wektorów indukcji pola magnetycznego pochodzącego od obu przewodników mają wartości. Ponieważ wartości wektorów indukcji pola magnetycznego pochodzącego od obu przewodników mają w tym punkcie zwroty, to wypadkowe pole magnetyczne jest

Wskazówki i rozwiązanie zadania

W punkcie przecięcia wykresów wartości obu funkcji są sobie równe $B_1(r) = B_2(r)$, czyli wartości wektorów indukcji pola magnetycznego wytworzone w tym punkcie przez każdy z przewodników są jednakowe. Aby ustalić zwrot wektorów indukcji pola magnetycznego, należy posłużyć się regułą prawej dłoni dla przewodnika prostoliniowego.



Jak pokazuje powyższy rysunek zwroty obu wektorów są przeciwne. Tak więc wypadkowe pole magnetyczne jest równe $B_C = B_1 - B_2 = 0 \text{ T}$.

Poprawna odpowiedź

takie same, przeciwne, równe zeru

Zadanie 54.

Dwa ładunki dodatnie o wartościach $q_1 = 2 \mu\text{C}$ i $q_2 = 4 \mu\text{C}$ znajdują się w odległości $R = 2 \text{ m}$ od siebie. Na prostej łączącej ładunki, pomiędzy nimi, ustawiono trzeci ładunek dodatni q_3 , przy czym odległość ładunku q_3 od q_1 była zmieniana. W tabeli przedstawiono wartości siły wypadkowej działającej na ładunek q_3 w zależności od odległości od ładunku q_1 . Pod wpływem działających sił ładunki nie mogą się poruszać.

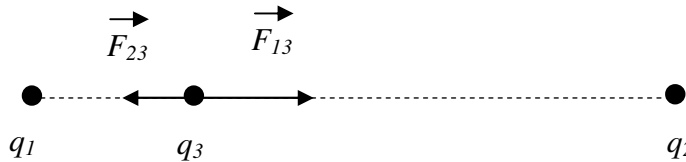
x (m)	F_w (N)
0,2	0,439
0,3	0,188
0,4	0,099
0,5	0,056

Zadanie 54.1.

Narysuj opisany układ ładunków, gdy $x = 0,2$ m i zaznacz na nim siły działające na ładunek q_3 . Następnie oblicz wartość tego ładunku.

Wskazówki i rozwiązanie zadania

Na rysunku przedstawiono opisaną w treści zadania sytuację.



F_{13} to wartość siły, z jaką ładunek q_1 działa na q_3 , natomiast F_{23} to wartość siły, z jaką ładunek q_2 działa na q_3 . Wartość siły wypadkowej zapiszemy jako: $F_w = F_{13} - F_{23}$.

Natomiast wartości sił F_{13} i F_{23} zgodnie z prawem Coulomba mają postać:

$$F_{13} = k \frac{q_1 \cdot q_3}{x^2} \quad F_{23} = k \frac{q_2 \cdot q_3}{(R-x)^2},$$

gdzie x oznacza odległość pomiędzy ładunkami q_1 i q_3 , natomiast $R-x$ to odległość pomiędzy ładunkami q_2 i q_3 . Pamiętać należy, że $R = 2$ m.

Siła wypadkowa wobec powyższego wyraża się zależnością:

$$F_w = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_3}{x^2} - k \frac{q_2 \cdot q_3}{(R-x)^2}.$$

Z czego wynika, że:

$$q_3 = \frac{F_w}{\frac{k \cdot q_1}{x^2} - \frac{k \cdot q_2}{(R-x)^2}} \left[\frac{\frac{\text{N}}{\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \text{C}}}{\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}} = \text{C} \right].$$

Chcąc obliczyć wartość ładunku q_3 , z tabeli należy wybrać dowolną wartość siły wypadkowej i odpowiadającą jej odległość.

Po podstawieniu danych liczbowych otrzymamy $q_3 = 1 \mu\text{C}$.

Zadanie 54.2.

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.

Gdyby w opisaney sytuacji ładunek q_2 mógł się poruszać, to pod wpływem siły wypadkowej działającej na niego ze strony nieruchomych ładunków q_1 i q_3 poruszałby się ruchem

Stwierdzenie		ponieważ wartość siły wypadkowej jest	Uzasadnienie	
1.	jednostajnie przyspieszonym,		A	jest stała w czasie ruchu.
2.	jednostajnie opóźnionym,		B	zmienna w czasie ruchu.
3.	niejednostajnie zmiennym,	C	równa zero.	

Wskazówki i rozwiązanie zadania

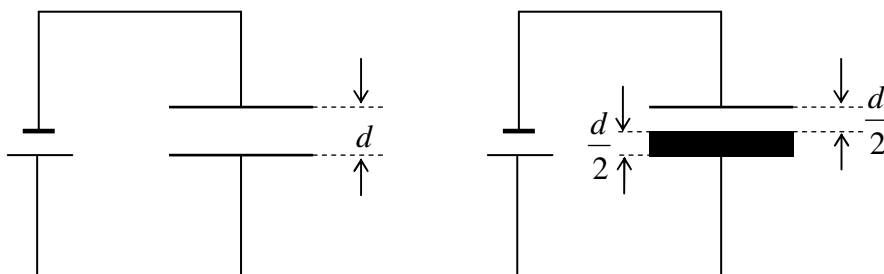
Gdyby w opisanej sytuacji ładunek q_2 mógł się poruszać, to pod wpływem siły wypadkowej działającej na niego ze strony nieruchomych ładunków q_1 i q_3 poruszałby się ruchem niejednostajnie zmiennym.

Na ładunek działają dwie siły, których wartości zmieniają się wraz z odległością. Im większa odległość, tym wartości sił są mniejsze, a co za tym idzie – maleje wartość siły wypadkowej.

Wobec tego pod działaniem siły zmiennej w czasie ładunek będzie poruszał się ruchem zmiennym niejednostajnie.

Zadanie 55.

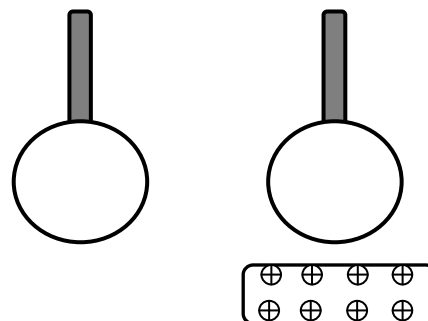
Dwie metalowe płyty o powierzchni 3 cm^2 każda ustawiono równoległe w odległości 2 cm od siebie. Powstał w ten sposób płaski kondensator powietrzny. Kondensator ten podłączono do źródła napięcia stałego 9 V . Następnie do środka kondensatora wprowadzono odizolowaną metalową płytkę, która dotknęła dolnej okładki. Metalowa płytka miała grubość 1 cm i powierzchnię 3 cm^2 (patrz rysunek).



