

SCENARIUSZ

Temat : Pola sił.

Program nauczania : tabela 3 hasło programowe 2.2
zagadnienia szczegółowe: 2.2.1 , 2.2.3, 2.2.6, 2.2.7

Cele lekcji - nasze oczekiwania:

Chcemy, aby uczeń:

- dostrzegał podobieństwa i różnice pomiędzy oddziaływaniami grawitacyjnymi, elektrycznymi i magnetycznymi;
- umiał posługiwać się pojęciem pola sił;
- umiał wskazać źródła pól;
- zdawał sobie sprawę z teoretycznego i praktycznego zasięgu określonego pola sił;
- umiał przedstawić graficznie różne pola za pomocą linii pola;
- poprawnie posługiwał się pojęciami pola centralnego i jednorodnego.

Przy omawianiu oddziaływań grawitacyjnych szczegółowo zostało omówione pole grawitacyjne. W oparciu o tę wiedzę , którą uczeń powinien posiadać wprowadzamy przez analogię pojęcie pola elektrycznego i magnetycznego.

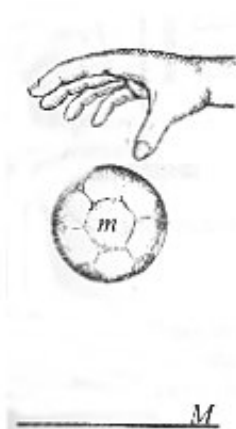
Przebieg lekcji.

Zaczynamy od prostych doświadczeń pokazowych.

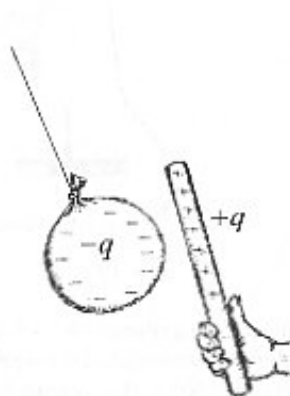
1. Opuszczamy piłkę z dowolnej wysokości. Piłka spada na podłogę.
2. Zawieszony na nitce balon lub kawałek styropianu elektryzujemy przez pocieranie. Naelektryzowany balon (kawałek styropianu) jest przyciągany lub odpychany przez naelektryzowaną laskę.

Bardzo dobrą do doświadczeń pokazowych igłą magnetyczną jest namagnesowany drut, który przebija piłeczkę pingpongową .Piłeczkę "nadzianą " na drut kładziemy na wodzie wypełniającej z "czubkiem " kieliszek .

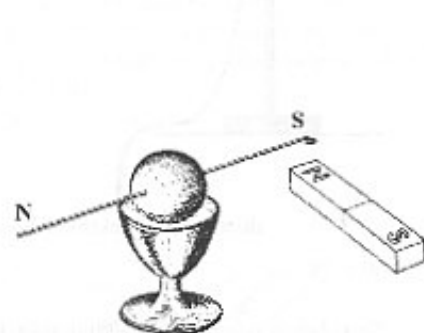
3. Zbliżamy do naszego kompasu magnes. Namagnesowany drut (igła magnetyczna) jest przyciągany lub odpychany przez magnes.



Rys. 15



Rys. 16



Rys. 17

Stawiamy uczniom pytanie : Jaką wspólną cechę mają te trzy zaobserwowane oddziaływania?

Oczekujemy, że uczniowie zauważą, że aby wystąpiło oddziaływanie ciała nie musiały mieć ze sobą bezpośredniego kontaktu. Przypominamy, że gdy takie oddziaływanie na odległość występuje fizyka wprowadza pojęcie pola sił. Uczniowie nazywają te pola : pole grawitacyjne , elektryczne i magnetyczne.

Prosimy o wskazanie źródeł pola w naszych doświadczeniach. Analizujemy , które ciało będziemy uważali w poszczególnych doświadczeniach za źródło pola, a które ciało znalazło się polu.

1. Piłka w polu grawitacyjnym Ziemi.
2. Balonik w polu elektrycznym, którego źródłem jest naelektryzowana laska.
3. Igła magnetyczna w polu wytworzonym przez magnes sztabkowy.

Przypominamy, że dwa ciała mające masę zawsze się przyciągają. Masa, która znalazła się w polu grawitacyjnym zawsze jest przyciągana w kierunku źródła pola grawitacyjnego.

A jak jest w polu elektrycznym i magnetycznym ?

Wracamy do doświadczeń. Pokazujemy doświadczenie 2 raz z laską ebonitową (lub rurą plastikową od odkurzacza) drugi raz ze szklaną oraz doświadczenie 3 zbliżając raz jeden raz drugi biegun magnesu.

Uczniowie omawiają wyniki obserwacji . Skoro istnieją dwa rodzaje oddziaływań , odpychanie i przyciąganie , muszą istnieć dwa rodzaje elektryczności i dwa rodzaje magnetyzmu .

Uczniowie powinni pamiętać z gimnazjum, że istnieją ładunki dodatnie i ujemne oraz, że magnes ma biegun północny i południowy i tych biegunów nie można rozdzielić.

Przypominamy , że pole grawitacyjne przedstawiane było graficznie za pomocą linii pola .

Uczniowie rysują linie pola centralnego i jednorodnego.

Inne pola sił również można przedstawiać za pomocą linii sił pola.

Doświadczenie 4

Do przewodnika kulistego przyklejamy paski kolorowej bibułki .

