

Лекция 7

I. Упругие свойства
сплошных сред

II. Колебания частицы

III. Механические волны

• I. Упругие свойства сплошных сред

• Закон Гука $F = -k\Delta x$,

Открытия

К числу открытий Гука принадлежат:

- открытие пропорций
- правильная формулировка закона Гука (он не сообщал),
- открытие цветов тонких плёнок
- идея о волнообразности света
- гипотеза о поперечности колебаний
- открытия в акустике,
- теоретическое положение о постоянстве скорости звука
- закон Бойля (каков закон Гука, так и закон Бойля)
- живая клетка (с помощью микроскопа)
- непосредственное доказательство существования вакуума

Первое из этих открытий означало «*Ut tensio*»

в обобщённом виде служило основанием математическим законам Гука, но Гук, наблюдая цвета тонких пластин, воды под микроскопом, ранее Ренальдини; идея

Другие достижения

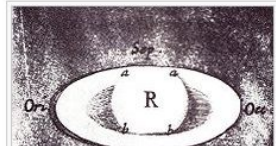
Идею же об универсальной силе тяготения, с письмом 6 января 1680 года Ньютона Гуку вперёд. Гук был главным помощником Кристофера Рена при восстановлении Лондона после великого пожара 1666. В соответствии с законом Кеплера для некруговых орбит (вплоть до эллипсов) Церковь Вилленского прихода в Милтон-Кинсе, см. рисунки). В частности, сотрудничал с Реном в строительстве предшественниками Гука называют Кеплера, градостроительство, предложил новую схему планировки улиц при восстановлении Лондона. Однако большинство самых важных результатов

В. И. Арнольд в книге «Гюйгенс и Барроу, Ньютоны» даже вполне корректно обоснован им для слу

Приводимые там цитаты Ньютона, оспаривают. В 1665 году он опубликовал книгу под названием *Micrographia*, содержащую описание ряда исследований с использованием микроскопа. Таким образом, Гук утверждал, что сделал это же открытие независимо и раньше, но он никому об этом не сообщал, и не осталось никаких документальных свидетельств влияния письма Гука.

Ряд современных авторов полагают, что главным вкладом Гука в небесную механику было представление движения Земли в виде суперпозиции колебаний. В частности, этот способ рассмотрения давал непосредственную базу для выяснения природы второго закона Ньютона.

В упомянутой выше книге Арнольда указывается, что Гуку принадлежит открытие закона, который в своё время явно об этом пишет (самому же Бойлю принадлежит лишь первенство публикации). Впрочем, реальный вклад Гука в механику. С помощью усовершенствованного им микроскопа Гук наблюдал структуру растений и дал чёткий рисунок (Micrographia, 1665) он описал клетки бузины, укропа, моркови, привел изображения весьма мелких объектов. В работе Гук изложил свою теорию цветов, объяснил окраску тонких слоёв отражением света от их поверхности, механического движения частиц вещества.



Микроскоп Гука (гравюра из «Микрографии»)

Барометр Гука

образны. Во-первых, следует сказать о том, что мастер Томпсон сделал для Карла II микроскоп Гука, но независимо от него; зацепляющ

обществу малый квадрант, в котором применялись различные инструменты трубами, он применялся наблюдениями; между прочим, он

и различных геометрических кривых (эллипсов, парабол, гипербол, спиралей), усовершенствованный барометр, гигрометр, анимометр, сцепления, о взвешивании воздуха, винтовых зубчатых колёс, описанных им в работе на судах, Гук применил для передачи информации с Гюйгенсом, около 1660 предложил эти т

Роберт Гук

Robert Hooke



Портрет Роберта Гука, современная реконструкция по описаниям его коллег, 2006 год

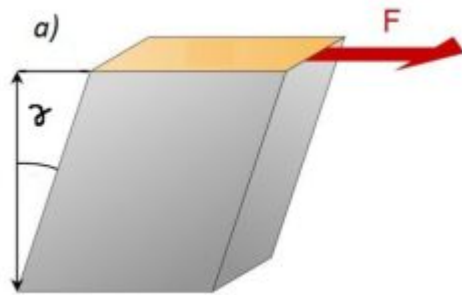
Дата рождения:	18 июля 1635
Место рождения:	Фрешуотер, остров Уайт, Англия
Дата смерти:	3 марта 1703 (67 лет)
Место смерти:	Лондон, Англия
Страна:	 Королевство Англия
Научная сфера:	механика, физика, химия, биология
Альма-матер:	Крайст-Чёрч, Оксфорд
Научный руководитель:	Роберт Бойль
Известен как:	закон Гука микроскопия первым использовал слово клетка

