

**Експериментальний тур**  
**10 клас**

**Завдання 1**

**Обладнання:**

Групове: монета 5 коп. масою 4,30 г.

Індивідуальне:

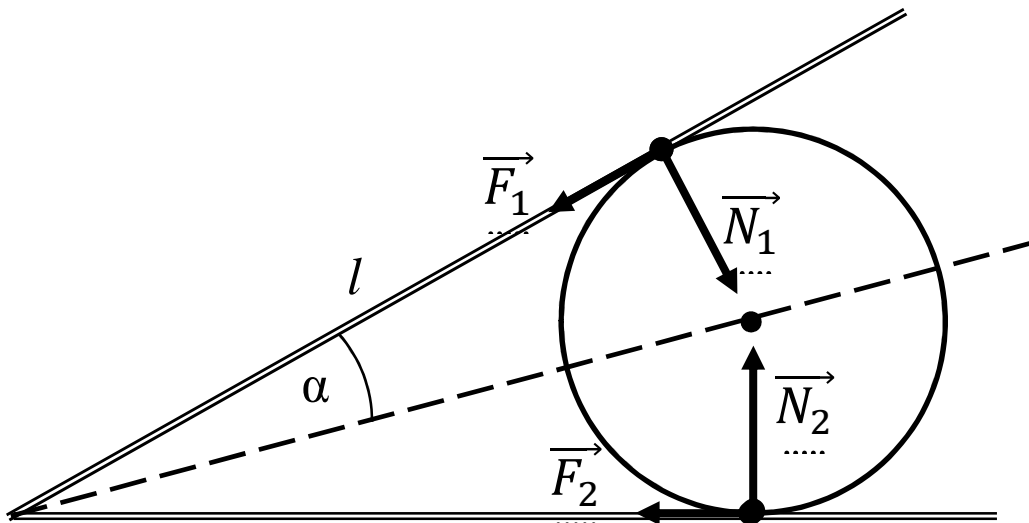
- джерело струму (батарейки);
- мініатюрний електродвигун зі шківом і припаяними провідниками;
- дві лінійки з однакового матеріалу.

**Завдання.** Визначте максимальний обертовий момент цього двигуна.

**Варіант розв'язання**

*Теоретичні відомості.*

Обертання шківів припиняється, коли гальмівний момент зовнішніх сил збільшується до значення максимального обертового моменту двигуна  $M$ . У якості зовнішньої гальмівної сили можна використати силу тертя  $F_{\text{тер}}$  між шківом двигуна та лінійкою. Тоді  $M = \frac{F_{\text{тер}} D}{2}$  (тут через  $D$  позначено діаметр шківів). Щоб визначити силу тертя, потрібні значення коефіцієнта тертя  $\mu$  та силу нормального тиску  $N$ . Тоді  $M = \frac{\mu N D}{2}$ . Для визначення  $\mu$  застосуємо заклинювання шківів між двома лінійками за певного кута  $2\alpha$  між ними (див. рисунок).



Умова заклинювання має вигляд  $\text{tg} \alpha = \mu$  або  $\mu = \frac{D}{2l}$ .

Спостерігатимемо припинення обертання двигуна внаслідок тертя шківів об горизонтальну лінійку, яка спирається на нього (горизонтальність лінійки забезпечимо, притримуючи її кінець). Тоді силу нормального тиску визначимо з правила моментів:  $Na = mg \cdot \frac{L}{2}$ . Тут  $a$  – плече сили реакції опори,  $m$  і  $L$  – відповідно маса та довжина лінійки. Масу ж лінійки визначимо, застосовуючи саму лінійку як важіль, а монету 5 коп. як тягарець відомої маси.

Отже, для остаточного визначення обертового моменту отримуємо формулу

$$M = mg \cdot \frac{D^2 L}{8al}.$$

### **Результати вимірювань**

Для вимірювання значень  $m$ ,  $a$ ,  $l$  було проведено серії експериментів та оцінено похибки вимірювань з урахуванням випадкових похибок.

$$m = 14,4 \pm 0,3 \text{ (г)},$$

$$D = 3,0 \pm 0,1 \text{ (см)},$$

$$L = 51,0 \pm 0,1 \text{ (см)},$$

$$a = 7 \pm 2 \text{ (см)},$$

$$l = 8,0 \pm 0,2 \text{ (см)}.$$

Звідси отримуємо

$$M = (1,4 \pm 0,6) \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Отримані результати дозволяють зробити припущення, що внутрішній опір батарейки може суттєво змінитися протягом серії експериментів.