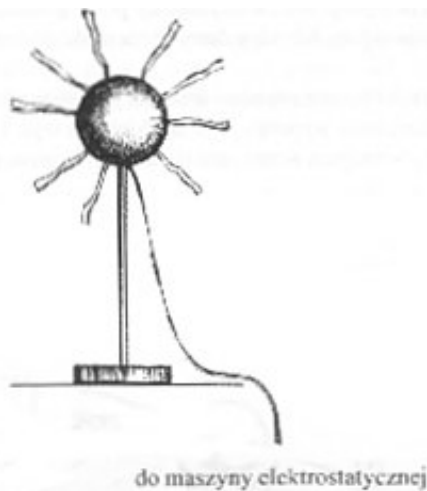
Łączymy przewodnik z biegunem maszyny elektrostatycznej. (rys. 18)

Doświadczenie 5

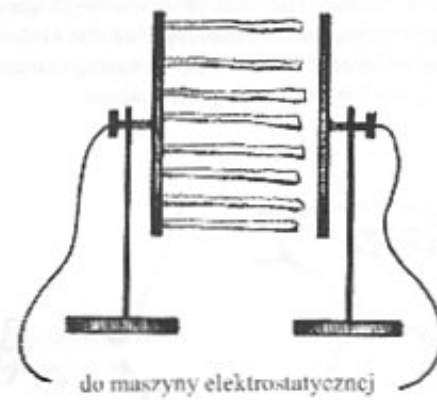
Do okładki kondensatora płaskiego (zestaw do pokazów z elektrostatyki)

przyklejamy taśmą klejącą paski kolorowej bibułki. Okładki kondensatora

łączymy z biegunami maszyny elektrostatycznej. (rys. 19)



Rys. 18



Rys. 19

Paski bibuły pokazują kształt linii pola .

Uczniowie robią rysunek obu pól i zastanawiamy się nad zwrotem linii. Pokazujemy, że potrzebne jest wprowadzenie pojęcia ładunku próbnego. Po wprowadzeniu pojęcia ładunku próbnego ustalamy zwrot linii pola elektrycznego. Rysujemy pola ładunku ujemnego i dodatniego oraz pole jednorodne.

Doświadczenie 6

Pokazujemy linie pola magnesu sztabkowego za pomocą opiłków . Można wykorzystać do tego celu rzutnik. (Pamiętajmy o zabezpieczeniu rzutnika pisma szybą szklaną ,aby opiłki nie dostały się do soczewki).

Uczniowie robią rysunek otrzymanego obrazu. Ustalamy zwrot linii pola magnetycznego.

Czy źródłem pola magnetycznego są tylko magnesy ?

Przypominamy doświadczenie z przewodnikiem i igłą magnetyczną.

Pokazujemy również , że zwojnica z rdzeniem przyciąga szpilki tak jak magnes sztabkowy.

Jeżeli mamy w pracowni przyrząd do demonstracji pola magnetycznego prądu to pokazujemy pole magnetyczne zwojnicy.

Rysujemy linie pola magnetycznego prostoliniowego przewodnika z prądem i zwojnicy .

Ćwiczymy jak określać zwrot linii pola.

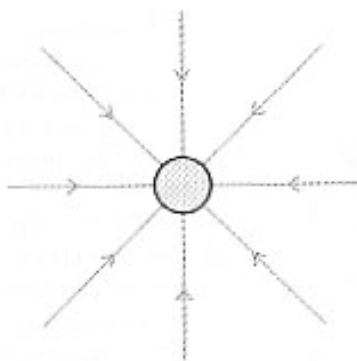
Podsumowujemy : Nie ma centralnego pola magnetycznego, bo nie ma pojedynczych biegunów magnetycznych .

Zadanie domowe : Doświadczenie domowe ze str.24 Przedstaw swoje obserwacje w postaci krótkiego sprawozdania.

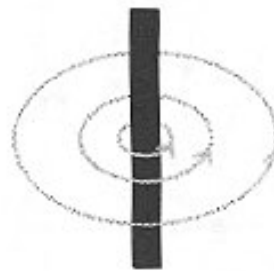
Następną lekcję można zacząć od krótkiej kartkówki.

1. Rysunek 20 zamieszczony obok może przedstawiać :

- A) tylko pole grawitacyjne .
- B) pole kuli naładowanej dodatnio lub ujemnie;
- C) pole grawitacyjne lub pole kuli naładowanej ujemnie;
- D) pole grawitacyjne, elektryczne lub magnetyczne.



