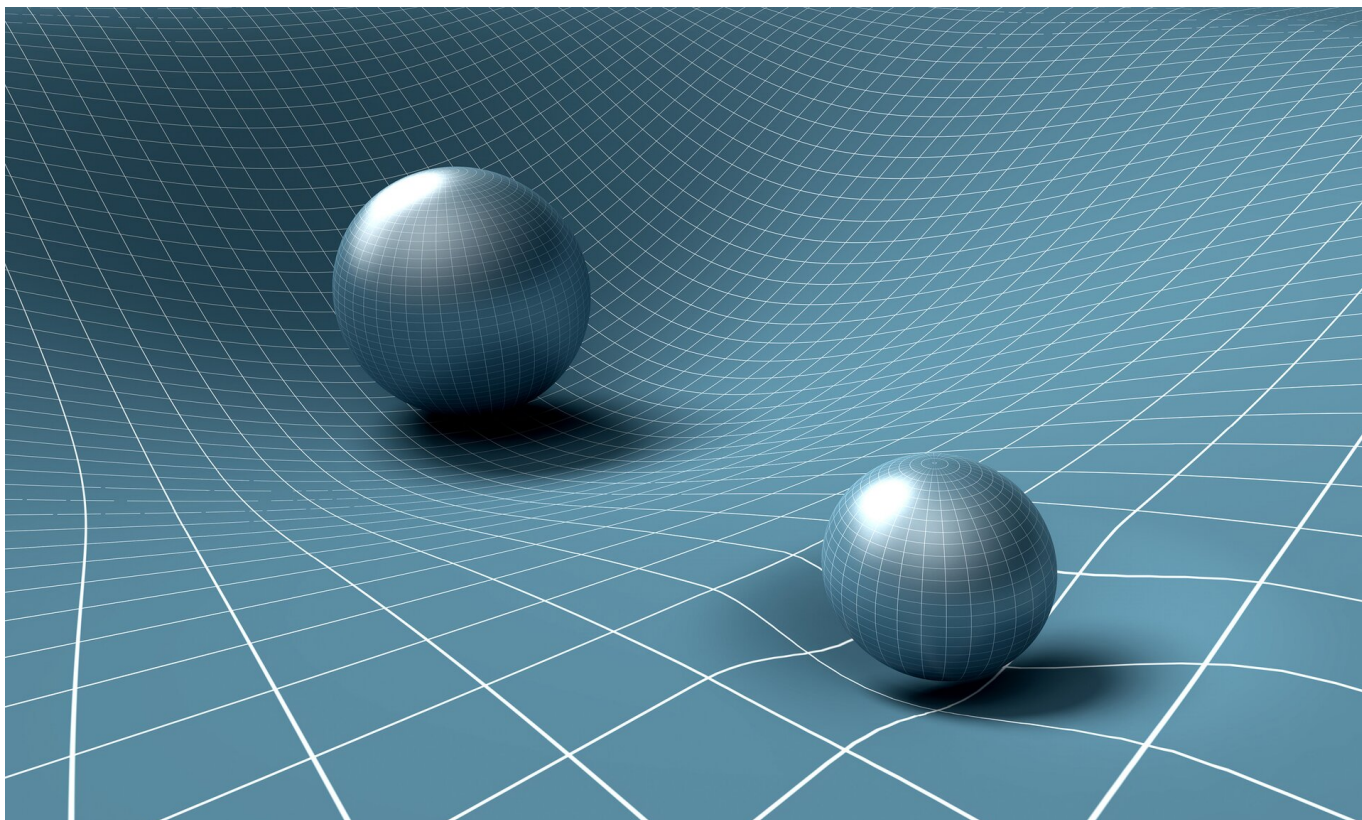




Porównanie sił grawitacyjnych i elektrostatycznych

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Porównanie sił grawitacyjnych i elektrostatycznych

Czy to nie ciekawe?

Przyroda czasami wydaje się nam bardzo skomplikowana, wymagająca wielu równań matematycznych, by wyjaśnić niektóre zjawiska. Nic dziwnego, że ludzkość marzy o tym, by istniał jeden wzór na wszystko.