Oblicz zmianę energii kondensatora po wprowadzeniu metalowej płytki w porównaniu ze stanem bez płytki.

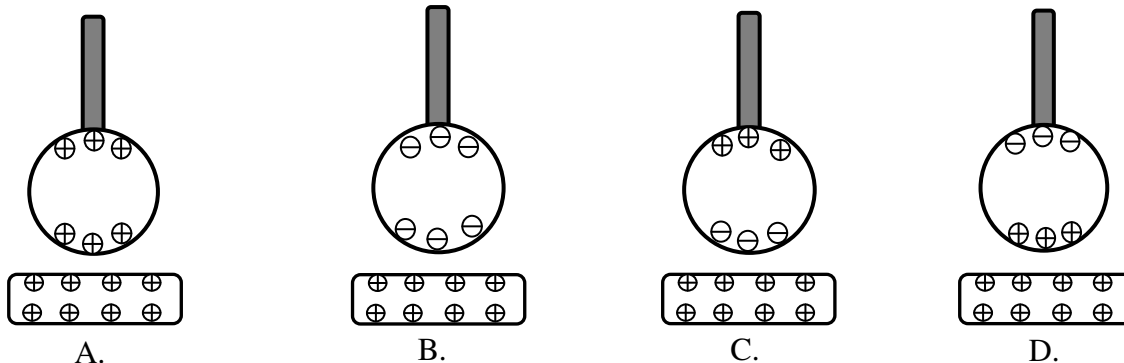
Zadanie 56.

Metalową kulę zamocowano na izolującym elektrycznie uchwycie. Kulę tę zbliżono do naładowanej dodatnio płyty (patrz rysunek).



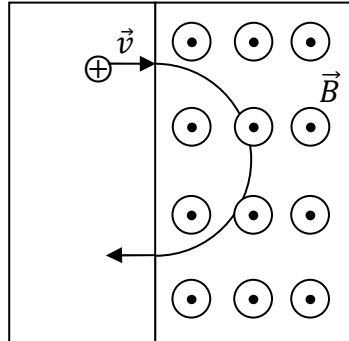
Zaznacz prawidłowe zakończenie zdania.

Rozkład ładunków na kuli poprawnie przedstawiono na rysunku



Zadanie 57.

Proton i elektron przyspieszono napięciem elektrycznym i wstrzeliwano w pole magnetyczne o indukcji \vec{B} prostopadle do linii pola. Obie cząstki zataczały półokręgi i opuszczały obszar pola magnetycznego. Na rysunku zaznaczono schematycznie tylko tor protonu.

**Zadanie 57.1.**

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.

Porównując prędkości obu cząstek można stwierdzić, że jeżeli przyspieszono je tym samym napięciem U , to prędkość protonu jest

Stwierdzenie		prędkość elektronu, ponieważ	Uzasadnienie	
1.	taka sama jak		A	obie cząstki mają taką samą energię kinetyczną.
2.	większa niż		B	proton ma większą masę i taki sam ładunek jak elektron.
3.	mniejsza niż		C	elektron ma większy pęd.

Zadanie 57.2.

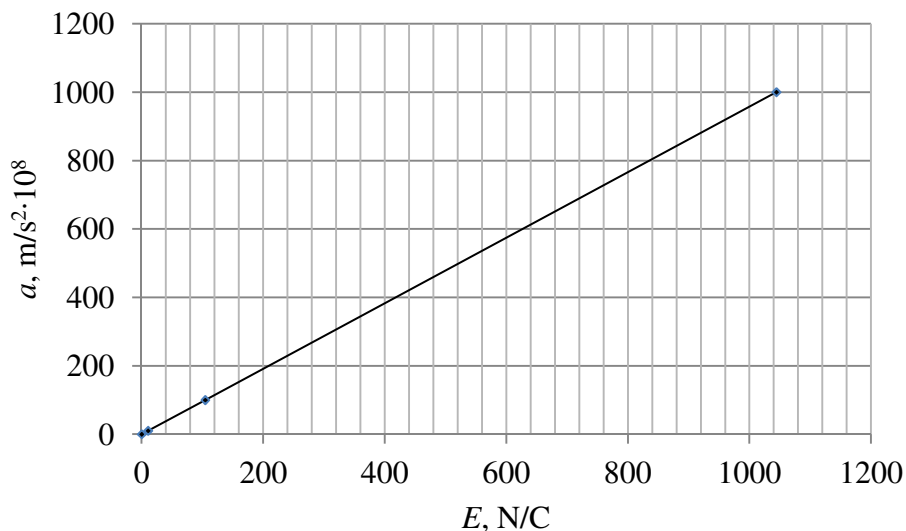
Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.

Gdy obie cząstki przyspieszymy do takich samych wartości prędkości, to promień okręgu, jaki zatonczy proton w polu magnetycznym, w porównaniu z promieniem okręgu zatonzonego przez elektron w tym polu, jest

Stwierdzenie		ponieważ	Uzasadnienie	
1.	taki sam,		A	obie cząstki mają taką samą energię kinetyczną.
2.	większy,		B	proton ma większą masę i taki sam ładunek jak elektron.
3.	mniejszy,		C	elektron ma większy pęd.

Zadanie 58.

W jednorodnych polach elektrycznych przyspieszono cząstkę poruszającą się równolegle do linii tych pól. Na wykresie przedstawiono zależność wartości przyspieszenia uzyskiwanego przez cząstkę od wartości natężenia pola. W tabeli zapisano masy i wartości ładunków wybranych cząstek.



Nazwa cząstki	Masa (kg)	Ładunek (C)
elektron	$9,11 \cdot 10^{-31}$	$1,6 \cdot 10^{-19}$
proton	$1,67 \cdot 10^{-27}$	$1,6 \cdot 10^{-19}$
cząstka alfa	$6,68 \cdot 10^{-27}$	$3,2 \cdot 10^{-19}$
neutron	$1,67 \cdot 10^{-27}$	0

Na podstawie danych zawartych na wykresie oraz w tabeli oblicz i zapisz, którą z wymienionych w tabeli cząstek przyspieszano w polu elektrycznym. W obliczeniach pominięty wpływ siły grawitacji na ruch cząstki.

