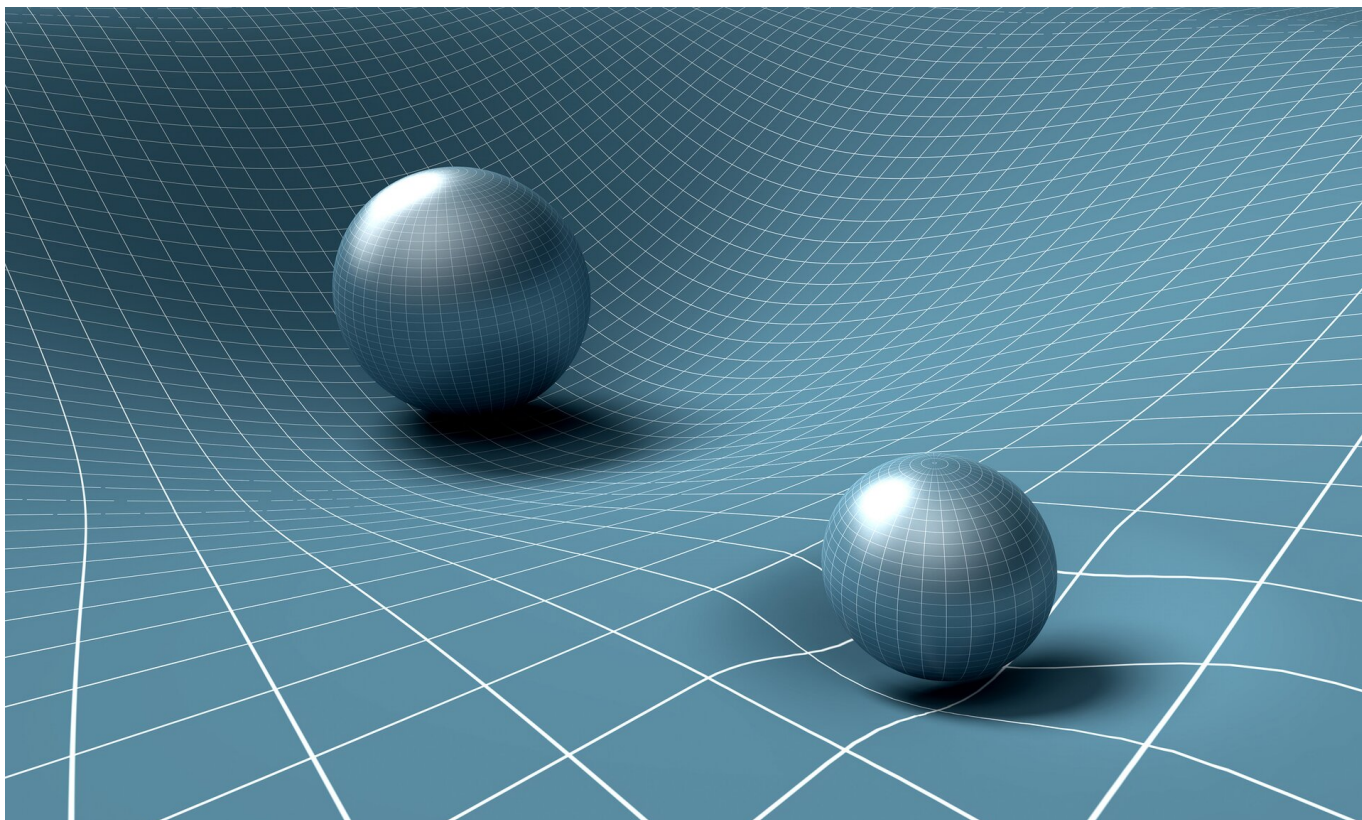
