

## Експеримент (молодша ліга)

**Обладнання індивідуальне:** листок паперу, булавка, монета

**Обладнання групове:** ножиці.

**Визначити:** а) відношення поверхневих густин паперу і монети;

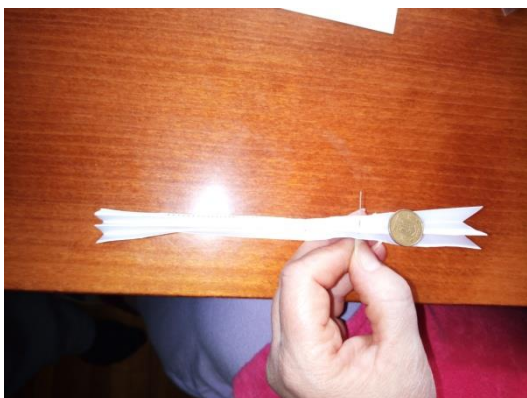
б) відношення об'ємних густин паперу і монети

**Примітка:** В роботі чітко пояснити методику проведення експерименту, зробити малюнки установки, на малюнках вказати можливі величини, які ви вимірюєте, зробити таблиці результатів.

**Увага!** Заборонено використовувати будь – які відомі дані про бумагу і монету, задача повинна бути розв'язана тільки експериментально.

**Розв'язок:**

Із листа паперу, зігнутого гармошкою, виготовляємо важіль. Якщо дещо розтягнути гармошку на булавці, то на ній зверху зручно розташовувати монету. Для того, щоб вона в такому положенні не переверталась, можна внутрішні ребра важеля зробити трохи нижчими, ніж два зовнішні ребра. Тоді вона добре лежить



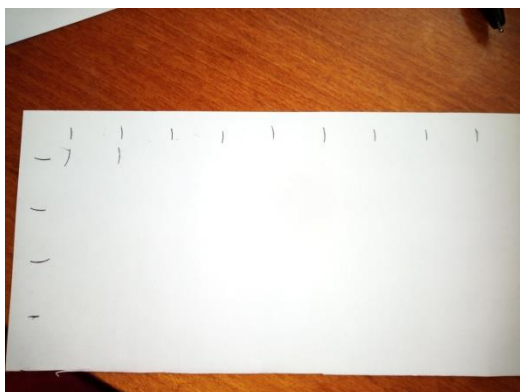
на важелі і її положення в стані рівноваги можна відмітити дуже точно.

Перед застосуванням важіль потрібно проградувати. Робимо це за допомогою маленької мірної одиниці, яка є для цього зручна, а саме ребром монети, кожного разу однаково «наступаючи» на лінію, проведену ручкою або олівцем. Або ще зручно робити це, використовуючи циліндричну частину булавки, розташовуючи ручку під одним і тим самим кутом, в цьому випадку ручка ковзає по булавці як по



лінійці і виходить дуже рівненька і акуратна шкала.

Саму частину листа зручно «вимірювати» в діаметрах монети. Таким чином ми вимірюємо її довжину і ширину (зайве відрізаємо). Таким чином ми можемо розрахувати площу листа через величину пропорційну діаметрам квадратним монети (користуючись ножицями, вирізаємо частину, точно кратну певній



кількості діаметрів по довжині і ширині листка).

За допомогою важеля ми вимірюємо відношення плечей (плечі, наприклад, виражені в ребрах монети). Такий важіль не повинен бути дуже маленький, інакше точність вимірювань буде знижена. Використовуючи правило моментів, вимірюємо відношення мас паперового важеля і монети (потрібно уникати малого за масою важеля в порівнянні з масою монети, оскільки наслідком цього буде мале плече, що суттєво збільшить похибку). Обов'язково проводимо декілька вимірювань, змінюючи положення булавки, і визначаємо довжини плечей і потім визначаємо середнє відношення мас. Розрахувавши також відношення площ поверхонь паперу і монети (площі виражені в величинах пропорційних діаметрам квадратним монети), визначаємо відношення повнекових густин (пункт а).

Наприклад, якщо взяти важіль з розмірами  $10d \times 5d$ , то у нас виходило, що маса монети більша за масу паперу (після усереднення) в 1,56 разів, а відношення поверхневих густин вийшло:

$$\frac{\rho_{\text{мон}}}{\rho_{\text{бум}}} = \frac{m_{\text{мон}}}{S_{\text{мон}}} \cdot \frac{S_{\text{бум}}}{m_{\text{бум}}} = \frac{50d^2}{\pi \frac{d^2}{4}} \cdot \frac{m_{\text{мон}}}{m_{\text{бум}}} = 104,4$$

Тепер виміряємо відношення товщин листка і монети. Для цього просто нарежемо маленькі шматочки листочка. Складемо їх, підрівнявши по краю, за методом рядів скільки щільно стиснутих шматочків паперу відповідають товщині ребра монети. Знаючи співвідношення товщини ребра монети і товщини бумаги (у нас виходило 13 – 15), розрахуємо співвідношення об'ємів. Не варто згинати папір багатократно при визначенні співвідношення товщин паперу і монети, оскільки це призведе до збільшення похибки. Тепер можна розрахувати відношення об'ємних густин (пункт б):

$$\frac{\rho_{\text{мон}1}}{\rho_{\text{бум}1}} = \frac{m_{\text{мон}}}{V_{\text{мон}}} \cdot \frac{V_{\text{бум}}}{m_{\text{бум}}} = \frac{m_{\text{мон}}}{m_{\text{бум}}} \cdot \frac{S_{\text{бум}}}{S_{\text{мон}}} \cdot \frac{h_{\text{бум}}}{h_{\text{мон}}} = 104,4 \frac{h_{\text{бум}}}{h_{\text{мон}}} = 7,3$$

Дослід при належному виконанні доволі точний. При розрахунках по номіналам в пункті а) виходить 102, а в пункті б) вийшло 8,2.