Zadanie 59.

Cyklotron AIC-144 służy do przyspieszania między innymi deuteronów (jąder izotopu wodoru ${}^2_1\text{D}$). Maksymalna energia kinetyczna opuszczających cyklotron jąder wynosi 60 MeV, a wartość indukcji pola magnetycznego 1 T.

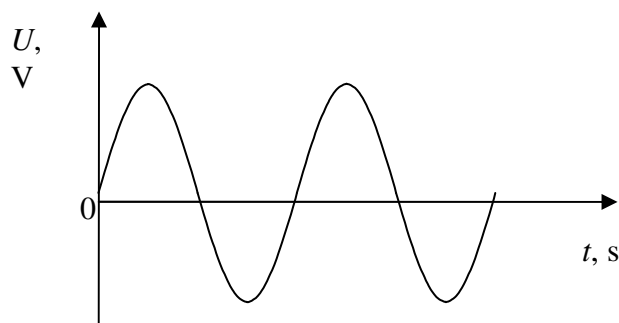
Na podstawie: <http://nauka.money.pl/aparatura-badawcza/cyklotron-izochroniczny-aic-144-935543.html>;
<http://www.ifj.edu.pl/str/dc/publikacje/1971.pdf> [dostęp: 17.06.2015].

Zadanie 59.1.

Oblicz wartość prędkości deuteronu opuszczającego cyklotron AIC-144.

Zadanie 59.2.

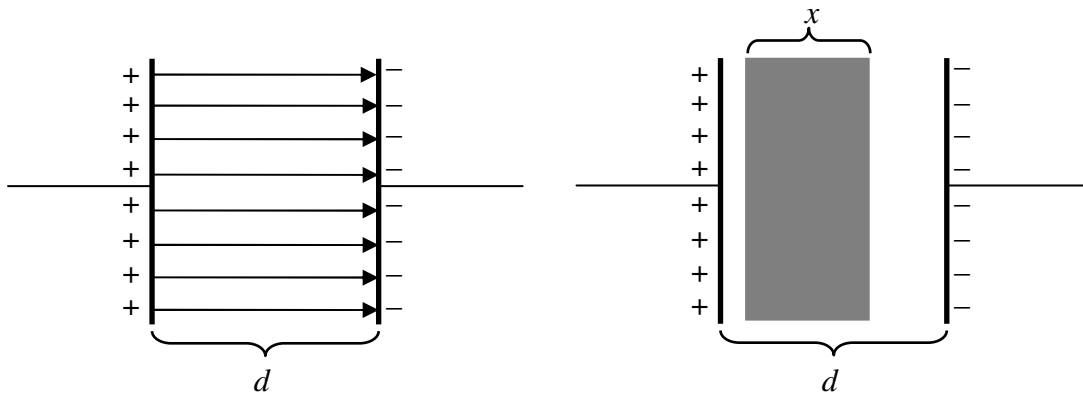
Napięcie pomiędzy duantami zmienia się tak, jak pokazano na wykresie.



Uzupełnij dane na osi czasu, wpisując co najmniej dwie wartości. Załóż, że zmianę natężenia pola elektrycznego w czasie przebywania deuteronu między duantami można pominąć.

Zadanie 60.

Dwie jednakowe, równoległe do siebie okładki kondensatora płaskiego były jednorodnie naładowane różnoimiennymi ładunkami o takich samych wartościach. Kondensator ten nie był podłączony do źródła napięcia. Przyjmujemy, że pole elektrostatyczne między okładkami kondensatora było jednorodne, a poza tym obszarem – równe zero. Pomiędzy okładki wsunięto nienaładowaną elektrycznie, wykonaną z przewodnika płytkę. Płytkę miała grubość x , przy czym $0 < x < d$, gdzie d – odległość między okładkami kondensatora. Pozostałe wymiary płytki były takie same jak wymiary okładek kondensatora. Pole powierzchni okładek wynosiło S . Płytkę nie stykała się z żadną z okładek kondensatora. Opisaną sytuację przedstawiono na rysunku. Przestrzeń między okładkami kondensatora była wypełniona powietrzem, którego względną przenikalność elektryczną można przyjąć za równą 1 i traktować ten kondensator tak samo, jakby między jego okładkami znajdowała się próżnia.

**Zadanie 60.1.**

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

Po wsunięciu płytki między okładki kondensatora

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	natężenie pola elektrostatycznego w całej przestrzeni między okładkami kondensatora było równe zero.		
2.	natężenie pola elektrostatycznego wewnątrz płytki wynosiło zero.		
3.	wartość napięcia między okładkami zmniejszyła się.		

Zadanie 60.2.

Kondensator z przewodzącą płytką między jego okładkami można traktować jako układ dwóch kondensatorów połączonych szeregowo. Pojemności kondensatorów C_1 i C_2 oraz pojemność zastępczą C układu tych dwóch kondensatorów połączonych szeregowo spełniają relację $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$.

Korzystając z powyższych informacji, wyprowadź wzór na pojemność kondensatora po wsunięciu między jego okładki metalowej płytki. Pojemność wyraż przez pole powierzchni okładek i płytki S , odległość między okładkami kondensatora d , grubość płytki x oraz przenikalność elektryczną próżni ϵ_0 .

Zadanie 61.

Włożenie dielektryka (izolatora) między okładki kondensatora powoduje zwiększenie pojemności tego kondensatora w porównaniu z pojemnością przy braku wypełnienia

przestrzeni między okładkami. Współczynnik $\epsilon_r = \frac{C_d}{C_0}$ (C_d – pojemność kondensatora z dielektrykiem wypełniającym całą przestrzeń między okładkami, C_0 – pojemność próżniowego kondensatora) nazywany jest względną przenikalnością elektryczną. Dwie jednakowe, równoległe do siebie metalowe płytki o polu powierzchni 100 cm^2 każda tworzyły kondensator płaski. Odległość między płytkami wynosiła 2 cm . Były one naładowane ładunkami o jednakowych wartościach $1 \mu\text{C}$ – jedna dodatnim, a druga ujemnym. Kondensator nie był podłączony do źródła napięcia. Przestrzeń między okładkami wypełniona była powietrzem, którego względną przenikalność elektryczną można przyjąć za równą 1 i traktować ten kondensator tak samo, jakby między jego okładkami znajdowała się próżnia. Pomiędzy płytki wsunięto szkło o grubości 2 cm oraz o powierzchni takiej samej i tak samo ukształtowanej jak płytki kondensatora. Cała przestrzeń między płytkami została wypełniona szkłem. Względna przenikalność elektryczna szkła była równa 7.

