

ZAGINIONA LEKCJA Z KOMORĄ MAGNETYCZNĄ



„W porządku, myślę, że zadziała”.

Naukowe informacje w skrócie:

Spośród wszystkich zaginionych lekcji Christy eksperyment magnetyczny w przestrzeni kosmicznej był wyjątkowo interesujący. Badanie ułożenia linii pola magnetycznego w stanie nieważkości zapowiadało fascynującą lekcję. Chyba najciekawszym z użytych rekwizytów była widoczna na zdjęciu trójwymiarowa komora magnetyczna.

Mimo że specjalnością Christy były nauki społeczne, wykazywała dużą znajomość tematu, która przejawiała się m.in. pomysłami na ulepszenie eksperymentów i demonstracji. Naziemna próba lekcji z wykorzystaniem komory magnetycznej jest tego doskonałym przykładem.

Krótkie wprowadzenie na temat magnetyzmu wyjaśnia, że układy cząsteczek i cząstek subatomowych w materii tworzą przyciągające się i odpychające siły magnetyczne. Christa zademonstrowała przyciąganie się sił magnetycznych podczas pierwszej z naziemnych prób przeprowadzonych w Johnson Space Center.



Christa przeprowadza próbę kosmicznego eksperymentu z magnesem sztabkowym

Kliknij [eksperyment z magnesem.wmv](#) (10.0 MB) aby obejrzeć film.

W powyższym filmie Christa prezentuje działanie biegunów magnesu – przyciąganie się biegunów jednoimiennych i odpychanie biegunów różnoimiennych. Północny biegun magnetyczny Ziemi wskazywał drogę statkom na długo zanim Kolumb wyruszył w swoją słynną podróż. Podczas próby eksperymentu w warunkach naziemnych użyto do pomocy sznurka. W stanie nieważkości sznurek nie byłby potrzebny. Magnesy przyciągałyby się i odpychały niepodtrzymywane. Konieczność użycia sznurka w tym ćwiczeniu wyjaśnia Bob Mayfield.

Hipoteza:

Wyjaśnienie Boba Mayfielda stanowi doskonały opis eksperymentu z komorą magnetyczną, który Christa mogłaby przeprowadzić na pokładzie Challengeera. Sześćian ze specjalnymi drobkami metalu pozwoliłby na zademonstrowanie trójwymiarowego charakteru pola magnetycznego.

Materiały:

- Dwa magnesy sztabkowe i sznurek
- Kompas
- Pusta butelka z przezroczystego plastiku o pojemności 0,5 l
- Plastikowa probówka o wysokości ok. $\frac{3}{4}$ butelki i średnicy umożliwiającej wsunięcie do środka magnesu cylindrycznego.
- Magnes cylindryczny lub tzw. „magnes krowi”, ewentualnie kilka magnesów guzikowych do wsunięcia do probówki.
- Taśma maskująca
- I oczywiście żelazne opiłki.
- (Opcjonalnie) kamera z ruchomym ekranem
- (Opcjonalnie) aparat cyfrowy

Procedura:

(Opcjonalnie: Poproś asystenta o sfilmowanie eksperymentu.)

Na poprzednim zdjęciu widać Christę podczas demonstracji z magnesami sztabkowymi. Ten eksperyment można łatwo przeprowadzić w warunkach lekcyjnych. Najpierw jednak obejrzyj kilka razy filmik, uważnie słuchając tego, co mówi Christa i Bob Mayfield. Kliknij [tutaj](#) (10.0 MB), aby obejrzeć film.

Film z demonstracją magnetyczną Christy stanowi nie tylko doskonałą pomoc edukacyjną do lekcji o magnetyzmie, ale także o prawach Newtona. Przewiąż sznurkiem jeden z magnesów, tak jak pokazano na zdjęciu powyżej. Następnie przybliź do jednego z jego biegunów biegun jednoimienny drugiego magnesu i zauważ, jak magnes wiszący na sznurku obraca się wokół własnej osi. Połóż jeden magnes na stole i przysuń w jego kierunku drugi magnes, tak by bieguny jednoimienne znajdowały się blisko siebie. Zwróć uwagę na to, by magnesy były ułożone równo obok siebie, tak jak na rysunku.



