

## II ЕТАП ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ УЧНІВСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ У 2025/2026 НАВЧАЛЬНОМУ РОЦІ

10 клас

Експериментальний тур. Умови/розв'язки та критерії

**Шкільний реостат.** Юний фізик вирішив дослідити роботу шкільного реостата (Рис.1) як нагрівача, маючи великий якісний павербанк як джерело сталої напруги  $U = 5,0 \text{ В}$  і сучасний міліамперметр (опорами обох приладів можна знехтувати). Щоб не спалити джерело, міліамперметр або реостат, учень про всяк випадок послідовно з'єднав з ними резистор невідомого опору (Рис.2).



Рис.1

Але для визначення опорів одного міліамперметру юному експериментатору виявилось недостатньо. Він запозичив мультиметр і кожного разу після виміру струму відключав реостат та міряв його опір, після чого все підключав назад.

R, Ом	I, мА
9,1	321
7,8	352
6,1	404
4,4	466
3,0	533
1,7	623

Результати вимірів залежності струму від опору реостату наведено у таблиці.

*Довідка: реостат – це резистор зі змінним опором. Шкільний реостат (Рис.1) складається з дроту, намотаного на керамічний циліндр та рухомого контакту.*

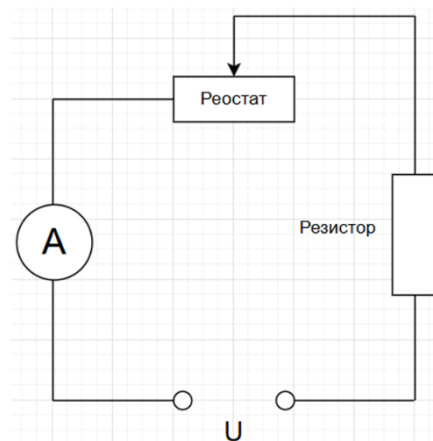


Рис.2

1. (2 бали) Наскільки раціонально діяв юний експериментатор з мультиметром та що могло вплинути на точність його вимірів?
2. (1 бал) Запропонуйте як *краще* використати у наведеній схемі вольтметр для визначення опору реостата.
3. (2 бали) Чи міг юний фізик визначити опори взагалі без використання мультиметру чи вольтметру? Якщо так, то як саме, якщо ні, то чому?  
Після своїх дослідів хлопець віддав мультиметр, розібрав обладнання і тільки потім збагнув, що так і не виміряв опір резистора. Допоможіть юному досліднику, а саме:
4. (5 балів) Побудуйте графік залежності потужності, що виділяється на реостаті, від опору реостата.
5. (3 бали) Оцініть опір невідомого резистора.
6. (2 бали) Яку максимальну теплову потужність можна отримати на реостаті для схеми на Рис.2 і даних задачі?

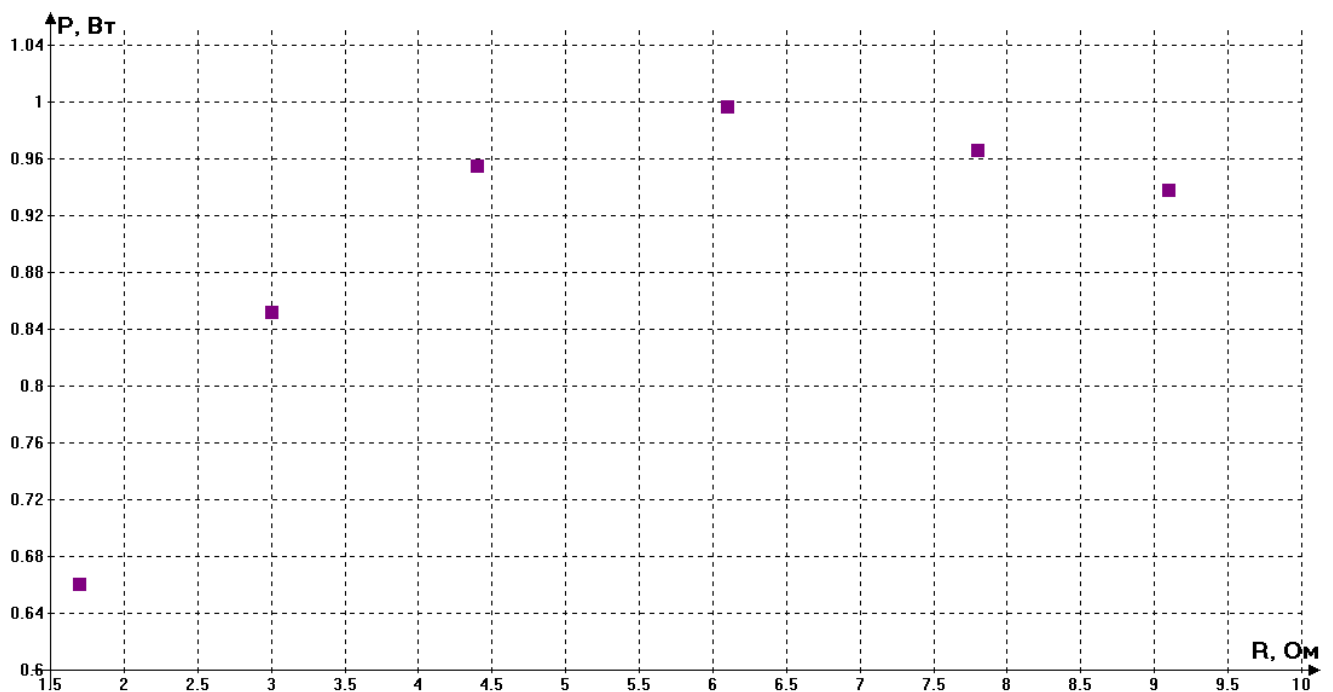
### Розв'язання «Шкільний резистор»