Zadanie 61.1.

Korzystając ze wzorów na energię próżniowego i wypełnionego dielektrykiem naładowanego kondensatora, oblicz pracę potrzebną do wyjęcia szkła spomiędzy okładek tego kondensatora.

Zadanie 61.2.

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Gdy w kondensatorze było szkło, to wartość napięcia pomiędzy jego okładkami była 7 razy większa, niż gdy kondensator nie był wypełniony szkłem.		
2.	Natężenie pola elektrostatycznego między okładkami kondensatora było takie samo, niezależnie od tego, czy znajdowało się tam szkło, czy też nie.		
3.	Gdyby okładki kondensatora były podłączone do źródła napięcia stałego, to natężenie pola elektrostatycznego między nimi byłoby takie samo, niezależnie od tego, czy znajdowałyby się tam szkło, czy też nie.		

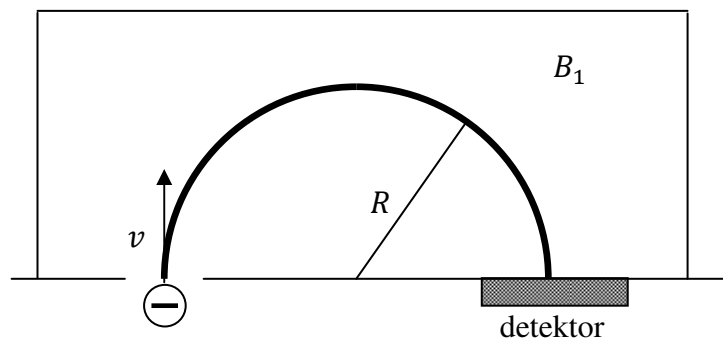
Zadanie 62.

Za czas narodzin spektrometrii mas należy przyjąć lata 1899–1913, w których fizycy zbudowali urządzenia pozwalające wyznaczyć masę, a właściwie stosunek masy do ładunku elektrycznego $\frac{m}{q}$. Pomysł, by poddać promienie kanalikowe (jak dawniej nazywano jony) działaniu pól elektrycznego i magnetycznego, należał do W. Wiena. W efekcie Wien stwierdził, że stosunek $\frac{m}{q}$ zależny jest od rodzaju badanego gazu. J.J. Thomson, odkrywca elektronu, udoskonalił aparat Wiena, stosując niskie ciśnienie w części roboczej urządzenia. Kolejnym ulepszeniem był spektrometr F.W. Astona, za pomocą którego dokonał on odkrycia wielu izotopów, a w 1922 r. otrzymał za te prace Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii.

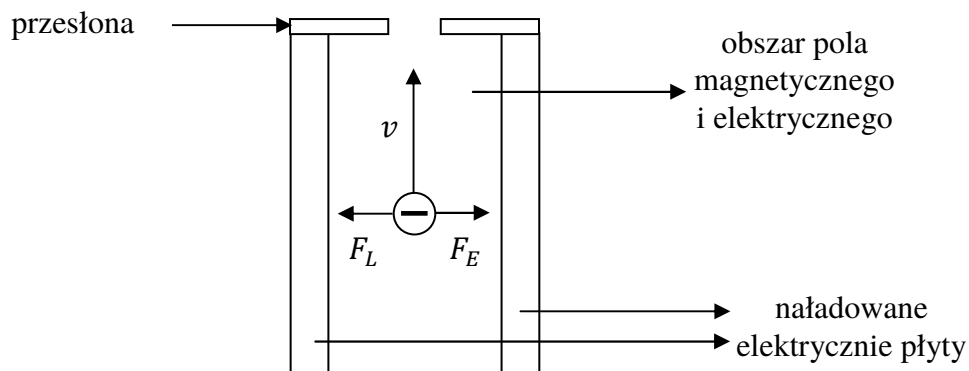
Spektrometria masowa rozwijała się, powstawały nowe urządzenia, a jednemu z nich, spektrometrowi Bainbridge’a poświęcimy więcej uwagi.

W obszarze roboczym spektrometru na poruszające się w polu magnetycznym o indukcji B_1 jony działa siła Lorentza, pełniąc rolę siły dośrodkowej. Powoduje ona zakrzywienie toru jonów, które po zatoczeniu półokręgu o promieniu R uderzają w detektor. Jak każdy spektrometr służy on do pomiaru mas jonów.

$$F_d = F_L \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = q \cdot v \cdot B_1 \cdot \sin 90^\circ \Rightarrow m = \frac{q \cdot B_1 \cdot R}{v}$$



Widać więc, że aby dokonać pomiaru masy jonu, musimy mieć pewność, że cząstka porusza się ze ściśle określoną prędkością o wartości v . Zapewnia to selektor prędkości. Spośród różnych jego typów najlepszy jest taki, w którym użyjemy statycznych, wzajemnie prostopadłych pól elektrycznego i magnetycznego. Naładowane elektrycznie płyty wytwarzają między sobą jednorodne pole elektryczne, w przestrzeni między nimi panuje również pole magnetyczne.



Jak widać na rysunku, przez selektor przejdą tylko te cząstki, na które będą działać równoważące się siły elektryczna F_E i magnetyczna F_L . Aby było to możliwe, należy odpowiednio dobrać wartości i zwroty natężenia pola E i indukcji pola magnetycznego B .

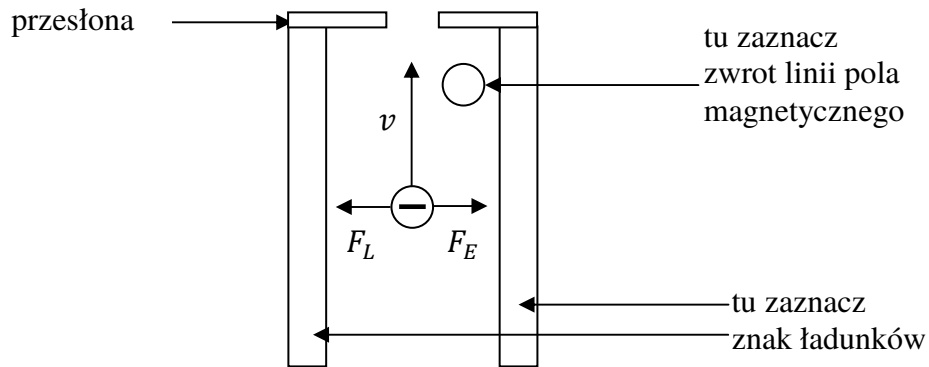
$$F_E = F_L \Rightarrow q \cdot E = q \cdot v \cdot B \Rightarrow E = v \cdot B \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

Zadanie 62.1.

