Фізичний практикум для 10 класу: «Визначення модуля пружності (модуля Юнга) гуми»

Як відомо з фізики, модуль пружності - це величина, що характеризує пружні властивості матеріалу при малих деформаціях. Дорівнює відношенню напруженості і викликаної нею пружної відносної деформації. Розрізняють такі модулі пружності: - при осьовому розтягу-стиску (модуль Юнга, або модуль нормальної (поздовжньої) пружності); - при зсуві (модуль зсуву); - при об'ємному стиску (модуль об'ємної пружності). Модулі пружності є важливим показником в розрахунках на міцність, жорсткість.
Сила пружності, що виникає при пружній деформації розтягування або стиснення тіла, пропорційна абсолютному значенню зміни довжини тіла. Вираз, який описує цю закономірність, називається законом Гука.
Закон Гука

$F_{пр} = kx$

$F_{пр}$ - сила пружності [Н]
k - коефіцієнт жорсткості [Н/м]
x - зміна довжини (деформація) [м]

Модуль Юнга (модуль поздовжньої пружності) - фізична величина, що характеризує здатність матеріалу чинити опір розтягуванню, стиску при пружній деформації. Позначається великою літерою Е.
Названий на честь англійського фізика XIX століття Томаса Юнга.
У Міжнародній системі одиниць (СІ) вимірюється у ньютонах на квадратний метр або паскалях.

Модуль Юнга розраховується так:

$$E = \frac{F/S}{\triangle L/L} = \frac{F \cdot L}{S \cdot \triangle L} = \frac{m_n \cdot g \cdot L}{\pi \cdot \left(d_n/2\right)^2 \cdot \left(L_n - L\right)}$$

де:

- **F** - нормальна складова сили;
- **S**- площа поверхні, за якою розподілено дію сили, в $м^2$;
- **L**- довжина стрижня (джгута, шнура) до деформації, в м;
- **L_n**- довжина стрижня (джгута, шнура) після деформації, в м;
- **$\Delta L = Ln - L$**, - модуль зміни довжини стрижня (джгута, шнура) в результаті пружної деформації, в м;
- **m_n** - маса прикладеного тягаря до стрижня (джгута, шнура) в n – ому досліді, в кг ;
- **g** - прискорення вільного падіння 9,8 $м/с^2$;
- **d_n**- діаметр стрижня (джгута, шнура) в n- ому досліді, в м;
- **π –** 3,14.

Вимірювання модуля пружності (модуля Юнга) гуми

Обладнання та засоби вимірювання:

• штатив з муфтою та лапкою;
• гумовий шнур, довжиною L + 40 мм;
• вантажі на 50 г, 100 г, 150 г, 200 г, 250 г з крючками;
• лінійка довжиною 500 мм;
• мікрометр, або штангенциркуль;
• нитки;

• динамометр (якщо немає каліброваних вантажів);
• пластмасова склянка з дужкою і крючком (якщо немає каліброваних вантажів);
• кухонна сіль, 300 г (якщо немає каліброваних вантажів);
• чайна ложка (якщо немає каліброваних вантажів);

Підготовимо гумовий шнур для дослідів – загнемо кінцівки шнура і зробимо маленькі петельки на обох кінцях, перев'язавши гумовий шнур ниткою. Зачіплюємо гумовий шнур до ключка на штативі.

Заміряємо довжину гумового шнура без вантажу (від нитки до нитки) за допомогою лінійки – це буде розмір **L**, що показно на **рис. 1**.
Причепити вантаж до нижньої петельки з масою $\mathbf{m_1}$.
Гумовий шнур розтягнувся під дією вантажу m_1, вимірюємо за допомогою лінійки довжину розтягнутого гумового шнура – це буде $\mathbf{L_1}$, що показано на **рис. 2**.
Вимірюємо за допомогою мікрометра, або штангенциркуля (не стискаючи гумовий шнур) діаметр деформованого шнура – це буде діаметр розтягнутого шнура - $\mathbf{d_1}$, зрозуміло, що він буде меншим ніж в гумового шнура без вантажу.
Виміряних даних досить для обчислення модуля пружності (модуль Юнга) для гуми.
Проводимо ще декілька дослідів з більшою масою вантажів і записуємо результати вимірювань в таблицю.
Зрозуміло, що з збільшенням вантажу гумовий шнур буде подовжуватися, а його діаметр буде зменшуватися.
Результати обчислень модуля Юнга також заносимо в таблицю.
Всі обчислення необхідно проводити в системі СІ.