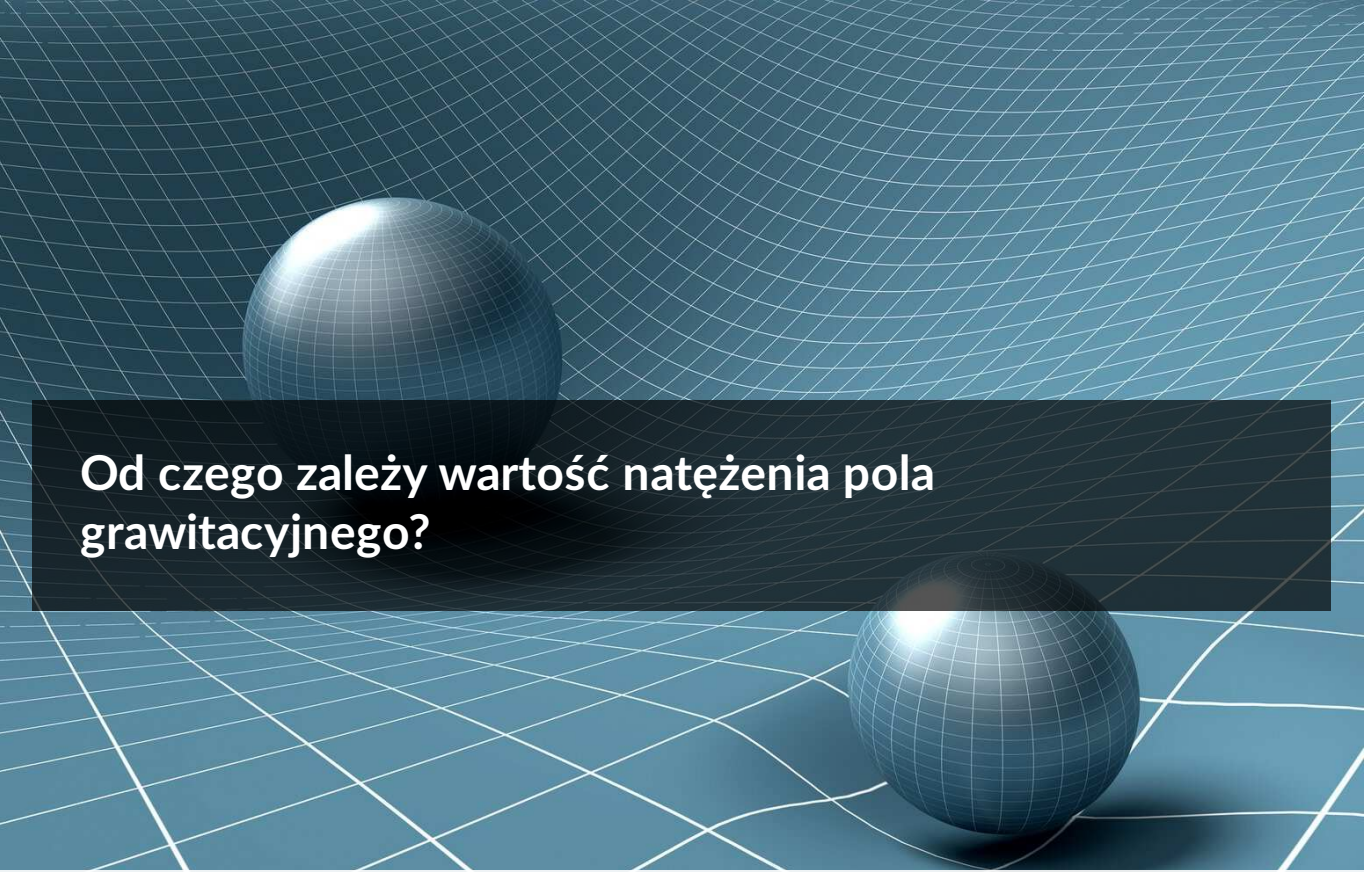