Stosujemy następujące oznaczenia:

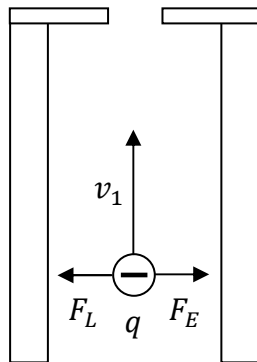
- ⊙ – pole magnetyczne jest prostopadłe do płaszczyzny i zwrócone przed kartkę,
- ⊗ – pole magnetyczne jest prostopadłe do płaszczyzny i zwrócone za kartkę.

Zaznacz na płytach selektora znak ładunków, jakim muszą być naładowane oraz zaznacz zwrot linii pola magnetycznego, aby jon ujemny pokonał obszar selektora bez zmiany kierunku prędkości.

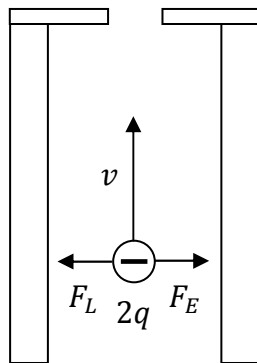
**Zadanie 62.2.**

Do selektora prędkości wpadł jon, którego prędkość v_1 jest większa od tej, która pozwala pokonać go na wprost.

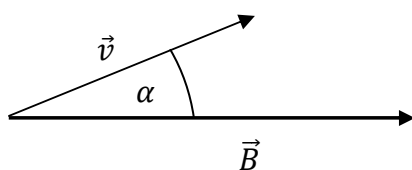
Zaznacz na rysunku prawdopodobny tor jego ruchu. Uzasadnij odpowiedź.

**Zadanie 62.3.**

Zaznacz na rysunku tor ruchu jonu o dwukrotnie większym ładunku $2q$. Uzasadnij odpowiedź.

**Zadanie 62.4.**

W wyniku awarii do części roboczej spektrometru jony wlatują tak, że wektor prędkości jonu tworzy kąt ostry z wektorem indukcji magnetycznej.

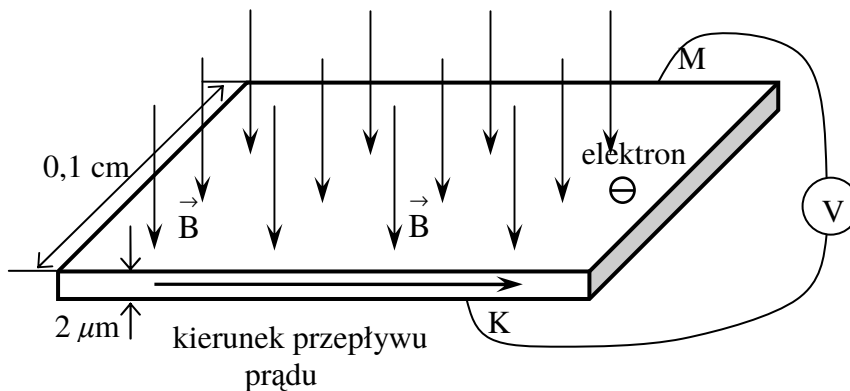


Spośród niżej podanych wybierz tor, po którym będzie poruszała się cząstka w opisanej sytuacji. Odpowiedź uzasadnij.

- A. Linia prosta.
- B. Linia spiralna.
- C. Linia śrubowa.
- D. Okrąg.

Zadanie 63.

Gdy przewodnik, w którym płynie prąd elektryczny, umieścimy w polu magnetycznym, to wystąpi różnica potencjałów między jego brzegami (patrz rysunek). Zjawisko to w II połowie XIX w. odkrył Edwin H. Hall.



Powstałe między brzegami przewodnika napięcie, nazywamy napięciem Halla. Wyraża się ono za pomocą wzoru:

$$U_H = R_H \frac{I \cdot B}{d},$$

gdzie: R_H – stała Halla zależna od rodzaju przewodnika, I – natężenie prądu płynącego przez przewodnik, B – wartość indukcji magnetycznej, d – grubość płytki (liczona w kierunku pola magnetycznego).

Zjawisko Halla można wykorzystać do zbudowania przyrządu do pomiaru wartości indukcji magnetycznej.

Zadanie 63.1.

Podłączony do krawędzi taśmy woltomierz wskazuje napięcie. Oznacza to, że pomiędzy krawędziami K i M taśmy powstaje pole elektryczne.

Narysuj na rysunku wektory sił działających na elektron przewodnictwa pochodzące od pola magnetycznego oraz od pola elektrycznego powstającego między krawędziami K i M.

Zadanie 63.2.

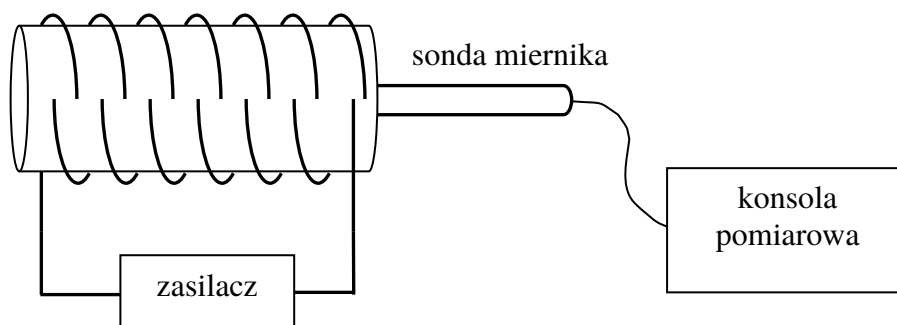
Metalową taśmę o wymiarach poprzecznych: szerokość 0,1 cm, grubość $2 \mu\text{m}$ umieszczono w polu magnetycznym (patrz rysunek). Wzdłuż taśmy płynie prąd o natężeniu 2 A. Stała

Halla dla przewodnika, z którego wykonano taśmę wynosi $R_H = 7,44 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{C}}$.