Marzenie to spełnia się niemal całkowicie w przypadku sił grawitacyjnych i elektrostatycznych. Prawa rządzące obu tymi oddziaływaniami są niemal identyczne jeśli chodzi o formę. Różnica polega na tym, że w jednym przypadku oddziałują masy, a w drugim ładunki elektryczne. Druga różnica, to oczywiście, różnoimiennie ładunki i jednoimienna masa. Zapraszamy Cię do przeanalizowania podobieństw i różnic pomiędzy tymi siłami, w oparciu o Twoją dotychczasową wiedzę.

Twoje cele

- przypomnisz sobie najważniejsze informacje o siłach i polach grawitacyjnym oraz elektrostatycznym,
- zauważysz podobieństwa i różnice pomiędzy tymi siłami i polami,
- dogłębniej zrozumiesz naturę każdej z sił, wykorzystując ich porównanie,
- zastosujesz zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań i problemów.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Siły grawitacyjne i elektrostatyczne mają niemal identyczne własności, opisują je podobne prawa i teorie fizyczne. Poniżej znajduje się tabela zestawiająca podobieństwa i różnice dotyczące zarówno tych sił, jak i wynikających z nich niektórych własności pól grawitacyjnego i elektrostatycznego.

Tabelę można czytać zaczynając każdy wiersz zarówno od lewej, jak i prawej komórki.

Nr	Grawitacja	Elektrostatyka
1	Siły grawitacyjne mają zasięg nieskończony.	Siły elektrostatyczne mają zasięg nieskończony.
2	Oddziaływaniu podlegają masy. Nie istnieje masa ujemna, wobec tego wszystkie są „jednoimienne” i dodatnie. Masy przyciągają się.	Oddziaływaniu podlegają ładunki, które mogą być różnoimienne (ujemne lub dodatnie). Ładunki jednoimienne odpychają się, różnoimienne przyciągają się.
3	Siłę oddziaływania kulistej, jednorodnej masy M na próbną masę m określa prawo powszechnego ciążenia: $\vec{F} = -G \frac{mM}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$ gdzie G oznacza stałą grawitacji, a $\vec{r}$ jest wektorem położenia masy m względem środka M . Znak minus jest konsekwencją faktu, że masy przyciągają się.	Siłę oddziaływania ładunku Q na ładunek q określa prawo Coulomba: $\vec{F} = k \frac{qQ}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$ gdzie k oznacza stałą elektrostatyczną, a $\vec{r}$ jest wektorem położenia ładunku q względem Q .
4	Wartość siły oddziaływania dwóch jednostkowych mas z odległości jednostkowej wynosi $F = 6,67408(31) \cdot 10^{-11} \text{ N}$	Wartość siły oddziaływania dwóch jednostkowych ładunków z odległości jednostkowej wynosi $F = 8,9875 \cdot 10^9 \text{ N}$

5	Pole grawitacyjne to przypisanie każdemu punktowi przestrzeni wektora natężenia, liczbowo równego sile działającej na jednostkową masę. $\vec{\gamma} = \frac{\vec{F}}{m}$	Pole elektrostatyczne to przypisanie każdemu punktowi przestrzeni wektora natężenia, liczbowo równego sile działającej na jednostkowy ładunek elektryczny. $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$
6	Pole grawitacyjne jest polem źródłowym.	Pole elektrostatyczne jest polem źródłowym.
7	Wartość natężenia pola grawitacyjnego wytwarzanego przez punkt materialny o masie M w odległości r od niego opisuje wzór: $\gamma = G \frac{M}{r^2}$	Wartość natężenia pola elektrostatycznego wytwarzanego przez ładunek punktowy o wartości Q w odległości r od niego opisuje wzór: $E = \frac{kQ}{r^2}$
8	Dla pól grawitacyjnych obowiązuje zasada superpozycji, według której natężenie pola pochodzącego od wielu źródeł jest wektorową sumą natężeń pochodzących od każdego z nich.	Dla pól elektrostatycznych obowiązuje zasada superpozycji, według której natężenie pola pochodzącego od wielu źródeł jest wektorową sumą natężeń pochodzących od każdego z nich.
9	Linie pola są zawsze otwarte, prowadzą z nieskończoności do źródła (zbiegają się w źródle).	Linie pola wychodzą z ładunków dodatnich i zbiegają się w ładunkach ujemnych. Linie pola pochodzącego od punktowego ładunku dodatniego wychodzą ze źródła i prowadzą do nieskończoności. Linie pola pochodzącego od punktowego ładunku ujemnego prowadzą z nieskończoności i zbiegają się w źródle.
10	Im większe natężenie pola (np. im bliżej źródła), tym gęściej rozmieszczone są jego linie.	Im większe natężenie pola (np. im bliżej źródła), tym gęściej rozmieszczone są jego linie.