Od czego zależy wartość natężenia pola grawitacyjnego?

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

The image shows two blue spheres with a grid pattern on a blue background with a white grid. The grid is curved, representing a gravitational field. The spheres are positioned at different heights, with the one on the left being higher and the one on the right being lower. A dark blue rectangular box with white text is overlaid on the image.

Od czego zależy wartość natężenia pola grawitacyjnego?

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.istockphoto.com/pl/zdj%C4%99cie/kula-jest-wp%C5%82yw-na-przestrzeni-wok%C3%B3%C5%82-czas-gm508460520-85277025> [dostęp 9.01.2020], iStockphoto, tylko do użytku edukacyjnego na zpe.gov.pl.

Czy to nie ciekawe?

Pole fizyczne to przestrzeń, w każdym punkcie której jest określona pewna wielkość fizyczna. W omawianym przez nas przypadku jest to pole oddziaływań grawitacyjnych. Co to oznacza? Otóż każdemu punktowi przestrzeni przypisana jest pewna informacja o cechach tego oddziaływania. W przypadku pola grawitacyjnego określa się w każdym punkcie potencjał lub natężenie pola. W niniejszym materiale zdefiniujemy natężenie pola grawitacyjnego i określimy, od czego ono zależy.

Twoje cele

Zapoznanie się z treścią materiału sprawi, że:

- zrozumiesz, czym jest natężenie pola grawitacyjnego,
- dowiesz się, od czego zależy natężenie pola grawitacyjnego,
- nauczysz się stosować poznane zależności do rozwiązywania problemów rachunkowych.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Natężenie pola grawitacyjnego to wielkość charakteryzująca ilościowo pole wytworzone wokół ciała posiadającego masę. Jeśli w takim obszarze umieścimy inną masę – zwaną próbną – wówczas zacznie na nią działać siła. To właśnie iloraz tej siły i masy próbnej charakteryzuje powstałe pole. W fizyce nazywamy go **natężeniem pola grawitacyjnego** i wyrażamy wzorem:

$$\vec{\gamma} = \frac{\vec{F}_g}{m} = -\frac{G \frac{Mm}{r^2}}{m} \frac{\vec{r}}{r} = -G \frac{M}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

gdzie:

$\vec{\gamma}$ – natężenie pola grawitacyjnego,

G – stała grawitacji, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$,

M – masa centralna, m masa próbna

$\vec{r}$ – wektor położenia masy próbnej gdy masa centralna znajduje się w środku układu współrzędnych.

Jednostką natężenia pola grawitacyjnego jest:

$$[\gamma] = \frac{[F_g]}{[m]} = \frac{N}{kg} = \frac{kg \cdot \frac{m}{s^2}}{kg} = \frac{m}{s^2}$$

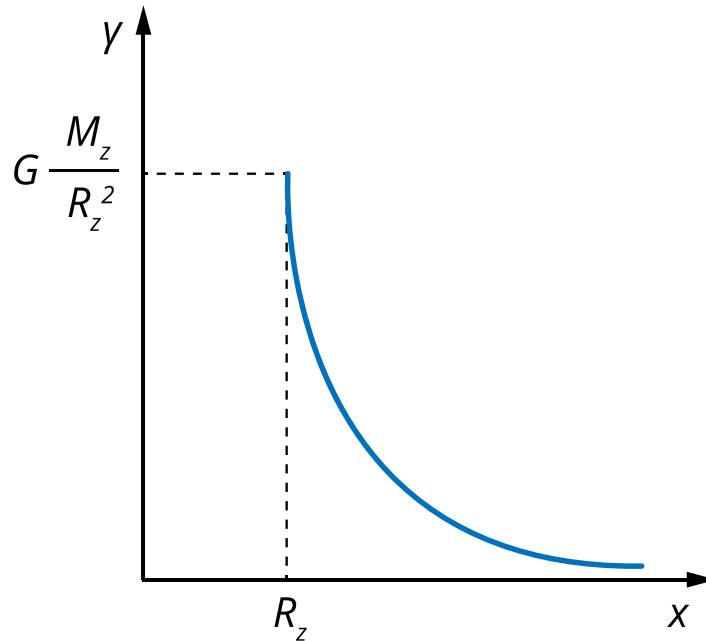
Ważne!