Rys. 20



Rys. 21

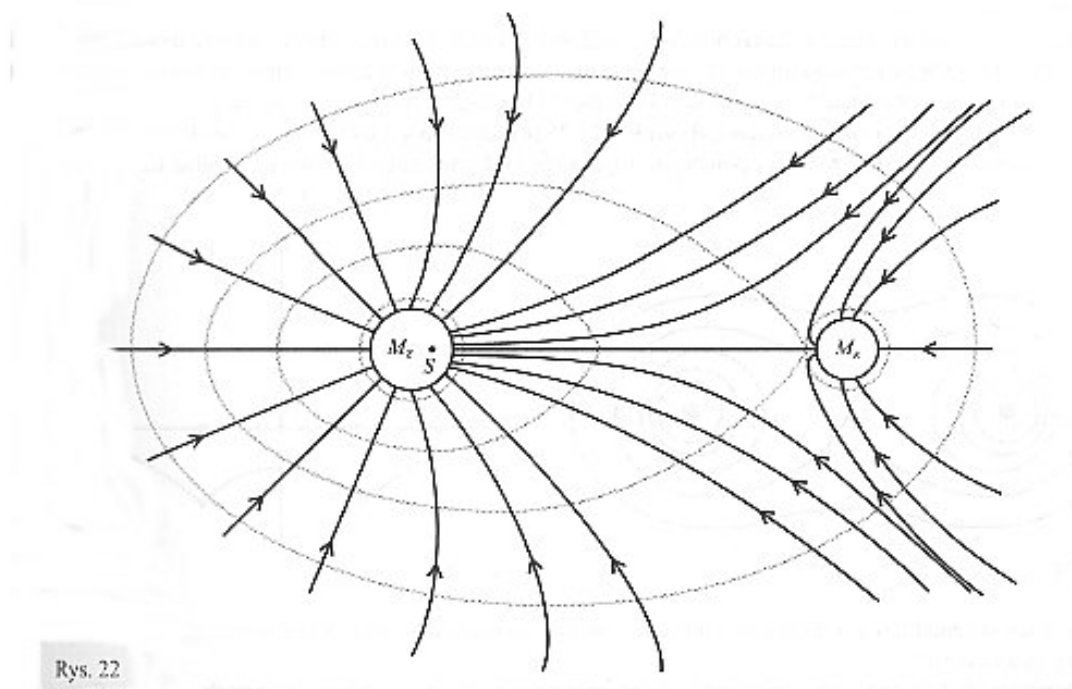
2. Rysunek 21 przedstawia linie pola magnetycznego wokół prostoliniowego przewodnika przez który płynie prąd .
Zaznacz kierunek przepływu prądu.

Zadanie 1

Na połowie kartki zeszytu narysuj jak najlepiej potrafisz linie sił pola grawitacyjnego wynikające z nałożenia się pól ziemskiego i księżycowego. Niech Ziemię przedstawia kółko wielkości 5 groszówki a Księżyc 10 cm odległe kółko wielkości 1 groszówki. Nie powinno przeszkodzić w rysunku to, że proporcje nie są tutaj zachowane. Gdyby chciałeś po narysowaniu 5-groszowej Ziemi narysować w przybliżonej proporcji Księżyc, to byłby on odległy od Ziemi nie 10 a 60 cm i miałby średnicę połowę z tej jaką ma 1 groszówka czyli ok. 0.7cm.

Wskazówka: Linie mają być prostopadłe do powierzchni źródła. Linie nie mogą się krzyżować

Oto propozycja odpowiedzi (rys. 22)



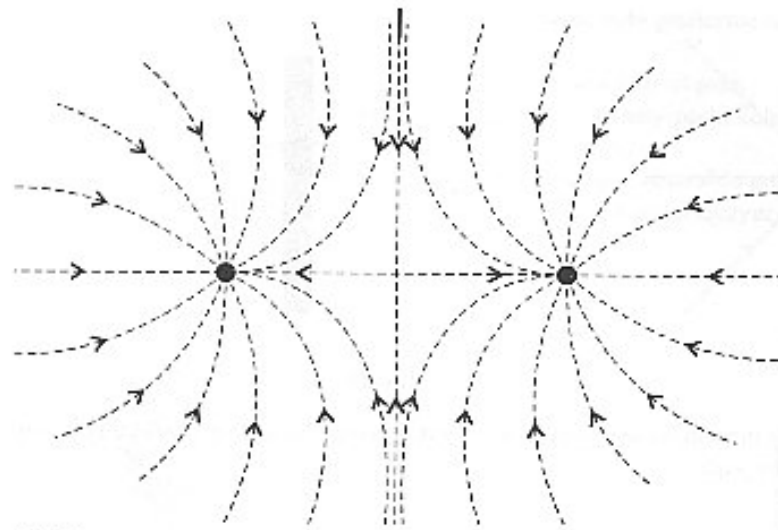
To i następne zadanie należą zdecydowanie do trudnych. Oba omówimy jednocześnie. Zadanie można pominąć gdy nauczyciel uzna, że przerasta ono możliwości klasy/ucznia. Można zaproponować powtórzenie któregośkolwiek z rysunków z podręcznika i podanie własnej interpretacji – własnego przykładu.

Przypomnijmy, że naszym celem jest pokazywanie problemów, zwracanie uwagi na to, że każdy nawet wydawałoby się prosty przypadek, może stać się tematem dociekań gdy przyjrzeć mu się bliżej.

Tak jest i w tym przypadku. Zadanie dotyczące dwóch ciał może być rozważane teraz, ale można tylko wspomnieć, że jak ktoś chce to niech spróbuje, że czasem warto się pomęczyć. Można zaproponować kilka dni na przemyślenie i wrócić do tematu jeśli ktoś się upomni. A upomni się ktoś, kto godziny spędził nad zastanawianiem się. W takim przypadku możemy się cieszyć nie tyle pewnie z wyników jakie ten uczeń osiągnął a z samego faktu, że zainteresował się tematem.

By nie zderzyć się boleśnie z trudnym przypadkiem dwóch ciał, radzimy zacząć od przypadku „gwiazdy podwójnej” albo w największym uproszczeniu dwóch jednakowych mas. Linie pola przedstawiamy jak na rysunku 23. Pełna symetria. Linia środkowa to też linia sił która „mierzy” w środek masy. Gdyby nad nią się zastanowić to dojdzie się do wniosku, że

natężenie pola wzdłuż tej linii zmienia się od zera w nieskończoności do zera w środku masy a więc posiada gdzieś wartość maksymalną.

