

Wydział: Mechaniczny Technologiczny  
Kierunek:  
Grupa dziekańska:  
Semestr: pierwszy

Dzień laboratorium:  
Godzina:

# **Laboratorium z Biomechatroniki**

## **Ćwiczenie 3**

**Wyznaczanie położenia środka masy ciała człowieka za pomocą  
dźwigni jednostronnej**

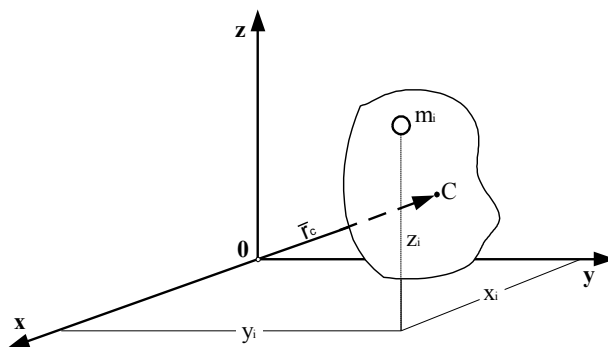
# 1. Wstęp teoretyczny

## Pojęcie środka masy

Środkiem masy układu punktów materialnych nazywamy taki punkt C (rys. 1.1), którego promień-wektor  $\vec{r}_C$ , poprowadzony z dowolnie obranego bieguna O, określony jest za pomocą następującego równania [3]:

$$\vec{r}_C = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta m_i \vec{r}_i}{\sum_{i=1}^n \Delta m_i}, \quad (1.1)$$

gdzie:  $\vec{r}_C = x_C \vec{i} + y_C \vec{j} + z_C \vec{k}$



Rys. 1.1. Środek masy bryły sztywnej [3]

Współrzędne  $x_C$ ,  $y_C$ ,  $z_C$  określające położenie środka masy, równe składowym promienia - wektora  $\vec{r}_C$ , możemy wyznaczyć z następujących zależności:

$$x_C = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta m_i x_i}{\sum_{i=1}^n \Delta m_i} \quad (1.2)$$

$$y_C = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta m_i y_i}{\sum_{i=1}^n \Delta m_i} \quad (1.3)$$

$$z_C = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta m_i z_i}{\sum_{i=1}^n \Delta m_i} \quad (1.4)$$

W badaniu ruchu złożonych układów mechanicznych i biomechanicznych bardzo duże znaczenie ma znajomość pojęcia środka masy. Często stosuje się środek masy jako najprostszy model złożonych układów, także organizmu człowieka. Fundamentalne znaczenie ma twierdzenie o ruchu środka masy. Środek masy układu punktów materialnych porusza się tak, jakby do tego punktu przyłożone były wszystkie siły zewnętrzne działające na układ.

Zgodnie z powyższym twierdzeniem siły wewnętrzne układu nie mają wpływu na ruch jego środka masy. W szczególnym więc przypadku, gdy na układ nie działają siły zewnętrzne, środek masy porusza się ruchem jednostajnym po linii prostej albo pozostaje w spoczynku [2].

Dla ciała znajdującego się w jednorodnym polu grawitacyjnym środek ciężkości pokrywa się ze środkiem masy.

Główne zalety metody wyznaczania środka masy ciała człowieka za pomocą dźwigni jednostronnej to jej prostota oraz możliwość zastosowania w odniesieniu do konkretnego, żywego człowieka. W trakcie wykonywania pomiarów należy utrzymać nieruchomą pozycję badanej osoby, co może być trudne do spełnienia i jest niewątpliwie wadą tej metody.

### **Ogólny środek ciężkości i metody**

Środek ciężkości – to punkt, w którym przyłożona jest siła reprezentująca ciężar ciała. To punkt, w którym przyłożona jest wypadkowa sił ciężkości wszystkich elementów.