Oszacuj, jaka musi być czułość woltomierza wskazującego napięcie między brzegami taśmy, aby można było mierzyć wartość indukcji pola magnetycznego z dokładnością do 1 mT.

Zadanie 63.3.

Grupa uczniów postanowiła zbadać zależność wartości indukcji magnetycznej pola magnetycznego powstającego wewnątrz zwojnicy od natężenia prądu płynącego przez jej zwoje. Zwojnica posiadała równomiernie rozłożone miedziane zwoje nawinięte na walec o długości 5 cm. Do wnętrza tej zwojnicy uczniowie wprowadzili czujnik pola magnetycznego wykorzystujący efekt Halla (patrz rysunek), połączony z konsolą pomiarową. Przed podłączeniem zasilania do zwojnicy czujnik wskazał, że wartość indukcji pola magnetycznego wynosi 0,03 mT.



Zapisz, co jest źródłem pola magnetycznego wskazywanego przez czujnik przed podłączeniem zasilania do zwojnicy.

Zadanie 63.4.

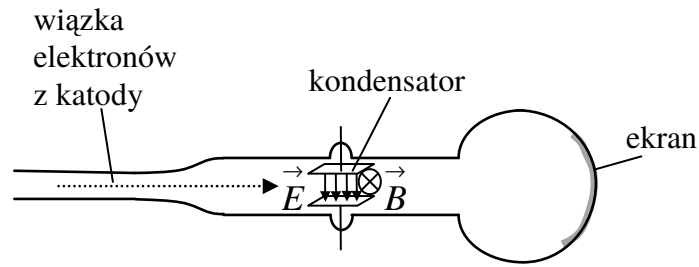
Aby uniezależnić wskazania miernika od pól zewnętrznych, uczniowie go wyzerowali. Następnie podłączyli zasilanie do zwojnicy i rozpoczęli pomiary. Zmieniając natężenie prądu płynącego przez zwojnicę, zapisywali wartości indukcji magnetycznej wewnątrz zwojnicy. Wyniki pomiarów zamieścili w tabeli.

I (A)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
B (mT)	0	0,72	1,34	2,16	2,84	3,56

Sporządź wykres zależności wartości indukcji magnetycznej wewnątrz zwojnicy od natężenia prądu płynącego przez jej uzwojenie. Na podstawie wykresu wyznacz liczbę zwojów tej zwojnicy

Zadanie 64.

W jednym ze swoich doświadczeń Thomson wyznaczył stosunek ładunku elektrycznego do masy elektronu. Uproszczony schemat wykorzystanej do tego aparatury przedstawiono na rysunku. Emitowane z katody elektrony przechodziły przez skrzyżowane, prostopadłe do siebie pola elektryczne i magnetyczne, a następnie padały na ekran, gdzie można było obserwować pozycję ich wiązki. Wartości pola elektrycznego E oraz indukcji magnetycznej B zostały tak dobrane, aby wiązka elektronów nie ulegała odchyleniu. Na tej podstawie wyznaczona została wartość prędkości elektronów $v = \frac{E}{B}$.



W drugim pomiarze mierzone było odchylenie wiązki elektronów po przejściu przez pole elektryczne kondensatora. Znając prędkość elektronów (z pierwszego pomiaru) i wymiary geometryczne kondensatora, Thomson wyznaczył stosunek ładunku elektrycznego elektronu do jego masy, otrzymując wynik $\frac{e}{m} = 1,6 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$. W innym doświadczeniu Thomson

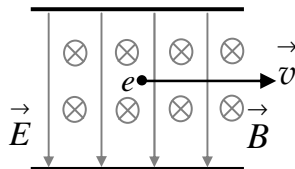
wyznaczył ładunek elektronu, używając tzw. komory Wilsona, w której znajdowała się para wodna. Źródłem elektronów był preparat radowy lub metalowa płytka umieszczona wewnątrz komory przy jej ścianie, naświetlana promieniami ultrafioletowymi. W komorze panowały takie warunki, że wokół wpadających do niej ładunków elektrycznych tworzyły się kropelki wody. Dokonując odpowiednich pomiarów Thomson, wskazał liczbę kropelek oraz całkowity ładunek elektryczny zgromadzony po skropleniu całej pary wodnej. Zakładając, że każda kropelka posiadała ładunek jednego elektronu, wyznaczył na tej podstawie ładunek elektronu. Otrzymał wynik $e = 1,03 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ i na podstawie otrzymanego w opisanym wcześniej doświadczeniu stosunku $\frac{e}{m}$, określił masę elektronu na $m = 6 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

Na podstawie: B. Średniawa, *W stulecie odkrycia elektronu: 1897–1997*, „Foton”, 1998 nr 55, s. 11.

Zadanie 64.1.

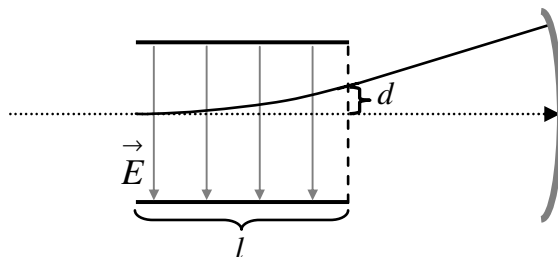
Thomson wyznaczył prędkość elektronów w swoim doświadczeniu, dobierając tak wartości pola elektrycznego E oraz indukcji magnetycznej B , aby elektrony, przemierzając obszar skrzyżowanych, prostopadłych do siebie, jednorodnych pól elektrycznego i magnetycznego, nie zmieniały kierunku ani wartości prędkości.

Na zamieszczonym poniżej rysunku zaznacz wektory sił \vec{F}_{el} (elektrostatycznej) oraz \vec{F}_{magn} (Lorentza) działających na elektron w opisanej sytuacji. Zachowaj odpowiednie proporcje ich długości.



Zadanie 64.2.

Elektrony, przy braku pola magnetycznego, były odchylane między okładkami kondensatora przez pole elektryczne. Wiązka elektronów, opuszczając obszar jednorodnego pola elektrycznego między okładkami kondensatora o długości l , była odchylona o wartość d (patrz rysunek).



Wyprowadź wyrażenie na wyznaczony w tym doświadczeniu iloraz $\frac{e}{m}$. Wyraż go przez następujące wielkości: wartość natężenia pola elektrycznego E , wartość indukcji pola magnetycznego B (użytego w pierwszym pomiarze), a także wielkości l oraz d .

