

23.03.2020r.

Temat: **Grawitacja. Prawo powszechnego ciążenia**

Proszę Wszystkich o przeczytanie i przeanalizowanie poniższych informacji

oraz zapisanie w zeszytach Prawa powszechnego ciążenia z rysunkiem i wzorem ze strony 101 (zwróćcie uwagę na równość wartości sił $F_1 = F_2 = F$)

Praca domowa

Zad. 1 i 2 strona 105 (na przesłanym skanie)



14. Grawitacja

Cele lekcji

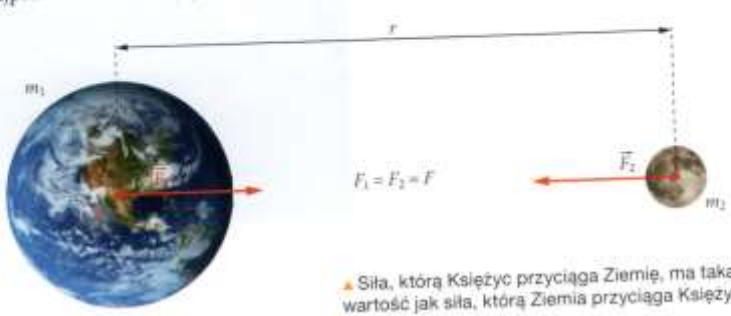
- Dowiesz się, kiedy występuje oddziaływanie grawitacyjne i czym jest siła grawitacji oraz od czego zależy jej wartość.
- Poznasz prawo powszechnego ciążenia.

■ Oddziaływanie grawitacyjne i siła grawitacji

Na co dzień obserwujesz, że Ziemia przyciąga ciała znajdujące się w pobliżu jej powierzchni. Dzieje się tak na skutek **oddziaływania grawitacyjnego** tych ciał z Ziemią. Dlatego piłka rzucona do góry spada na ziemię. Podobne oddziaływanie występuje na innych planetach i na Księżycu. Przyciąganie grawitacyjne nie ogranicza się jednak do ciał niebieskich.

Każde dwa ciała we Wszechświecie przyciągają się wzajemnie siłą grawitacji.

Odkrył to wielki fizyk **Izaak Newton** (patrz infografika na s. 109). Aby wyjaśnić, dlaczego nie obserwujemy siły grawitacji np. między krzesłem a czajnikiem, musimy się najpierw dowiedzieć, jak obliczyć wartość tej siły.



▲ Siła, którą Księżyc przyciąga Ziemię, ma taką samą wartość jak siła, którą Ziemia przyciąga Księżyc

100

■ Od czego zależy wartość siły grawitacji

Jak wiesz, siła ciężkości działająca na ciało o masie m znajdujące się na powierzchni Ziemi zależy od jego masy ($F_g = mg$). Ziemia przyciąga jednakową siłą zarówno człowieka o masie 50 kg, jak i worek ziemniaków o takiej samej masie.

Wartość siły grawitacji zależy od:

- ▶ **mas** przyciągających się ciał. Siła grawitacji jest wprost proporcjonalna do każdej z tych mas,
 - ▶ **odległości między ciałami**. Okazuje się, że jeśli odległość między ciałami **wzrośnie dwukrotnie**, to siła grawitacji między nimi **zmniejszy się aż cztery razy**, a gdy odległość wzrośnie trzykrotnie – siła grawitacji zmniejszy się dziewięć razy itd.
- Mówimy, że siła grawitacji maleje jak kwadrat odległości albo że jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości.

Pojęcie „siła ciężkości” i „siła grawitacji ziemskiej” zwykle używamy zamiennie. W rzeczywistości siła ciężkości to wypadkowa siły grawitacji i siły odśrodkowej związanej z obrotem Ziemi. Na biegunach siła ciężkości jest równa sile grawitacji. Na innych szerokościach geograficznych różnica jest jednak bardzo niewielka: nie przekracza 0,3%, dlatego często tych nazw używamy zamiennie. Natomiast pojęcie „ciężar” używamy w tej książce w znaczeniu siły, którą ciało naciska na podłoże.

