

Дослідження пружних властивостей плоских пластин за допомогою фігур Хладні

Виконав: Жилко Дмитро, учень
Хмельницького ліцею №17

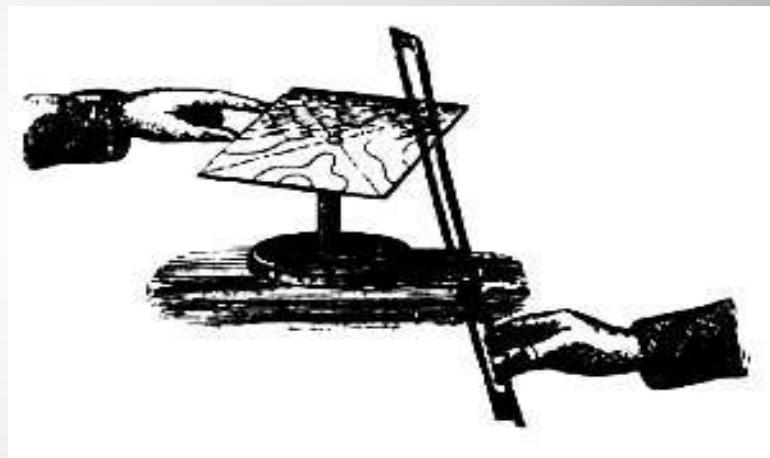
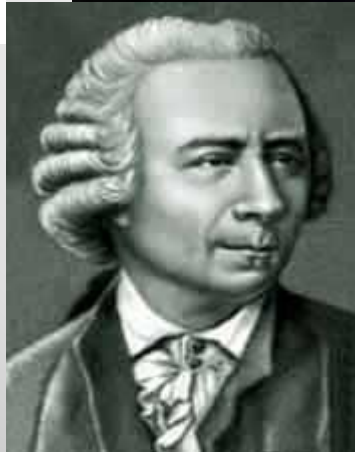
- **Актуальність роботи** полягає в тому, що метод розподілу сипучих речовин й дослідження коливань пластин складної форми є надзвичайно важливими при створенні сучасних електронних плат, визначення пружних характеристик й точок найбільшого напруження в деталях складної форми.
- **Мета дослідження:** дослідити коливання пластин різної форми за допомогою метода Хладні, з'ясувати залежність виду фігур Хладні від частоти звукових коливань, визначити пружні характеристики картону та пластин складної форми.

- **Об'єкт дослідження:** картонні пластини круглої, прямокутної, чотирикутної, п'ятикутної та шестикутної форми в яких розповсюджуються звукові хвилі різної частоти.
- **Суб'єкт дослідження:** наукова література, матеріали Інтернету.
- **Новизна дослідження** полягає в тому, що метод перерозподілу сипучих речовин при коливаннях пластин під дією звукових хвиль було застосовано для визначення модуля пружності картону якого немає в типових таблицях фізичних величин та визначено коефіцієнти пружності пластин правильної геометричної форми.

ІСТОРІЯ ВІДКРИТТЯ



Marie CURIE (Portrait des 4 Étoiles de 1911)



- Теоретичні знання:

$$c = \sqrt{\pi d \nu} \sqrt[4]{\frac{k}{3\rho(1 - \sigma^2)}}$$

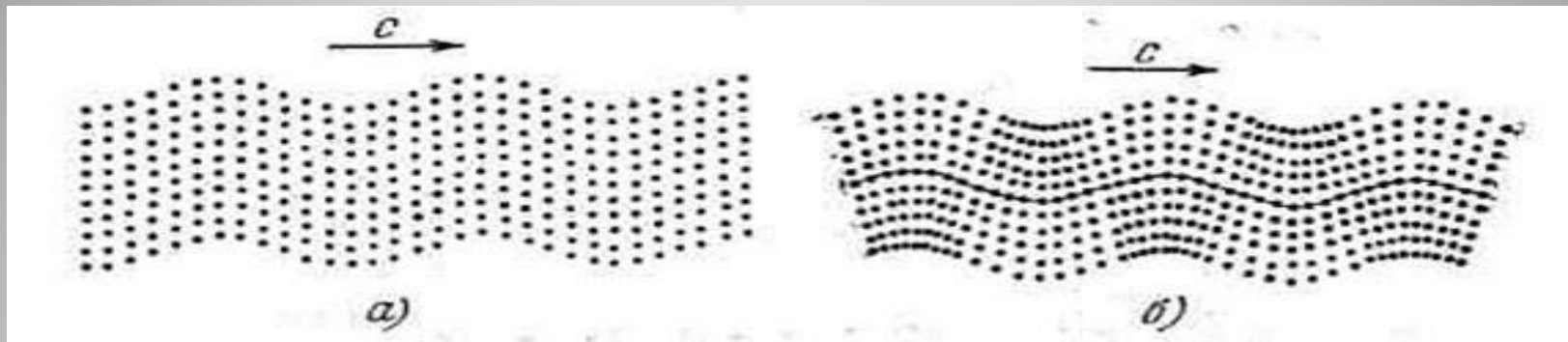
де d — товщина пластинки, ν — її частота, ρ — густина матеріалу пластинки, k — модуль пружності і σ — коефіцієнт поперечного стиснення (Пуассона).