I. Упругие свойства сплошных сред

- Закон Гука $F = -k\Delta x$, $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$.
- Относительное удлинение $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$.
- Растяжение

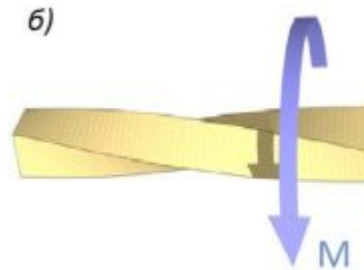
$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{K \cdot \sigma}{l_0} = \frac{\sigma}{E}$$

- Сдвиг



$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\tau}{G}$$

Кручение



$$M = f \cdot \varphi,$$

- Объёмное растяжение (сжатие)

$$\begin{cases} \varepsilon_x = -\mu_x \frac{\sigma_x}{E_x}, \\ \varepsilon_y = -\mu_y \frac{\sigma_y}{E_y}, \\ \varepsilon_z = -\mu_z \frac{\sigma_z}{E_z}. \end{cases}$$

- II. Колебания частицы

- Простое гармоническое колебание $x = A \cos(\omega t + \varphi),$

$$v = \dot{x} = -\omega A \sin(\omega t + \varphi). \quad a = \dot{v} = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x.$$

$$F = ma = -m\omega^2 x.$$

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0.$$

- Колебания груза на пружине

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

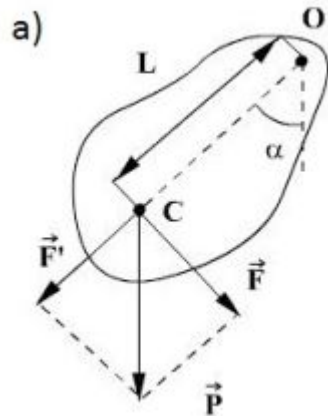
$k = -m\omega^2$ – коэффициент жёсткости пружины.

$$T = 2\pi / \omega.$$

$$\omega = \sqrt{k/m}$$

- Физический маятник

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgh}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$



$$E_{\text{кин.}} = \frac{1}{2} I \dot{\alpha}^2,$$

$$E_{\text{пот.}} = mgh = mgL(1 - \cos \alpha) = 2mgL \sin^2 \frac{\alpha}{2}.$$

$$E_{\text{пот.}} = \frac{1}{2} mgL \alpha^2.$$

- II. Колебания частицы

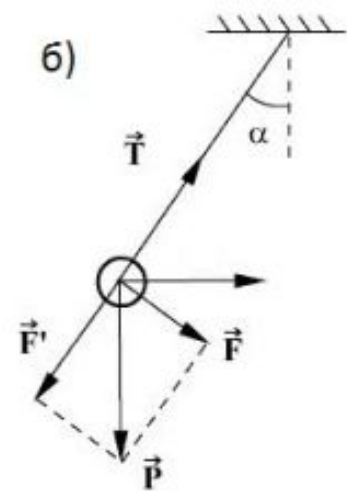
- Математический маятник

- Энергия колеблющейся частицы

$$E_{\text{кин.}} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\dot{x}^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi),$$

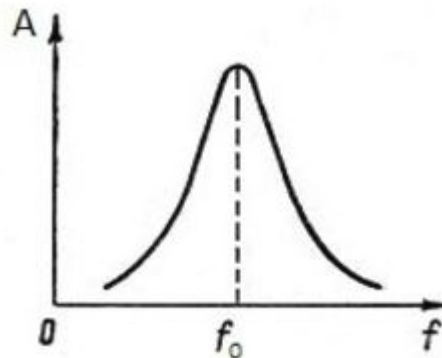
$$E_{\text{пот.}} = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 x^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi).$$

$$E_{\text{кин.}} + E_{\text{пот.}} = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 [\sin^2(\omega t + \varphi) + \cos^2(\omega t + \varphi)] = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \text{const.}$$



