

XLVII MIĘDZYSZKOLNY TURNIEJ FIZYCZNY
dla uczniów szkół ponadpodstawowych
w roku szkolnym 2004/05

WZORCOWE ROZWIĄZANIE ZADANIA NR 3

Przedstawimy rozwiązanie jakościowe. Rozwiązanie ilościowe zawierać mogą odpowiednie formuły matematyczne, przy czym oba rozwiązania oceniamy jednakowo.

Ciężar ciała zależy od wartości przyspieszenia ciała w różnych miejscach spowodowanego oddziaływaniem grawitacyjnym danym Prawem Powszechnego Ciężenia wraz z II Zasadą Dynamiki (równoważność masy grawitacyjnej i bezwładnej).

W istocie korzystamy z faktu, że w przybliżeniu całą masę Ziemi możemy sprowadzić do jednego punktu - jej centrum - i zastosować Prawo Powszechnego Ciężenia. Zatem przede wszystkim ciężar będzie zależał od odległości od środka Ziemi, czyli w praktyce od wysokości ciała nad poziomem morza (na Mount Everest, czy też lecąc samolotem ważymy mniej).

Kolejny czynnik to obrót Ziemi i związana z tym siła bezwładności (odśrodkowa), która powoduje, że na równiku ważymy mniej niż na biegunach. Obrót Ziemi spowodował jej spłaszczenie, co dodatkowo powoduje, że na biegunach jesteśmy bliżej środka Ziemi i ważymy więcej (być może dlatego mieszkańcy okolic równika górują w lekkoatletyce?). Inna kwestia, że generalnie rozkład materii wewnątrz Ziemi jest współśrodkowy z warstwami o różnej gęstości co daje dobre przybliżenie sprowadzenia masy do centrum. Gdyby jednak tak nie było, ciężar zmieniałby się w jeszcze bardziej skomplikowany sposób (większą rolę odgrywałyby siły przyływowe).

Innymi mniej istotnymi czynnikami zmian ciężaru może być siła Coriolisa, która pojawia się dla ciał poruszających się względem Ziemi oraz (minimalna, ale zawsze) siła wyporu powietrza.

Pod Ziemią sytuacja staje się nieco bardziej złożona. Otóż przyciąganie grawitacyjne powłok masowych Ziemi, które znajdują się na zewnątrz sfery wyznaczonej położeniem danego ciała znosi się wzajemnie do zera i rolę odgrywa tylko masa znajdująca się wewnątrz tej powłoki (oczywiście niejednorodność gęstości powłok masy może tę sytuację zmodyfikować w mniej oczywisty rachunkowo sposób). Stąd, jeśli dane ciało znajdzie się w centrum Ziemi, to masa "wewnątrz" jest zero, a zatem siła ciężenia też wynosi zero. Inne wyjaśnienie to takie, że siły ciężenia od części Ziemi z przeciwnych kierunków wzajemnie się znoszą i wypadkowa siła ciężenia w centrum jest zerem.

Proponowana punktacja:

1. Prawidłowa dyskusja zależności ciężaru od wysokości nad poziomem morza, od obrotu Ziemi, od spłaszczenia Ziemi (geoida) - max. 4 pkt.
2. Dyskusja zależności ciężaru od siły Coriolisa i wyporu powietrza - max. 2 pkt.
3. Dyskusja zależności ciężaru wewnątrz Ziemi od masy leżącej wewnątrz sfery o promieniu wyznaczonym przez położenie danego ciała - max. 3 pkt.
4. Stwierdzenie, że ciężar w geometrycznym środku Ziemi wynosi zero - 1 pkt.