Zadanie 64.3.

Uzupełnij zdanie, wstawiając w miejsca kropek odpowiednie słowa tak, aby uzyskać zdanie prawdziwe.

W doświadczeniu Thomsona, mającym na celu wyznaczenie ładunku elektronu w komorze Wilsona, elektrony mogły pojawiać się dzięki rozpadom (alfa/beta/gamma) radu lub efektowi (Dopplera/fotoelektrycznemu).

Zadanie 64.4.

Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Porównując uzyskane przez Thomsona wartości $\frac{e}{m}$, e oraz m z obecnie znanymi, można stwierdzić, że spośród tych trzech wielkości Thomson

- A. najmniej dokładnie wyznaczył stosunek $\frac{e}{m}$.
- B. najdokładniej wyznaczył stosunek $\frac{e}{m}$.
- C. najdokładniej wyznaczył wartość e .
- D. najdokładniej wyznaczył wartość m .

Zadanie 65.

Magnetary to szczególny typ gwiazd neutronowych, który charakteryzuje się najsilniejszym we Wszechświecie polem magnetycznym rzędu 10^{14} – 10^{15} Gs (gausów). Pole magnetyczne Ziemi to 1 Gs. Okres obrotu magnetarów waha się od 2 s do ok. 12 s, podczas gdy dla typowych pulsarów wynosi od milisekundy do kilku sekund. Jednak mają one typowe rozmiary gwiazd neutronowych, których promień wynosi 10–15 km, natomiast masy magnetarów wynoszą od 1,18 do 2 mas Słońca. To najbardziej gęste obiekty Wszechświata, gęstsze niż jądro atomowe. Magnetary czerpią swą energię z pól magnetycznych, podczas gdy zwykle gwiazdy z przemian jądrowych w ich wnętrzach, a pulsary z ruchu obrotowego.

Na podstawie: P. Berg, *Magnetyczne monstra*, „Wiedza i życie”, 2013 nr 11, s. 26–29.

Zadanie 65.1.

1 gaus jest jednostką układu CGS i odpowiada wartości 10^{-4} T.

Oblicz wartość wektora indukcji pól magnetycznych magnetarów.

Zadanie 65.2.

Oblicz, przyjmując odpowiednie wartości promienia i masy oraz zakładając kulisty kształt magnetarów, maksymalną wartość natężenia pola grawitacyjnego na ich powierzchni.

Zadanie 65.3.

Średnia gęstość jąder atomowych wynosi $2,3 \cdot 10^{17} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Oblicz, ile razy gęstość materii tworzącej magnetary jest większa od gęstości materii jądra atomowego. W obliczeniach przyjmij kulisty kształt magnetarów oraz maksymalne wartości promienia i masy.

Zadanie 65.4.

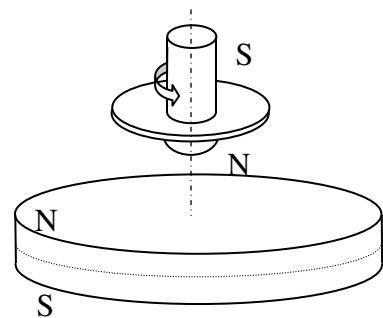
Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Częstotliwość obrotów magnetarów zmienia się w zakresie od 2 Hz do $\frac{1}{12}$ Hz.		
2.	Magnetary, podobnie jak Słońce, tracą energię wskutek emisji zmiennego pola magnetycznego.		
3.	Magnetary charakteryzują się szybszą rotacją wokół własnej osi niż typowe pulsary.		

Zadanie 66.

Lewitacją nazywamy stan, w którym ciało pozostaje w spoczynku, jednocześnie nie mając bezpośredniego kontaktu z żadnym innym ciałem. Osiągnięcie stanu statycznej lewitacji nie jest jednak możliwe. Każdy wie, że jednoimienne bieguny magnesów odpychają się. Wydaje się więc, że można by umieścić wystarczająco silne magnesy, jeden nad drugim tak, aby ten na górze unosił się swobodnie w powietrzu bez żadnego bezpośredniego wsparcia. Doświadczenie jednak pokazuje, że to się nigdy nie udaje: górny magnes obraca się i zostaje przyciągnięty przez dolny. W 1842 r. Samuel Earnshaw udowodnił zaskakujące twierdzenie: w pustej przestrzeni nie istnieje żadna statyczna (czyli niezmiennąca się w czasie) konfiguracja pól elektrycznych, magnetycznych i grawitacyjnych, dla której energia potencjalna miałaby lokalne minimum. Oznacza to, że, niezależnie od sposobu wzajemnego ustawienia ładunków elektrycznych, dipoli magnetycznych i mas w obszarach pomiędzy nimi, energia potencjalna pól nie ma lokalnego minimum, a więc żadne ciało nie będzie znajdowało się w stanie równowagi trwałej. Z punktu widzenia mechaniki Newtona i elektrodynamiki klasycznej statyczna lewitacja nie jest więc możliwa.

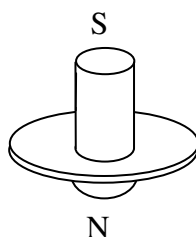
W latach 90. XX w. pojawiła się w sprzedaży zabawka o nazwie *lewitron*. Zabawka składa się z dużego i silnego magnesu stałego wykonanego z materiałów ceramicznych stanowiącego podstawkę oraz małego bączka, także wykonanego z magnesu o symetrii osiowej. Masa bączka wynosi ok. 18 g. W zestawie jest też kilka plastikowych pierścieni o masach: 3, 1, 0,4, 0,2 i 0,1 g. Dodatkowo znajduje się w komplecie plastikowa płytka. Zabawa polega na rozkręceniu bączka na płytce umieszczonej nad magnesem stałym. Następnie umiejętnie unosimy płytkę z kręcącym się bączkiem do momentu, aż zacznie on sam unosić się w polu grawitacyjnym, wirując nad magnesem. Wtedy płytkę odsuwamy. W tym stanie lewitacji dynamicznej bączek pozostaje ok. 2–3 minut. Wprowadzenie bączka w stan dynamicznej lewitacji wymaga bardzo dokładnego ustawienia magnesu trwałego w poziomie oraz dobrania ciężaru bączka za pomocą dołączonych pierścieni. Ważne też jest, aby bączek wirował z odpowiednią prędkością kątową, ani za wolno, ani za szybko. Lewitron został wynaleziony i opatentowany przez Roya Harringa w 1983 r. w USA. Poprawne wyjaśnienie zasady działania lewitronu pojawiło się jednak dopiero w 1996 r.



