Билет 10

1. Плоская гармоническая волна, длина волны, фазовая скорость, волновой вектор. Сферическая волна.

Плоской волной называется волна с плоским фронтом. При этом лучи являются параллельными.

Пусть волна движется в направлении прямой линии, которая проходит через начало координат. Тогда радиус-вектор любой точки, лежащей на этой прямой, тоже лежит на этой прямой и длина этого вектора равна расстоянию $\vec{r}$ от начала координат. Поэтому уравнение волны, которая бежит вдоль этой прямой можно записать в виде

$$\xi = A\cos(\omega t - k\vec{r} + \varphi_0)$$

$$\xi = A\cos(\omega t - kx + \varphi_0)$$

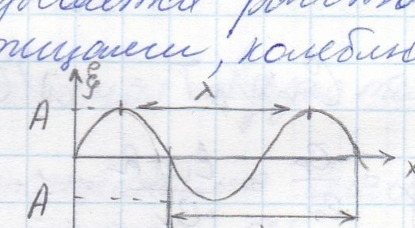
Фазовая поверхность перпендикулярна этой прямой.

x - координата точки наблюдения волнового процесса

ω - угловая частота, t - время, φ_0 - начальная фаза ($t=0$), k - волновое число ($k = \frac{2\pi}{\lambda}$), A - амплитуда волны

$\vec{r}$ - радиус-вектор точки в пространстве

Длиной волны λ называется расстояние между ближайшими частицами, колеблющимися в одинаковой фазе.



$\lambda = vT$ или $v = \lambda n$

v - скорость распространения волны

n - частота колебаний

$$\lambda = \frac{2\pi}{k}, \quad k = \frac{\omega}{v}$$

32 Фазовая скорость — скорость распространения фазы волны $v = \frac{dx}{dt} = \frac{\omega}{k}$

Волновой вектор $\bar{k}$ — вектор, направленный перпендикулярно фазовой (волновой) поверхности волны в сторону её движения

Длина вектора $|\bar{k}| = \frac{2\pi}{\lambda}$ равна волновому числу

Сферическая волна — волна, фронт которой представляет собой сферу.

Описывается ф-цией:

$$\xi(r, t) = \frac{A}{R} \cos(\omega t - k\tilde{r} + \varphi_0)$$

$\tilde{r}$ - расстояние от центра волны до рассматриваемой точки среды.
Амплитуда колебаний в сф. волне убывает с расстоянием по закону $\frac{1}{r}$.

2 Неравенство Клаузиуса. Термодинамическая энтропия. Третье начало термодинамики

теорема Карно: 1) КПД $\forall$ тепловой машины, работающей по обратимому циклу Карно, не зависит от раб. тела и устройства машины, а является ф-цией только температур нагревателя и холодильника 2) КПД $\forall$ тепл. маш. работ. по необрат. циклу, меньше КПД идеальной тепл. машины.

$\eta_{необр} < \eta_{обрат}$

Клаузиус анализируя т-мы Карно, объединил их в соотношение:

$$\underset{\text{обычная тепл. машина}}{\frac{Q_1 - Q_2'}{Q_1}} \leq \underset{\text{ид. тепл. маш. раб. по ц. Карно}}{\frac{T_1 - T_2}{T_1}}$$

$$1 - \frac{Q_2'}{Q_1} \leq 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{Q_2'}{Q_1} \geq \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2'}{T_2} \leq 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0}$$

$Q_2' = -Q_2$ неравенство Клаузиуса

$\frac{Q}{T}$ — приведённое кол-во теплоты

$$\oint \frac{\delta Q}{T} = 0$$ (только для обратимых процессов)

подынт. выр. не зависит от процесса, а только от нач. и кон. сост.

(кружок в интеграле показывает, что процесс круговой)

$$\boxed{dS = \frac{\delta Q}{T}}$$ S — термодинамическая энтропия.

<u>Энтропией</u> S наз. ф-ция состояния системы, дифференциалом которой является $\frac{\delta Q}{T}$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int \frac{\delta Q}{T}$$ Энтропия — ф-ция состояния

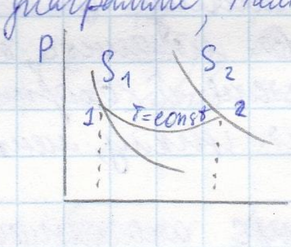
Смысл энтропии: энтропия служит мерой необратимости процессов.