Wzór na natężenie pola grawitacyjnego jest taki sam jak na przyspieszenie ciała spadającego w tym polu, o czym świadczy też ta sama jednostka.

Należy jednak pamiętać, że natężenie pola grawitacyjnego, w którym znajduje się ciało i przyspieszenie uzyskiwane przez to ciało, gdy działa nań wyłącznie siła grawitacji, to dwie różne wielkości fizyczne. Dla podkreślenia tej różnicy często używa się **N/kg** jako jednostki natężenia pola i rezygnuje się z jej zamiany na **m/s²**.

Natężenie pola grawitacyjnego jest wielkością wektorową – jego kierunek i zwrot są zgodne z kierunkiem i zwrotem działającej siły grawitacyjnej.

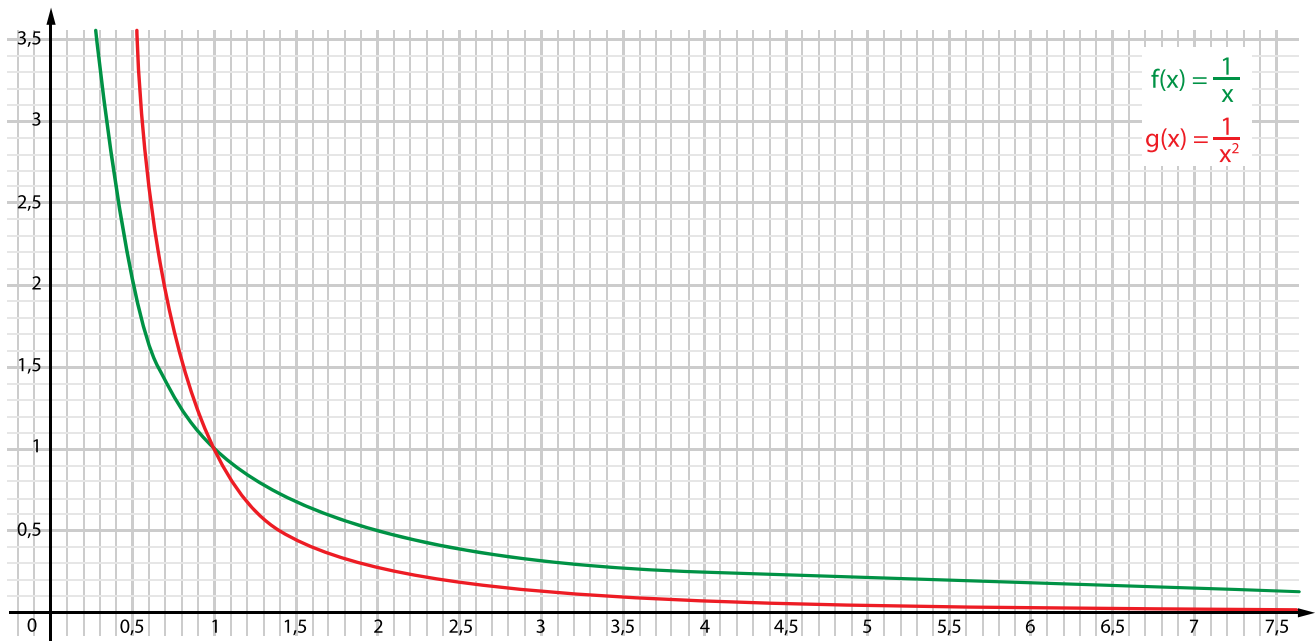
Od czego zależy wartość natężenia pola grawitacyjnego? Spójrzmy na powyższy wzór. Jest ono wprost proporcjonalne do masy centralnej. Im masa ta będzie większa, tym wartość natężenia pola grawitacyjnego także będzie większa. Jest to zgodne z intuicją. Masa ma tu sens „ładunku grawitacyjnego” – jest źródłem oddziaływania. Natężenie zależy od kwadratu odległości od centrum pola i jest to zależność odwrotnie proporcjonalna od kwadratu odległości. Zatem, im bliżej znajdujemy się masy centralnej, tym natężenie będzie większe. Przyjrzyjmy się, jak to wygląda dla naszej planety dla dowolnej odległości większej od jej promienia. Jeśli narysujemy wykres zależności natężenia od odległości, będzie on wyglądał tak, jak na Rys. 1.