Aby wyznaczyć środek ciężkości należy:

- wyznaczyć ciężar owych elementów
- dodać je do siebie zgodnie z zasadami sumowania wektorów
- punkt przyłożenia wektora wypadkowego wyznaczy nam położenie śr. ciężkości
- -środek ciężkości figur płaskich i regularnych leży w ich środku geometrycznym
- - środek ciężkości jednorodnych brył leży w środku ich symetrii
- - środek ciężkości jednorodnych figur mających oś symetrii leżący na tej osi
- 

### **Bezpośrednie metody wyznaczania środków ciężkości**

Bezpośrednie metody dzielą się na:

- dźwigni jednostronnej
- skokowa
- wahadłowa

Zazwyczaj OSC znajduje się na wysokości od 53-60% wysokości ciała.

U niemowląt jest on położony wyżej ze względu na dużą głowę, i drobny tułów.

Dlatego punkt OSC może zmieniać się:

- w zależności od wieku
- u gimnastyków ze względu na rozwinięcie obręczy barkowej (śr. ciężkości położony jest wyżej)

#### **a) Metoda dźwigni jednostronnej**

Dźwignią nazywamy sztywną belkę podpartą w jednym punkcie, tak że może względem niego wykonywać ruchy obrotowe.

W ruchu obrotowym wprowadzając dźwignię momenty sił działających na nią, jeśli one równe są 0 to dźwignia znajduje się w równowadze

#### **b) Metoda skokowa**

Do ciała mogącego wykonywać ruchy obrotowe przyłożymy skokowo narastający moment siły to wprawi on część ciała w ruch obrotowy z przyspieszeniem kątowym.

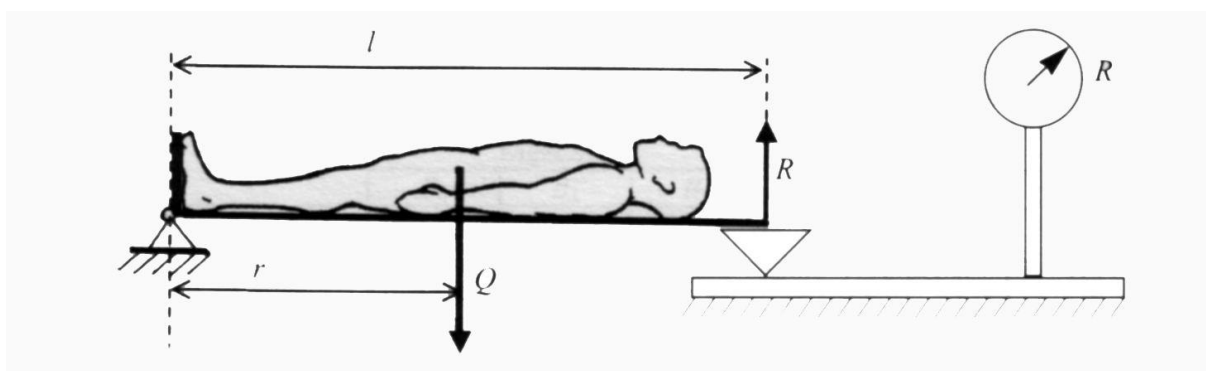
Ta metoda może być stosowana do części ciała (usztynionych części układu ciała), których ruchy związane są z ruchem w stawie

### c) Metoda wahadłowa

Wykorzystuje własności wahadła – które zbudowane jest z płyty zawieszanej na osi, względem której można wykorzystać ruchy obrotowe. Obrót płyty powoduje odkształcenie sprężyny skrętnej wytwarzającej zwrotny moment siły zależny od sztywności użytej sprężyny [4].

## 2. OPIS STANOWISKA POMIAROWEGO

Dźwignia jednostronna to sztywna belka podparta w jednym punkcie, w ten sposób może ona wykonywać względem niego tylko ruchy obrotowe na skutek działających na nią momentów sił. Dźwignia jednostronna znajduje się w równowadze, jeśli momenty te równoważą się, czyli ich suma jest równa zero. Tę właściwość dźwigni wykorzystuje się do wyznaczania położenia środków ciężkości ciał na niej ułożonych, w tym człowieka.