- З чого можемо зробити висновок, що

$$c \sim \sqrt{\nu}.$$

- Оскільки $c = \lambda \nu$, звідси випливає, що

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{\nu}}$$



Схематичні зображення поперечної і вигинистої хвиль.
а – в поперечній хвилі коливання частинок твердого тіла відбуваються в напрямі, строго перпендикулярному до напрямку розповсюдження хвилі.

б – вигиниста хвиля одночасно подовжня і поперечна: частинки пластинки, по якій розповсюджується хвиля, здійснюють складний коливальний рух, що має складові, перпендикулярні і паралельні до напрямку розповсюдження хвилі; чисто поперечна хвиля, як показує схематичний малюнок, розповсюджується тільки по середньому перетину пластинки.

Таблиця результатів досліджень круглої пластини:

Частота ν , Гц					
360	0,028	0,056	20,16	18,97	1,063
540	0,023	0,046	24,84	23,23	1,069
720	0,020	0,040	28,80	26,83	1,070
1080	0,016	0,032	34,56	32,86	1,050
3320	0,009	0,018	59,76	54,95	1,080
4400	0,008	0,016	70,4	66,33	1,060

Розрахунок похибки:

1,065	0,002	0,008	0,7
	0,004		
	0,005		
	0,015		
	0,015		
	0,005		

- Графіки

$$k = \left(\frac{c}{\sqrt{\nu}}\right)^4 \frac{3\rho(1 - \sigma^2)}{\pi^2 d^2}$$

σ - коефіцієнт Пуассона — це міра зміни поперечних розмірів ізотропного тіла при деформації розтягу.

Обчислимо коефіцієнт жорсткості круглої пластинки:

$$k = (1,065)^4 \frac{3 * 1014 * (1 - 0,3^2)}{3,14^2 * 0,3^2 * 10^{-6}} = 4,013 * 10^9 \left(\frac{H}{M}\right)$$

Підрахуємо модуль Юнга для картону:

$$E = \frac{kd}{S} = \frac{4,013 * 10^9 * 0,30 * 10^{-3}}{30 * 10^{-3}} = 4 * 10^7 (\text{Па})$$

Таблиця підрахунків коефіцієнту жорсткості:

$$S = \frac{n * a^2}{4 * tg \frac{180}{n}}, n - \text{кількість кутів, } a - \text{довжина сторони}$$

$d = 0,3 * 10^{-3}$ - товщина картону.

$k = \frac{ES}{d}$, коефіцієнт прожності.

к-тькутів		
4		
5		
6		

Одержана методика дозволяє визначити пружні характеристики об'єктів довільної форми і полягає в наступному:

1) з матеріалу, аналогічному матеріалу зразка вирізаємо круглу пластину та методом фігур Хладні визначаємо довжину звукової хвилі;

2) визначаємо коефіцієнт жорсткості пластини за формулою $k = \left(\frac{c}{\sqrt{v}}\right)^4 \frac{3\rho(1-\sigma^2)}{\pi^2 d^2}$;

3) визначаємо модуль Юнга матеріалу за допомогою формули $E = \frac{kd}{s}$

Висновки:

- **Фігури Хладні** - візерунки, що утворюються накопиченням дрібних частинок поблизу пучностей чи вузлових ліній стоячих хвиль на поверхні пружної пластинки, що коливається.
- Метод розподілу сипучих речовин й дослідження коливань пластин складної форми є надзвичайно важливими при створенні сучасних електронних плат, визначення пружних характеристик й точок найбільшого напруження в деталях складної форми.
- В роботі проводились дослідження вигляду фігур Хладні від форми та розміру плоских картонних пластин. Одержано вигляд інтерференційної картини для п'яти пластин правильної геометричної форми: круга, квадрата, п'ятикутника, шестикутника, восьмикутника.

- Дослідження залежності швидкості звуку від кореня з частоти хвилі показав, що значення $C \sim \sqrt{\nu}$, що дає повне узгодження з теорією вигинистої хвилі.
- Аналіз графіків підтверджує прямо пропорційну залежність C від $\sqrt{\nu}$ та обернено пропорційну залежність λ від $\sqrt{\nu}$. Це дає підставу стверджувати, що теорія розповсюдження вигинистої хвилі є справедливою і на її підставі можна визначити пружні характеристики пластин.
- Одержані результати: модуль Юнга для картону, коефіцієнти жорсткості пластин правильної геометричної форми
- Одержана методика дозволяє визначити пружні характеристики об'єктів довільної форми .
- Методи цієї техніки зазвичай використовують при проектуванні і виготовленні музичних інструментів таких як скрипка, гітара та віолончель, в дефектоскопії та для дослідження виробів у цілому.

- Список джерел

Дякую за увагу!!!