ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ ПО ФИЗИКЕ

ДЛЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ..

Физические основы механики.

Скорость мгновенная $\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt}$

где

r- радиус-вектор материальной точки,

t- время,

Модуль мгновенной скорости $V=\frac{ds}{dt}$

s- расстояние вдоль траектории движения,

Длина пути $S = \int_{t_1}^{t_2} V(t)dt$

Ускорение:

мгновенное $\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt}$

тангенциальное $\vec{a}_\tau = \frac{dV}{dt}\vec{\tau}$

нормальное $\vec{a}_n = \frac{V^2}{R}\vec{n}$

полное $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$

где

τ- единичный вектор, касательный к траектории;

R- радиус кривизны траектории,

n- единичный вектор главной нормали.

1 СКОРОСТЬ УГЛОВАЯ $\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$

где

φ- угловое перемещение**.**

Ускорение угловое $\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$

1.1. ***Связь между линейными и***
1.2. ***угловыми величинами*** $s = \varphi R$, $\upsilon = \omega R$, $a_\tau = \varepsilon R$, $a_n = \omega^2 R$
1.3. ***Импульс***
1.4. ***материальной точки*** $\vec{p} = m\vec{V}$

где

m – масса материальной точки.

Основное уравнение динамики материальной точки (второй закон Ньютона)

$$m\vec{a} = \sum \vec{F}_i \, , \ \frac{d\vec{p}}{dt} = \sum \vec{F}_i$$

Закон сохранения импульса для изолированной механической системы

$$\sum m_i \vec{V}_i = const$$

Радиус-вектор центра масс $\vec{r}_c = \dfrac{\sum m_i \vec{r}_i}{\sum m_i}$

Сила сухого трения $F_{\text{ТР}} = \mu N$

где

μ- коэффициент трения,

N- сила нормального давления.

Сила упругости $F_{уп}=k|\Delta l|$,

где

k- коэффициент упругости (жесткость),

Δl- деформация.

1.4.1. Сила гравитационного

1.4.2. **взаимодействия**

1.4.3. где

$$F = G\frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

m_1 и m_2- массы частиц,

G-гравитационная постоянная,

r- расстояние между частицами.

Работа силы $A = \int \vec{F} d\vec{S}$

Мощность $N = \dfrac{dA}{dt} = \vec{F}\vec{V}$

Потенциальная энергия:

упругодеформированного тела П$= \dfrac{k(\Delta l)^2}{2}$

гравитационного взаимодействия двух частиц

$$П = -G\frac{m_1 m_2}{r}$$

тела в однородном гравитационном поле П=*mgh*

где

g- напряженность гравитационного поля (ускорение свободного падения),

h- расстояние от нулевого уровня.

1.4.4. Напряженность гравитационного

1.4.5. поля Земли

1.4.6. где $$\mathbf{g} = G\frac{M_3}{(R_3+h)^2}$$

$M_З$– масса Земли,
$R_З$- радиус Земли,
h- расстояние от поверхности Земли.

Потенциал гравитационного

поля Земли

$$\varphi = -G\frac{M_3}{(R_3+h)}$$

Кинетическая энергия материальной точки

$$T = \frac{mV^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$$

Закон сохранения механической

энергии для механической системы $E=T+П=const$

Момент инерции материальной точки $J=mr^2$

где
r- расстояние до оси вращения.

Моменты инерции тел массой m относительно оси, проходящей через центр масс:

тонкостенного цилиндра (кольца) радиуса R, если ось вращения совпадает с осью цилиндра $J_o=mR^2$

сплошного цилиндра (диска) радиуса R, если ось вращения совпадает с осью цилиндра $J_o=\frac{1}{2}mR^2$

шара радиуса R $J_o=\frac{2}{5}mR^2$

тонкого стержня длиной l, если ось вращения перпендикулярна стержню

$$J_o=\frac{1}{12}ml^2$$

Момент инерции тела массой m относительно произвольной оси (теорема Штейнера) $J=J_0+md^2$

где J_0- момент инерции относительно
параллельной оси, проходящей
через центр масс,
d-расстояние между осями.

Момент силы, действующей на материальную точку относительно начала координат $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$

где r- радиус-вектор точки приложения
силы.

1.4.7. Момент импульса системы

1.4.8. относительно оси Z

1.4.9. $L_z = \sum_{i=1}^{N} J_{iz}\omega_{iz}$

1.4.10. Основное уравнение динамики

1.4.11. вращательного движения

1.4.12. $\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$, $J\vec{\varepsilon} = \vec{M}$

Закон сохранения момента импульса для изолированной системы $\Sigma J_i\omega_i=\mathrm{const}$

Работа при вращательном движении $A = \int \vec{M} d\vec{\varphi}$

Кинетическая энергия вращающегося тела

$$T=\frac{J\omega^2}{2} = \frac{L^2}{2J}$$

Релятивистское сокращение длины $l = l_0\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}$

где
lo – длина покоящего тела
с- скорость света в вакууме.

Релятивистское замедление времени $t = \frac{t_0}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}$

где
t_o – собственное время.