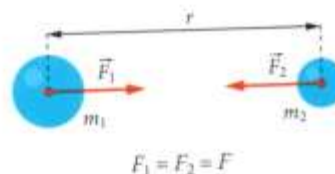
■ Prawo powszechnego ciążenia

Jeżeli dwa ciała o masach m_1 i m_2 znajdują się w odległości r od siebie, to przyciągają się siłą grawitacji, której wartość można obliczyć ze wzoru:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

gdzie stała G (zwana stałą grawitacji) jest równa $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} = 0,000\,000\,000\,0667 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$.

Wartość siły grawitacji jest wprost proporcjonalna do iloczynu mas dwóch ciał i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między środkami tych ciał.



Proporcjonalność odwrotna – parz dodatek matematyczny s. 54.

Opisane powyżej prawo nazywamy **prawem powszechnego ciążenia**. Określenie „powszechnego” wynika z tego, że prawo to dotyczy każdej pary ciał we Wszechświecie. W wielu przypadkach siła grawitacji jest jednak tak mała, że nie możemy zaobserwować skutków jej działania (patrz przykład 1. na s. 103).

Uwaga. Podany wyżej wzór pozwala uzyskać dokładny wynik, m.in. gdy:

- ▶ oba ciała są kulami,
- ▶ oba są niewielkie w stosunku do dzielącej je odległości,
- ▶ jedno z ciał jest kulą, a drugie jest niewielkie w stosunku do dzielącej je odległości (patrz przykład 2. na s. 103).

Jeśli podany wzór stosujemy do ciał o kształcie innym niż kulisty i znajdujących się blisko siebie, wynik będzie tylko przybliżony. Nawet Słońce i Ziemia są niewielkie, gdy ich średnice porównamy z dzielącą je odległością.

■ Odległość – ale jaka

We wzorze na wartość siły grawitacji występuje odległość r . Jak należy ją rozumieć? Otóż jest to odległość między **środkami** przyciągających się ciał. Jeśli człowiek znajduje się na wysokości 1 m nad powierzchnią Ziemi, to jego odległość r od Ziemi nie jest równa 1 m. Należy wziąć pod uwagę odległość od środka planety, równą jej promieniowi (czyli ok. 6400 km).

Zanim samodzielnie zaczniesz obliczać wartość siły grawitacji, przeczytaj uważnie dodatek matematyczny dotyczący działania na liczbach bardzo dużych i bardzo małych, a następnie przeanalizuj dwa przykłady obliczania wartości tej siły.



▲ Gdy człowiek znajduje się na niewielkiej wysokości nad powierzchnią Ziemi, jego odległość od środka planety jest w przybliżeniu równa promieniowi Ziemi R_Z .

Dodatek matematyczny

■ Działania na liczbach bardzo dużych i bardzo małych

W obliczeniach dotyczących siły grawitacji spotkasz liczby bardzo duże (np. masa Ziemi) i bardzo małe (np. wartość stałej grawitacji):

$$M_7 = 6\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,\text{kg}$$

$$G = 0,000\ 000\ 000\ 0667\ \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$$

Podczas wykonywania obliczeń na takich liczbach bardzo łatwo pomylić się w liczeniu zer lub miejsc po przecinku. Dlatego stosujemy **notację wykładniczą**. Liczbę przedstawiamy w postaci:

(liczba między 1 a 10) · (potęga dziesiątki)

Na przykład:

[illegible]

$$G = 0,000\,000\,000\,0667 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} = 6,67 \cdot 0,000\,000\,000\,01 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$$

Gdy wykonujemy działania na tak zapisanych liczbach, stosujemy **prawa działań na potęgach**, które znasz ze szkoły podstawowej.

$$10^a \cdot 10^b = 10^{a+b} \quad \frac{10^a}{10^b} = 10^{a-b} \quad (10^a)^b = 10^{a \cdot b} \quad 10^{-a} = \frac{1}{10^a}$$