Move Left Magnet's North Pole
toward Right Magnet's North Pole

Przesuń biegun N lewego magnesu
w kierunku bieguna N prawego magnesu

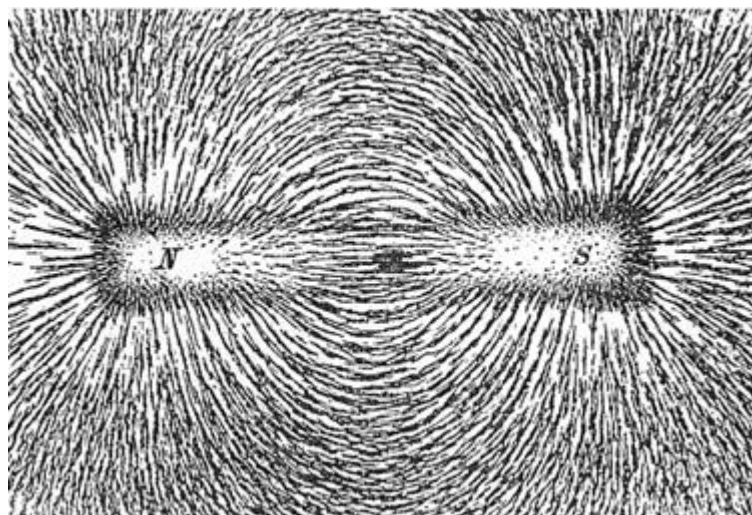
Zauważ, że magnes po prawej przesuwa się poziomo, a nie rotuje. Zastanów się, dlaczego poprzedni eksperyment powodował obracanie się magnesu zawieszonoego na sznurku wokół własnej osi, a ten powoduje jego przesuwanie się liniowe. Christa i Bob Mayfield rozmawiają o planowanej demonstracji na orbicie, w której – w przeciwieństwie do eksperymentu naziemnego – nie będzie trzeba wieszać magnesu na sznurku.



Christa przeprowadza próbę eksperymentu, który ma pokazać
układ linii sił pola magnetycznego w stanie nieważkości

Przechodzimy do demonstracji układu linii sił magnesu sztabkowego, przedstawionej na zdjęciu powyżej oraz na filmie. Oczywiście białe tło w tym przypadku ma orientację dostosowaną do eksperymentu w stanie nieważkości, a nie w normalnych warunkach szkolnych. Mimo że ten element demonstracji nie został szczegółowo omówiony w opisie Mayfielda, stanowi on przydatne wprowadzenie do eksperymentu z komorą magnetyczną. Być może właśnie dlatego Christa, Barbara i Mayfield postanowili go przetestować.

Z filmu oraz widocznego wyżej zdjęcia wynika, że Christa planowała przykleić białą planszę na ścianie wahadłowca za pomocą rzepów. Umieściła magnes na środku planszy, opisując linie pola magnetycznego, które utworzyłyby się wokół magnesu i byłyby widoczne na białym tle. Efekt wyglądałby tak jak na obrazku poniżej.



Spodziewany układ linii pola magnetycznego podczas demonstracji na orbicie, na pokładzie *Challenger*a.

Wiemy, jak żelazne opiłki zachowywałyby się w stanie nieważkości. Aby zobaczyć, jak unoszą się wewnątrz komory magnetycznej podczas próby eksperymentu na pokładzie samolotu KC-135, kliknij [tutaj](#). Stąd wniosek, że eksperyment z opiłkami i magnesem na tle białej tablicy trzeba przeprowadzić w zamkniętym pojemniku. Mimo że Mayfield nie opisał ani nie naszkicował takiego pojemnika, istnieje wiele pomocy naukowych, które sprawdzą się w tej roli. Chodzi po prostu o przezroczystą, zamykaną otoczkę pozwalającą na umieszczenie w niej magnesu. Może to być nawet zwykła foliowa torebka z zamykaniem typu zip-lock.