Якщо немає каліброваних вантажів, то можна взяти пластмасову склянку, яка має масу 30-40 г, приладнати до неї дужку з крючком і насипати в склянку кухонної солі, контролюючи масу за допомогою динамометра.
З такою конструкцією і з використанням лещат, замість штатива експерименти по вимірювання модуля пружності (модуля Юнга) гуми можливо провести навіть в домашніх умовах.

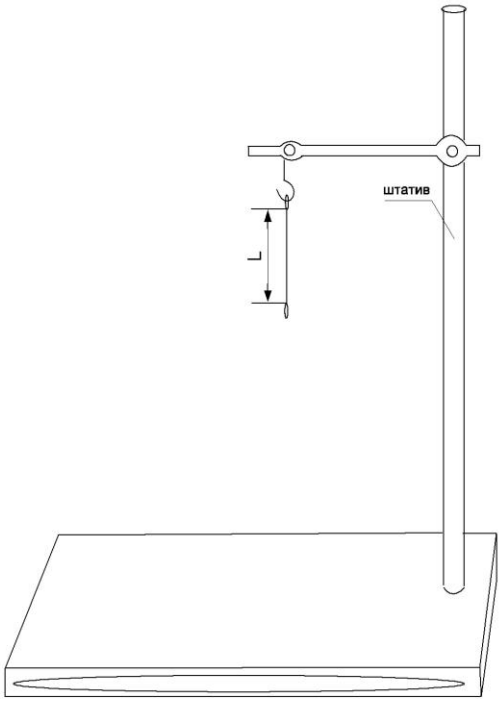

Рис. 1

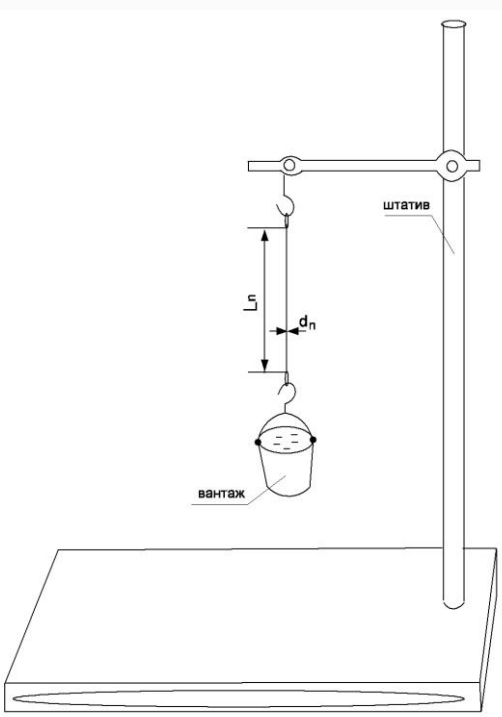

Рис. 2

Варіанти проведення дослідів з даними розрахунків приведено нижче:

n	L мм	m_n г	L_n мм	Δ L мм	d_n мм	E_n Па
1	158	50	181	23	1,70	$1{,}480 \times 10^6$
2	158	100	212	54	1,49	$1{,}645 \times 10^6$
3	158	150	255	97	1,32	$1{,}751 \times 10^6$
4	158	200	309	151	1,18	$1{,}876 \times 10^6$
5	158	250	365	207	1,08	$2{,}042 \times 10^6$

При проведенні фізичного експерименту слід змінити довжину гумового шнура, тобто взяти довжину меншу, або більшу, ніж 158 мм.

Приклад розрахунку значення модуля Юнга для першого варіанту:

$$E = \frac{m_n \cdot g \cdot L}{\pi \cdot \left(d_n/2\right)^2 \cdot \Delta L} = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}8 \cdot 158 \cdot 10^{-3}}{3{,}14 \cdot \left(1{,}7/2 \cdot 10^{-3}\right)^2 \cdot 23 \cdot 10^{-3}} = 1{,}48 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Як видно з таблиці, властивості гуми змінюються при деформації і значення модуля Юнга в деякій мірі також змінюється, середнє значення з п’яти дослідів буде E = 1.76×10^6 Па

Література: Бабин Дмитро Святославович, Інтернет
https://radioelectronics-ur5ydn.jimdofree.com/10-клас-фізичний-практикум/

Автор: Бабин Дмитро Святославович