



## Materiały pomocnicze do zajęć wyrównawczych z fizyki dla studentów Wydziału Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami ( zestaw nr 4, grupy 1, 3, 5 ).

### Grawitacja

1. Prawo powszechnej grawitacji.
2. Ruchy planet i satelitów. Pierwsza prędkość kosmiczna
3. Prawa Keplera
4. Pole grawitacyjne
5. Wielkości opisujące pole : natężenie pola grawitacyjnego. potencjał pola grawitacyjnego, energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym , praca w polu grawitacyjnym.
6. Druga prędkość kosmiczna.
7. Obliczyć stosunek wartości przyspieszeń grawitacyjnych , z jakimi spadają ciała na dwóch planetach , z których jedna ma masę  $M_1$  i promień  $R_1$  , a druga masę  $M_2$  i promień  $R_2$ , przy czym  $M_2 = 4 M_1$ , a  $R_2 = 2 R_1$  .
8. Satelita obiega planetę o promieniu  $R$  z pierwszą prędkością kosmiczną charakterystyczną dla tej planety. Jak zmieni się energia kinetyczna , jeśli z jakichś przyczyn zacznie obiegać planetę po orbicie o promieniu  $3 R$ ?
9. Korzystając z trzeciego prawa Keplera oblicz, ile razy rok na Plutonie jest dłuższy od roku ziemskiego. Odległość Plutona od Słońca jest  $n = 39,5$  razy większa niż odległość Ziemi od Słońca.
10. Wzajemna odległość środków dwóch kul o masach  $m_1 = m_2 = 1 \text{ kg}$  jest równa  $r = 1 \text{ m}$ . Obliczyć wartość siły, jaką przyciągają się te kule. Obliczyć, ile wynosiłaby masa obiektu umieszczonego na powierzchni Ziemi o ciężarze równym wartości siły grawitacji, jaką oddziałują te kule.
11. Na ciało o masie  $m$  umieszczone wewnątrz Ziemi w odległości  $r$  od jej środka działa siła grawitacji , pochodząca tylko od kuli o promieniu  $r$ . a) Obliczyć średnią gęstość Ziemi znając jej masę i promień. b) Wyprowadzić wzór na natężenie pola grawitacyjnego wewnątrz Ziemi , tzn. podać zależność natężenia pola od  $r$  .
12. Przyjmij, że Ziemia porusza się wokół Słońca po orbicie o promieniu  $R = 1.5 \cdot 10^{11}$  . Masa Słońca  $M_S = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ , masa Ziemi  $M_Z = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ . a) Obliczyć przybliżoną wartość energii wiązania układu Ziemia - Słońce. b) Oszacować, o ile wzrosłaby masa tego układu, gdyby dostarczyć do niego energię obliczoną w punkcie a).





13. Znaleźć masę Ziemi, jeżeli wiadomo, że sztuczny satelita obiega Ziemię na wysokości 1000 km w czasie 106 min.
14. O ile zmniejszyłby się ciężar ciała na szczycie góry Elbrus ( $h = 6 \text{ km}$ ) w porównaniu z jego ciężarem na poziomie morza?
15. Znaleźć wartość drugiej prędkości kosmicznej, tzn. najmniejszej szybkości początkowej, która zapewniłaby ciału wyrzucenemu z powierzchni Ziemi oddalenie się do nieskończoności, gdyby nie było oporu powietrza.
16. Na jakiej wysokości przyspieszenie ziemskie jest 2 razy mniejsze od przyspieszenia na powierzchni Ziemi?
17. Na jaką wysokość należy wynieść sztucznego satelitę Ziemi, aby oglądany z powierzchni Ziemi wydawał się nieruchomy (satelita stacjonarny), a jego orbita była kołowa i leżała w płaszczyźnie równika? Promień Ziemi  $R = 6370 \text{ km}$ , okres dobowego obrotu  $T = 24 \text{ godz.}$
18. Jaką pracę należy wykonać, aby ciało o masie  $m = 10 \text{ kg}$  przenieść z powierzchni Ziemi na wysokość:  $h_1 = 100 \text{ m}$ ,  $h_2 = 100\,000 \text{ km}$ . Wykonać obliczenia stosując wzór przybliżony, tzn. zakładając, że przyspieszenie ziemskie jest stałe, oraz uwzględniając zmianę przyspieszenia ziemskiego wraz z odległością od środka Ziemi.
19. Załóżmy że z powierzchni Ziemi pozbawionej atmosfery wyrzucono pionowo ciało z prędkością początkową  $v_0 = 1 \text{ km/s}$ . a) obliczyć maksymalną wysokość, na którą dotrze to ciało, b) ile procent błędu popełnilibyśmy, obliczając tę wysokość przy założeniu, że ciało oddala się od Ziemi ruchem jednostajnie opóźnionym. Jak błąd względny zależy od  $v_0$ ? c) przeprowadzić te same obliczenia, jak w punktach a) i b) przyjmując wartość  $v_0 = 4 \text{ km/s}$ . Iloczyn  $GM_Z = 4 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$ , promień Ziemi  $R_Z = 6370 \text{ km}$ .
20. Wyprowadź wzór na potencjał w jednorodnym polu grawitacyjnym, w którym energia potencjalna ciała o masie  $m$  wyraża się wzorem:  $E_p = mgh$ . Z wyprowadzonego wzoru w punkcie a) oblicz różnicę potencjałów między powierzchnią Ziemi, a poziomem znajdującym się na wysokości  $h$  nad Ziemią, jako funkcję  $h$ . Obliczyć różnicę potencjałów między powierzchnią Ziemi a punktem znajdującym się na wysokości  $h$  nad Ziemią (jako funkcję  $h$ ), korzystając z ogólnego wzoru na potencjał centralnego pola grawitacyjnego. Obliczyć błąd względny, jaki popełniamy, obliczając różnicę potencjałów na podstawie wzoru dla pola jednorodnego. Obliczenia przeprowadź dla dwóch wysokości 100 km i 1000 km.