Rys. 1.2. Wyznaczanie ogólnego środka masy metodą dźwigni jednostronnej [1]

Rysunek 1.2 przedstawia człowieka ułożonego na poziomo ustawionej dźwigni jednostronnej. Masa ciała człowieka  $m$  przyłożona jest do dźwigni w odległości  $r$  od punktu podparcia, dając siłę ciężkości  $Q = mg$ . Moment od siły  $Q$ ,  $M_Q$  ma wartość  $Q \cdot r$  i będzie wprawiał dźwignię w ruch obrotowy zgodny z ruchem wskazówek zegara. Aby jednak utrzymać dźwignię w równowadze, należy skompensować działanie  $M_Q$ , przykładając do niej dodatkowy moment, np.  $M_R$ , równy co do wartości, lecz przeciwnie skierowany, co można zapisać:

$$M_Q - M_R = 0$$

$$M_Q = M_R \quad (1.5)$$

$$Q \cdot r = R \cdot l$$

Z rysunku 1.2 wynika, że ramię działania siły  $Q$  jest odległością środka masy człowieka znajdującego się na dźwigni, mierzoną wzdłuż dźwigni od jej punktu podparcia. Odległość ta jest więc współrzędną ogólnego środka masy człowieka, mierzoną od punktu podparcia dźwigni wzdłuż osi długiej ciała leżącego na niej człowieka. Wartość tej współrzędnej można określić z warunku równowagi dźwigni:

$$r = \frac{R \cdot l}{Q} \quad (1.6)$$

A zatem, by wyznaczyć tę współrzędną, należy zmierzyć moment siły  $M_R = R \cdot l$  oraz ciężar ciała  $Q$  badanej osoby. Wartość momentu  $M_R$  można łatwo wyznaczyć w następujący sposób: jeśli koniec dźwigni zostanie oparty na wadze, która wskaże wartość siły reakcji  $R$ , ramię tej siły  $l$  równe będzie długości dźwigni.

Na rysunku 1.2 przedstawiono osobę badaną ułożoną na dźwigni w ten sposób, że powierzchnia podeszwowa jej stóp znajduje się nad punktem podparcia dźwigni, a zatem wyznaczana współrzędna  $r$  (mierzona od osi obrotu dźwigni) określa jednocześnie odległość środka masy mierzoną wzdłuż osi długiej ciała od powierzchni stóp [1].

### 3. PRZEBIEG BADANIA

- Wykonać pomiar masy ciała osoby badanej.
- Ustawić stanowisko pomiarowe w sposób przedstawiony na rysunku 1.2.
- Wyzerować wagę.
- Zmierzyć odległość od wagi do podpory umieszczonej pod platformą ( $l$  – długość dźwigni).
- Położyć badaną osobę na platformie pomiarowej.
- Odczytać uzyskany pomiar na wadze.
- Wykonać obliczenia współrzędnej  $r$  ze wzoru 1.6.
- Powtórzyć pomiary przy innym ustawieniu osoby badanej.

### 4. BIBLIOGRAFIA

1. Bober T.: Biomechanika chodu i biegu. Studia i monografie AWF we Wrocławiu, zeszyt nr 8, Wrocław 1985
2. Fidelus K., Ostrowska E., Urbanik Cz., Wychowański M.: Ćwiczenia laboratoryjne z biomechaniki. Wydawnictwa Akademii Wychowania Fizycznego, Warszawa 1996
3. Świtoński E., Tejszerska D., Mężyk A., Bachorz P.: Laboratorium mechaniki ogólnej. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1998
4. <http://ikfpwsz.pl.tl/OSC.htm>

## PROTOKÓŁ POMIAROWY

Wyniki						
Pacjent	Wiek	Wzrost	Waga	1 pomiar	2 pomiar	3 pomiar
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						

## **4. Wnioski**