- Свободные и вынужденные колебания

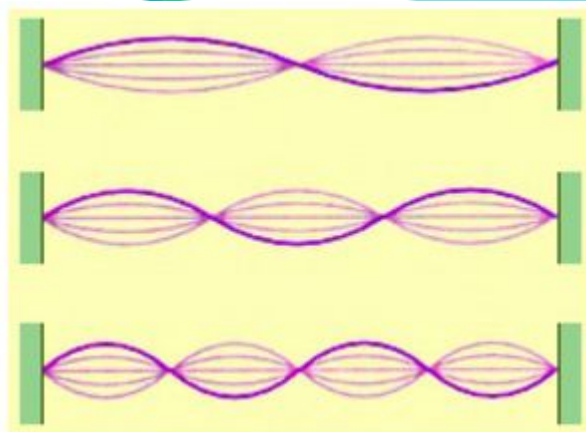
- Резонанс



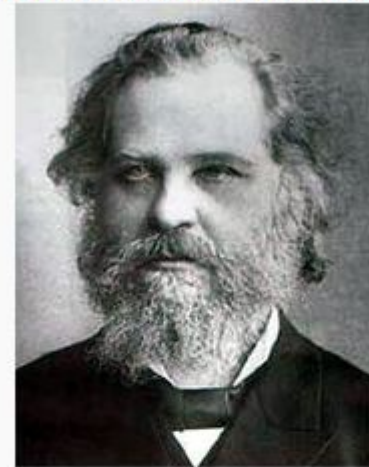
• III. Механические волны

- Продольные волны
- Поперечные волны
- Бегущие волны
- Стоячие волны
- Вектор Умова

$$J = \frac{d^2W}{dt dS}$$



Николай Алексеевич Умов




Дата рождения: 23 января (4 февраля) 1846

Место рождения: Симбирск

Дата смерти: 15 (28) января 1915 (68 лет)

Место смерти: Москва

Страна:  Российская империя

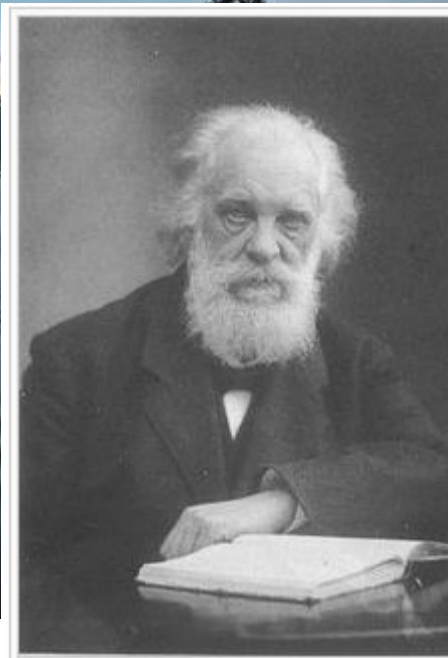
Научная сфера: Физика

Место работы: МГУ

Альма-матер: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

Известные ученики: А. В. Цингер

Известные ученики: А. В. Цингер



- III. Механические волны
- Звуковые волны, 16 Гц – 20 кГц

○ Частота звука, которую воспринимает наше ухо лежит в диапазоне от 16 Гц (т.е., 16 колебаний за 1 секунду) до $20 \cdot 10^3$ Гц. Звук с меньшей частотой ($\nu < 16$ Гц) называется *инфразвук*, с большей частотой ($\nu > 20$ кГц) - ультразвук. А если частота звука лежит в пределах ($10^9 \div 10^{12}$) Гц, то его называют *гиперзвук*.

- **Тембр звука** - набор гармонических составляющих звуковой волны.

- **Высота звука** - основная частота, выделяющаяся среди других гармоник.

- **Интенсивность звука** - его энергетическая характеристика, зависящая от амплитуды звукового давления, от свойств среды и от формы волны. Другими словами, интенсивность звука - это средняя по времени энергия, переносимая за единицу времени через единицу площади звуковой волной.

- **Громкость звука** - субъективная характеристика звука, связанная с его интенсивностью и зависящая от частоты. Единица измерения громкости звука - Бел - настолько большая величина, что используется кратная ей единица - децибел ($1 \text{ дБ} = 10^{-1} \text{ Б}$).

- **Скорость звука.**

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

- Пифагор, Жак Рамо, Кеплер, Эйлер, Андрей Веркмейстер

$$2^7 \approx (3/2)^{12}$$



Спасибо за внимание