

Міністерство освіти і науки України
Національний центр «Мала академія наук України»
LIX Всеукраїнська учнівська олімпіада з фізики, м. Львів, 2025
Експериментальний тур, 10-й клас
Умови та розв'язки

1. «Бронеплита з пінопласту»

Обладнання: пластинка з пінопласту, електронні ваги, металева кулька, гвинтик, штангенциркуль, лінійка 30 см, ручка, олівець.

Завдання:

- **Знайдіть мінімальний тиск**, який потрібно чинити на пінопласт, щоб зробити у ньому отвір.

- **Оцініть мінімальну швидкість**, яку повинна мати металева кулька, щоб пробити пінопластову пластинку (ви можете скористатися отриманим у попередньому пункті результатом).

У звіті наведіть методику проведення експерименту та її обґрунтування, необхідні креслення та розрахунки, результати та оцінку їх точності.

УВАГА! Обладнання з однієї задачі не може бути використане для розв'язання інших задач, якщо воно не прописане в переліку обладнання!

Розв'язання.

1. Для знаходження межі міцності пінопласту будемо вимірювати силу, яку необхідно прикласти до гвинтика, щоб продавити пінопласт. Оскільки ця сила більша, ніж межа вимірювання вагів, застосуємо важіль, як показано на фото. Поділивши силу на площу гвинтика, дізнаємося межу міцності

$$\sigma = F/S_{\text{гвинт}}$$

2. Кулька, що пробиває пінопласт витрачає свою енергію на подолання сили опору (цей дослід робити не треба, рахуємо теоретично)

$$Mv^2/2 = \sigma S_{\text{кулі}} d = \pi R^2 \sigma d \quad (d - \text{товщина пінопласту})$$

Зважаючи на кулю M , вимірюючи її радіус та товщину пінопласту, дізнаємося мінімальну швидкість кулі, необхідну для пробиття пінопласту

$$v = \sqrt{(2\pi R^2 \sigma d / M)}$$

В цій задачі буде ще опір шарів пінопласту, які куля має розігнати до певної швидкості, пробиваючи пінопласт, тобто передати їм частину кінетичної енергії. Але оскільки ми рахуємо мінімальну швидкість кулі, то кінцеву швидкість шарів пінопласту можна вважати нульовою і відповідну енергію не враховувати.

2. «Дизайнерський термометр»

Завдання: визначити температуру повітря в приміщенні.

У звіті наведіть

- план проведення експерименту,
- результати вимірювань та обчислень.
- фактори, що впливають на точність, та Ваші дії для її покращення.

Обладнання: пробірка, корок з герметично припасованою трубкою, електронні терези, суміш води з льодом, дві порожні посудини.

Примітки:

1. Суміш води з льодом вам буде видано за вашим проханням, але можливість отримати лід ви маєте лише двічі: приблизно об 11.30 та о 13.00. Льоду буде надано близько 300-400 грамів. Тому перед тим, як просити його видати, необхідно спланувати експеримент.
2. В цій задачі не передбачено вимірювання розмірів.
3. Зверніть увагу, що для зручності електронні терези мають функцію TARE. Ця кнопка скидає покази навантажених терезів до позначки 0.
4. **УВАГА!** Будьте обережними з пробкою, адже з неї стирчить вістря голки шприца.
5. **УВАГА!** Не витягайте голку з пробки, адже це розцінюватиметься як псування обладнання. В такому разі нове обладнання видаватись не буде.

Розв'язання:

1. Зважуємо порожню пробірку з корком та трубкою (m_0)
 2. Занурюємо порожню пробірку при кімнатній температурі, закрити корком з трубкою, у суміш води з льодом. При цьому важливо спочатку занурити відкритий кінець трубки, а потім все інше. Повітря стискається і у трубку набирається вода. Затискаємо відкритий кінець трубки під водою та перенесемо всю конструкцію у порожню посудину, яка заздалегідь встановлена на терезах (перед перенесенням, тримаючи трубку вертикально, протираємо її та пробірку серветкою). Зважуємо пробірку з корком, трубкою та набраною водою (m_1).
 3. Набираємо повну пробірку та трубку води та зважуємо все разом (m_2). Для того щоб набрати у трубку воду можна, дійсно, просто її всмокотати, але це не гігієнічно. Краще нагріти пробірку руками та повторити дослід. В цьому випадку трубка наповниться водою повністю.
- З $m_2 - m_0$ дізнаємося початковий об'єм повітря в пробірці та трубці, з $m_1 - m_0$ зміну об'єму при охолодженні. З цих даних розраховуємо температуру в приміщенні.

Тиск газу в пробірці в ході експерименту залишається сталим. Тому, з рівняння ізобари:

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_1}{T_1}$$

V_0, T_0 – до занурення пробірки в льодяну воду. Тобто T_0 – температура повітря в кімнаті.

