

## Індивідуальне завдання

**Тема:** Визначення положення загального центра тяжіння тіла (ЗЦТТ) аналітичним методом (додаванням моментів сил тяжіння за теоремою Варіньона).

**Мета:** Визначити положення загального центра тяжіння (ЗЦТТ) тіла спортсмена способом додавання моменту сил тяжіння.

**Обладнання:** 1. Фотограми пози спортсмена.  
2. Вимірвальні прилади: лінійка, олівці, косинці, міліметровий папір.

### Короткі теоретичні відомості

Загальний центр тяжіння тіла знаходиться в точці прикладених рівнодіючих усіх сил тяжіння, що діють на нього. Положення ЗЦТТ визначає умови рівноваги спортсмена або траєкторію його переміщення при виконанні динамічних фізичних вправ.

Визначення положення загального центра тяжіння тіла способом додавання моментів сил тяжіння базується на теоремі Варіньона: сума моментів сил відносно будь-якого центра дорівнює моменту суми цих сил (їх рівнодіючої) відносно того ж центра. Іншими словами, момент рівнодіючої сили відносно будь-якої довільно обраної осі дорівнює сумі моментів відповідних сил відносно тієї ж осі.

Як відомо, момент сили – це ступінь обертаючої дії сили на тіло. Він визначається шляхом множення сили на її плече. Виходячи з цього, можна визначити моменти сили всіх біоланок, оскільки з даних О. Фішера і Н. Бернштейна відома відносна вага (сила тяжіння) кожної біоланки й можна обчислити розташування ЦТ окремих ланок (див. табл. 1).

Плече сили буде дорівнювати відстані від ЦТ до будь-якої осі в довільно нанесеній на фотограму досліджуваного об'єкта системі координат. Усі розрахунки можна провести на фотографії, але для зручності обчислення та контролю отримані дані можна подати у вигляді таблиці.

Загальний центр тяжіння тіла по осі – X розраховується за формулою Варіньона  $R_{\text{тіла}} X_{\text{ЗЦТТ}} = \sum P_i X_i$ , звідки:

$$X_{\text{ЗЦТТ}} = \frac{\sum P_i X_i}{R_{\text{тіла}}}$$

**Визначення положення загального центра тяжіння (ЗЦТТ) тіла  
аналітичним методом (додаванням моментів сил тяжіння за  
теоремою Варіньона)**

№ п/п	Частини тіла (біоланка)	Віднос. вага біоланки в % (P)	Абсциса ЦТ біоланки (X), мм	Ордината ЦТ біоланки (Y), мм	Момент сил	
					$P_i X$	$P_i Y$
1	Голова	7				
2	Тулуб	43				
3	Плече праве	3				
4	Плече ліве	3				
5	Передпліччя праве	2				
6	Передпліччя ліве	2				
7	Кисть права	1				
8	Кисть ліва	1				
9	Стегно праве	12				
10	Стегно ліве	12				
11	Гомілка права	5				
12	Гомілка ліва	5				
13	Стопа права	2				
14	Стопа ліва	2				
Все тіло (P)		100			$\Sigma P_i X =$	$\Sigma P_i Y =$

Так само визначається  $Y_{\text{ЗЦТТ}}$ . Якщо відносну вагу подати не у відсотках, а в сотих частках одиниці, то після складання моментів сил ділити їх на вагу не потрібно.

Прикладом для обчислення ЗЦТТ можуть стати розрахунки з визначення загального центра тяжіння верхньої кінцівки (див. табл. 2 і рис. 1).

Осі OX і OY обрані довільно, як і масштаб. Центри тяжіння окремих біолонок проставлені за принципом, описаним у попередньому занятті.