Christa mogła też zademonstrować układ linii sił pola magnetycznego na orbicie w nieco inny sposób. Po napompowaniu komory elektromagnetycznej mogła zbliżyć jeden z jej boków do magnesu znajdującego się na tle tablicy i trzymać go równoległe tak długo, aż opiłki się ułożą. Cały proces można było sfilmować, otrzymując zapis formowania się opiłków w linii pola magnetycznego. Ponieważ ani na magnes, ani na komorę nie oddziaływałyby siły grawitacji, rekwizyty te utrzymywałyby się w miejscu, oczywiście z pomocą Christy.

Pamiętając o tym, rozłóż na stole kartkę białego papieru i rozsyp na niej żelazne opiłki. Połóż na środku magnes i obserwuj, jak tworzą się linie pola magnetycznego. Zrób zdjęcie uformowanych linii. Następnie w pewnej odległości od pierwszego magnesu połóż drugi magnes i zrób zdjęcie nowego układu linii. Kilkakrotnie zmieniaj pozycję drugiego magnesu, uwieczniając każdy nowy układ na zdjęciach.

Rysowanie linii sił pola magnetycznego

Powyższą demonstrację można przeprowadzić częściowo bez żelaznych opiłków, używając małego kompasu oraz wydrukowanego zdjęcia linii sił pola magnetycznego, przedstawionego powyżej. Powiększ obraz tak, by magnes pasował do konturów na zdjęciu. Zaczynając od bieguna N, przesuвай kompas wzdłuż linii sił. Obserwuj zachowanie igły magnesu. Czy ta informacja może być pomocna w rysowaniu linii sił pola magnetycznego utworzonych przez opiłki pod wpływem magnesu?

Projekt i budowa komory magnetycznej podobnej do tej,

która miała być wykorzystana na pokładzie *Challenger*

(Dodatkowo): Przygotuj dużą prostokątną torebkę foliową wielkości mniej więcej karki formatu A4. Wsyp do niej opiłki i spróbuj wykonać eksperymenty opisane powyżej. Możesz zmienić kształt foliowej komory za pomocą drewnianej konstrukcji, dzięki której linie sił pola będą lepiej widoczne.

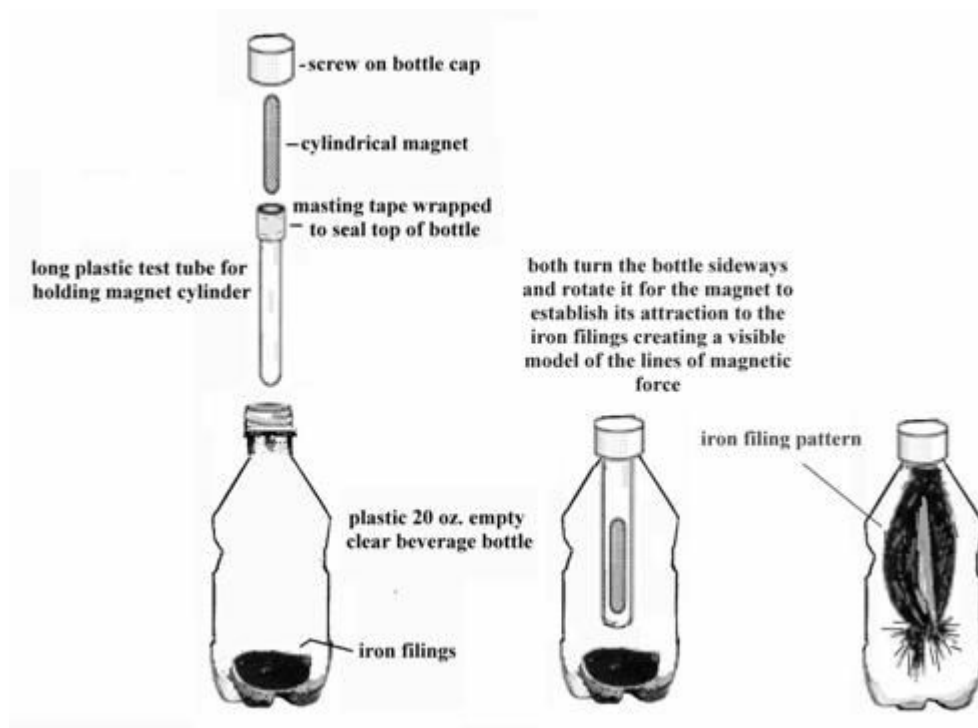
Demonstracja z wykorzystaniem komory elektromagnetycznej

