



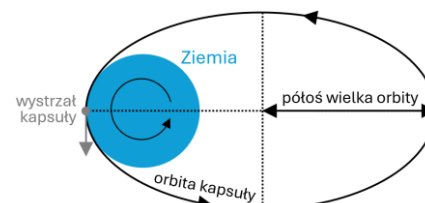
Wprowadzenie: Studenci Politechniki Warszawskiej w ramach kół naukowych zamieniają ciekawe pomysły w działające urządzenia. *PW ReTurnik* to projekt małej kapsuły badawczej wystrzeliwanej z wyrzutni na Ziemi, która zbiera dane w kosmosie i bezpiecznie wraca na Ziemię. Projekt ten ilustruje jak fizyka szkolna pozwala rozwiązać realne problemy inżynierskie: lotu kapsuły, jej drgań, zasilania oraz wykorzystania energii Słońca – które podzielono na cztery poniższe zadania.

Zadanie 1 (Trajektoria ruchu kapsuły w kosmosie)

Kapsuła o masie m zostanie wystrzelona z równika Ziemi, stycznie do powierzchni Ziemi, zgodnie z jej kierunkiem obrotu wokół własnej osi, z prędkością v_0 względem gruntu. Po starcie kapsuła nie ma własnego napędu i z dobrym przybliżeniem porusza się tylko pod wpływem pola grawitacyjnego Ziemi.

Wyznacz:

- 1) maksymalną wysokość kapsuły nad powierzchnią Ziemi,
- 2) czas od startu kapsuły do ponownego zetknięcia z Ziemią,
- 3) pole eliptycznej orbity po której porusza się kapsuła.



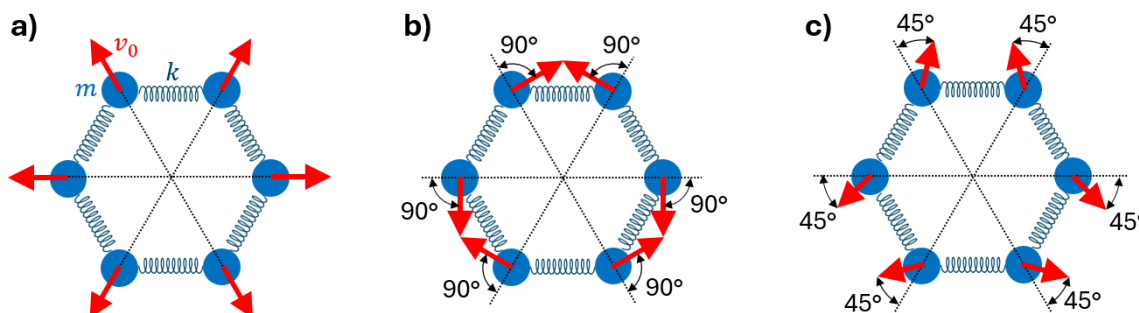
Do obliczeń przyjmij: stałą grawitacji G , masę Ziemi M_Z , promień równikowy Ziemi R_Z , okres obrotu Ziemi wokół własnej osi T_Z . Pomiń wszelkie opory ruchu, wpływ innych ciał oraz wpływ ruchu Ziemi wokół Słońca. Załóż, że $m \ll M_Z$.

Wskazówka: Zgodnie z III prawem Keplera, dla każdego ciała obiegającego Ziemię (również po elipsie) kwadrat okresu jej obiegu jest proporcjonalny do sześciannu półosi wielkiej jej orbity (patrz rysunek).

Zadanie 2 (Drgania rezonansowe kapsuły)