V_1, T_1 – після занурення пробірки в льодяну воду. Тобто $T_1 = 0^\circ\text{C}$.

$$V_0 = \frac{m_2 - m_0}{\rho_{\text{в}}}, V_1 = V_0 - \frac{m_1 - m_0}{\rho_{\text{в}}}$$

Підставляємо V_0, V_1 у рівняння ізобари та отримуємо:

$$T_0 = T_1 \frac{m_2 - m_0}{(m_2 - m_0) - (m_1 - m_0)} = T_1 \frac{m_2 - m_0}{m_2 - m_1}$$

Запропонований спосіб дає досить точний результат, але є багато факторів, що можуть привести до похибок. Спочатку треба виконувати всі вимірювання для сухої трубки та пробірки. Температура пробірки може бути вища за температуру повітря в кімнаті внаслідок контакту з руками. Після того, як вставили корок у пробірку, треба залишити

пробірку на столі на декілька хвилин для встановлення теплової рівноваги. Пробірку бажано після цього тримати за корок, щоб не нагріти її, й відповідно повітря в ній. При проведенні досліду пробірка має бути повністю занурена у воду, дослід треба проводити не менше ніж 4-5 хвилин періодично перемішуючи суміш води з льодом для встановлення теплової рівноваги. На зовнішніх поверхнях конструкції можуть залишатися краплі рідини, а враховуючи, що маса води в трубці біля 2 грамів, внесок таких крапель є суттєвим. При перенесенні конструкції після проведення досліду перед зважуванням пробірку та трубку треба зовні протирати серветкою. Під час проведення експерименту в посудині накопичується вода, тому перед кожним зважуванням рекомендується використовувати кнопку TARE.

3. «Тюль».

Обладнання: шматок москітної сітки в картонній оправі, листок міліметрового паперу.

Завдання: знайти товщину нитки сітки.

У звіті:

- описати методику проведення експерименту;
- надати необхідні креслення та результати вимірювань;
- вказати фактори, які вплинули на точність кінцевого результату.

Будьте обережні при роботі із москітною сіткою, не допускайте її вигинів, інакше результати можуть бути суттєво неточними. Рамка зроблена спеціально для того, аби сітка була настільки плоскою, наскільки це можливо. Зверніть увагу, що псувати експериментальне обладнання суворо заборонено. Нове обладнання замість зіпсованого видаватись не буде.

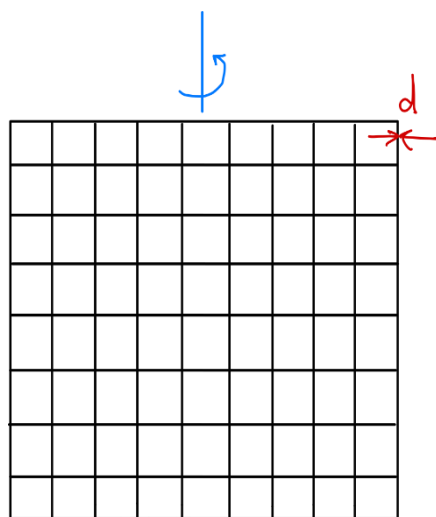
УВАГА! Обладнання з однієї задачі не може бути використане для розв'язання інших задач, якщо воно не прописане в переліку обладнання!

Розв'язання:

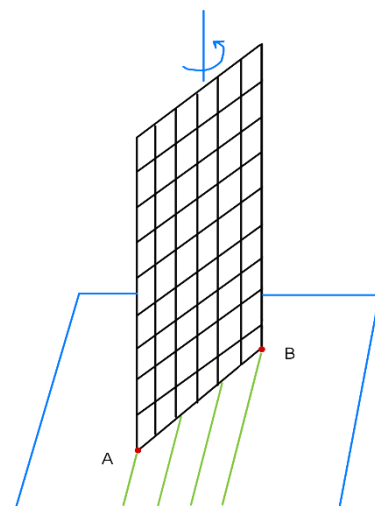
1. Взяти в руку рамку із сіткою, розмістити площину із сіткою перпендикулярно до площини міліметрового паперу.

2. Подивитись паралельно лініям міліметрового паперу (на рисунку позначені зеленим кольором) та повертати рамку до моменту, поки просвіт у сітці не зникне.

3. Відмітити на міліметровому кінців рамки.



← n ліній сітки →



папері точки А та В

4. Виміряти відстань l , зображену на рисунку (вздовж лінії, перпендикулярної до ліній сітки, вздовж яких ми дивились).

Товщина сітки: $d = \frac{l}{n}$.

Вимірювання проводити як мінімум 10 разів, аби, в тому числі зменшити вплив людського фактору.