Rys. 1. Wykres zależności natężenia ziemskiego pola grawitacyjnego w zależności od odległości od środka Ziemi (większej od promienia Ziemi R_z).

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

Patrząc na zależność przedstawioną na Rys. 1., możemy zauważyć, że wartość natężenia pola grawitacyjnego nad powierzchnią Ziemi zmienia się podobnie jak wartości funkcji $1/x^2$ (Rys. 2.). Wartość natężenia pola grawitacyjnego silnie zależy od odległości od centrum pola. Nawet niewielka zmiana odległości, powoduje duży spadek wartości natężenia pola grawitacyjnego.



Rys. 2. Porównanie wykresów funkcji $f(x)=1/x$ oznaczonej na wykresie kolorem zielonym oraz $g(x)=1/x^2$ (czerwona linia).

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

Przykład 1. W jakiej odległości od środka Ziemi (a także od jej powierzchni) natężenie pola grawitacyjnego maleje czterokrotnie w stosunku do natężenia na powierzchni Ziemi?

Czterokrotny spadek wartości natężenia pola grawitacyjnego oznacza dwukrotny wzrost odległości od centrum pola. Taką wartość będzie miało natężenie pola grawitacyjnego w odległości $2R_z$ od środka Ziemi ($R_z = 6370 \text{ km}$ - promień Ziemi), czyli na wysokości równej promieniowi Ziemi.

Przykład 2. Obliczmy wartość natężenia pola grawitacyjnego (a więc i przyspieszenia grawitacyjnego) na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, która krąży na wysokości około 400 km nad powierzchnią Ziemi. Promień Ziemi $R_z = 6370 \text{ km}$, a jej masa $M_z = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

$$\gamma = \frac{GM_z}{(R_z + h)^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6,37 \cdot 10^6 \text{ m} + 4 \cdot 10^5 \text{ m})^2} \approx 8,73 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Wartość ta jest niewiele mniejsza niż wartość przyspieszenia grawitacyjnego na powierzchni Ziemi.

Jeśli pole grawitacyjne jest wytwarzane przez kilka ciał posiadających masę, należy wówczas skorzystać z [zasady superpozycji](#) (dodawania) natężeń, omówioną w e-materiale *Zasada superpozycji pól*. A jak jest w przypadku, gdy znajdujemy się we wnętrzu Ziemi? O tym w e-materiale *Pole grawitacyjne wewnątrz Ziemi*.

Słowniczek

natężenie pola grawitacyjnego

(*ang.: gravitational field intensity*) – wielkość wektorowa będąca ilorazem siły grawitacyjnej działającej na ciało o masie m i masy tego ciała; jego kierunek i zwrot są zgodne z kierunkiem i zwrotem działającej siły.

stała grawitacji G

(*ang.: gravitational constant*) – stała fizyczna, stosowana do opisu pola grawitacyjnego. Jest równa co do wartości sile, z jaką przyciągają się wzajemnie dwa ciała o masie 1 kg każde, znajdujące się w odległości 1 m.

zasada superpozycji pól

(*ang.: principle of field superposition*) – umożliwia znajdowanie wypadkowego natężenia pola pochodzącego od kilku źródeł jako sumę wektorową natężeń pól wytworzonych przez każde ze źródeł osobno.

Symulacja interaktywna

Od czego zależy wartość natężenia pola grawitacyjnego?