<u>Свойства энтропии:</u>

1) Если процесс проводится вдоль адиабаты, $\delta Q = 0$, то $dS = \frac{\delta Q}{T} = 0$ т. е. $\underline{S = const}$

2) Чем выше адиабата на P-V диаграмме, тем больше энтропия.

$$dS = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \int_1^2 P dV > 0 \Rightarrow S_2 > S_1$$



3) Энтропия величина аддитивная, т.е. энтропия макросистемы равна сумме энтропий каждой из частей этой системы.

4) <u>Закон возрастания энтропии:</u>

В адиабатически изолированной системе энтропия не может убывать, она или сохраняется, если в системе происходят только обратимые процессы, или возрастает, если в системе протекает хотя бы один необратимый процесс.

Третье начало термодинамики (теорема Нернста)

$$S_2 = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} + S_1$$

Теорема Нернста (только для равновесных систем)

При стремлении температуры любой равновесной системы к абсолютному нулю её энтропия стремится к постоянной величине, которую можно принять равной нулю. Теплоёмкость тоже стремится к нулю.

$$\lim_{T \to 0} S = 0 \quad \text{и} \quad \lim_{T \to 0} C_V = \lim_{T \to 0} C_p = 0$$

Следствие: невозможно достичь состояния с абсолютным нулём температуры 0 К. Теплоёмкость системы также стремится к нулю, что делает процесс отвода теплоты невозможным.

3. На сколько изменится кинетическая энергия релятивистской частицы, если её полная энергия возросла на $\Delta E = 1{,}6$ Дж

Дано:	Решение
$\Delta E = 1{,}6$ Дж	$E = E_к + m_0c^2 \Rightarrow E_к = E - m_0c^2$
$\Delta E_к - ?$	Т.к. масса покоя частицы постоянна, то

$$\Delta E_к = E_2 - m_0c^2 - (E_1 - m_0c^2) = E_2 - E_1 = \Delta E$$

$$\Rightarrow \Delta E_к = 1{,}6 \text{ Дж}$$

Ответ: 1,6 Дж.

4. Два нейтрона движутся вдоль одной прямой со скоростями $v_1 = 0{,}6c$ и $v_2 = 0{,}7c$. Определить скорость нейтронов относительно друг друга, если нейтроны движутся в разных направлениях.

Дано:	Решение:
$v_1 = 0,6c$ $v_2 = 0,7c$	
$v_{отн}$ - ?	

Согласно релятивистскому закону сложения скоростей:

$$v_{21} = \frac{v_2 - v_1}{1 - \frac{v_2 v_1}{c^2}} = \frac{(0,7-0,6)c}{1 - \frac{0,7 \cdot 0,6 c^2}{c^2}} =$$

2 отн-но 1

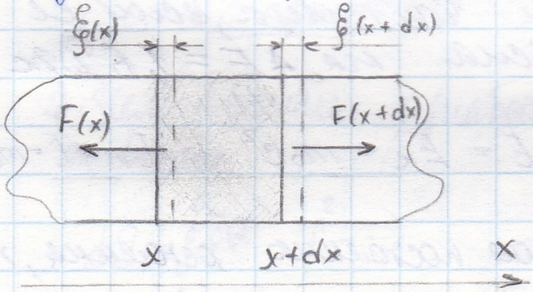
$$= \frac{0,1c}{0,58} \approx 0,17c \text{ м/с}$$

Ответ: $v_{отн} = 0,17c$ м/с

Билет 11

1 Упругие волны в стержнях, волновое уравнение.

Упругие волны - волны, распространяющиеся в жидких, твёрдых и газообразных средах за счёт действия упругих сил



Применим второй закон Ньютона и закон сложения сил к движению куска стержня, заключенного между плоскостями x и $x+dx$. Масса этого куска равна ρS, где ρ и S - соответственно плотность и сечение. Пусть ξ - смещение центра тяжести рассматриваемого куска.

$$\rho S dx \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = F(x+dx) - F(x)$$

$\sigma = \frac{F}{S}$ натяжение Разделим ур-ие на Sdx

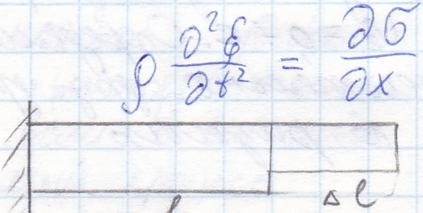
$$\rho \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = \sigma(x+dx) - \sigma(x)$$

$F = k\Delta x$ - зн Гука

$\sigma = E\varepsilon$ ← относительная деформация

$$\rho \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = \frac{\partial \sigma}{\partial x}$$

$$\frac{F}{S} = E\frac{\Delta l}{l} \Rightarrow F = \underbrace{E\frac{S}{l}}_{=k}\Delta l$$



$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ $\varepsilon = \frac{\partial \xi}{\partial x}$