

MODUŁ 1

GRAWITACJA I ELEMENTY ASTRONOMII

→ FIZYKA – ZAKRES PODSTAWOWY

OPRACOWANE W RAMACH PROJEKTU:

WIRTUALNE LABORATORIA FIZYCZNE NOWOCZESNĄ METODĄ NAUCZANIA.

PROGRAM NAUCZANIA FIZYKI

Z ELEMENTAMI TECHNOLOGII INFORMATYCZNYCH

→ Zadania

Zadanie 1

Księżyc krąży wokół Ziemi po okręgu o promieniu 384 tys. km. Czas jednego obiegu wokół Ziemi wynosi 28 dni.

Oblicz wartość prędkości liniowej Księżyca wokół Ziemi.

Rozwiązanie:

Wartość prędkości liniowej Księżyca obliczymy ze wzoru:

$$v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 384 \cdot 10^6 \text{ m}}{28 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} = 9,97 \cdot 10^2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Odpowiedź: Księżyc porusza się wokół Ziemi z prędkością równej $9,97 \cdot 10^2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, czyli prawie 1 km/s.

Zadanie 2

Maksymalna wartość siły tarcia działająca na koła samochodu jadącego po poziomym odcinku szosy wynosi 8000 N. Samochód ma masę 1000 kg.

Oblicz maksymalną wartość prędkości, z jaką samochód ten może pokonać zakręt o promieniu 100 m.

Rozwiązanie:

$$\text{Wartość siły dośrodkowej: } F_d = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

W rozważanej sytuacji rolę siły dośrodkowej pełni siła tarcia opon o szosę (ryc. 9). Po przekształceniu powyższego wzoru otrzymamy wyrażenie, z którego obliczymy wartość prędkości samochodu:

$$v = \sqrt{\frac{F_T \cdot R}{m}} = \sqrt{\frac{8000 \text{ N} \cdot 100 \text{ m}}{1000 \text{ kg}}} = 28,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Odpowiedź: Samochód może jechać z prędkością o wartości 28,3 m/s (to nieco ponad 100 km/h).

Komentarz:

Z użytego w powyższym przykładzie wzoru wynika, że wartość siły dośrodkowej jest proporcjonalna do kwadratu wartości prędkości liniowej samochodu. Natomiast wartość rzeczywistej siły powodującej ruch po okręgu zależy od stanu nawierzchni szosy, stanu opon samochodu, warunków atmosferycznych itd. Dla każdego łuku drogi istnieje maksymalna wartość prędkości, z jaką można po nim bezpiecznie przejechać. Osiągnięcie prędkości o większej wartości niż maksymalna może spowodować wypadnięcie z szosy. Ten sam łuk drogi pokonany w piękny słoneczny dzień z prędkością o wartości 100 km/h, może w deszczowy poranek stanowić śmiertelne zagrożenie. Oczywiście nasze rozważania są bardzo uproszczone, bo w rzeczywistych sytuacjach na drodze trudno jest wyznaczyć wszystkie siły działające na samochód. Z uwagi na bezpieczeństwo na drogach lepiej jest zwolnić przed każdym niebezpiecznym zakrętem.

Zadanie 3

Używając programu Stellarium prześledź zmiany położenia planety Wenus na sferze niebieskiej w czasie jednego roku na Ziemi.

Zadanie 4

Na stronie internetowej Hands-On Universe można znaleźć wiele pomysłów na obserwacje nieba. Między innymi znajduje się tam link do projektu Gloria. Projekt ten umożliwi korzystanie uczniom z teleskopu słonecznego umieszczonego na Wyspach Kanaryjskich. Udział w projekcie jest darmowy. Zadanie polega na zarezerwowaniu obserwacji Słońca, wykonaniu jego fotografii a następnie na ich prezentacji podczas zajęć lekcyjnych.

Zadanie 5

Wyjaśnij, dlaczego Pluton nie jest zaliczany do grona planet.

