Метлин Михаил Тимофеевич
Пропустили семинар
Есть справка -> По уважительной причине
Нет справки -> неуваж
2 пропуска по неуважительной причине -> допуск от заместителя декана
Отработка семинара = решение задач с семинара (1/всех)
5 вариантов задач. Вариант связан с номером в Электронном Журнале
4 задачи до 1 (до 1 РК), 2 до 2 (15 нед)
Вариант = (номер-1) %5+1
Сдали не в срок - не максимум баллов
Условия переписываем, всё **расписываем подробно**
Защита типовиков: pdf задачи. Присылаем. Правим. Присылаем. Можно защищать. Очно защищаем.
Консультация будет назначена через месяц.
Защита = "Это что? Это откуда?"
РК на лабах
5 семинаров - 1 модуль
3 семинара - 2 модуль
Активное участие в семинарах обязательно

лекции зависят от лабника

14/02/2025

Колебания - это повторяющийся во времени периодический процесс

$$\vec{F} = m\vec{a}$$
$$\vec{F}\text{ - Мера воздействия на тело}$$
$$0x|\ m\ddot{x} = -kx$$
$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$$
$$\frac{k}{m} = \omega_0^2$$
$$\omega\left[\frac{\text{рад}}{\text{с}}\right]$$
$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$
$$A; \omega; T; \nu$$
$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = [\text{c}]$$
$$2\pi\nu = \omega$$

$$\text{Для математического}$$
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}, \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$x = A \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$$

Для решения:

1. Записываем уравнение динамики в случае неравновесного состояния системы
2. Сводим к шаблонному уравнению
3. Находим из него частоту и всё, кроме амплитуды
4. Амплитуду находим через частное решение

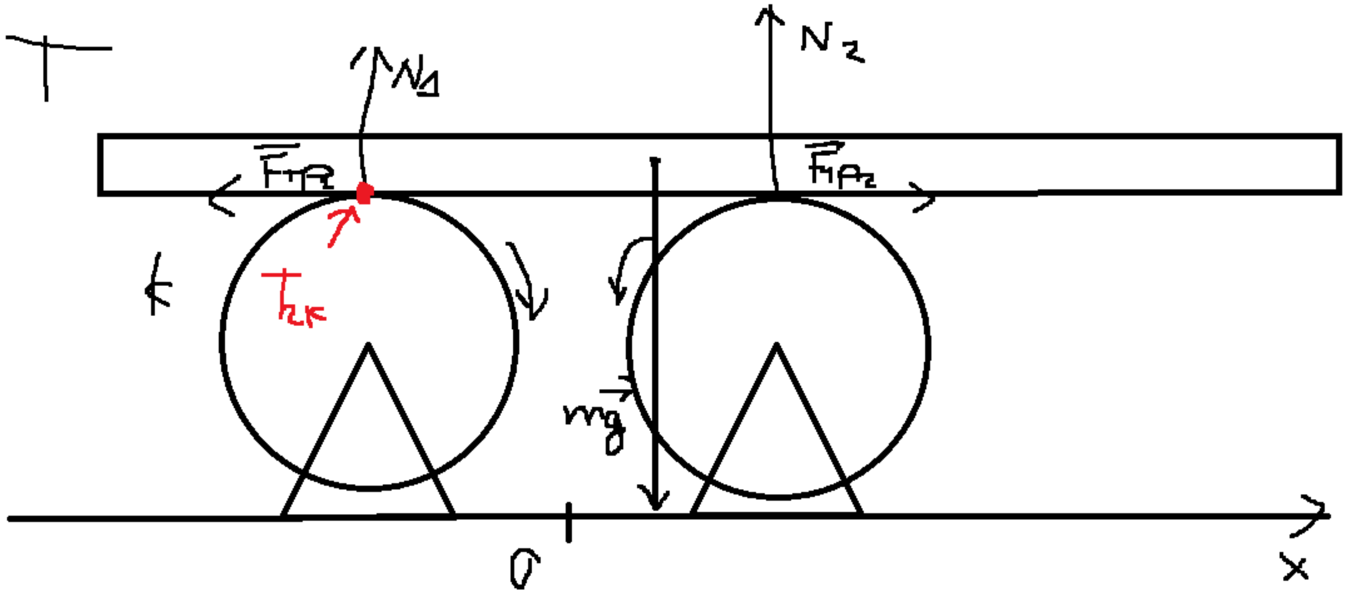
оксиальные вектора - это не вектора

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

Линейное движение	Вращательное движение
$< br > \vec{F}$ $< br > \vec{r}$ $< br > \vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ $< br > \vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt}$ $< br > m$ $< br > \vec{p} = m\vec{V}$ $< br >$	$< br > \vec{M}$ $< br > \varphi ?$ $< br > \vec{\omega} = \vec{r} \times \vec{V}, \omega = \frac{d\varphi}{dt}$ $< br > \vec{\varepsilon}, \varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$ $< br > I$ $< br > \vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ - Момент импульса $< br >$

