

Билет 9

1. Специальная теория относительности, Постулаты Эйнштейна, Преобразования Лоренца.

Специальная теория относительности — теория, описывающая движение, законы механики и пространственно-временные отношения при равномерных скоростях движений, меньших скорости света в вакууме, в том числе близких к скорости света. СТО обобщает представлений классической механики Галилея-Ньютона на случай движения тел со скоростями, близкими к скорости света.

Постулаты Эйнштейна:

1) Принцип относительности:

Все законы природы одинаковы во всех инерциальных системах отсчёта — уравнения, выражающие законы природы инвариантны при переходе от одной системы отсчёта к другой.

2) Принцип инвариантности скорости света:

Скорость света в вакууме не зависит от скорости движения источника света или наблюдателя и одинакова во всех ИСО и является предельной скоростью передачи сигнала. Величина скорости света в вакууме $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Преобразования Лоренца

Пусть со K' движется относительно со K со скоростью \vec{V}

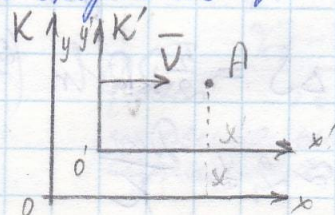
$K' \rightarrow K$

$K \rightarrow K'$

$$x = \frac{x' + Vt'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

$$x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

$$y' = y \\ z' = z$$



$$K' \rightarrow K$$

$$K \rightarrow K'$$

$$t = \frac{t' + \frac{v}{c^2} x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

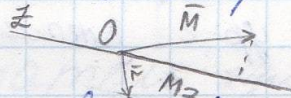
$$t' = \frac{t - \frac{v}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\beta = \frac{v}{c}$$

2. Момент силы относительно оси.

Момент импульса механической системы относительно неподвижной оси. Основное уравнение динамики вращательного движения.

Момент силы относительно неподвижной оси Z — скалярная величина M_z , равная проекции на эту ось вектора \vec{M} момента силы, определённого относительно произвольной точки O перпендикулярной оси Z . Значение момента не зависит от выбора положения точки O на оси Z .

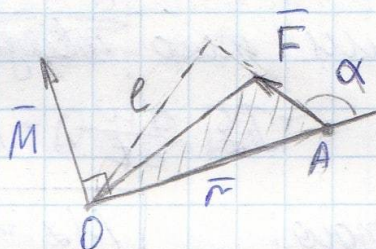


Моментом силы \vec{F} от-но неподвижной точки O называется физическая величина, определяемая векторным произведением радиуса вектора \vec{r} , проведённого из точки O в точку A приложения силы, на силу \vec{F} :

$$\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}]$$

Модуль момента силы:

$$M = r F \sin \alpha = F l$$



$r \sin \alpha = l$ (плечо силы — кратчайшее расстояние между линией действия силы и точкой O).

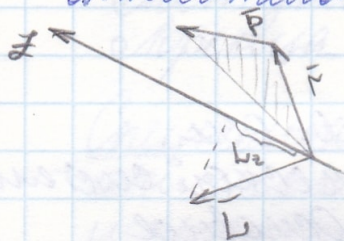
Момент импульса мат. точки A от-но неподвижной точки O — физическая величина, определяемая векторным произведением:

$$\vec{L} = [\vec{r}, \vec{p}] = [\vec{r}, m \vec{v}]$$

$$L = r p \sin \alpha = p l \quad [L] = \text{Дж} \cdot \text{с}$$



Момент импульса относительно оси z — скалярная величина L_z , равная проекции на эту ось момента импульса, определенного относительно произвольной точки O данной оси.



Основное уравнение динамики вращательного движения

Момент импульса твёрдого тела при вращательном движении вокруг оси z вычисляется:

$$L_z = I_z \omega$$

Тогда ур-е динамики:

$$\frac{dL_z}{dt} = M_z$$

$$\frac{dL_z}{dt} = \frac{d}{dt}(I_z \omega)$$

$$\Rightarrow M_z = \frac{d}{dt}(I_z \omega)$$

Если тело твёрдое (не меняет своей формы), то $I_z = \text{const}$,
то $I_z \frac{d\omega}{dt} = M_z$, а $\frac{d\omega}{dt} = \epsilon$ (угловое ускорение)

Итого:

$$M_z = I_z \epsilon$$

→ уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела вокруг неподвижной оси:

угловое ускорение прямо пропорционально внешней моменту внешних сил относительно этой оси.

Момент инерции играет роль меры инертности при вращательном движении.

3. Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой $A = 10 \text{ см}$ и периодом $T = 5 \text{ с}$. Определить максимальные скорость и ускорения точки.

<p>Дано:</p> <p>$A = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$</p> <p>$T = 5 \text{ с}$</p> <p>$v_{\text{max}} = ?$</p> <p>$a_{\text{max}} = ?$</p>	<p>Решение:</p> <p>$x = A \cos(\omega_0 t + \alpha)$</p> <p>$v_x = \dot{x} = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \alpha)$</p> <p>$a_x = \ddot{x} = -A\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \alpha)$</p>
--	--

$$v_{\text{max}} = A\omega_0 = A \frac{2\pi}{T} = 0,1 \cdot \frac{2\pi}{5} \approx 0,126 \text{ м/с}$$

$$a_{\text{max}} = A\omega_0^2 = A \frac{4\pi^2}{T^2} = 0,1 \cdot \frac{4\pi^2}{25} \approx 0,158 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $v_{\text{max}} \approx 0,126 \text{ м/с}$, $a_{\text{max}} \approx 0,158 \text{ м/с}^2$

4. Идеальный газ, показатель адиабаты которого γ , расширяют так, что сообщаемое газу тепло равно удвоенной его внутренней энергии. Найти молярную теплоемкость газа в этом процессе.

<p>Дано:</p> <p>γ</p> <p>$Q = -\Delta U$</p> <p>$C_m = ?$</p>	<p>Решение:</p> <p>$C_m = \frac{C}{\nu}$</p> <p>$\delta Q = C_m \nu dT$ $Q = C_m \nu \Delta T = -\Delta U$</p> <p>$\Delta U = \nu C_v \Delta T$</p>
---	---

$$\Rightarrow C_m \nu \Delta T = -\nu C_v \Delta T \Rightarrow C_m = -C_v$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_v + R}{C_v} = 1 + \frac{R}{C_v} \Rightarrow C_v = \frac{R}{\gamma - 1}$$

$$C_m = -\frac{R}{\gamma - 1} = \frac{R}{1 - \gamma}$$

Ответ: $C_m = \frac{R}{1 - \gamma}$