

1. Гармонические колебания. Сложение гармонических колебаний одного направления близких частот.

Колебания – движения или состояния, параметры которых повторяются во времени. Колебания в той или иной мере встречаются во всех явлениях природы: от пульсации излучения звезд, движения планет до внутриклеточных процессов или колебаний атомов и молекул, колебаний полей. В физике особо выделяют механические и электромагнитные колебания (и их комбинации). Моделью для изучения механических колебаний является **осциллятор** – материальная точка или система, совершающая колебательное периодическое движение около положения устойчивого равновесия. (Более того, термин осциллятор применим к любой системе, если описывающие ее величины периодически меняются во времени.) Простейшие примеры осцилляторов – грузик на пружине, маятник.

* см. билет 18.

Рассмотрим случай, когда амплитуды одинаковы $A_1 = A_2 = A$, но частоты отличаются на небольшую величину $\omega_1 = \omega$, $\omega_2 = \omega + \Delta\omega$, $\Delta\omega \ll \omega$

для упрощения примем, что $\alpha_1 = 0$ и $\alpha_2 = 0$

Поступаем как и в предыдущем случае получаем:

$$x_{\Sigma} = x_1 + x_2 = 2A \cos\left(\frac{\Delta\omega}{2}t\right) \cos\left(\omega t + \frac{\Delta\omega}{2}t\right)$$

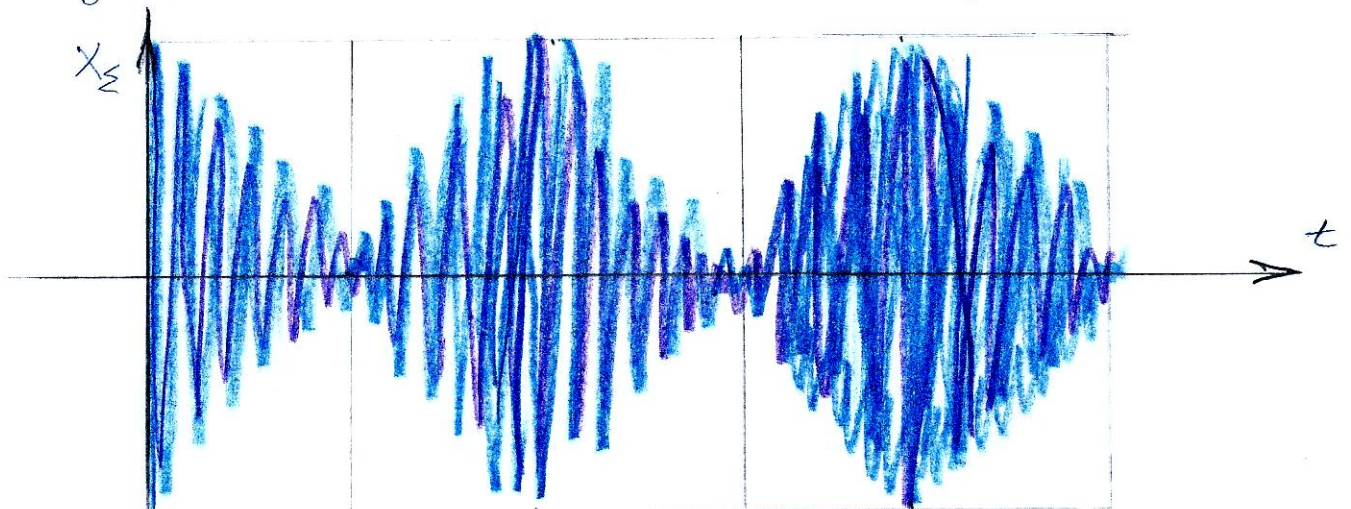
\Rightarrow пренебрежем этим слагаемым, т.к. $\Delta\omega \ll \omega$

$$x_{\Sigma} = 2A \left| \cos\left(\frac{\Delta\omega}{2}t\right) \right| \cos(\omega t + \Theta)$$

Если $\cos\left(\frac{\Delta\omega}{2}t\right) > 0$, то $\Theta = 0$

$\cos\left(\frac{\Delta\omega}{2}t\right) < 0$, то $\Theta = \pi$

Таким образом при сложении колебаний близких частот возникает периодическое изменение амплитуды и скачкообразное изменение фазы результирующего колебания – явление, кот. наз. **„биение“**



2. Эквивалентность теплоты и работы. Внутренняя энергия термодинамической системы. Первое начало термодинамики.

Наиболее общим является термодинамический метод, который заключается в описании поведения систем с помощью основных постулатов (законов), называемых **началами термодинамики**. Их справедливость подтверждается опытным путём. **Термодинамическая система** – система, описываемая с позиций термодинамики. **Термодинамика** описывает макроскопические движения (изменение состояний) систем с помощью параметров, которые принято (весьма условно) разделять на внутренние и внешние. Обычно в большинстве задач достаточно задать три параметра (координат состояния).

Эквивалентность теплоты и работы

Если термодинамическая система, взаимодействуя с внешними телами, совершает работу A и получает количество теплоты Q , то после возвращения в исходное состояние согласно **принципу эквивалентности количества теплоты и работы**:

$$A=Q$$

Внутренняя энергия термодинамической системы

Внешняя энергия системы связана с движением системы и положением системы в поле внешних сил. **Внутренняя энергия системы** включает в себя энергию микроскопического движения и взаимодействия частиц термодинамической системы, а также их внутримолекулярную и внутриядерную энергии. Внутренняя энергия термодинамической системы определяется с точностью до постоянной величины. **Температура** – это величина, характеризующая состояние термодинамической системы и зависящая от параметров состояния (например, давления и объема). Она является однозначной функцией внутренней энергии системы.