$$m\vec{a} = \vec{F} \implies \vec{M} = I\vec{\varepsilon}$$
$$\vec{p} = m\vec{V} \implies \vec{L} = I\vec{\omega}$$
$$E_l = \frac{mV^2}{2} \implies E_k = \frac{I\omega^2}{2}$$

$$\text{Ньютон:}$$
$$a = \frac{F}{m}$$
$$\frac{dV}{dt} = \frac{F}{m}$$
$$dV \cdot m = F \cdot dt$$
$$d\vec{p} = \vec{F} \cdot dt$$
$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$
$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$$
$$\vec{F} = 0 \implies \vec{p} = C$$
$$\vec{M} = 0 \implies \vec{L} = C$$
$$L \text{ ˜ } mVr$$
$$mV_1r_1 = mV_2r_2$$



T
N_1
N_2
$\vec{F}_{тр2}$
$\vec{F}_{тр2}$
T_{2K}
K
$m\vec{g}$
O
x

$$m\ddot{x} = -\vec{F}_2 + \vec{F}_1$$
$$m\ddot{x} = k(-\vec{N}_2 + \vec{N}_1)$$
$$\ddot{x} = \frac{k}{m}(-\vec{N}_2 + \vec{N}_1)$$
$$0 = -mg + N_1 + N_2$$
$$mg = N_1 + N_2$$
$$|\vec{M}| = \text{плечо} \cdot |\vec{F}|$$
$$\sum \vec{M}_i = 0 \implies$$
$$M_{N_1} + M_{N_2} + M_{mg} + M_{F_1} + M_{F_2} = 0$$
$$M_{N_1} = M_{F_1} = M_{F_2} = 0$$
$$M_{mg} = \left(x + \frac{l}{2}\right)mg, M_{N_2} = -lN_2$$
$$mg\left(x + \frac{l}{2}\right) = lN_2$$
$$N_2 = mg\left(\frac{1}{2} + \frac{x}{l}\right)$$
$$N_1 = mg\left(\frac{1}{2} - \frac{x}{l}\right)$$
$$\ddot{x} + \frac{k}{m}mg\left(\frac{1}{2} + \frac{x}{l} - \frac{1}{2} + \frac{x}{l}\right) = 0$$
$$\ddot{x} + \frac{2kg}{l}x = 0 \implies \omega_0 = \sqrt{\frac{2kg}{l}}$$
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{2kg}}$$

$$F_{\text{вязкого трения}} = -\alpha V$$
$$m\ddot{x} = -kx - \alpha\dot{x}$$
$$\ddot{x} + \frac{\alpha}{m}\dot{x} + \frac{k}{m}x = 0$$
$$\frac{\alpha}{m} = 2\beta$$
$$X = X_{max}\cos(\omega t + \varphi_0)e^{-\beta t}$$
$$t = \frac{1}{\beta} \text{ - позволяет анализировать затухание}$$

Долг

28/02/2025

Волновое уравнение

$$\Delta\vec{f} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2\vec{f}}{\partial t^2}$$
$$\Delta f = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)f$$

Частное решение - $g(\omega t + kx)$

Пример:

$$\begin{cases} \nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \\ \nabla \cdot E = 0 \\ \nabla \times B = \frac{\partial E}{\partial t} \end{cases}$$

$$\nabla \times (\nabla \times E) = \cancelto{0}{\nabla \cdot (\nabla \cdot E) C} - \Delta E = -\Delta E$$

$$\nabla \times \left(-\frac{\partial B}{\partial t} \right) = -\frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times B) = -\frac{\partial^2}{\partial t^2} E$$

$$-\Delta E = -\frac{\partial^2}{\partial t^2} E$$

$$\Delta E = \frac{\partial^2}{\partial t^2} E \Rightarrow v = 1$$

$$E = E_0 \cos(\omega t - kx) \text{ - гармоническая плоская волна}$$

$$\lambda - \text{ Пространственный период - длина волны}$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} = k \text{ - пространственная частота}$$

$$E = E_0 \cos\left(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi}{\lambda} x \right)$$

$$v = \frac{\omega}{k} \text{ - скорость передачи возмущения}$$

Звуковые колебания имеющие частоту 500Гц и амплитуду 0.25 мм распространяются в воздухе.
Дано:

$$\nu = 500 \text{ Гц}$$
$$d = 0.25 \text{ мм}$$
$$\lambda = 70 \text{ см}$$
$$v_{\text{распр}} = ?, v_{\text{колебаний частиц}}$$