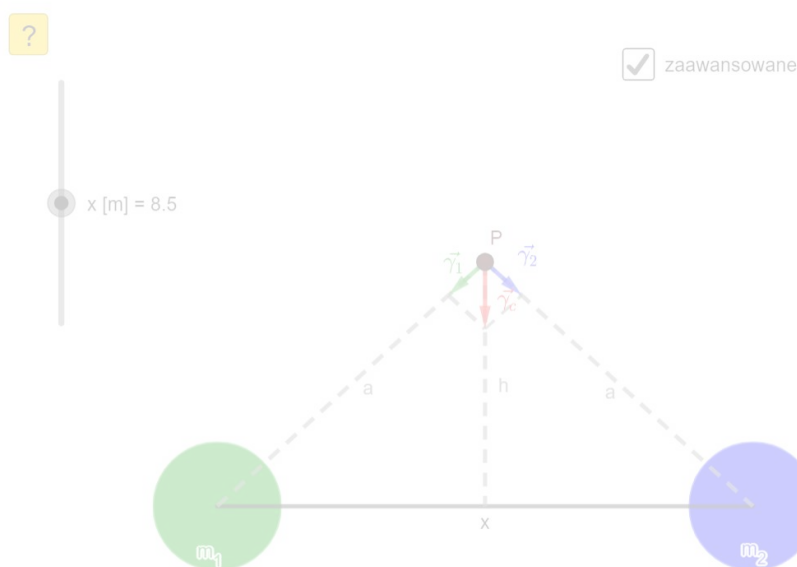
Niniejsza symulacja interaktywna pozwoli Ci zrozumieć, w jaki sposób wektorowo wyznacza się natężenie pola grawitacyjnego w wybranym punkcie, pochodzące od dwóch równych mas m_1 i m_2 . Masz możliwość wyznaczenia wektora natężenia pola grawitacyjnego w punkcie P leżącym na symetralnej odcinka łączącego obie masy.

Uwaga: Praca z symulacją jest wygodniejsza po przełączeniu na widok pełnoekranowy.

Polecenie 1

Sprawdź, jak wpływa na długość wektora natężenia:

- zmiana odległości między masami,
- zmiana położenia punktu P.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DSaCqswHP>

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

Polecenie 2

Zastanów się, jak wyznaczyć natężenie pola grawitacyjnego pochodzące od trzech mas punktowych.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz prawidłową odpowiedź. Natężenie pola grawitacyjnego wraz z odległością od powierzchni Ziemi:

- ☐ rośnie odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości od środka Ziemi
- ☐ maleje odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości od środka Ziemi
- ☐ nie zmienia się
- ☐ maleje liniowo
- ☐ rośnie liniowo

Ćwiczenie 2



Wskaż, które z podanych wyrażeń poprawnie określają jednostkę natężenia pola grawitacyjnego.

☐ $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$

☐ kg/m^3

☐ J/C

☐ m/s^2

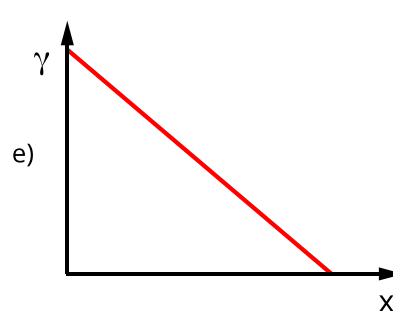
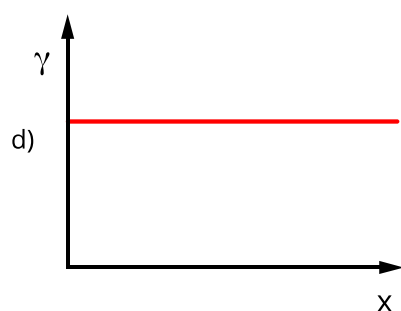
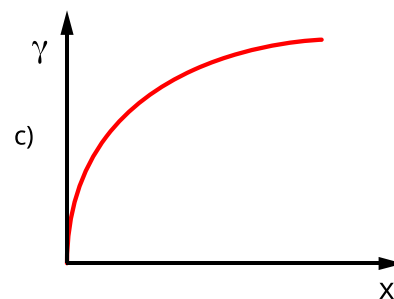
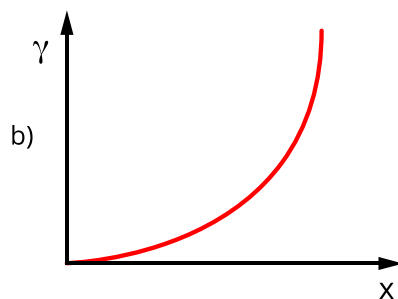
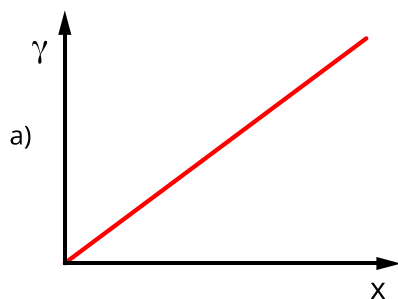
☐ N/kg