Свойства температуры: 1) Если в системе между телами, находящимися в тепловом контакте теплопередача отсутствует, то эти тела имеют одинаковую температуру и находятся в термодинамическом равновесии друг с другом. 2) Если две равновесные термодинамические системы находятся в тепловом контакте и имеют одинаковую температуру, то вся совокупность находится в равновесии при той же температуре. 3) Если в теплоизолированной системе, состоящей из двух тел, одно тело находится при меньшей температуре, то теплопередача осуществляется от более нагретого тела к менее нагретому телу. Этот процесс осуществляется до тех пор, пока не наступит равенство температур и система не придет в состояние термодинамического равновесия.

Первое начало термодинамики

Изменение внутренней энергии системы может быть осуществлено путём совершения работы и теплопередачей количества теплоты Q :

$$\Delta U = A_{\text{внеш}} + Q$$

Работа системы над внешними телами $A = -A_{\text{внеш}}$

$$Q = \Delta U + A$$

Первое начало термодинамики: Количество теплоты, переданное системе, идет на изменение внутренней энергии и на совершение этой системой работы над внешними телами.

Физический смысл – это закон сохранения энергии.

Для элементарных количеств

$$\delta Q = dU + \delta A.$$

Так как внутренняя энергия – это однозначная функция состояния, то dU – полный дифференциал. Например, в результате крутового процесса $\Delta U = \oint dU = 0$. Но количество теплоты и работа не являются функциями состояния системы, поэтому вообще говоря $\oint \delta Q = \oint \delta A \neq 0$, следовательно, для них выбирается другое обозначение.

Работа газа против внешних тел

$$\delta A = F \cdot dr \cdot \cos \alpha.$$

С учетом выражения $F = p \cdot S$ и изменения объема $dV = S \cdot dr \cdot \cos \alpha$

$$\delta A = p \cdot S \cdot dr \cdot \cos \alpha = p \cdot dV.$$

При конечных изменениях объема

$$A = \int_{AV} p dV$$

Замечание. Первое начало термодинамики запрещает создание вечных двигателей первого рода – бесконечно совершающих работу без подвода внешней энергии. Действительно, если $Q=0$, то $A = -\Delta U$. Система совершает работу за счет уменьшения внутренней энергии. В конце концов, вся внутренняя энергия будет исчерпана и двигатель остановится.

17

- ③ Сколько метана (CH_4) поместится в баллон ёмкостью $V=20\text{ л}$ при давлении $P=6\text{ атм}$ и температуре $t=43^\circ\text{C}$

Дано:	СИ
CH_4	
$M = 16\text{ г/моль}$	$16 \cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$
$V = 20\text{ л}$	$20 \cdot 10^{-3}\text{ м}^3$
$P = 6\text{ атм}$	$6 \cdot 10^5\text{ Па}$
$t = 43^\circ\text{C}$	316 К
$m?$	

Метан - газ. Для упрощения примем его за идеальный. Формула из упр-ия Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \nu RT$$

$$\underline{P} \underline{V} = \underline{\frac{m}{M}} \underline{R} \underline{T}$$

$$m = \frac{PVM}{RT}$$

$$[m] = \frac{\frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{кг}}{\text{моль}}}{\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \text{К}} = \frac{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{кг}}{\text{моль}}}{\frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}} = \frac{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^3}{\text{моль}}}{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{моль}}} \cdot \text{кг} = \text{кг}$$


$$m = \frac{6 \cdot 10^5 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 16 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 316} = 0,073\text{ кг} = 73\text{ г}$$

Ответ: 73 г

④ Катер массой $m = 200 \text{ кг}$ движется с нач. скоростью $v_0 = 4 \text{ м/с}$. Считая, что сила сопротивления воды пропорциональна скорости $F = -Kv$, $K = 12 \text{ кг/с}$ - коэффициент сопротивления. Определите скорость катера через $\Delta t = 10 \text{ с}$ после начала движения

Дано:	или
$m = 200 \text{ кг}$ $v_0 = 4 \text{ м/с}$ $F = -Kv$ $K = 12 \text{ кг/с}$ $\Delta t = 10 \text{ с}$	
$v?$	

Решение:



1) По II закону Ньютона где катер

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{F}_c = m\vec{a}$$

$$x: -F_c = ma$$

$$Kv = m \frac{dv}{dt}$$

$$\int_{v_0}^v \frac{dv}{v} = \frac{K}{m} \Delta t$$

(В решении записано $m \frac{dv}{dt} = -Kv$)
это неверно, мне кажется

$$\ln \left| \frac{v}{v_0} \right| = \frac{K}{m} \Delta t$$

$$\frac{v}{v_0} = e^{\frac{K}{m} \Delta t} \Rightarrow v = e^{\frac{K}{m} \Delta t} \cdot v_0$$

$$v = 4 \cdot e^{\frac{12}{200} \cdot 10} = 7,3 \text{ м/с}$$

Ответ: $7,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$