Решение:

$$v_{\text{распр}} = \frac{\omega}{k} = \frac{2\lambda\pi}{T 2\pi} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu = 0.7 \cdot 500 = 350 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$
$$\xi(t) = \xi_0 \sin(\omega t - kx)$$
$$v_{\text{кол}} = \xi_0 \omega \cos(\omega t - kx) \Rightarrow \max(v_{\text{кол}}) = \xi_0 \omega$$
$$v_{\text{кол}} = 0.785 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Лекция 7 механика волны. вывод звуковых волн стержня. Вывод волнового уравнения.
Обозначения из теории упругости:
$\frac{F}{S} = \frac{kx}{S}$
k - коэффициент жёсткости
x - абсолютное удлинение
F - сила упругости стержня
$S_\perp$ - площадь поперечного нормального сечения. Далее обозначается как S
$\sigma = \frac{F}{S_\perp}$ - нормальное напряжение силы упругости
$\varepsilon = \frac{x}{l}$ - относительное растяжение, где
l - первоначальная длина
$\sigma S = kx$
$\sigma S = k\varepsilon l$
$\sigma = \frac{kl}{S}\varepsilon$
$E = \frac{kl}{S}$ - модуль Юнга
$\sigma = E\varepsilon$
Сам вывод:

"Локальные" обозначения:

dx - длина участка, изменения "границы" возмущения за время dt

C - скорость передачи возмущения в среде (скорость звука)

dt - время

$dx = C \cdot dt$ - из геометрических соображений

dm - масса участка стержня, соответствующего этому участку

ρ - плотность среды

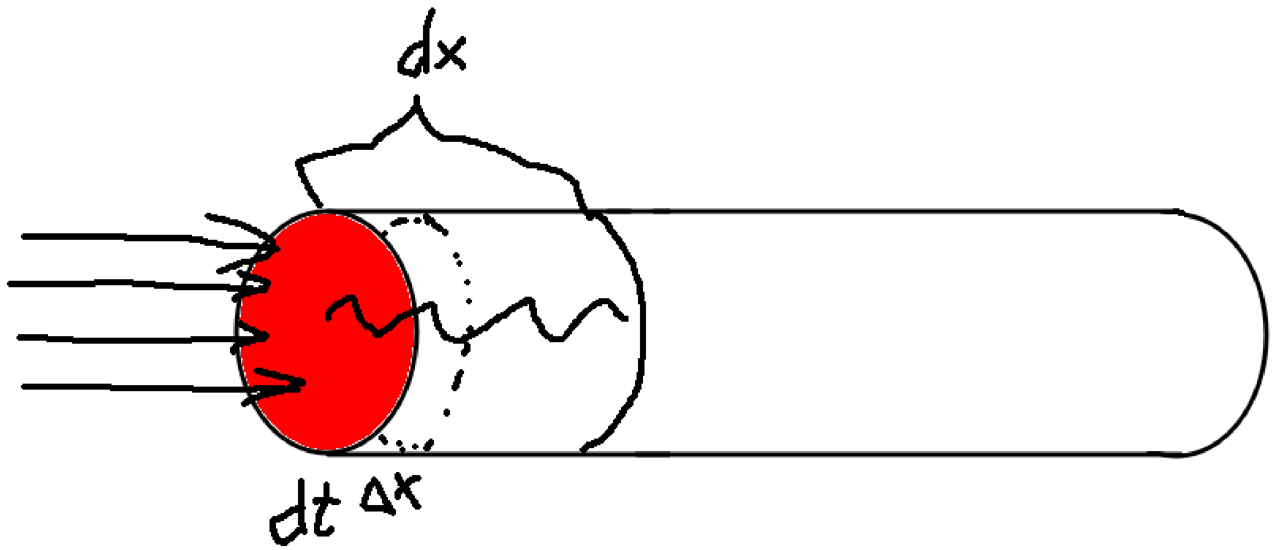
dV - элементарный объём

$dm = \rho \cdot dV$ - определение плотности

$dV = S \cdot dx$ - из геометрических соображений

$\Rightarrow dm = \rho SCdt$

Рассуждения:



В начальный момент времени сила приложена к части стержня, выделенной красным. Спустя время dt стрежень продеформировался и сила стала действовать к другой части стержня (смещённой на Δx от красной).