## Завдання 2

### Паперовий динамометр.

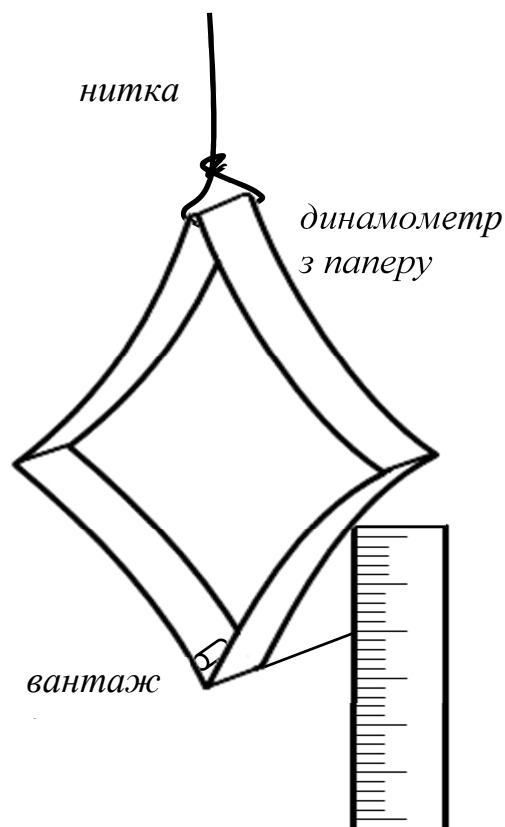
Обладнання:

Групове:

- ножиці;
- котушка ниток;
- пластилін;
- скотч.

Індивідуальне:

- штатив лабораторний шкільний;
- лінійка;
- мідний дріт довжиною 10–15 см і діаметром 0,65 мм;
- тонкий мідний дріт для вказівника – 5 см;
- лист паперу;
- міліметрівка.



### Завдання.

Виготовити паперовий динамометр як показано на рисунку.

Виготовити вантажки, нарізавши товстий дріт на частини.

Представити план проведення дослідження.

У звіті вкажіть, як ви виготовили динамометр, вантажки.

1. Проведіть дослідження залежності чутливості динамометра від ширини стрічки.
2. Проаналізуйте отримані результати та оберіть динамометр, який дозволяє зважити всі отримані вантажки з найбільшою точністю. Проградуйте його.
3. Представте графіки отриманих результатів.
4. Проведіть контрольне зважування тіла, яке запропонує черговий вчитель.
5. Опишіть, чим визначаються лінійна та нелінійна ділянки залежності «розтягнення» паперового динамометра від навантаження, що прикладається.
6. Вкажіть основні зовнішні фактори та особливості виготовлення динамометра, які впливають на «стабільність» та чутливість його роботи. Оцініть їх вплив.

**Довідка:**  $\rho = 8900 \text{ кг/м}^3$ .

### Розв'язок

1. Вирізаємо п'ять смужок паперу однакової довжини 29,5 см (вздовж аркушу), але різної ширини, див. табл.
2. Відповідно до завдання складаємо динамометр.
3. За допомогою нитки підвішуємо динамометр за місце склейки.
4. Бачимо, що видовження найтоншого динамометра найбільше, незважаючи на найменшу масу.
5. Для кожного динамометра у кожному вимінюванні ми визначаємо довжину діагоналі без навантаження та зміщення вказівника динамометру під навантаженням.
6. Виготовляємо вантажки, розрізавши дріт на, наприклад, чотири рівні частини.

7. Робимо вказані вимірювання для всіх динамометрів під однаковим навантаженням.

8. Заносимо отримані данні у таблицю, наприклад:

	№	1	2	3	4	5
	h (мм)	27	19	11	6	3
m	d (мм)	110	120	126	129	125
	$\Delta x$ (мм)	6	8	8	12	20
m/2	d (мм)	110	121	126	127	125
	$\Delta x$ (мм)	3	4	5	7	13
m/4	d (мм)	103	123	125	126	126
	$\Delta x$ (мм)	3	3	2	5	8

9. Оцінили похибку у 2 мм.

10. Провести зважування запропонованого еталону та навести отримане значення.

### Висновки:

Жорсткість виготовлених динамометрів в межах навантаження можна вважати сталою величиною, деформація обернена.

Якщо не витратити час на виготовлення 5-ти динамометрів, а обмежитись двома-трьома, то вистачить часу на виконання п'яти вимірювань, за якими можна побудувати графічну залежність. За допомогою графіка можна отримати коефіцієнт жорсткості і оцінити його залежність від товщини смужки.

В розв'язках треба проаналізувати виникнення пружної та непружної залежності при навантаженні динамометра.

Проаналізувати наявність та довжину лінійної та нелінійної ділянок залежності видовження динамометру від навантаження.