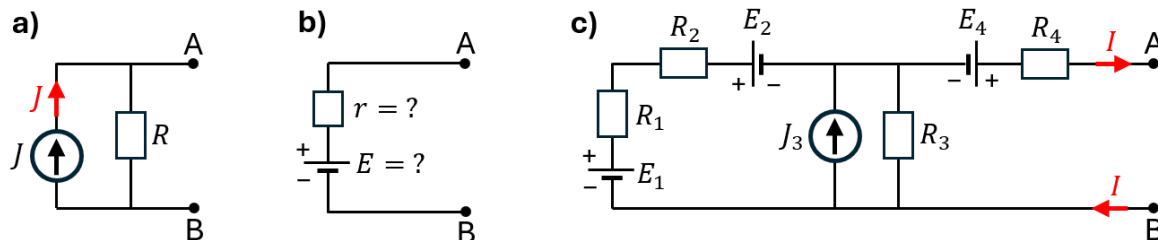
Rama kapsuły może wykonywać niepożądane w kosmosie drgania rezonansowe. Ramę możemy modelować jako 6 jednakowych mas m połączonych jednakowymi sprężynami o współczynnikach sprężystości k , tworzącymi sześciokąt foremny (patrz rysunki poniżej). Zakładamy że amplitudy drgań są małe, nie występują opory ruchu, a sprężyny są początkowo nienaciągnięte.

Rozważ trzy próbne scenariusze a–c, w których każdej masie nadaje się prędkość początkową o wartości v_0 , ale o różnych kierunkach i zwrotach (przedstawionych na rysunkach). **Wyznacz** ruch wszystkich mas w każdym przypadku (dopuszczalny jest opis słowny z podaniem parametrów ruchu).



Zadanie 3 (Elektronika kapsuły)

Obwody elektroniczne wykorzystywane w kapsule będą zawierać tzw. *źródła elektryczne prądowe*. Są to urządzenia które po szeregowym włączeniu do danej gałęzi obwodu wymuszają przepływ przez tę gałąź prądu o ustalonym natężeniu J . Na schematach takie źródło oznacza się symbolem strzałki w kółku „⊕”, gdzie strzałka wskazuje kierunek przepływu prądu przez źródło (patrz rysunek a).



Zadania:

- 1) Rozważ obwód a) (patrz rysunek) z idealnym źródłem prądowym wytwarzającym prąd o natężeniu J oraz rezystorem o oporze R wpiętym równolegle do tego źródła. **Wyznacz** zależność napięcia U_{AB} od parametrów R i J oraz od natężenia prądu przepływającego przez zaciski A i B.
- 2) **Dobierz** parametry E i r równoważnego modelu b) (w postaci źródła napięcia z rezystancją wewnętrzną), tak aby z punktu widzenia zacisków A i B zachowywał się tak samo jak model a).
- 3) Rozważ układ z rezystorami o danych oporach R_1, R_2, R_3, R_4 , źródłami napięcia o siłach elektromotorycznych E_1, E_2, E_4 oraz ze źródłem prądowym wytwarzającym prąd o natężeniu J_3 . Znając natężenie prądu I przepływającego przez zaciski A i B, **oblicz** napięcie U_{AB} .

Zadanie 4 (Optycznie wspomaganie zasilanie awaryjne)

W sondzie *PW ReTurnik* planuje się zastosowanie zasilania awaryjnego, wykorzystującego światło słoneczne skupione na ogniwo fotowoltaiczne. Do skupienia światła inżynierowie chcieliby wykorzystać dwa cienkościennie i przezroczyste cylindry dostępne w obudowie kapsuły: rurę o promieniu R_1 oraz wąż o promieniu R_2 (gdzie $R_2 < R_1$). Oba te cylindry będą całkowicie wypełnione wodą o współczynniku załamania $n = 4/3$. Wymienionych elementów nie wolno ciąć, ale można je dowolnie ustawiać względem siebie w przestrzeni.

Zakładając równoległe padanie promieni Słońca na sondę, **określ**:

- 1) Czy z podanego zestawu da się skonstruować układ ogniskujący światło na bardzo małym obszarze?
- 2) Jeśli tak, to jak dokładnie należy ustawić osie cylindrów, aby maksymalnie skupić światło?
- 3) Czy odpowiedź zależy od wartości parametrów R_1 i R_2 ?

Wskazówka: Soczewkę o przekroju kołowym i promieniu R , wykonaną z materiału o współczynniku załamania n , można przybliżać jako cienką soczewkę umieszczoną w środku przekroju (patrz rysunek). Całkowita zdolność skupiająca takiej zastępczej soczewki jest dana wzorem:

$$Z = 2Z_1 \left(1 - \frac{R}{n} Z_1 \right)$$

gdzie Z_1 to zdolność skupiająca pojedynczej cienkiej soczewki wypukłopłaskiej o promieniu krzywizny R , z materiału o współczynniku załamania n .