Rozwiązanie:

Zgodnie z definicją planety przyjętej przez Międzynarodową Unię Astronomiczną w pobliżu orbity, po której porusza się planeta nie mogą znajdować inne obiekty krążące wokół Słońca. Orbitą Plutona przecina tzw. Pas Kuipera, czyli obszar, w którym wokół Słońca krąży ponad tysiąc (odkrytych i skatalogowanych) różnych obiektów.

Zadanie 6

Wartość siły grawitacji, z jaką Ziemia przyciąga ciało o masie 20 kg wynosi 196 N. Ciało to znajduje się w odległości 6380 km od środka Ziemi. Masa Ziemi wynosi $5,97 \cdot 10^{24}$ kg.

Na podstawie powyższych danych oblicz wartość stałej grawitacji.

Rozwiązanie:

Wartość siły grawitacji obliczamy ze wzoru:

$$F_g = G \frac{M \cdot m}{r^2}$$

Przekształcając to wyrażenie otrzymujemy:

$$G = \frac{F_g \cdot r^2}{M \cdot m}$$

Wstawiając dane otrzymujemy:

$$G = \frac{196 \text{ N} \cdot (6,38 \cdot 10^6 \text{ m})^2}{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 20 \text{ kg}} = 6,68 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$$

Otrzymany wynik jest zbliżony do wartości tablicowych. Różnice wynikają z przyjętych przybliżeń.

Zadanie 7

Zakładamy, że Ziemia porusza się wokół Słońca po okręgu o promieniu 150 mln km. Pozostałe dane wyszukaj z dostępnych źródeł.

Oblicz wartość przyciągania grawitacyjnego, z jakim Słońce przyciąga Ziemię. Porównaj wartość tej siły z wartością siły dośrodkowej powodującej ruch Ziemi wokół Słońca.

Rozwiązanie:

Z tablic potrzebujemy następujących informacji:

masa Słońca: $M = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

masa Ziemi: $m = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

stała Grawitacji: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$

Wartość siły grawitacji między Ziemią a Słońcem wynosi:

$$F_g = G \frac{M \cdot m}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \frac{1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg} \cdot 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(149,6 \cdot 10^9 \text{ m})^2} = 3,54 \cdot 10^{22} \text{ N}$$

Wartość siły dośrodkowej powodującej ruch Ziemi po okręgu obliczymy ze wzoru:

$$F_d = \frac{m \cdot v^2}{r}, \text{ ale } v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$$

Łącząc ze sobą powyższe wyrażenia otrzymujemy:

$$F_d = \frac{4\pi^2 \cdot m \cdot r}{T^2}$$

Podstawiając dane do wzoru otrzymujemy:

$$F_d = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 149,6 \cdot 10^9 \text{ m}}{(365,25 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s})^2} = 3,54 \cdot 10^{22} \text{ N}$$

Zbieżność wyników nie dziwi dlatego, że siła grawitacji jest siłą dośrodkową powodującą ruch Ziemi wokół Słońca.

Zadanie 8

Na pokład Międzynarodowej Stacji Kosmicznej zabrano zegar z kukułką, którego elementem odmierzającym czas jest wahadło.

Wyjaśnij, czy taki zegar będzie wskazywał upływ czasu na pokładzie stacji.

Rozwiązanie:

Taki zegar nie będzie wskazywał upływającego czasu na pokładzie stacji kosmicznej. W stanie nieważkości wypadkowa działająca na kulkę wahadła będzie równa zero.

Zadanie 9

Oblicz wartość prędkości, jaką należy nadać sondzie kosmicznej, aby krążyła wokół Księżyca na orbicie o promieniu 2000 km.

Rozwiązanie:

W dostępnych źródłach znajdujemy następujące dane:

masa Księżyca: $M = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$, stała grawitacji: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$

Wzór na wartość prędkości orbitalnej: $v_l = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

Wstawiając dane do tego wzoru otrzymujemy:

$$v_l = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}}{2 \cdot 10^6 \text{ m}}} = 1,56 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

Zadanie 10

W dostępnych źródłach informacji odszukaj wiadomości na temat miejsca ustawienia satelity Planck do obserwacji mikrofalowego promieniowania tła.