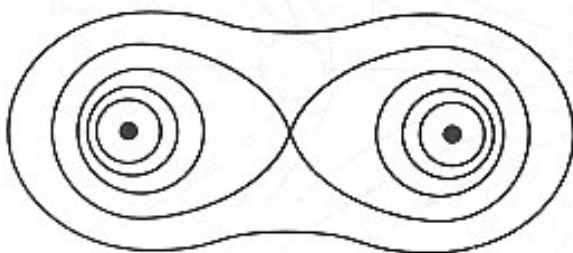


Rys. 23

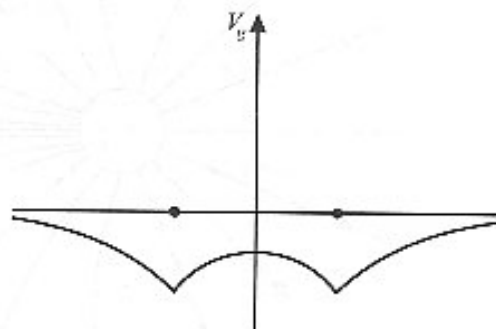
Bystrzejsi w matematyce mogliby pokusić się o wyznaczenie tego miejsca (przy danych masach i znanej ich odległości).

Można zwrócić uwagę na to, że jak się wystarczająco od środka masy tych ciał oddali, to wtedy można potraktować je jako jeden obiekt i sprawa jest prosta, linie pola są radialne a wielkości natężenia pola spełniają ten warunek, że maleją z kwadratem odległości.

Linia łącząca środki obu mas „przebija” linię środkową. Tu ciekawe pytania/odpowiedzi można przewidzieć. Punkt przecięcia oznacza miejsce zerowego natężenia pola, zerowej gęstości linii, zerowego przyspieszenia ładunku, który ewentualnie mógłby tam się znaleźć. To ciekawe miejsce to miejsce „siodła” potencjału – szczytu „pagórka” między kraterami (rys 24 i rys 25).



Rys. 24



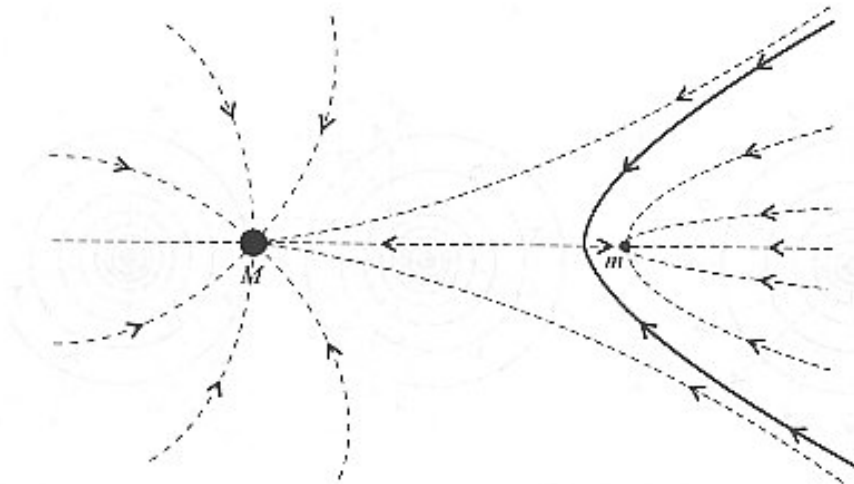
Rys. 25

Jeśli ten schemat jest już dość jasny, możemy spróbować pozwolić jednej z mas wzrastać. Co się stanie z naszą osią symetrii? Odpowiedź: Miejsce zerowe przesunie się w stronę mniejszej masy i ugnie się w kształt krzywej symetrycznej względem prostej łączącej obie masy „obejmującej” masę mniejszą tym bardziej im stosunek mas jest większy. Z daleka linie sił

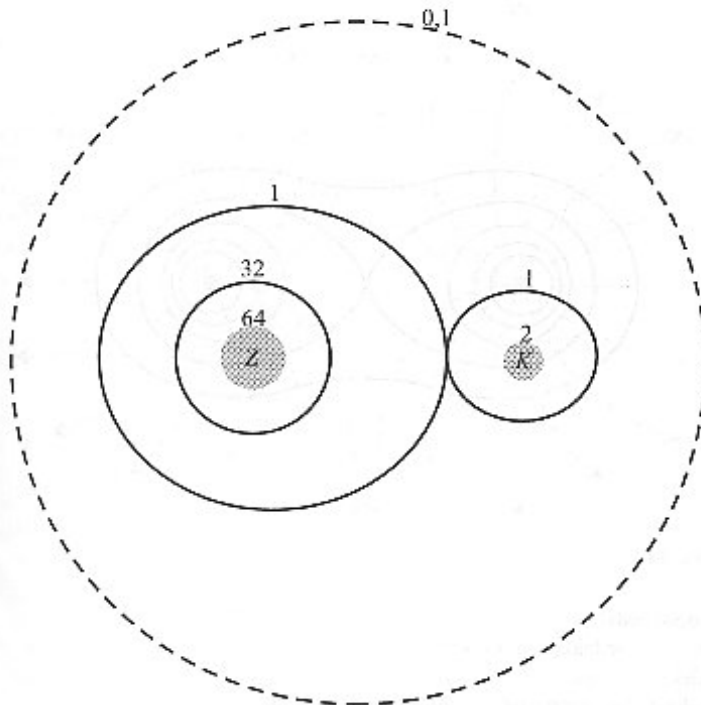
będą „patrzyły” w stronę środka masy obu ciał, im bliżej tym bardziej wycelowane będą ku środkowi bliższej masy (Rys 26).