За это время этот кусочек приобрёл импульс:

$dp = u \cdot dm$, где u - скорость движения элемента массы dm

$\Rightarrow dp = u \cdot \rho SCdt$

$\Rightarrow F = \frac{dp}{dt} = u\rho SC$

$\Rightarrow \sigma S = u\rho C$

$\Rightarrow E\varepsilon = u\rho C$

Т.к. кусочек длинной dx сжался на Δx, по определению $\varepsilon = \frac{\Delta x}{dx}$

$\Rightarrow E\frac{\Delta x}{dx} = u\rho C$

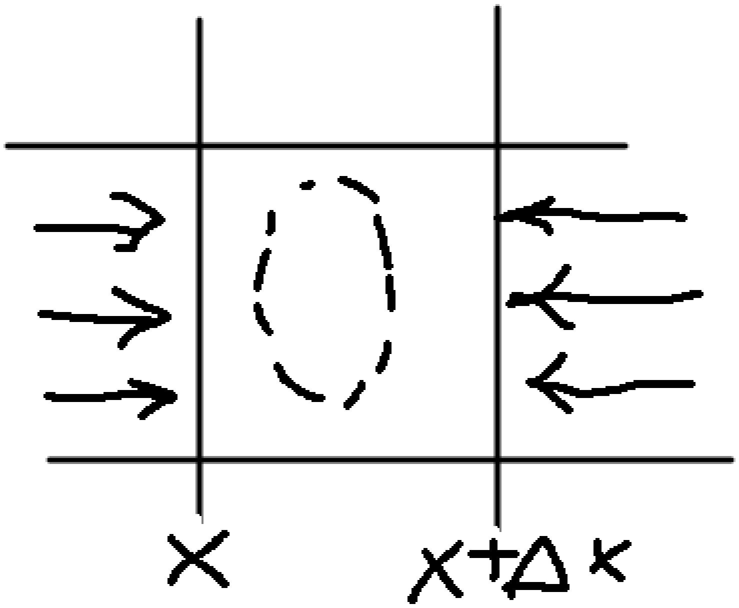
$\Delta x = udt$ - из геометрических соображений

$\Rightarrow E\frac{\cancel{u}\,\cancel{dt}}{C\,\cancel{dt}} = \cancel{u}\,\rho C$

$\Rightarrow E \cdot \frac{1}{C} = \rho C$

$\Rightarrow \frac{E}{\rho} = C^2$

$\Rightarrow C = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ - скорость распространения звука в среде



$\Delta m \cdot a = F_2 - F_1$ - второй закон Ньютона

$\Delta m = \rho \cdot \Delta V = \rho S \cdot \Delta x$

$\Rightarrow a \cdot \rho \cdot \Delta x \cdot S = F_2 - F_1$

x_1 - координата, задающая положение участка стержня, после смещения

$\varepsilon = \frac{\Delta x_1 - \Delta x}{\Delta x} = \frac{\Delta \eta}{\Delta x}$

$\lim_{\Delta x \to 0} \varepsilon = \frac{d\eta}{dx}$

$F = \sigma S = E\varepsilon S$

$a = \frac{d^2\eta}{dt^2}$

$\Rightarrow \frac{d^2\eta}{dt^2} \cdot \rho \cdot \Delta x \cdot \cancel{S} = E\varepsilon_2 \cancel{S} - E\varepsilon_1 \cancel{S}$

$\varepsilon_2 = \varepsilon(x + \Delta x),\ \varepsilon_1 = \varepsilon(x)$

$\Rightarrow \ldots \approx E\left(\varepsilon(x_0) + \frac{d\varepsilon}{dx}(x_0) \cdot \Delta x\right) - E\varepsilon(x_0) = E\frac{d\varepsilon}{dx} \cdot \Delta x$

$\Rightarrow \frac{d^2\eta}{dt^2} \cdot \rho = E\frac{d\varepsilon}{dx}$

$\Rightarrow \frac{d^2\eta}{dt^2}\rho = E\frac{d}{dx}\left(\frac{d\eta}{dx}\right) = E\frac{d^2\eta}{dx^2}$

$$\frac{d^2\eta}{dt^2} = \frac{E}{\rho}\frac{d^2\eta}{dx^2}$$

После замены $\frac{E}{\rho} = v^2$ получим волновое уравнение.

$$\frac{d^2A}{dt^2} = v^2\frac{d^2A}{dx^2}$$

где $v = \mathrm{const}$ - групповая скорость волны

$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ - скорость передачи возмущения

Решение волнового уравнения

$$\frac{\partial^2\eta}{\partial t^2} = v^2\frac{\partial^2\eta}{\partial x^2}$$
$$\eta(t-\Delta t) = \eta\left(t-\frac{x}{v}\right)$$
$$\eta(x,t) = A_0\cos\left(\omega\left(t-\frac{x}{v}\right)\right) \text{ - функция, удовлетворяющая уравнению}$$
$$\eta = A_0\cdot\cos\left(\omega t-\frac{\omega}{v}\cdot x\right)$$

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ - циклическая частота, где T - временной период ($\eta(x,t+T) = \eta(x,t)$)
$\eta = A_0\cos\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{T\cdot v}x\right)$,
$\lambda = T\cdot v$ - пространственный период ($\eta(x+\lambda,t) = \eta(x,t)$)

$$\eta = A_0\cos\left(\frac{2\pi}{T}t-\frac{2\pi}{\lambda}x\right)$$

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$ - волновой вектор, волновое число - пространственная частота