W warunkach szkolnych można wykonać pewien eksperyment, który stanowi dość wierne odzwierciedlenie tego, co Christa mogła zaobserwować w komorze magnetycznej podczas misji *Challenger*. Zamiast sześcienną komorę używa się tu przezroczystej butelki po napoju o pojemności 0,5 litra. Ponieważ magnes jest ustawiony równolegle do kierunku działania siły grawitacji, linie sił pola magnetycznego znoszą wpływ grawitacji. W efekcie otrzymujemy trójwymiarowy układ, który mógł zostać zaobserwowany podczas niedosłej lekcji w styczniu 1986 roku.

Wykonaj opisane czynności, opierając się na rysunkach. Najpierw zanurz butelkę w wodzie, aby usunąć etykietkę. Następnie napełnij butelkę (czyli komorę magnetyczną) żelaznymi opiłkami do ok. 1/5 jej wysokości. Kilkakrotnie owiń wylot probówki taśmą maskującą, tak aby można było ją osadzić w szyjce butelki. Szczelne dopasowanie sprawi, że opiłki nie wydostaną się na zewnątrz. Teraz wsuń probówkę do butelki.

Następnie do probówki włóż magnes cylindryczny. Tak jak planowała to zrobić Christa podczas swojej lekcji w kosmosie, połóż butelkę poziomo i zacznij nią obracać. Obserwuj i nagrywaj, co się dzieje z opiłkami (nagranie wideo stanowi nieocenioną pomoc w późniejszej analizie i dyskusji). Utworzą się trójwymiarowe linie pola magnetycznego, tak jak miałyby to miejsce w komorze magnetycznej w stanie nieważkości.

Warto dokładnie się przyjrzeć, co się dzieje z opiłkami na końcu magnesu. Układają się one w linie skierowane do zewnątrz, jak włókna sfatygowanej szczotki. Wsuń magnes z probówki. Co się teraz dzieje z opiłkami?



- zakrętka butelki
- magnes cylindryczny
- taśma maskująca, uszczelniająca wlot butelki
- długa plastikowa probówka na magnes
- plastikowa butelka o pojemności 0,5 litra
- żelazne opiłki

połóż butelkę poziomo i obracaj ją tak, aby magnes przyciągnął opiłki, tworząc widoczny model linii sił pola magnetycznego

- układ stworzony przez opiłki

Co się dzieje?

(Analiza nagrania wideo)

Z lekcji o magnetyzmie wiemy, że atomy w materiałach magnetycznych takich jak żelazo zachowują się jak małe magnesy o dwóch biegunach. Ponieważ orientacja atomów jest przypadkowa, na początku działania ich pól znoszą się nawzajem i żelazo nie przejawia właściwości magnetycznych. Jednak kiedy do kawałka żelaza zbliżymy magnes, atomy żelaza układają się zgodnie z kierunkami linii jego pola magnetycznego. A zatem bieguny N atomów żelaza skierowane są w tę samą stronę. To ułożenie sprawia, że żelazo jest materiałem magnetycznym. Wykazuje przyciąganie przez pobliskie pole magnetyczne.

Po wsunięciu do probówki magnesu cylindrycznego bieguny N atomów żelaza ustawiają się w jedną stronę, a bieguny S – w drugą. Podobnie jak magnes cylindryczny, opiłki mają podłużny kształt, tak więc ich atomy przybierają ustawienie zgodne z ustawieniem magnesu.

Linie pola magnetycznego magnesu cylindrycznego okrążają jego końcówkę, dlatego opiłki w tym miejscu układają się w sterzące igielki przypominające włókna szczotki, choć na całej długości magnesu ściśle do niego przylegają. Ogólny kształt utworzony przez wszystkie opiłki pokrywa się mniej więcej z liniami sił pola magnetycznego.

Prawdopodobnie taki kształt uzyskałaby Christa w swojej komorze magnetycznej. Opiłki w eksperymencie skupiłyby się wokół elektromagnesu w podobny sposób.