1. (2 бали) Юний експериментатор діяв не раціонально як з точки зору затрат часу, так і тому, що існує контактний опір на механічному з'єднанні провідників, а також під час вимірів приладами. Відключаючи реостат, вимірюючи його опір, після чого знову все підключаючи назад, юний фізик міг змінювати контактний опір, що призвело б до додаткових неточностей. Також при включенні-відключенні можлива зміна температури (і опору) дроту, насамперед реостату. Ще є опір з'єднувальних провідників мультиметру, який можна оцінити в 0,1 Ом (площа перерізу 0,5 мм<sup>2</sup>, загальна довжина обох частин 1 м, питомий опір  $2 \cdot 10^{-8}$  Ом · м плюс опір щупів або «крокодилів» на кінцях дротів мультиметру). Оскільки у таблиці опір даний з точністю до 0,1 Ом, це могло також вплинути на остаточний результат.
2. (1 бал) Для отримання тих самих вимірів вольтметр можна було б один раз приєднати або паралельно реостату, або паралельно з'єднанню реостата і міліамперметра (з нехтовно малим за умовою опором). Значення опору реостату тоді просто було б отримати з закону Ома за відомими значеннями напруги і струму. Можна було б приєднати вольтметр паралельно невідомому резистору, тоді напруга на реостаті знайшлася б шляхом віднімання від 5 В показу вольтметра.
3. (2 бали) Юний фізик міг визначити опори взагалі без використання мультиметру чи вольтметра, оскільки вже мав джерело сталої напруги 5 В і міліамперметр. Наприклад, перевірів чи не великий струм, коли реостат виведений на 0. Потім для більшої точності приєднав послідовно до джерела 5 В невідомий резистор і міліамперметр без реостату. За законом Ома, поділивши 5 В на значення струму, розрахував би значення опору резистора. Знаючи цей опір, розрахувати у початковій схемі опір реостата не складно знову ж за законом Ома.
4. (5 балів) Використовуючи таблицю даних, можемо отримати залежність потужності, що виділяється на реостаті  $P = I^2 R$ , від опору реостата.

$R$ , Ом	$I$ , мА		$P$ , Вт	$R$ , Ом
9,1	321	→	0,938	9,1
7,8	352		0,966	7,8
6,1	404		0,996	6,1
4,4	466		0,955	4,4
3,0	533		0,852	3,0
1,7	623		0,660	1,7

Будуємо згідно даних нової таблиці графік.

(2 бали даються за формули потужності і правильно перераховані її значення).



*Типові недоліки: 1) не підписані осі; 2) не всі точки зображені або стоять в інших місцях; 3) загальний вигляд графіку без максимуму в середній частині; 4) на осях немає рівномірно розставлених підписаних поділок; 5) графік надто малий, не займає більшу частину поля міліметрового паперу або робочого аркушу; 6) графік виконано неакуратно. За сукупністю помилок віднімаються бали з 3 балів за графік на розсуд журі.*

5. (3 бали) Учні, які знають, що максимум потужності буде, коли опір реостата дорівнюватиме опору невідомого резистора (аналог внутрішнього опору ЕРС), і спробують оцінити цей опір за допомогою максимуму графіка, будуть не зовсім праві, адже це визначення максимуму по 1-3 точкам з великою похибкою. Зрозуміло, що лінію між розрахованими точками можна провести по різному. Тим більше, як ми бачимо, максимум, широкий і несиметричний. Надійніше скористатись законом Ома  $U = I(R + R_x)$  або формулою для потужності, а потім усереднити по різним точкам. Розумні підходи, які збалансовано враховують усі експериментальні дані, вітаються.

Отримується значення приблизно 6,4 Ом.

6. (2 бали) Максимальна теплова потужність на реостаті і на невідомому опорі будуть однакові і дорівнюватимуть по  $\frac{U^2}{4R} \approx \frac{5^2}{4 \cdot 6,4} \text{ Вт} \approx 1 \text{ Вт}$ .

**Усього за задачу 15 балів**

**Коментар (не оцінюється).** Це мала потужність для обігрівача кімнати, як і малий запас енергії самого навербанка. Але, якщо реостат безпосередньо під'єднати до навербанка у якомусь середньому положенні і потім відрегулювати за допомогою рухомого контакту, тоді цілком можна зігріти руки, приклавши до поверхні реостата через прошарок діелектрика (папір, рукавички...).