Można też sobie wyobrazić inaczej. Mniejsza masa maleje do zera, linie sił upodabniają się coraz bardziej do linii pochodzących od jednej masy, do linii promienistych typowych dla pola centralnego

A powierzchnie ekwipotencjalne? Daleko od dwóch ładunków będą kuliste jak dla jednego ciała. Im bliżej tym deformacja będzie wyraźniejsza. W pobliżu większej masy większe zagęszczenie linii – rysunek 27 powinien być czytelny.



Rys. 26

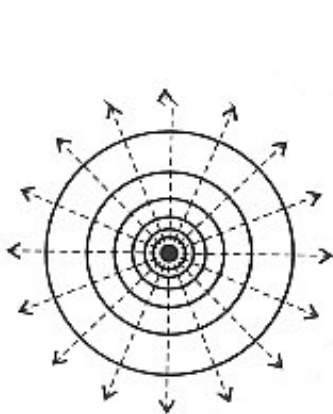


Rys. 27

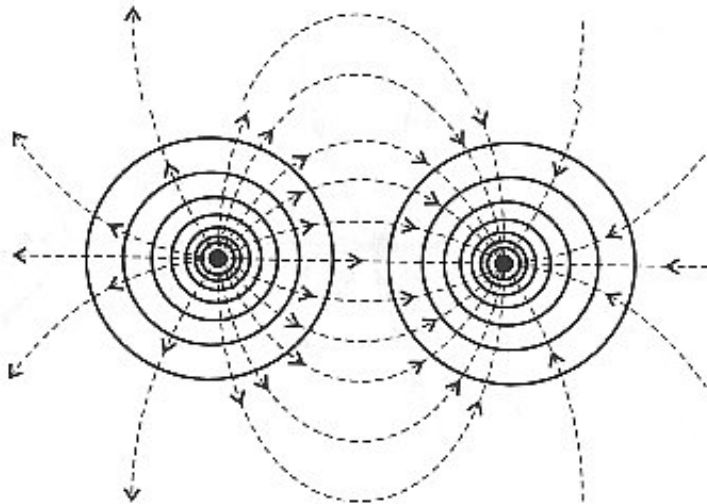
Podsumowując nasze rozważania na temat pól i sposobu ich przedstawiania, pokazujemy rysunki 28, 29, 30, które razem lub każdy osobno można skopiować i dać uczniom w formie krótkich testów sprawdzających.

Podstawowe pytania:

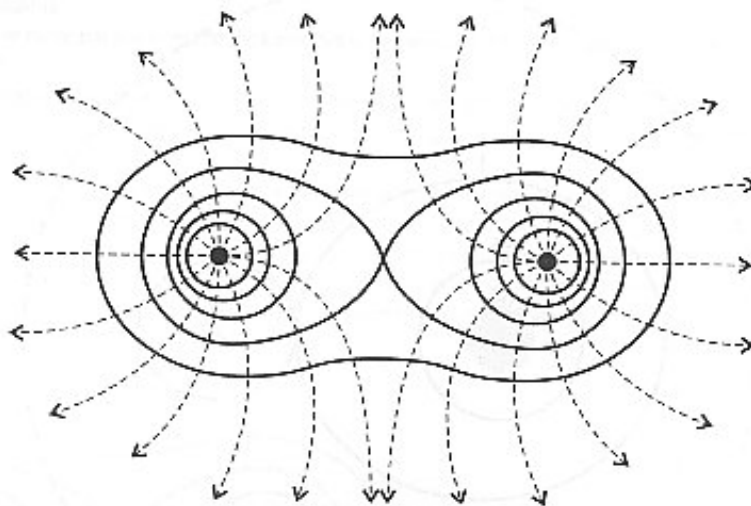
- Co mogą oznaczać kółka centralne?
- Co przedstawiają linie ze strzałkami?
- Co przedstawiają zamknięte linie bez strzałek?
- Który rysunek mógłby przedstawiać pole wokół elektrycznego dipola?
- Dlaczego rysunek 30 nie może przedstawiać pola grawitacyjnego gwiazdy podwójnej?



Rys. 28



Rys. 29



Rys. 30

Najkrótsze odpowiedzi

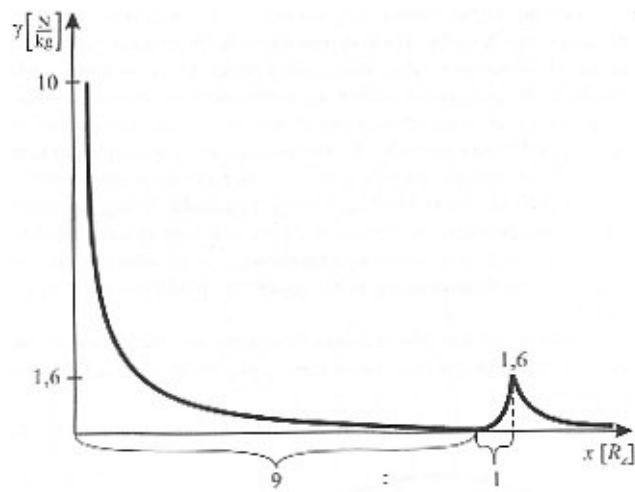
- Ładunki elektryczne – jednakowej wielkości.
- Linie sił pola elektrycznego.
- Linie (powierzchnie ekwipotencjalne).
- Rysunek 29.
- Strzałki nie w tę stronę.