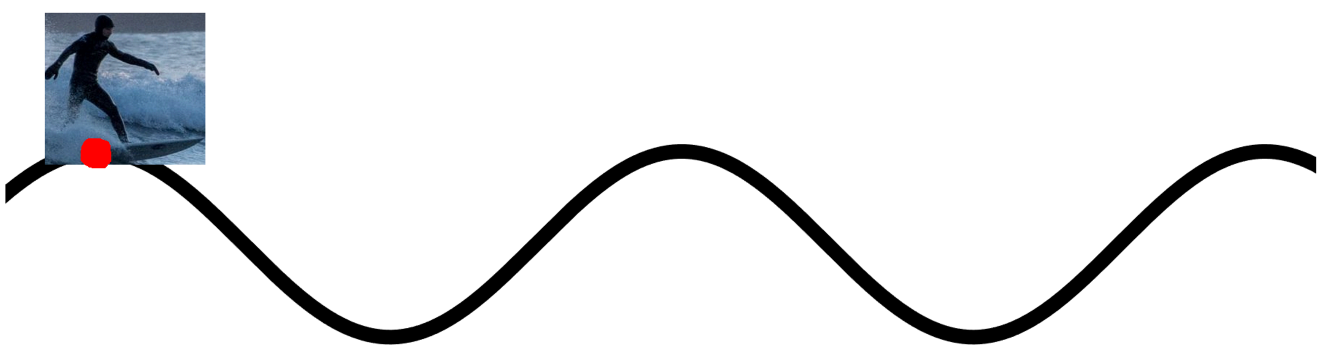
$$\eta = A_0\cos(\omega t \mp kx)$$

$-$ если направление движения волны совпадает с направлением оси x

$$\eta = A_0\cos(\omega t - \vec{k}\vec{r})$$

Уравнение плоской гармонической волны
Волна - некоторый периодический процесс в пространстве и во времени передачи возмущения от одной точки среды к другой спустя время.
Волны бывают:
продольные (возмущение и направление передачи совпадают)
Поперечные (возмущение и направление передачи перпендикулярны)

Скорость распространения волн:



Для сёрфера волна имеет всегда одну и ту же фазу.

$$\eta(x,t) = A_0\cos(\omega t - kx)$$
$$\omega t - kx = \text{const}$$
$$\omega t - kx = \text{const}\left|\frac{d}{dt}\right.$$
$$\omega - kv = 0$$
$$v_{\text{фазовая}} = \frac{\omega}{k}$$

Сферические волны
Сферические волны - такие волны, у которых волновой фронт сферический. (окружность - это 2d-

сфера)
Волновой фронт - геометрическое место точек, до которых к данному моменту времени дошло возмущение.

Допустим, в воду кинули камень. Он передаст системе энергию, которая будет распространяться по поверхности воды за счёт сферических волн.
Уравнение сферической волны:

$$\eta(x, t) = \frac{A}{r} \cdot \cos(\omega t - kx)$$

где A - амплитуда, r - радиус

Об энергии:

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} \cdot \frac{E}{\rho} = \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2}$$

$$E_{\text{полная}} = E_{\text{кинетическая}} + E_{\text{потенциальная}}$$

$$E_{\text{к}} = \frac{mu^2}{2} = \frac{\rho V u^2}{2} = \frac{\rho V \left(\frac{\partial \eta}{\partial t}\right)^2}{2}$$

$$E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2} = \frac{ESx^2}{l \cdot 2} = \frac{ES(\varepsilon l)^2}{l \cdot 2} = \frac{ESl\varepsilon^2}{2}$$

$$\lim_{\Delta x \to 0} E_{\text{п}} = \frac{ESl\left(\frac{d\eta}{dx}\right)^2}{2}$$

$$E = \frac{1}{2}\rho V \left(\left(\frac{\partial \eta}{\partial t}\right)^2 + \cancelto{u^2}{\frac{E}{\rho}} \cdot \left(\frac{\partial \eta}{\partial x}\right)^2 \right)$$

$$E = \frac{1}{2}\rho V \left(\left(\frac{\partial \eta}{\partial t}\right)^2 + u^2 \left(\frac{\partial \eta}{\partial x}\right)^2 \right)$$

$$\eta = A_0 \cos(\omega t - kx)$$

$$\dot{\eta} = -\omega A_0 \sin(\omega t - kx)$$

$$\eta_x = kA_0 \sin(\omega t - kx)$$

$$\Rightarrow$$

$$E = \frac{1}{2}\rho V A_0^2 (\omega^2 + \cancelto{\omega^2}{u^2 k^2}) \sin^2(\omega t - kx)$$

$$E = \rho A_0^2 \omega^2 \sin^2(\omega t - kx) V$$

$$\langle E \rangle_T = \frac{1}{2}\rho A_0^2 \omega^2 V$$

$$\Omega = \frac{\langle E \rangle_T}{V} = \frac{1}{2}\rho A_0^2 \omega^2 = \text{const - плотность энергии гармонической волны}$$