Na przykład: $3 \cdot 10^5 \cdot 1,5 \cdot 10^7 = (3 \cdot 1,5) \cdot (10^5 \cdot 10^7) = 4,5 \cdot 10^{5+7} = 4,5 \cdot 10^{12}$

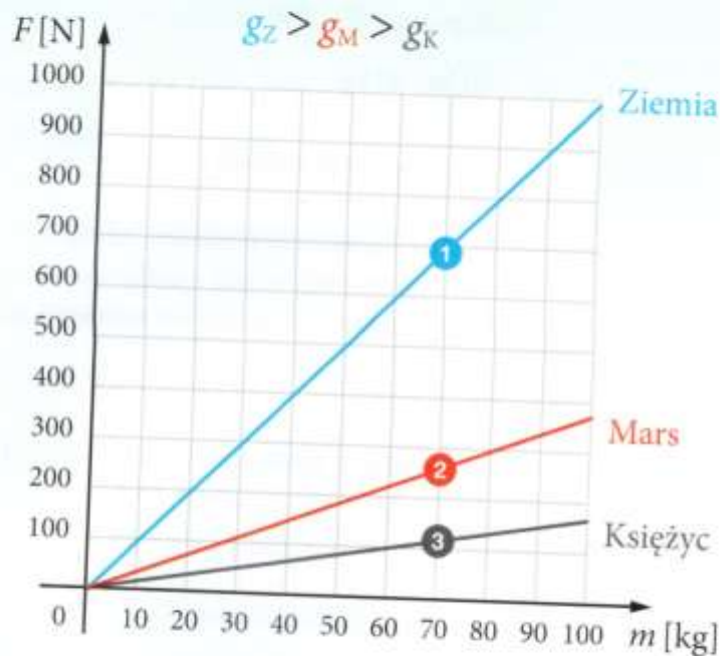
$$1,2 \cdot 10^{-8} \cdot 5 \cdot 10^9 = 6 \cdot 10^1 = 60$$

$$\frac{0,00052}{8 \cdot 10^{-12}} = \frac{5,2 \cdot 10^{-4}}{8 \cdot 10^{-12}} = 0,65 \cdot 10^{-4-(-12)} = 0,65 \cdot 10^{-4+12} = 0,65 \cdot 10^8 = 6,5 \cdot 10^7$$

Siła ciężkości na różnych ciałach niebieskich

Siła ciężkości jest wprost proporcjonalna do masy m , ale zależy również od przyspieszenia grawitacyjnego g . Ponieważ przyspieszenie grawitacyjne na różnych planetach jest różne, ciężar astronauty $F = mg$ na innej planecie nie będzie taki sam jak na Ziemi.

- 1 Na Ziemi ciężar astronauty o masie 70 kg jest równy 686 N.
- 2 Na Marsie ten sam astronauta miałby ciężar ok. 260 N, gdyż przyspieszenie grawitacyjne jest tam ok. trzy razy mniejsze.
- 3 Na Księżycu jego ciężar wyniosłby tylko 112 N.



1 $g_Z = 9,8 \frac{m}{s^2}$



2 $g_M = 3,7 \frac{m}{s^2}$



3 $g_K = 1,6 \frac{m}{s^2}$



1. Narysuj w zeszycie Ziemię na orbicie wokół Słońca.
 - a) Narysuj wektor prędkości Ziemi.
 - b) Która z sił jest większa: siła, którą Ziemia przyciąga Słońce, czy siła, którą Słońce przyciąga Ziemię? A może siły te są równe? Narysuj wektory sił z zachowaniem odpowiednich proporcji.
2. Dwa ciała przyciągają się siłą 36 mN. Jaką siłą będą się przyciągać, jeżeli:
 - a) odległość między nimi wzrośnie trzykrotnie?
 - b) odległość między nimi zmaleje dwukrotnie?
 - c) jedno z ciał zamienimy na ciało o masie 10 razy większej?
 - d) każde z ciał zamienimy na ciało o masie 2 razy mniejszej?

Pytania do zadań proszę zadawać na grupie klasowej lub e-mailem na adres joladawid1@wp.pl.