Для визначення ЗЦТ усієї руки аналітичним методом усі необхідні виміри представимо в таблиці:

Таблиця 2

**Визначення положення загального центра тяжіння руки  
аналітичним методом (додаванням моментів сил тяжіння за  
теоремою Варіньона)**

№ п/п	Частини тіла	Відносна вага в % (P <sub>1</sub> )	Абсциса ЦВ ланки (X)	Ордината ЦВ ланки (Y)	Момент сили	
					P <sub>1</sub> X	P <sub>1</sub> Y
1	Плече	3	2	6	6	18
2	Передпліччя	2	5	3	10	6
3	Кисть	1	9	3	9	3
Уся рука (P) = 6					Σ P <sub>1</sub> X=25	Σ P <sub>1</sub> Y=2

На основі теореми Варіньона можна записати таке рівняння:  
P X<sub>ЗЦТ</sub> = P<sub>1</sub>X, звідки:

$$X_{\text{ЗЦТ}} = \frac{P_1 X}{P}$$

Таке ж рівняння необхідно скласти і для значення Y<sub>ЗЦТ</sub>.  
Підставимо значення вимірів:

$$X_{\text{ЗЦТ}} = \frac{25}{6} = 4,1 \text{ мм} \quad Y_{\text{ЗЦТ}} = \frac{27}{6} = 4,5 \text{ мм}$$

У точці перетину цих координат і знаходиться потрібне розташування загального центра тяжіння всієї руки, позначеного на рисунку 9.1.