Вектор переноса энергии
$\vec{v}$ - скорость переноса энергии
Через время dt в объёме dV будет находится энергия $E = \Omega dV$
$dV = S \cdot dx = S \cdot vdt \cos\alpha$
$E = \Omega \cdot S \cos\alpha \cdot vdt$
$\vec{j} = \Omega \vec{v}$ - вектор потока энергии
$E = jS \cos\alpha dt$
$P = \frac{E}{t} = jS\cos\alpha = \vec{j} \cdot \vec{S}$ - мощность переноса энергии - вектор Умова
$\vec{S} = S \cdot \vec{n}$

Интенсивность волны - средняя по времени мощность энергии, переносимая волной через площадку в направлении перпендикулярном к этой площадке.

Когерентные волны - монохроматические волны, у которых разность фаз остаётся постоянной во времени и пространстве
Интерференция - перераспределение энергии в пространстве и во времени в процессе взаимодействия 2 и более когерентных волн.

Например, волны сталкивающиеся и отражающиеся от стенки
$\eta_1 = A_0 \cos(\omega t - kx)$
$\eta_2 = A_0 \cos(\omega t + kx)$
$\eta = \eta_1 + \eta_2 = A_0 \cdot 2\cos(\omega t) \cdot \cos(kx) = 2A_0 \cos(kx) \cos(\omega t)$
$A = 2A_0 \cos(kx)$ - амплитуда стоячей волны

$A = A_{\max} \Leftrightarrow \cos kx = 1 \Rightarrow kx = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x = \pi \cdot n$
$x_{\text{пучности}} = \frac{\lambda}{2} n$
Минимум пучности, аналогично: $x_{\text{узлов}} = \frac{\lambda}{2} \frac{2n+1}{2}$
Длина волны - расстояние между 2 соседними пучностями / узлами
Длина стоячей волны = половине падающей волны

14/03/2025

Температура - мера изменения средней квадратичной кинетической энергии теплового движения молекул.
Уравнение Ван-дер-Ваальса

$$(P + \alpha)(V + \beta) = \nu RT$$

Дано:

$$\mu, P, \text{ между 2 параллельными горизонтальными пластинами }, T \text{ растёт}$$
$$T_1 \to T_2, V$$

Закон Паскаля:
Давление газа в объёме во все стороны давит одинаково
Найти:
m
Решение:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$
$$T(x) = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{h} x$$
$$PdV = \frac{dm}{\mu} RT(x)$$
$$dm = \frac{\mu P dV}{RT}$$
$$m = \frac{\mu P}{R} \int \frac{dV}{T} = \frac{\mu P}{R} S \int \frac{dx}{T_1 + \frac{T_2 - T_1}{h} x} = \frac{\mu PS}{R} \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) \cdot \frac{h}{T_2 - T_1} = \frac{\mu PV}{R\Delta T} \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$A = \int \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

$$\Delta U = \nu R \Delta T$$
$$P = \text{const} \Rightarrow \Delta Q = \Delta U + A$$
$$A = P\Delta V = \nu R \Delta T$$
$$\Delta U = \frac{i}{2}\nu R \Delta T$$

Задачку с ютуба переписать и защищать

Газ с молярной массой M находится под давлением P между двумя одинаковыми горизонтальными пластинами. Температура газа растёт линейно от T1 у нижней границы до T2 у верхней. Объём газа между пластинами равен V. Найти его массу.
- это прошлая

6.30: Один моль некоторого идеального газа изобарически нагрели на $\Delta T = 72K$, сообщив ему количество тепла Q=1.60кДж. Найти приращение его внутренней энергии и величину γ=Cp/Cv
Дано:

$$\nu = 1[\text{моль}]$$
$$\Delta T = 72[K]$$
$$Q = 1600[\text{Дж}]$$
$$P = \text{const}$$

Найти:

$$\Delta U = ?, \gamma = \frac{C_P}{C_V} = ?$$

Решение:

$$Q = \Delta U + A$$
$$\Delta U = \frac{i}{2}\nu R \Delta T$$
$$\Delta U = Q - A$$
$$A = \int P dV = P\Delta V$$
$$PV = \nu RT \Rightarrow P\Delta V = \nu R \Delta T$$
$$\Delta U = Q - \nu R \Delta T$$
$$\gamma = \frac{C_P + R}{C_V} = 1 + \frac{R}{C_V} = 1 + \frac{2}{i}$$
$$\gamma - 1 = \frac{2}{i}$$
$$\frac{1}{\gamma - 1} = \frac{i}{2}$$
$$\Delta U = \frac{1}{\gamma - 1}\nu R \Delta T$$
$$\gamma - 1 = \frac{\nu R \Delta T}{\Delta U}$$
$$\gamma = \frac{\nu R \Delta T}{\Delta U} + 1$$