Wracając do zadania 5.

W podręczniku autor zaprezentował rysunki wymagające komentarzy. Przede wszystkim proporcje są abstrakcyjne mimo, że mowa o konkretnych ciałach niebieskich. Było to o tyle celowe, że najczęściej zachowanie proporcji jest bardzo trudne. W tym przypadku Natura ułatwiła nam zadanie ponieważ stosunek masy Ziemi do masy Księżyca wynosi w przybliżeniu 81:1 a więc miejsce, gdzie sumaryczna wartość natężenia pola jest równa zero znajduje się na 1/10 odległości Z-K licząc od Księżyca (9/10 od Ziemi).

Nie będziemy powtarzali rysunku z podręcznika a spróbujemy przedstawić rozwiązanie bardziej realistyczne, tj stosunek promieni R_z/R_k będzie 3,8 a stosunek potencjałów na obu powierzchniach (w przybliżeniu) przyjmiemy jak 20 : 1

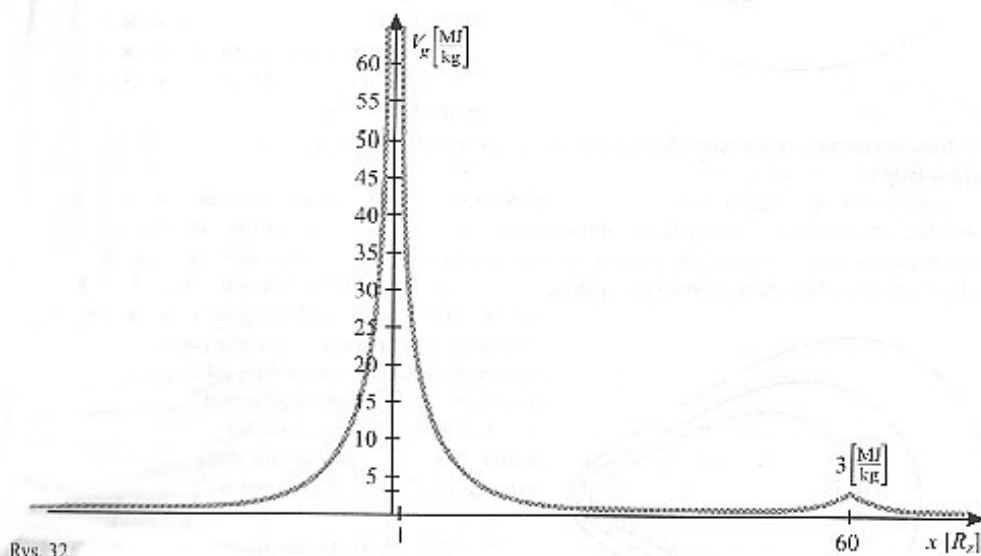
Na rysunkach 31 i 32 pokazujemy odpowiednio **wykresy** natężenia pola i potencjału grawitacyjnego w zależności od miejsca na linii Ziemia – Księżyc



Rys. 31

Linie sił pola dla obu ciał przedstawiamy na rysunku 26. Przy sporządzaniu tego rysunku kierowaliśmy się zasadą opisaną wyżej. Jedna z mas jest znacznie mniejsza od drugiej, krzywa przechodząca przez charakterystyczny punkt gdzie $\gamma = 0$ jest bardzo wydłużoną paraboloidą, linie tylko w bezpośredniej bliskości obu ciał celują w ich środki, im dalej tym konsekwentniej mierzą we wspólny środek mas, który w przypadku Ziemia – Księżyc znajduje się ponad 1000 km pod powierzchnią Ziemi.

Na rysunku 27 usiłowaliśmy przedstawić powierzchnie (linie) ekwipotencjalne. Pomocnym w takim przedsięwzięciu jest wykres zależności potencjału od miejsca (rys. 32). Po wybraniu „skoku” potencjału (zaznaczonego na wykresie linią przerywaną łatwo jest przenieść dane z wykresu na rysunek typu „widok z góry na krater” .



Rys. 32

Wszystko wyżej zostało w zasadzie powiedziane. Traktujemy te wywody nie tyle jako ważne tematy w kształceniu młodych ludzi czy spełnienia kryteriów ministerialnych zaleceń ile jako bardzo dobry trening dla szarych komórek.

Można zastosować analogie do poziomicy w geografii, choć nie jesteśmy pewni, czy wszyscy uczniowie wiedzą o czym mowa. Dla wygody nauczyciela umieściliśmy jako załączniki na końcu podręcznika dwie mapy: geograficzną z poziomiami i meteorologiczną z izobarami. Jesteśmy za analogiami, jak długo pomagają one w zrozumieniu omawianej sytuacji. Takie analogie pomagają wyobraźni.