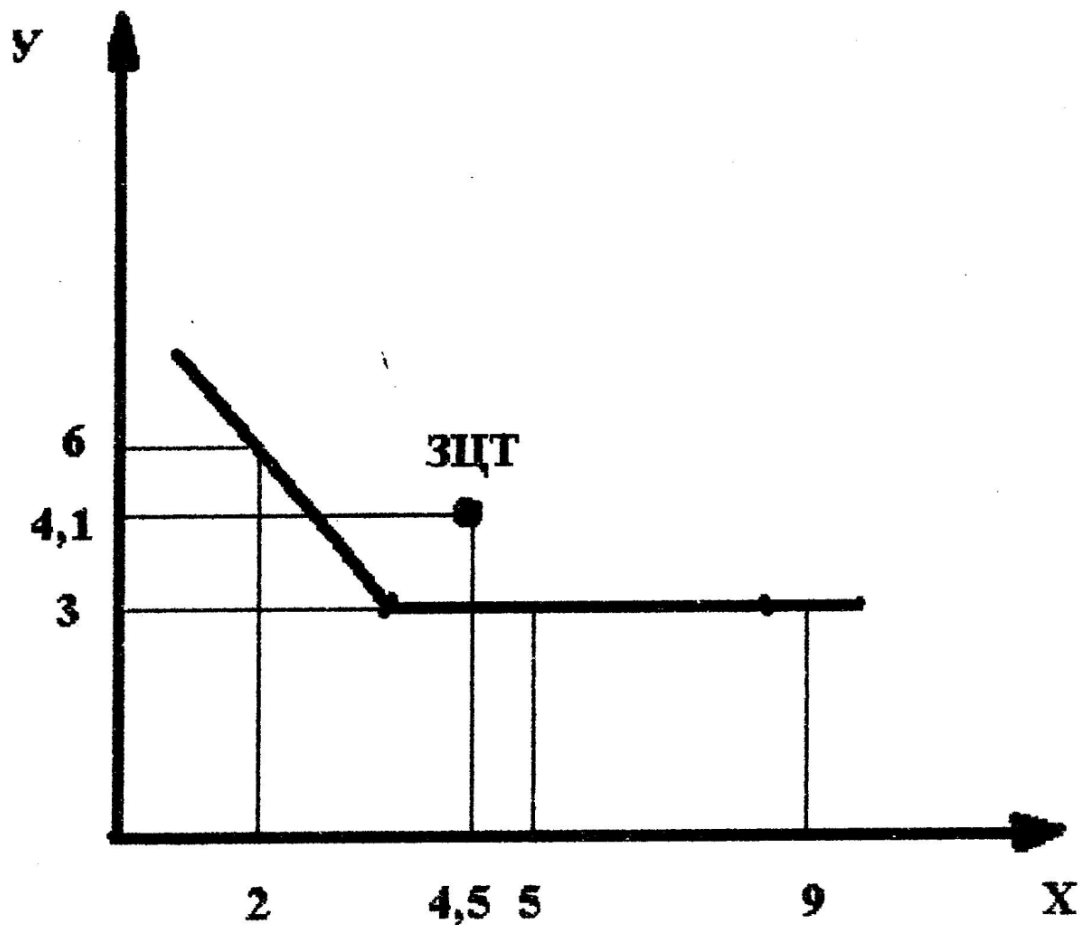


Рис. 1 – Визначення загального центра тяжіння руки аналітичним методом (додаванням моментів сил тяжіння за теоремою Варіньона)

### Порядок виконання практичного завдання

1. На фотографії пози спортсмена: а) відмітити положення проєкцій осей великих суглобів і знайти положення ЦТ усіх ланок; б) із довільного центра провести осі координат X і Y (див. додаток № 1).

2. Скласти таблицю розрахунку координат ЗЦТТ спортсмена в досліджуваній позі. Внести в неї значення відносних ваг окремих ланок. Обчислити координати ЦТ ланок і внести їх в таблицю. Розрахувати моменти сил тяжіння кожної ланки, додати моменти сил тяжіння (окремо по осі X і Y) і поділити на відносну вагу тіла. Див. додаток № 2.

3. Нанести на фотографію положення ЗЦТТ за знайденими координатами.

### Питання для контролю

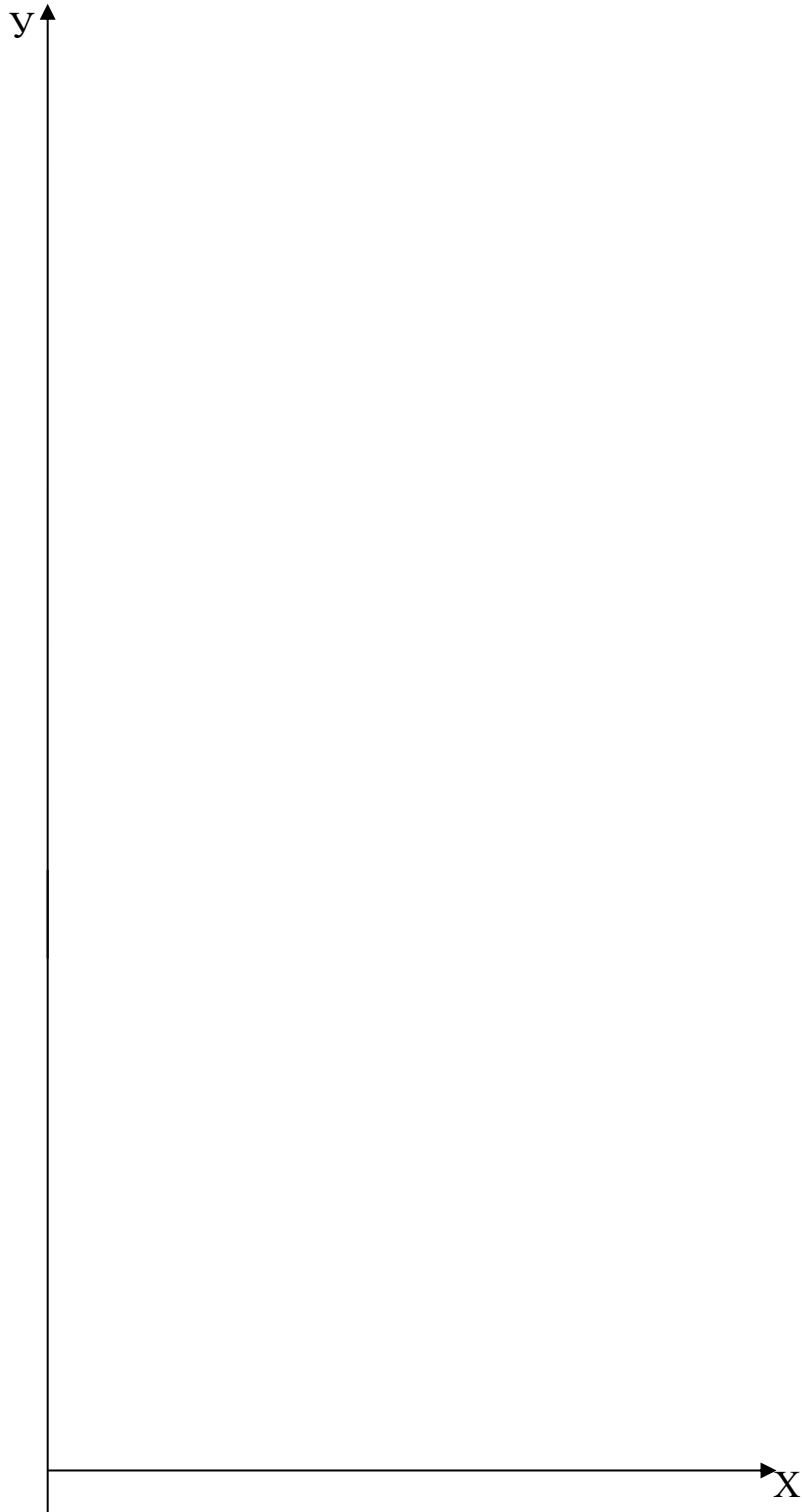
1. Дайте визначення поняття «сила».