Задача 6.47: Идеальный газ с показатель адиабаты γ расширили по закону $P = \alpha V$, где $\alpha = \text{const}$. Первоначальный объем газа V0. В результате расширения объем увеличился в η раз. Найти:
а) приращение внутренней энергии газа
б) работу, совершаемую газом

в) молярную теплоемкость газа в этом процессе
Дано:

$$\gamma, P = \alpha V, V_{\text{н}} = V_0, V_k = \eta V_0$$

Найти:

$$\Delta U, A, C_\mu$$

Решение:
Далее под C подразумевается молярная теплоемкость

$$P = \alpha V$$
$$\alpha = \frac{P}{V} = PV^{-1}$$
$$\text{Политропа}$$
$$PV^n = \text{const}$$
$$n = \frac{C - C_P}{C - C_V} = -1$$
$$C - C_P = C_V - C$$
$$C = \frac{C_V + C_P}{2} = \frac{i+1}{2}R$$
$$\frac{i}{2} = \frac{1}{\gamma - 1} \Rightarrow$$
$$C = \left(\frac{1}{\gamma - 1} + \frac{1}{2}\right)R$$
$$A = \int_{V_{\text{н}}}^{V_{\text{к}}} PdV = \int_{V_0}^{\eta V_0} \alpha V dV = \frac{\alpha V^2}{2}|_{V_0}^{\eta V_0} = \frac{\alpha(\eta^2 - 1)V_0^2}{2}$$
$$\Delta U = \frac{i}{2}\nu R \Delta T = \frac{1}{\gamma - 1}\nu R \Delta T$$
$$P_{\text{н}} V_{\text{н}} = \nu R T_{\text{н}}$$
$$P_{\text{к}} V_{\text{к}} = \nu R T_{\text{к}}$$
$$P = \alpha V \Rightarrow$$
$$\alpha V_0^2 = \nu R T_{\text{н}}$$
$$\alpha \eta^2 V_0^2 = \nu R T_{\text{к}}$$
$$\alpha(\eta^2 - 1)V_0^2 = \nu R \Delta T$$
$$\Delta U = \frac{1}{\gamma - 1}\alpha(\eta^2 - 1)V_0^2$$

6.154: Во сколько раз следует увеличить изотермически объём V = 4.0 моля идеального газа, чтобы его энтропия испытала приращение $\Delta S = 23$ Дж/К.
Дано:

$$T = \text{const}, \nu = 4 \text{ моля }, \Delta S = 23 \text{ Дж/К}$$

Найти:

$$\frac{V_{\text{к}}}{V_{\text{н}}} = ?$$

Решение:

$$\Delta S \geq \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$$

Т.к. изотермичский процесс - это равновесный процесс, то

$$\Delta S = \int_{Q_1}^{Q_2} \frac{\delta Q}{T} = \int_{A_1}^{A_2} \frac{\delta A}{T} = \frac{A}{T} = \nu R \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \Rightarrow$$

$$\delta Q = \cancel{dU}^{0} + \delta A$$

$$A = \int_{V_1}^{V_2} PdV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{\nu RT}{V} dV = \nu RT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = \nu RT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