Jesteśmy gdzieś blisko dna „krateru” o nazwie Ziemia. Mamy tu dwa kratery. Jeden ma przedstawiać Ziemię drugi Księżyc. Dwie przepaście odległe od siebie o – powiedzmy - 10 jednostek. Na dziewiątej licząc od wyższego jest przegięcie - zerowa siła czyli zerowe natężenie pola ale nie zerowy potencjał. Po przeciwnej stronie tej samej głębokiej zapaści wzrost poziomu jest niezakłócony tam zerowego miejsca brak i tam można łatwiej pokazać płynne przybliżanie się do „poziomu morza”. A propos poziomu morza. Wysoki pagórek – bo przecież można zmieniając punkt widzenia zamienić kratery na pagórki - (patrz tabela Tom 1 s 98) jest około 21 razy wyższy niż niski – księżycowy. Narysowanie tego w skali jest wysiłkiem wartym zachodu. Wtedy można docenić podstawowe różnice fizycznych właściwości przestrzeni otaczającej te dwa ciała (czy raczej ciała) niebieskie.

Wysokość słonecznego pagórka (lub głębokość krateru) byłaby blisko 100 tysięcy razy większa niż księżycowego - potencjał grawitacyjny przy „powierzchni” Słońca wynosi około 2×10^5 MJ/kg. Można z klasą policzyć:

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \quad M_s = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg} \quad R_s = 6.96 \times 10^8 \text{ m}$$

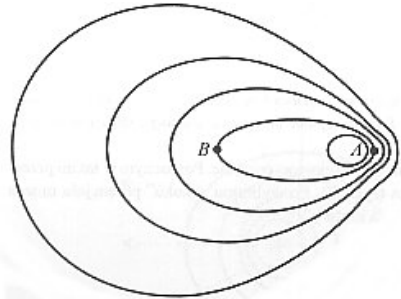
Z rysunku też będzie można zauważyć jak znacznie trudniej musi być wyciągnąć np. 1 kg z dna ziemskiej przepaści, jak wiele już łatwiej z pobliża małego krateru (Księżyc) o ile inaczej wygląda sytuacja po przeciwnej niż Księżyc stronie Ziemi.

Można wykorzystać dyskusję nad zadaniem do rozważań nad tym jak ważnym musi być przy starcie rakiet kosmicznych uwzględnianie położenia Słońca i Księżyc w chwili startu. Tu idzie

o wykonanie określonej pracy w warunkach, które są zmienne a od których właśnie ta praca może bardzo być uzależniona.

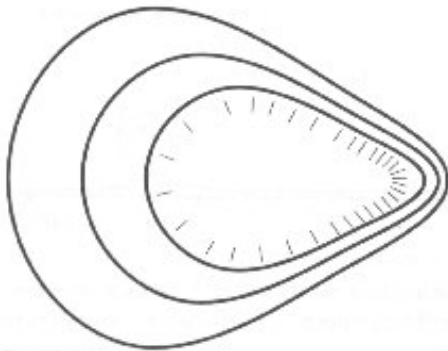
Wracając do poziomicy i izobar, proponujemy – w zależności od zainteresowania klasy porozmawiać o sposobie odczytywania sensu tych linii. Można poćwiczyć z klasą narysowanie hipotetycznych np. poziomicy dla - na przykład - dwóch miast leżących daleko od siebie ale na tej samej wysokości npm. Z tym, że jedno zbudowane jest na stromym zboczu a drugie na płaskim terenie. Rysunek został wspólnie wykonany na tablicy.

Teraz propozycja trudniejsza. Narysujmy coś co przypomni sytuację poprzednią ale w innej „branży” w elektrostatyce.



Rys. 33

Tu pewnie trzeba będzie trochę wysiłku by podpowiedzieć uczniom, że idzie tu o powierzchnię o tym samym potencjale (jednakowa wysokość npm) ale o różnej stromości – a



Rys. 34

więc różnym natężeniu pola. Przewodnik w kształcie mniej lub bardziej szpiczastej gruszki posiadający ładunek elektryczny (rys. 34) spełni te warunki: jednakowy potencjał w każdym miejscu, siła z jaką przybliżona próbka będzie w różnych miejscach przyciągana (czy odpychana) będzie różna, natężenie pola – „stromość” przestrzeni będzie największa tam gdzie promień krzywizny najmniejszy. Im dalej od gruszkowatego przewodnika tym bardziej koliste (czy kuliste) powierzchnie

ekwipotencjalne, tak jest aż nie staną się prawie idealnymi kulami, a linie sił będą podobne do tych ilustrujących pole centralne.

Podobne dyskusje można przeprowadzić patrząc na mapę izobar. Określać można w jakich obszarach należy spodziewać się silnych wiatrów nawiewających chmury a gdzie raczej powinna panować słoneczna pogoda.

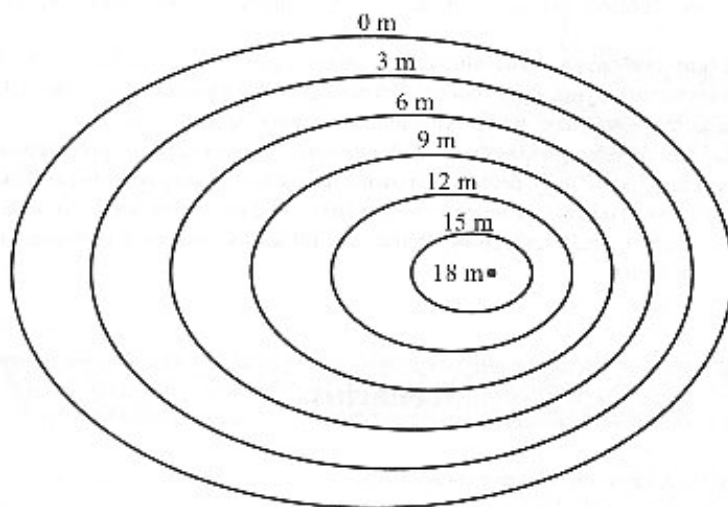
Zadanie 2

Na osiedlu usypano pagórek w kształcie pochylonego stożka. Przekrój pionowy o największej powierzchni pokazano na rysunku obok. Wysokość stożka wynosi 18 metrów..