11	W szczególnym przypadku, gdy masy źródłowe rozmieszczone są jednorodnie na płaszczyźnie, którą można uznać za nieskończoną, pole grawitacyjne jest jednorodne, to znaczy natężenie ma wszędzie jednakową wartość, a linie pola są równoległe do siebie (np. w pobliżu powierzchni Ziemi).	W szczególnym przypadku, gdy ładunki źródłowe rozmieszczone są jednorodnie na płaszczyźnie, którą można uznać za nieskończoną, pole elektrostatyczne jest jednorodne, to znaczy natężenie ma wszędzie jednakową wartość, a linie pola są równoległe do siebie (np. między okładkami kondensatora płaskiego).
----	--	---

Słowniczek

Linie pola

(ang.: *field lines*) linie, do których styczny jest wektor opisujący dane pole. Na przykład, dla pola grawitacyjnego lub elektrostatycznego są to linie, do których styczne są zarówno wektory natężenia, jak i działających sił; dla pola magnetycznego – do linii pola styczne są wektory indukcji magnetycznej, a wektory sił są do nich prostopadłe.

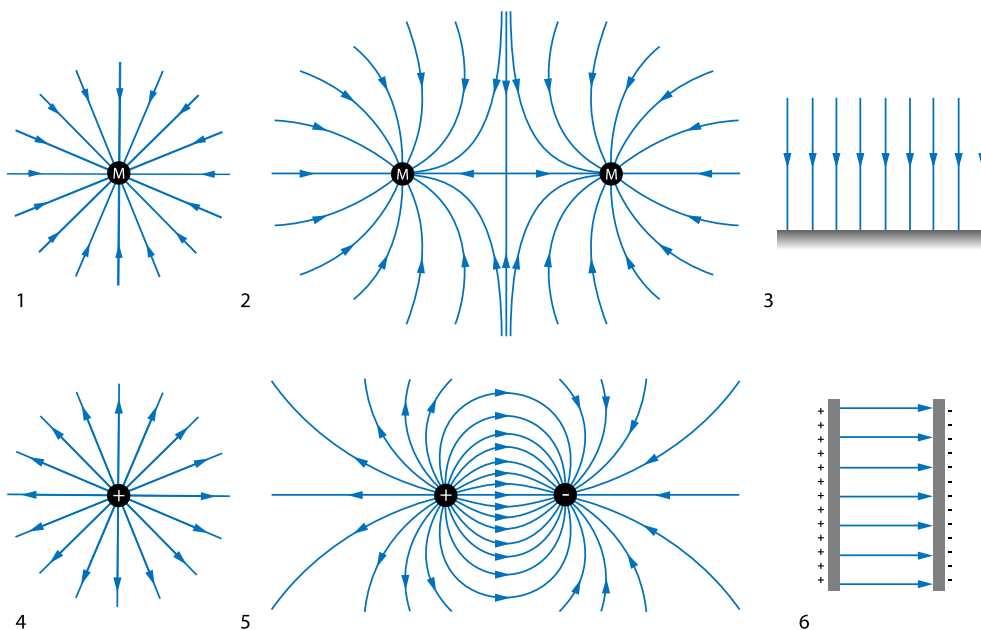
Pole źródłowe

(ang.: *source field*) pole, pochodzące od ciał obdarzonych cechą powodującą oddziaływania (np. masa, ładunek elektryczny). Przykładem pola, które nie jest źródłowe, jest pole magnetyczne, wytwarzane przez prądy elektryczne.