☐ J/kg

Ćwiczenie 3



Który wykres prezentuje zależność natężenia pola grawitacyjnego od odległości od powierzchni Ziemi?



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

☐ b

☐ c

☐ d

☐ żaden z powyższych

☐ a

☐ e

Ćwiczenie 4



Określ prawdziwość poniższych zdań

	Prawda	Fałsz
Każde ciało jest źródłem pola grawitacyjnego	☐	☐
Wartość natężenia pola grawitacyjnego zależy wyłącznie od masy źródła tego pola	☐	☐
Wartość natężenia pola grawitacyjnego zależy od odległości od źródła pola	☐	☐

Ćwiczenie 5



Jak zmieni się wartość natężenia pola grawitacyjnego, jeśli odległość od centrum pola zmaleje cztery razy?

☐ zmaleje cztery razy

☐ pozostanie bez zmian

☐ wzrośnie cztery razy

☐ wzrośnie szesnaście razy

☐ zmaleje szesnaście razy

Ćwiczenie 6



W jakiej odległości od środka Słońca jego pole grawitacyjne jest równe ziemskiemu polu grawitacyjnemu na powierzchni Ziemi? Przyjmij, że masa Słońca $M_S = 335\,000 M_Z$, zaś promień Ziemi $R_Z = 6370$ km. Wynik podaj w kilometrach w zaokrągleniu do liczb całkowitych.

Odpowiedź: $x =$ km

Ćwiczenie 7



Jaki musiałby być promień kuli wykonanej z żelaza, by natężenie pola grawitacyjnego na jej powierzchni było takie samo jak na powierzchni Marsa? Przyjmij, że masa Marsa $M_M = 6,4171 \cdot 10^{23}$ kg, a jego promień $R_M = 3389,5$ km. Gęstość żelaza to $d_{Fe} = 7874$ kg/m³. Wynik podaj w kilometrach w zaokrągleniu do liczb całkowitych. Do obliczeń przyjmij $\pi = 3,14$.

