

Przykładowy zestaw zadań zawodów II stopnia

1. Mars jest czwartą planetą Układu Słonecznego, a jego okres orbitalny wynosi $T_M = 1,88$ roku. Opozycja to takie ułożenie Ziemi i innej planety (o promieniu orbity większym od promienia orbity Ziemi), że Słońce, Ziemia i ta planeta znajdują się na jednej prostej w podanej kolejności. Zakładamy, że zarówno Mars jak i Ziemia mają kołowe, współosiowe (leżące na jednej płaszczyźnie) orbity.

- Prędkość kątowna ciała o prędkości v poruszającego się po kołowej orbicie o promieniu r jest równa:

$$\omega = \frac{v}{r} \cdot \frac{360^\circ}{2\pi}$$

Oblicz prędkości kątowe Ziemi i Marsa. Wyraż odpowiedzi w stopniach na dzień.

- Zaobserwowano opozycję Marsa. Jaki kąt przebędzie Mars względem Słońca w czasie $\Delta t = 0,5$ roku? Jaki kąt przebędzie on w tym czasie względem Ziemi (rozważamy kąt Ziemia – Słońce – Mars)?
 - Co ile lat możemy obserwować opozycję Marsa?
2. Żagiel słoneczny jest niestandardowym, aczkolwiek czasem stosowanym, alternatywnym sposobem napędzania statków kosmicznych. Został po raz pierwszy skutecznie użyty przez wystrzeloną w 2010 roku misję Japońskiej Agencji Eksploracji Aerokosmicznej (JAXA) IKAROS. Jego działanie opiera się na skorzystaniu z faktu, że światło (fotony), podobnie jak cząstki posiadające masę, może wywierać ciśnienie. Pęd jednego fotonu p_γ jest równy:

$$p_\gamma = \frac{E_\gamma}{c}$$

gdzie E_γ to energia tego fotonu, a c to prędkość światła. Pęd wiązki fotonów o mocy L w czasie t jest w takim razie równy

$$p = \frac{E}{c} = \frac{Lt}{c}$$

Z kolei ciśnienie jest, z definicji, równe:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{\Delta p}{S\Delta t}$$

gdzie F to siła, S to powierzchnia, Δp to zmiana pędu (w tym przypadku pędu fotonów) w czasie Δt .

- Wiedząc, że stała słoneczna¹ jest równa $I = 1361 \text{ W/m}^2$, oblicz ciśnienie, jakie wywierałoby światło pochodzące ze Słońca na doskonale czarny (czyli absorbujący wszystkie padające na niego fotony) żagiel słoneczny znajdujący się w odległości 1 au od Słońca i orbitujący wokół niego na orbicie w kształcie okręgu. Załóż, że światło pada na żagiel pod kątem prostym.
- Dodatkowo przyjmując, że żagiel ma kształt kwadratu o boku 100 metrów, oblicz siłę, jaką światło Słońca wywierałoby na taki statek kosmiczny.
- Rozstrzygnij, czy ta siła sprawiłaby konieczność zmiany prędkości statku kosmicznego w celu utrzymania kołowej orbity o promieniu 1 au, a jeśli tak, to jaka byłaby to zmiana – czy jego prędkość byłaby większa, czy mniejsza? Należy rozstrzygnąć jedynie znak zmiany prędkości, wartość liczbowa nie jest wymagana.

¹Stala słoneczna to ilość energii wyprodukowanej przez Słońce w czasie 1 sekundy jaka przechodzi przez jednostkową powierzchnię (np. 1 m^2) ustawioną prostopadle do promieniowania w odległości Ziemia-Słońce. Wartość ta mierzona jest nad atmosferą Ziemi.

3. Rozważmy hipotetyczny scenariusz, w którym kosmici umieścili piłkę do koszykówki w odległości 100 000 km od środka Ziemi.
- Piłka początkowo spoczywała względem Ziemi, po czym zaczęła swobodnie na nią spadać. Oblicz, jaką prędkość będzie miała piłka, gdy znajdzie się w odległości 10 000 km od centrum Ziemi. Uwzględnij wyłącznie siłę grawitacji Ziemi, pomini opory ruchu.
 - Tym razem kosmici chcą sprawić, by piłka przeleciała w pobliżu Ziemi, a następnie na zawsze uciekła od Ziemi (a więc żeby piłka po największym zbliżeniu wiecznie zwiększała swoją odległość od Ziemi). Jaką prędkość muszą nadać piłce? Kiedy w trakcie lotu prędkość piłki będzie największa? Przedstaw uzasadnienie. Uwzględnij wyłącznie siłę grawitacji Ziemi, pomini opory ruchu.
4. Słońce, podobnie jak Ziemia, rotuje wokół własnej osi. Na podstawie tej rotacji definiujemy układ współrzędnych heliocentrycznych – długość i szerokość heliograficzną. Szerokość heliograficzna przyjmuje wartości od -90° do 90° (-90° na biegunie południowym, 0° na równiku, 90° na biegunie północnym). Słońce nie rotuje jednak jak bryła sztywna, prędkość rotacji na różnych szerokościach heliograficznych jest różna. Okazuje się jednak, że zależność okresu rotacji P od szerokości heliograficznej φ dla pewnych rejonów Słońca może być przybliżona prostą. Korzystając z danych przedstawionych w tabeli poniżej, wykonaj wykres tej zależności na papierze milimetrowym. Następnie oszacuj okres rotacji Słońca na szerokości heliograficznej $\varphi = 50^\circ$.

φ	P
36°	$26,3 \pm 2,5$ d
42°	$27,1 \pm 3,1$ d
58°	$29,9 \pm 1,9$ d
70°	$32,1 \pm 3,3$ d