Grafika interaktywna

Jakie są podobieństwa i różnice pomiędzy polem grawitacyjnym a elektrostatycznym?

Na poniższej ilustracji umieszczono 3 pary obrazów dotyczących 3 różnych układów źródeł pól. Każda para, to porównanie pola grawitacyjnego i elektrostatycznego.



Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

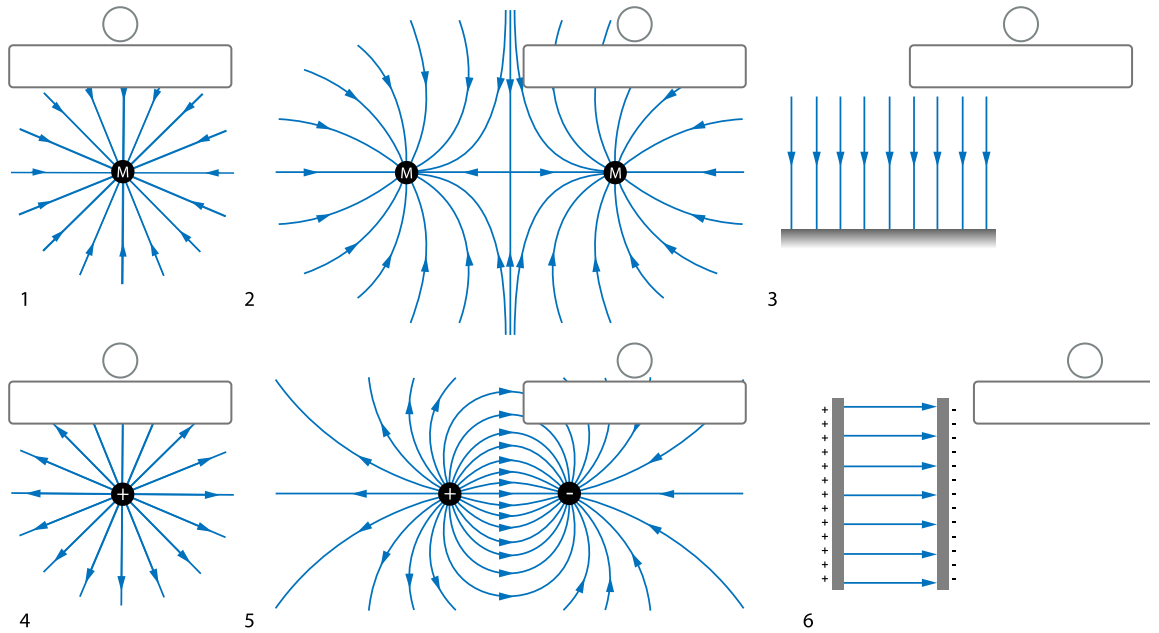
Polecenie 1

Połącz w pary ilustracje opisujące podobny charakter pól.

2	6
3	4
1	5

Polecenie 2

Dopasuj określenia opisujące rodzaj pola prezentowanego na poszczególnych rysunkach.



Pole elektrostatyczne jednorodne między okładkami kondensatora płaskiego

Pole grawitacyjne masy punktowej

Pole elektrostatyczne dwóch równych ładunków różnoimiennych

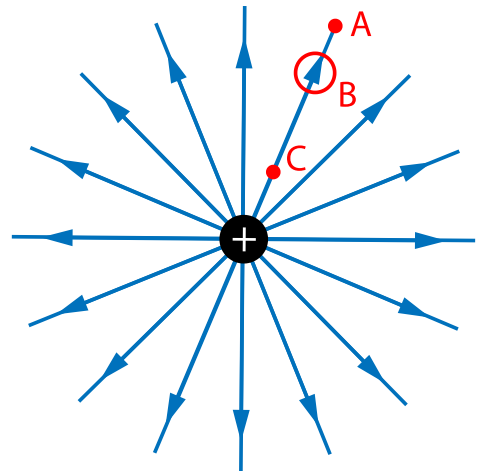
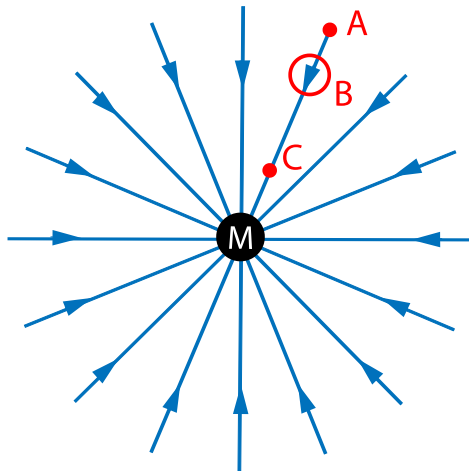
Pole grawitacyjne jednorodne w pobliżu powierzchni Ziemi