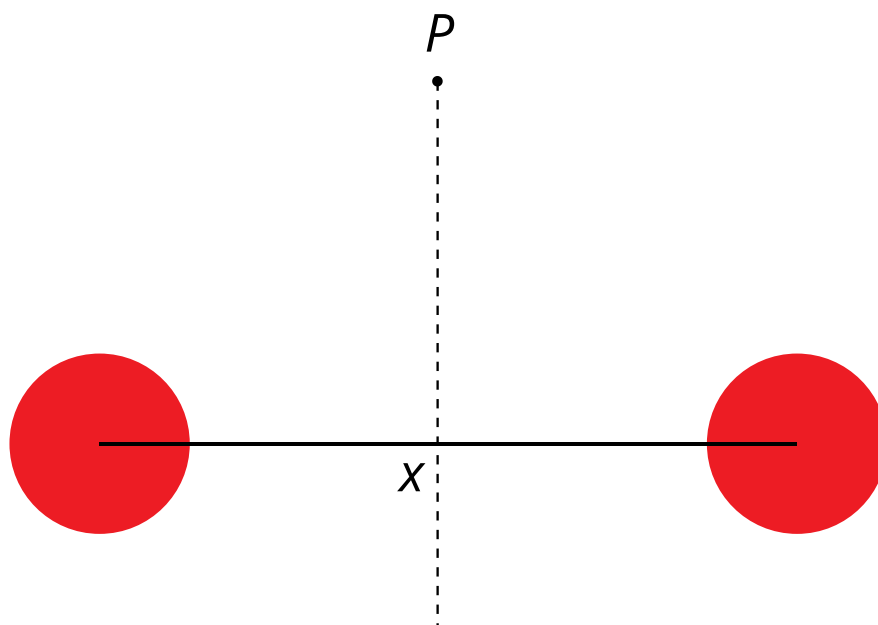
$R_{Fe} =$ km

Ćwiczenie 8



Dwie jednakowe kule o masach $m = 2$ kg każda zostały umieszczone w odległości $x = 1$ m od siebie. Oblicz natężenie pola grawitacyjnego w punkcie P, jeśli wiadomo, że leży on na symetralnej odcinka o długości x w odległości $h = 0,75$ m od niego (Rys.). Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Odpowiedź: $\cdot 10^{-10}$ m/s²



Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Ewelina Kędzierska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Natężenie pola grawitacyjnego – zadania rachunkowe
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzający zapis podstawy programowej dla kształcenia rozszerzonego
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: 16) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych. IV. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń: 1) posługuje się prawem powszechnego ciążenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego; wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał; <i>temat rozszerza zapis podstawy programowej dla kształcenia rozszerzonego.</i>
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia 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. zdefiniuje natężenie pola grawitacyjnego, 2. wyjaśni, od czego zależy natężenie pola grawitacyjnego, 3. zastosuje poznane zależności do rozwiązywania problemów rachunkowych.
Strategie nauczania:	IBSE
Metody nauczania:	- merytoryczna dyskusja wprowadzająca, - obserwacja, - doświadczenie, - podsumowująca rozmowa kierowana.
Formy zajęć:	- praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	tablica multimedialna/rzutnik
Materiały pomocnicze:	brak
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel rozpoczyna lekcję poprzez zaciekawienie uczniów tematem. Następnie nauczyciel rozpoznaje wiedzę wyjściową uczniów w kontekście realizowanego tematu oraz nawiązuje do tej wiedzy w merytorycznej dyskusji wprowadzającej. Uczniowie przedstawiają posiadane informacje na temat siły oddziaływania grawitacyjnego oraz pola grawitacyjnego, które poznali na poprzednich lekcjach.	
Faza realizacyjna:	
• Konstruowanie wiedzy z zakresu nowego tematu: - nauczyciel przypomina uczniom informacje na temat pola grawitacyjnego oraz wprowadza wzór na natężenie pola grawitacyjnego (wychodząc od ilorazu siły grawitacyjnej i masy), - uczniowie słuchają nauczyciela i zadają pytania dotyczące kwestii problemowych lub niezrozumiałych, - uczniowie określają (na podstawie uzyskanych od nauczyciela informacji), od czego zależy natężenia pola grawitacyjnego. • Kolejny etap lekcji obejmuje rekonstruowanie wiedzy uczniów: - uczniowie na podstawie informacji uzyskanych od nauczyciela rozwiązują samodzielnie zadania (mogą być to zadania zawarte w niniejszym e-materiale), - uczniowie rozwiązują na tablicy zadania problemowe, - nauczyciel sprawdza postępy uczniów i komentuje uzyskane przez nich wyniki, poprawiając ewentualne błędy.	

Faza podsumowująca:	
Nauczyciel przeprowadza z uczniami rozmowę, podczas której omawiają rozwiązywane w trakcie lekcji zadania. Dodatkowo powinien sprowokować uczniów do wskazania problemów napotkanych w czasie samodzielnej pracy.	
Praca domowa:	
Uczniowie powinni rozwiązać dwa wybrane przez nauczyciela zadania rachunkowe, spośród dołączonych do e-materiału.	
Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:	Grafika interaktywna może zostać wykorzystana do samodzielnej pracy ucznia przed lub po lekcji.