Dyskusja: Porównanie zachowania żelaznych opiłków w warunkach naziemnych i w stanie nieważkości przygotowane przez Boba wydaje się logiczne. Jednak w filmie z pokładu KC-135 widzimy, że opiłki zachowują się w sposób, który mógłby zakłócić eksperyment na orbicie. Przeprowadzenie eksperymentu w klasie może pomóc w zrozumieniu trudności, jakie mogłaby napotkać Christa.

Ponieważ elektromagnes jest dość słaby, a opiłki byłyby rozproszone wewnątrz komory, to czy siła przyciągania byłaby wystarczająca, by spowodować ułożenie opiłków wzdłuż linii pola magnetycznego, nawet w stanie nieważkości? Możliwe że Christa musiałaby poruszać komorą, by pomóc opiłkom w przemieszczeniu się i przyłgnięciu do elektromagnesu.

Wreszcie: Christa przeprowadziła demonstrację zarówno w stanie nieważkości, na pokładzie samolotu KC-135, jak i w makiecie wahadłowca w Johnson Space Center. Uważnie obejrzyj oba filmy zamieszczone poniżej. Jakie są podobieństwa i różnice pomiędzy tymi dwiema próbami? (Eksperyment był zaprojektowany z myślą o działaniu na orbicie, tzn. w stanie nieważkości, dlatego ani podczas próby naziemnej, ani próby na pokładzie KC-135 nie włączano elektromagnesu. Jednak w próbie na pokładzie KC-135 w komorze magnetycznej znalazły się opiłki.)

Warto zastanowić się nad proponowanymi przez Christę sposobami poruszania komorą podczas eksperymentu. Wylicz jej sugestie. Jak Twoim zdaniem propozycje Christy wpłynęłyby na przebieg demonstracji? (Podpowiedzi zawarte są w dyskusji powyżej.)



Kliknij:

[demonstracja naziemna z udziałem komory magnetycznej.wmv](#) (12.1 MB), aby obejrzeć film.



Kliknij

[magnetic chamber zero G practice.wmv](#) (3.0 MB), aby obejrzeć film.

Dla ciekawych

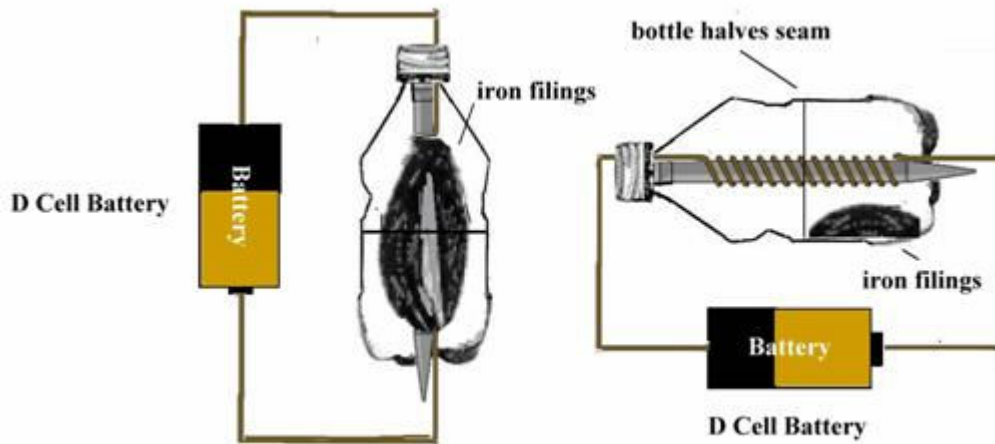
Demonstracja z udziałem komory elektromagnetycznej

Opisany powyżej eksperyment łatwo można przeprowadzić z udziałem zwykłego magnesu, jednak planowana przez Christę demonstracja przewidywała użycie elektromagnesu. Oto propozycja dla ambitnych, którzy chcieliby przeprowadzić eksperyment bardziej zbliżony do eksperymentu Christy:

Na początek uważnie obejrzyj zamieszczone wyżej filmy, aby zrozumieć, jak zbudowana jest komora magnetyczna. Zauważ, że elektromagnes przecina komorę przez środek. Oczywiście w stanie nieważkości opilki żelaza muszą znajdować się w komorze, bo inaczej mogłyby się dostać do dróg oddechowych członków załogi. Podczas próby użyto nadmuchanej komory, jednak prąd nie został podłączony. Widać, że opilki w ogóle nie przywierają do umieszczonego w środku metalowego pręta. Unoszą się w przypadkowy sposób wewnątrz komory lub oddziałują wspólnie, jako wewnętrzna masa, na ruchy komory wykonywane przez Christę i pozostałe osoby. *(Filmy wyjaśniają, dlaczego opilki nie przywierają do elektromagnesu. Podczas demonstracji naziemnej użyto baterii, a w demonstracji w stanie nieważkości – nie.)*

Manewr lotu parabolicznego samolotu KC-135 pozwala na test w stanie nieważkości trwający mniej niż pół minuty. Choć czas ten mógł być wystarczający do zaobserwowania formowania się linii sił pola magnetycznego, to wstrząsy aparatu mogły utrudnić jego prawidłowe działanie. Na orbicie Christa nie doświadczyłaby jednak takiego problemu. Tam miałyby mnóstwo czasu na obserwację wpływu pola magnetycznego na opilki. *(W filmie Christa mówi, że będzie miała 2,5 minuty na ustawienie komory w różnych położeniach w celu zbadania, jak układ opilków reaguje na użycie siły elektromagnetycznej. Proponuje, by sfilmować, co się stanie, jeśli pozwoli komorze unosić się swobodnie wewnątrz kabiny Challenger'a. Wkład naukowy Christy w demonstrację jest naprawdę znaczący. Demonstracja wyglądałaby bardzo podobnie do eksperymentu opisanego wcześniej, w którym komora zrobiona z butelki została położona poziomo i obracana, by magnes mógł przyciągnąć opilki, tworząc układ linii sił pola magnetycznego.)*

Poprzedni eksperyment da się łatwo zmodyfikować tak, by przypominał lekcję elektromagnetyczną, która miała się odbyć na pokładzie *Challenger*. Wystarczy zrobić w dnie butelki otwór umożliwiający umieszczenie w środku żelaznego cylindra. Rysunek poniżej pokazuje, jakie zmiany wprowadzić w komorze z butelki, aby odtworzyć na lekcji kosmiczny eksperyment z komorą elektromagnetyczną.



- bateria R20
- opiłki żelazne

- miejsce sklejenie butelki
- opiłki żelazne
- bateria R20

Materiały:

- bateria R20
- gwóźdź lub metalowy pręt o długości 15 cm
- przezroczysta butelka po napoju (o pojemności 0,5 l)
- izolowany drut miedziany o średnicy 22 gauge
- żelazne opiłki
- nożyczki do przecięcia butelki na pół
- przezroczysta taśma klejąca do sklejenia butelki
- szczypce do cięcia drutu

Uwaga: Co pozostaje bez zmian w stosunku do poprzedniego eksperymentu z butelką, to ostateczne ułożenie konstrukcji. Elektromagnes ułożony jest prostopadle do powierzchni ziemi. To znosi siłę grawitacji działającą prostopadle do długości magnesu, dzięki czemu opiłki tworzą wokół niego symetryczny układ. Oczywiście, siły grawitacji nadal oddziałują, spłaszczając trójwymiarowy kształt stworzony przez opiłki. Bez zmian pozostaje także większość materiałów. Jedyne magnes zostaje zastąpiony elektromagnesem – metalowym prętem o podobnej średnicy, ale znacznie większej długości. Pręt owinięty jest izolowanym drutem elektrycznym, co po zastosowaniu baterii i włącznika umożliwi przepływ prądu.

Sam elektromagnes znajduje się w środku komory i tylko jego środkowa część zostaje namagnetyzowana. Im silniejsze pole magnetyczne, tym bardziej „pękaty” trójwymiarowy układ utworzony przez opiłki.

Choć układ opiłków jest podobny, w tym przypadku nie zaobserwujemy sterzących igiełek na końcu, tak jak w przypadku zwykłego magnesu.

Procedura:

Proces budowy zmodyfikowanej komory składa się z trzech etapów:

- 1) modyfikacja komory butelkowej użytej w poprzednim eksperymencie,
- 2) budowa elektromagnesu oraz
- 3) instalacja elektromagnesu wewnątrz komory.