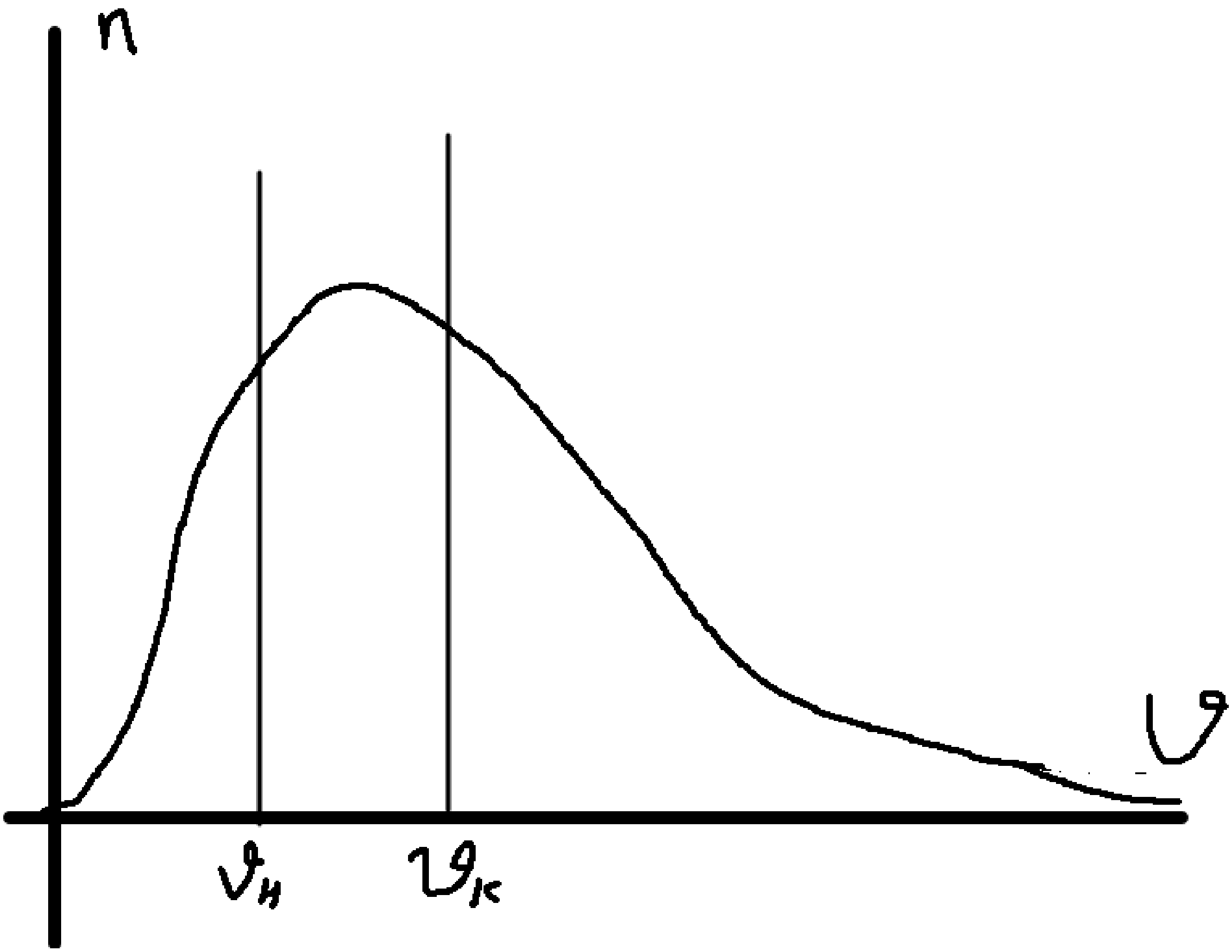
$$\Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \exp\left(\frac{\Delta S}{\nu R}\right)$$

28/03/2025

Завтра может быть будет консультация
РК на следующем занятии Сергей Викторович

Распределение Максвелла по скоростям

$$F(v) = 4\pi \left(\frac{m_0}{2\pi k_Б T}\right)^{\frac{3}{2}} v^2 \exp\left(-\frac{mv^2}{2k_Б T}\right)$$



Дано:
m, μ, v_1, v_2
Найти:

$T : F(v_1) = F(v_2)$
Решение:

$$\cancel{4\pi\left(\frac{m_0}{2\pi k_Б}\right)^{\frac{3}{2}}} v_1^2 \exp\left(-\frac{mv_1^2}{2k_Б T}\right) = \cancel{4\pi\left(\frac{m_0}{2\pi k_Б}\right)^{\frac{3}{2}}} v_2^2 \exp\left(-\frac{mv_2^2}{2k_Б T}\right)$$
$$v_1^2 \exp\left(-\frac{mv_1^2}{2k_Б T}\right) = v_2^2 \exp\left(-\frac{mv_2^2}{2k_Б T}\right)$$
$$\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \exp\left(\frac{m_0}{2k_Б T}(v_2^2 - v_1^2)\right)$$
$$2\ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right) = \frac{m_0}{2k_Б T}(v_2^2 - v_1^2)$$
$$T = \frac{m_0(v_2^2 - v_1^2)}{4k_Б \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right)} = \frac{\mu(v_2^2 - v_1^2)}{4R\ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right)}$$

Функция распределения Больцмана:

$$n = n_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_п}{k_Б T}\right)$$

Правило Кличковского и правило Хунда - заполняются сначала орбитали с минимум энергии. У лантоноидов - сначала d, потом f

$$F_{цб} = ma_{цб} = m\frac{v^2}{R}$$
$$\frac{n_к}{n_н} = 2$$
$$T = ?$$
$$2 = \frac{n_к}{n_н} = \exp\left(\frac{E_{п2} - E_{n1}}{k_Б T}\right)$$
$$\ln 2 = -\frac{\Delta E}{k_Б T}$$
$$v = \omega R$$
$$\frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R$$
$$\Delta E = A$$
$$E_{K_2} = E_{p_1}, E_{K_1} = E_{p_2}$$
$$-\Delta U = \delta A = \int -dE_п = \int \vec{F} d\vec{r} = \frac{m\omega^2 l^2}{2}$$
$$T \text{ можем найти}$$

#конец