Pole grawitacyjne dwóch równych mas

Pole elektrostatyczne ładunku punkowego dodatniego

Polecenie 3

Przeanalizuj podstawowe informacje dotyczące natężenia pola, wielkości działających sił i kierunku linii pola grawitacyjnego i elektrostatycznego w poniższych przypadkach. Kliknij na rysunek, a po jego powiększeniu dowiesz się, jak zmieniają się własności obu pól przy przejściu z punktu A do C.



Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz, które z poniższych stwierdzeń są prawdziwe.

☐ Natężenie pola grawitacyjnego w każdym punkcie przestrzeni jest równe przyspieszeniu, jakie uzyskuje punkt materialny poruszający się wyłącznie pod wpływem siły grawitacji działającej w tym punkcie.

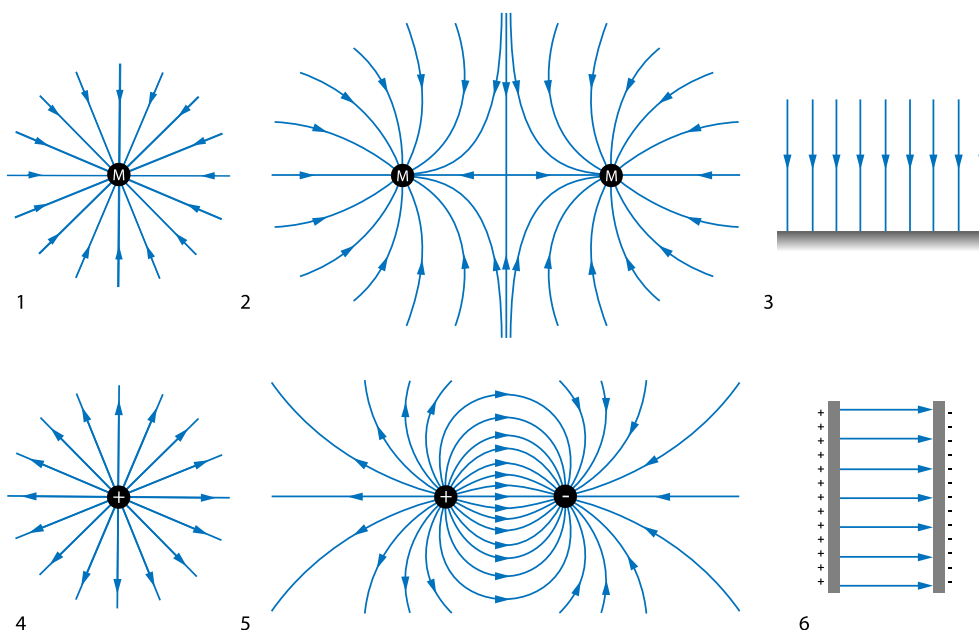
☐ Pojęcie „linie pola grawitacyjnego” dotyczy masy umieszczonej w polu grawitacyjnym.

☐ Pojęcie „linie pola elektrostatycznego” dotyczy pola elektrostatycznego.

☐ Pojęcie „siła oddziaływania grawitacyjnego” dotyczy masy umieszczonej w polu grawitacyjnym.

☐ Natężenie pola elektrostatycznego w każdym punkcie przestrzeni jest równe przyspieszeniu, jakie uzyskuje ładunek punktowy poruszający się wyłącznie pod wpływem siły elektrostatycznej działającej w tym punkcie.

☐ Pojęcie „natężenie pola elektrostatycznego” dotyczy ładunku umieszczonego w polu elektrostatycznym.



Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Na rysunku powyżej pokazano różne pola grawitacyjne i elektrostatyczne. Oznaczając komórki w poniższej tabeli wskaż, które z określeń odpowiadają poszczególnym sytuacjom. Uwaga – każde z określeń może występować wiele razy.

typ pola / nr rysunku	centralne	źródłowe	jednorodne
1	☐	☐	☐
2	☐	☐	☐
3	☐	☐	☐
4	☐	☐	☐
5	☐	☐	☐
6	☐	☐	☐

Ćwiczenie 3



Rozwiąż krzyżówkę.

1.										
2.										
3.										
4.										
5.										
6.										

1. Pole, którego linie zbiegają się w jednym punkcie
2. Dodatni lub ujemny
3. Ciężenie powszechne
4. Wielkość fizyczna, opisująca pole
5. Jednostka ładunku elektrycznego
6. Pole grawitacyjne w pobliżu powierzchni Ziemi

Ćwiczenie 4



Uzupełnij poniższy tekst, wskazując odpowiednie wyrazy.

Stała grawitacji ma dużo / wartość liczbową, niż stała elektrostatyczna. W porównaniu z oddziaływaniami elektrostatycznymi, siły grawitacji są więc bardzo / . We Wszechświecie działają jednak między ciałami o bardzo / masach umieszczonymi w bardzo / odległościach od siebie. Siły elektrostatyczne odgrywają kluczową rolę w mikroświecie, gdzie oddziaływaniom podlegają ładunki o bardzo / wartości, znajdujące się w bardzo / odległościach od siebie. Gdy rozważamy skalę / odległości, łatwo o obiekty, w których ładunki dodatnie i ujemne są rozdzielone. Z bardzo / odległości wyglądają one jednak, jak ciała obojętne elektrycznie, w których ładunki ujemne i dodatnie równoważą się. Aż strach pomyśleć, co byłoby, gdyby w fizyce klasycznej istniała ujemna masa... Jak wyglądałby wtedy Wszechświat?

Ćwiczenie 5



W jakich jednostkach podstawowych układu SI wyrażone jest natężenie pola grawitacyjnego i elektrostatycznego?

Odp.:

Pole grawitacyjne: $[\gamma] = \text{ } / \text{ }^2$ (zwróć uwagę, że to jednostka taka sama, jak jednostka przyspieszenia)

Pole elektrostatyczne: $[E] = \text{ } \cdot \text{ } / \text{ }^3$.

Ćwiczenie 6



Dwa punkty materialne o jednostkowej masie umieszczono w takiej samej odległości od siebie, co dwa ładunki punktowe o jednostkowej wartości ładunku. Ile razy oddziaływanie między ładunkami jest większe od oddziaływania między masami?

Stała grawitacji $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$, stała elektrostatyczna $k = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{kg^2}$.

Odp.: 10^n razy, gdzie $n =$

Ćwiczenie 7



Poniżej podano różne własności oddziaływań. Przeciągnij je do odpowiedniego pudełka, w zależności od tego, czy dotyczą analogii, czy różnic pomiędzy siłami grawitacyjnymi i elektrostatycznymi.

ANALOGIE:

RÓŻNICE:

pole jest wektorowe

zasięg jest nieskończony

siła maleje z kwadratem odległości

linie sił pola biegają zawsze z nieskończoności

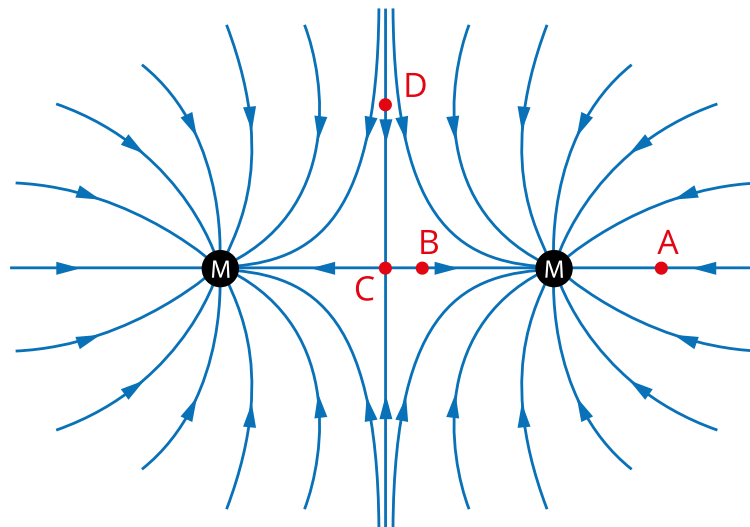
pole jest źródłowe

ładunki są różnoimienne

Ćwiczenie 8



Na rysunku przedstawiono linie pola grawitacyjnego wytworzonego przez dwie równe masy punktowe. Czy jest taki punkt, a jeśli tak, to gdzie, w którym siła grawitacji działająca na dowolne ciało umieszczone w tym polu równa jest zero?



☐ Nie ma takiego punktu.

☐ W punkcie A.

☐ W punkcie B.

☐ W punkcie C.

☐ W punkcie D.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Tomasz Sobiepan
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Porównanie sił grawitacyjnych i elektrostatycznych
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach; 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. IV. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń: 1) posługuje się prawem powszechnego ciążenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego. VII. Elektrostatyka. Uczeń: 2) oblicza wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków stosując prawo Coulomba; 3) posługuje się wektorem natężenia pola elektrycznego wraz z jego jednostką; ilustruje graficznie pole elektryczne za pomocą linii pola; interpretuje zagęszczenie linii pola jako miarę natężenia pola; rozróżnia pole centralne i pole jednorodne.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	Uczeń: 1. przedstawi najważniejsze informacje o siłach i polach grawitacyjnym oraz elektrostatycznym, 2. omówi podobieństwa i różnice pomiędzy tymi siłami i polami, 3. zastosuje zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań i problemów.
Strategie nauczania	Strategia Kształcenia Wyprzedzającego
Metody nauczania	pogadanka, metoda problemowa
Formy zajęć:	praca indywidualna, praca w parach
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem , grafika interaktywna, zestaw zadań
Materiały pomocnicze:	e-materiał: „Porównanie sił grawitacyjnych i elektrostatycznych”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Wstępne rozeznanie wiedzy uczniów na temat pola grawitacyjnego i elektrostatycznego. Zaciekawienie: Analogie pozwalają zrozumieć i zapamiętać własności obu pól, różnice pomagają uświadomić sobie istotę każdego z nich.	
Faza realizacyjna:	

Po krótkim wstępie nauczyciel wyświetla kolejno komórki tabeli znajdującej się w e-materiale. W komórce znajduje się tylko informacja, czego dotyczy zawarta w niej treść. Nauczyciel losuje ucznia, którego zadaniem jest odgadnąć treść komórki. W razie potrzeby, nauczyciel nakierowuje ucznia na właściwą odpowiedź. Następny wylosowany uczeń powinien zgadnąć treść sąsiedniej komórki itd. Przesuwając się wierszami w dół, nauczyciel zaczyna raz od lewej, raz od prawej kolumny.

Uczniowie zostają połączeni w pary w celu:

1. przeanalizowania grafiki interaktywnej (wzajemnie pomagając sobie w zrozumieniu istoty),
2. rozwiązywania zadań 1, 5, 7, 8 z części „Sprawdź się”.

Faza podsumowująca:

Odniesienie do celów lekcji.

Refleksja uczniów na temat tego, jak podobieństwa i różnice pomagają zrozumieć, uporządkować i zapamiętać wiedzę fizyczną.

Praca domowa:

W celu sprawdzenia stopnia zrozumienia materiału, uczniowie rozwiązują zadania: 2, 3, 4, 6.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące
różne
zastosowania
danego
multimedium**

Grafika interaktywna może zostać wykorzystana do samodzielnego przygotowania się uczniów do lekcji powtórzeniowej na temat pola elektrostatycznego lub do egzaminu maturalnego. Odwołanie do odpowiednich jej fragmentów może być wsparciem przy tłumaczeniu uczniom praw elektrostatyki. Grafika znajdzie też zastosowanie podczas zajęć kół zainteresowań, jako punkt wyjścia do rozważań na temat natury przyrody i jej praw.