2. Розкрийте сутність поняття «момент сили».
3. Дайте визначення теореми Варіньона.
4. Який порядок визначення загального центра тяжіння тіла аналітичним методом?
5. Назвіть сили, прикладені до ланок людини.
6. Які ви знаєте сили дії середовища?
7. Поясніть роль сил у рухах людини.

### **Література**

1. Ахметов Р.Ф. Біомеханіка фізичних вправ: навчальний посібник / Р.Ф. Ахметов. Житомир : Житомирський державний педагогічний університет ім. Івана Франка, 2004. С. 25-27, 87-91.
2. Біомеханіка спорту / за загальною редакцією Лапутіна А.М. К. : Олімпійська література, 2005. С. 122-140; 182-186.

**Визначення положення загального центра тяжіння тіла (ЗЦТТ)  
аналітичним методом (додаванням моментів сил тяжіння за теоремою  
Варіньона)**



## ДОДАТОК № 2

Таблиця для визначення загального центра тяжіння тіла аналітичним методом

№ п-п	Частини тіла (біоланки)	Відносна вага біоланки у %	Абсолютна вага біоланки (P), кг	Довжина біоланки, мм	Відстань від проксимального кінця до центра тяжіння біоланки, мм	Абсциса центра тяжіння біоланки (x), мм	$P_j \times x_j$ , кг*мм	Ордината центра тяжіння ланки (y), мм	$P_j \times y_j$ , кг*мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Голова	7							
2	Тулуб	43			(0,44)				
3	Плече праве	3			(0,47)				
4	Плече ліве	3			(0,47)				
5	Передпліччя праве	2			(0,42)				
6	Передпліччя ліве	2			(0,42)				
7	Кисть права	1			(0,5)				
8	Кисть ліва	1			(0,5)				
9	Стегно праве	12			(0,44)				
10	Стегно ліве	12			(0,44)				
11	Гомілка права	5			(0,42)				
12	Гомілка ліва	5			(0,42)				
13	Стопа права	2			(0,44)				
14	Стопа ліва	2			(0,44)				
15	$\Sigma$								

X зцтт = -----

У зцтт = -----