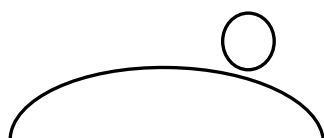
Na podstawie: <https://www.physik.uni-augsburg.de/theo3/kbyczuk/lewitron.pdf> [dostęp: 05.10.2014].

Zadanie 66.1.

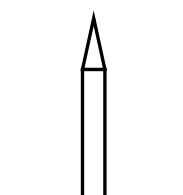
Naszkiuj kształt kilku linii pola magnetycznego wokół lewitronu. Zaznacz zwrot linii tego pola.

**Zadanie 66.2.**

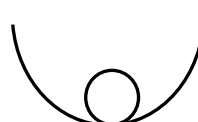
Na poniższych rysunkach przedstawiono mechaniczne przykłady trzech różnych stanów równowagi.



układ A



układ B



układ C

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.

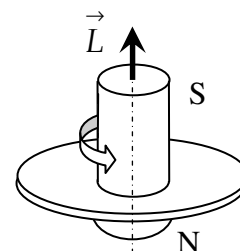
Przykładem równowagi trwałej jest

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	układ A,		ponieważ po wytrąceniu z położenia równowagi ciało	A
2.	układ B,	B		nie wraca do stanu początkowego.
3.	układ C,			

Zadanie 66.3.

Moment pędu jest wektorem. Na rysunku przedstawiono kierunek i zwrot wektora momentu pędu obracającego się lewitronu.

Korzystając z zasady zachowania momentu pędu, wyjaśnij krótko, dlaczego obracający się lewitron utrzymuje przez ok. 2 minuty równowagę, a nieruchomy lewitron natychmiast odwraca się biegunem S ku dołowi.

**Zadanie 66.4.**

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Działanie lewitronu jest niezgodne z zasadą zachowania energii.		
2.	Ciężar lewitronu jest równoważony przez siły pochodzące od pola magnetycznego.		
3.	Plastikowe pierścienie bączka w znacznym stopniu modyfikują pole magnetyczne magnesu stałego podstawki.		

Zadanie 67.

„[...] Michael Faraday opisał w liście do Richarda Philipsa, [...] prosty eksperyment z elektrostatyki znany z historii nauki jako *Faraday's ice pail experiment* (eksperyment Faradaya z wiaderkiem lodu). Wiaderko Faraday'a to puste naczynie metalowe umieszczone na izolowanej podstawie, na którego wewnętrzną powierzchnię można wprowadzić ładunki elektryczne. Na drewnianym taborecie postaw ocynkowane wiaderko o średnicy ok. 18 cm i wysokości ok. 25 cm. Połącz je drutem z elektroskopem. Listki elektroskopu nie rozchyla się, co oznacza, że na ściankach naczynia nie ma ładunków elektrycznych. Wprowadź do środka „naładowaną elektrycznie” metalową kulkę zawieszoną na długiej, suchej jedwabnej nici. Powinna znaleźć się w połowie wysokości naczynia. [...] Potrzebny w tym eksperymencie elektroskop listkowy można wykonać w prosty sposób. Średniej wielkości szklany słoik zamknij metalową zakrętką (niezadrukowaną). W środku pokrywki zrób mały otworek, przez który przeciągnij wygięty kawałek sztywnego drutu (spinacz biurowy). Na końcu zrób haczyk do zawieszenia listków z folii aluminiowej”.

Źródło: H. Męczyńska, *Generator Kelvina*, „Wiedza i życie”, 2014 nr 4, s. 76–77.

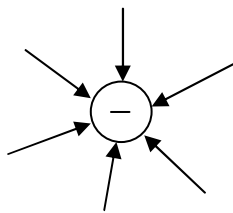
Zadanie 67.1.**Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.**

Gdy wiadro, w którym znajduje się kulka, nie jest połączone z elektroskopem, to całkowity ładunek wiadra w porównaniu z całkowitym ładunkiem kulki jest

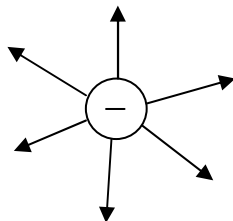
Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	mniejszy,		ponieważ	A
2.	większy,	B		układ kulka–wiadro jest izolowany elektrycznie.
3.	taki sam,	C		powietrze „utrudnia” przejście ładunków z kulki na wiadro.

Zadanie 67.2.**Zaznacz poprawne dokończenie zdania.**

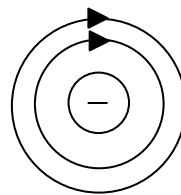
Jeżeli kulka była naelektryzowana ujemnie, to wybrane linie pola wokół niej poprawnie przedstawiono na rysunku



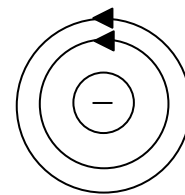
A.



B.



C.



D.

Zadanie 67.3.**Zaznacz poprawne dokończenie zdania.**

Natężenie pola elektrycznego kuli na jej powierzchni można obliczyć, korzystając z zależności

A. $\frac{k \cdot Q}{r^2}$. B. $\frac{k \cdot Q}{r}$. C. $\frac{r}{k \cdot Q}$. D. $\frac{r^2}{k \cdot Q}$.

Zadanie 67.4.

Oceń poprawność poniższych zdań. Wpisz znak X w odpowiedniej kolumnie tabeli.

		PRAWDA	FAŁSZ
1.	Znając znak ładunku, jakim obdarzona jest naładowana kulka, można określić znak ładunków na listkach elektroskopu.		
2.	Sumaryczny ładunek elektroskopu, wiadra i naładowanej, włożonej do niego kuli jest równy zeru.		
3.	W opisanej w tekście sytuacji można zastosować zasadę zachowania ładunku elektrycznego.		

Zadanie 67.5.

Zaznacz właściwe stwierdzenie oraz jego poprawne uzasadnienie.

Postawienie elektroskopu na podstawce z izolatora oraz połączenie przewodem listków z obudową

Stwierdzenie			Uzasadnienie	
1.	wpłynie na wskazania elektroskopu,		ponieważ	A
2.	nie wpłynie na wskazania elektroskopu,	B		napięcie między listkami a obudową będzie różne od 0 V.