Modyfikacja butelki po napoju: Jako że najlepiej w roli rdzenia elektromagnesu sprawdza się metalowy gwóźdź, komora musi zostać dopasowana do rozmiaru najdłuższego dostępnego gwoźdź. Nie jest łatwo zdobyć gwóźdź dłuższy niż 15 cm, dlatego trzeba zmniejszyć wysokość butelki. W tym celu wystarczy wyciąć ze środka odcinek szerokości ok. 10-15 cm. Powstałe w ten sposób połówki wystarczy skleić taśmą klejącą, owijając spojenie kilka razy dla wzmocnienia konstrukcji.

Ponieważ bez podłączenia do baterii elektromagnes jest nienamagnetyzowany, szczelne zamknięcie wylotu butelki nie jest aż tak istotne jak w przypadku magnesu stałego. Bez elektryczności zjawisko magnetyzmu nie występuje, więc opiłki spoczywają na dnie butelki. (Uwaga: Po kilku podłączeniach do prądu gwóźdź zamienia się w słaby magnes stały.)

Konstrukcja elektromagnesu jest bardzo prosta. Wystarczy owinać izolowany drut miedziany o średnicy 22 gauge wokół długiego gwoźdź (będzie nam potrzebne ok. 3 m drutu). Owijanie należy zacząć około 2-3 cm poniżej wlotu butelki i zakończyć 2-3 cm nad dnem. Po obu stronach należy zostawić spory zapas zwisającego drutu.

Instalacji elektromagnesu w komorze butelkowej można dokonać na dwa sposoby (uwaga: pierwszy sposób wymaga wsypania opiłków do butelki przed umieszczeniem w niej elektromagnesu). Wsuń jeden z wolnych końców drutu przez szyjkę butelki do środka, a następnie przeciągnij przez otwór w dnie. Pociągnij tak, by elektromagnes przeszedł przez szyjkę, a następnie przez dolny otwór. Wysokość butelki powinna zostać wcześniej dostosowana tak, by po obu stronach wystawały z niej nieowinięte końce gwoźdź. Kilkakrotnie owiń główkę gwoźdź taśmą maskującą, aby unieruchomić ją w wylocie butelki. Otwór w dnie powinien zostać wykonany za pomocą gwoźdź, dzięki czemu będzie miał odpowiednią wielkość. (Uwaga: Uważaj, aby przy robieniu/powiększaniu otworu nie uszkodzić izolacji drutu.)

W drugim sposobie instalacji elektromagnesu używa się niesklejonych połówek butelki. Najpierw wsuń ostry koniec gwoźdź przez otwór górnej części butelki. (Wsyp odpowiednią ilość opiłków do dolnej części butelki, trzymając ją pod takim kątem, by opiłki nie uciekły przez otwór w dnie.) Następnie przewlec drut przez otwór w dnie dolnej części. Przeciągnij ostry koniec gwoźdź przez otwór, uważając, by nie uszkodzić warstwy izolacyjnej, ani nie wysypać opiłków. Połącz obie połówki butelki w jedną całość. Górna, nieowinięta drutem część gwoźdź powinna wystawać przez górny otwór. Miejsce połączenia obu części butelki owiń kilkakrotnie taśmą klejącą, tak by opiłki nie mogły tamtędy uciec. Tak jak poprzednio, zabezpiecz górę taśmą maskującą. (Uwaga: Z tych dwóch sposobów pierwszy jest prawdopodobnie łatwiejszy.)

Podłącz do obwodu baterię R20, przyciskając lub przyklejając taśmą jeden z końców drutu do anody (końcówki dodatniej), a drugi – do katody (końcówki ujemnej). Teraz gwóźdź w końcu nabiera właściwości magnetycznych. Tak jak w przypadku poprzedniego eksperymentu,

połóż komorę poziomo i obracaj nią, aby umożliwić uformowanie się linii sił pola magnetycznego. Na koniec postaw komorę pionowo.

Dodatkowe informacje

Świetny film na temat konstrukcji elektromagnesu i wykorzystania go w eksperymentach został stworzony przez NASA Langley Research Center:

http://www.challenger.org/programs/LOST_LESSONS_VIDEOS/make_an_electro_magnet-hires.wmv