Powstała zjeżdżalnia dla saneczkarzy. Rzut najwyższego punktu na powierzchnie podstawy dzieli największą oś podstawy na dwa odcinki o długości 24 m i 13,5 m.

Narysuj (w wygodnej skali) różnymi kolorami, widok z góry linii ekwipotencjalnych (poziomic) o 3-metrowych różnicach poziomów. Na każdej zaznacz jakiego poziomu dotyczy.

Rozwiązaniem zadania może być rysunek 35.



Rys. 35

Przy okazji dyskusji nad takim zadaniem warto zastanowić się jak te dane mają się do rzeczywistych pagórków – zjeżdżalni. Zadanie dla lubiących praktyczne obliczenia: Oszacuj procentowy spadek (stosunek wysokości do przemieszczenia poziomego wyrażony w procentach) zjeżdżalni jaką możesz znaleźć w najbliższym otoczeniu. Dokonaj pomiaru by sprawdzić na ile twoje przewidywanie się sprawdziło.

Znane doświadczenie z długą szklaną rurką (albo przezroczystą z plastyku – przyczepioną w kilku miejscach do kija od miotły) gdzie mały pęcherzyk powietrza wędruje w górę ze stałą prędkością. Prędkość ta zależy (nie zupełnie prosto!!) od kąta nachylenia rurki, co może być wykorzystane do pomiaru kąta nachylenia np. jezdni, dachu itp. Takie doświadczenia domowe zalecać można na każdym poziomie nauczania.

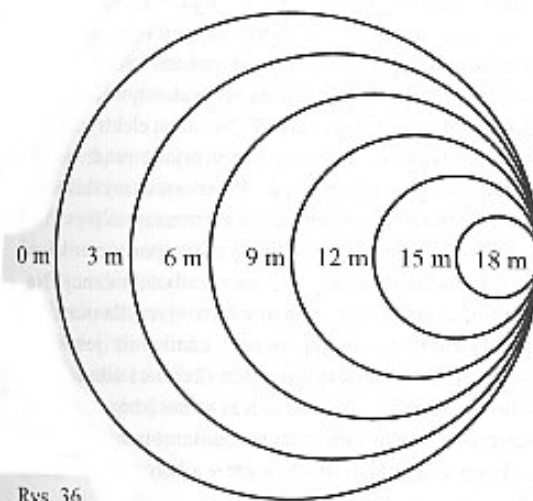
Zadanie 3

Mając przed oczyma tylko rysunek wykonany jako rozwiązanie zadania poprzedniego wyjaśnij w kilku zdaniach jak z takiego zbioru informacji można odtworzyć kształt „pagórka”.

Może uda się znaleźć ochotniczkę czy ochotnika, który w domu zrobi kształty z kartonu podobne do tych na rysunku 35. Przebite w punkcie na dużej osi w 1/3 odległości od największej krzywizny i nadziane na patyk dadzą trójwymiarowy model pagórka o którym mowa w zadaniu 2.

Wyjaśnienie takie na pewno bardziej będzie przekonujące niż „w kilku zdaniach”. Jeśli ktoś woli bez modelu to powie mniej więcej tak: Wyobrażam sobie, że patrzę z góry na coś co ma namalowane zamknięte regularne kształty w różnych barwach czy odcieniach jaśniejszych w zależności od wysokości i malowanych dla każdej wysokości podzielonej przez 3 (w metrach). Z takiego rysunku wnioskuję, że jest to nieregularny stożek (regularny byłby z kół koncentrycznych złożony), że najwyższy punkt położony jest na 18 wysokości, że największa stromość wynosi 66% jest dwukrotnie większa od najmniejszej po przeciwnej stronie „pagórka”. Wszystkie pośrednie stromości są również dostępne.

Wielu będzie miało trudność z napisaniem choćby jednego poprawnego zdania. Nie trzeba się dziwić. Warto w tym miejscu zaproponować uczniom narysowanie w skali szkicu pagórka, dla którego układ poziomic przedstawia się jak na rys. 36. Jak taki pagórek będzie wyglądał?



Rys. 36

Jeśli czas pozwoli warto przedyskutować dowolny region załączonego na końcu podręcznika fragmentu mapy z poziomiami. Przedyskutować pod względem natężenia pola grawitacyjnego (stromości pagórków) i potencjału grawitacyjnego (różnicy potencjałów między wybranymi miejscami). Jest tam też mapa Europy z izobarami, którą warto z uczniami przedyskutować zwracając uwagę na fakt, że izobary w meteorologii stale się zmieniają często w sposób nieprzewidywalny, poziomicie są raczej stabilne, powierzchnie ekwipotencjalne grawitacyjne zmieniają się z powodu ruchu gwiazd, planet i księżyców, powierzchnie ekwipotencjalne pól elektrycznych ?? - to już zależy od potrzeb wynikających z przeznaczenia urządzeń w których te pola są wykorzystywane.