Релятивистская масса $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}$

где
m_o – масса покоя

Энергия покоя частицы $E_o=m_oc^2$

1.4.13. Полная энергия релятивисткой

1.4.14. частицы

1.4.15. $$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

1.4.16. Релятивистский импульс $$P = mV = \frac{m_0 V}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

1.4.17. Кинетическая энергия

1.4.18. релятивистской частицы

1.4.19. $$T = E - E_o = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

Релятивистское соотношение между полной энергией и импульсом $E^2 = p^2c^2 + E_o^2$

Закон сложения скоростей в релятивистской механике

$$u' = \frac{(u \pm \upsilon)}{\left(1 \pm \frac{u\upsilon}{c^2}\right)}$$

где

u и *u*´- скорости в двух инерциальных системах отсчета, движущихся относительно друг друга со скоростью υ, совпадающей по направлению с *u*(знак -) или противоположно ей направленной (знак +)

Физика механических колебаний и волн.

Смещение колеблющейся материальной точки $s = A\cos(\omega_0 t + \varphi)$

где

A- амплитуда колебания,

ω_0- собственная циклическая частота,

φ_o- начальная фаза.

Циклическая частота $$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

где
T – период колебаний
ν - частота

Скорость колеблющейся материальной точки

$$v = \frac{ds}{dt} = -A\omega_0 \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi)$$

Ускорение колеблющейся материальной точки

$$a = \frac{d^2 s}{dt^2} = \frac{dv}{dt} = -A\omega_0^2 \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

Кинетическая энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания

$$T = \frac{mv^2}{2} = \frac{mA^2\omega_0^2}{2} \cdot \sin^2(\omega_0 t + \varphi)$$

Потенциальная энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания

$$\ddot{I} = \frac{kx^2}{2} = \frac{mA^2\omega_0^2}{2} \cos^2(\omega_0 t + \varphi)$$

где
κ –коэффициент жесткости (коэффициент упругости)

Полная энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания

$$E = T + \ddot{I} = \frac{mA^2\omega_0^2}{2}$$

Дифференциальное уравнение свободных гармонических незатухающих колебаний величины s

$$\frac{d^2 s}{dt^2} + \omega_0^2 \cdot s = 0$$

Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний величины *s*,
где δ- коэффициент затухания

$$\frac{d^2 s}{dt^2} + 2\delta \frac{ds}{dt} + \omega_0^2 \cdot s = 0$$

Логарифмический декремент затухания,
где
τ – время релаксации

$$\theta = \ln \frac{A(t)}{A(T+t)} = \delta T = \frac{T}{\tau}$$

Дифференциальное уравнение

$$\frac{d^2 s}{dt^2} + 2\delta \frac{ds}{dt} + \omega_0^2 \cdot s = F_0 \cos \omega t$$

Период колебания маятников:

пружинного

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

физического $T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgl}}$ **,**

где
m- масса маятника,
k- жесткость пружины,
J- момент инерции маятника,
g- ускорение свободного падения,
l- расстояние от точки подвеса
до центра масс.

Уравнение плоской волны, распространяющейся в направлении оси Ох, $\xi(x,t) = A\cos[\omega(t - \frac{x}{v}) + \varphi_0]$

где
v – скорость распространения волны

Длина волны $\lambda = T \cdot v = \frac{v}{\nu}$

где
Т- период волны,
v- скорость распространения волны,
ν – частота колебаний

Волновое число $\kappa = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{vT} = \frac{\omega}{v}$

Скорость распространения звука в газах $V = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$

где
γ - отношение теплоемкостей газа,
при постоянном давлении и объеме,
R- молярная газовая постоянная,
T- термодинамическая температура,
M- молярная масса газа

Молекулярная физика и термодинамика.

1.4.20. **Количество вещества** $\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$,

где
N- число молекул,
N_A - постоянная Авогадро
m - масса вещества
M – молярная масса.

Уравнение Клапейрона-Менделеева $pV = \nu RT$**,**

где

p- давление газа,
V- его объем,
R- молярная газовая постоянная,
T- термодинамическая температура.

Уравнение молекулярно-кинетической

теории газов

где $$P=\frac{2}{3}n<\varepsilon_{пост}>=\frac{1}{3}nm_o<\upsilon_{кв}>^2$$

n- концентрация молекул,
$<\varepsilon_{пост}>$- средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы.
m_o- масса молекулы
$<\upsilon_{кв}>$- средняя квадратичная скорость.

Средняя энергия молекулы $$<\varepsilon>=\frac{i}{2}kT$$

где
i - число степеней свободы
k- постоянная Больцмана.

Внутренняя энергия идеального газа $$U=\frac{i}{2}\nu RT$$

Скорости молекул:

средняя квадратичная $$<\upsilon_{кв}>=\sqrt{\frac{3kT}{m_0}}=\sqrt{\frac{3RT}{M}};$$

средняя арифметическая $$<\upsilon>=\sqrt{\frac{8kT}{m_0\pi}}=\sqrt{\frac{8RT}{M\pi}};$$

наиболее вероятная $$<\upsilon_в>=\sqrt{\frac{2kT}{m_0}}=\sqrt{\frac{2RT}{M}};$$

Средняя длина свободного

пробега молекулы $$\langle\lambda\rangle=(\sqrt{2}\cdot\pi d^2 n)^{-1}$$

где
d-эффективный диаметр молекулы

Среднее число столкновений

молекулы в единицу времени $$\langle z\rangle=\sqrt{2}\cdot\pi d^2 n\langle v\rangle$$

Распределение молекул в

потенциальном поле сил $n = n_0 \exp\left(-\frac{\Pi}{kT}\right)$

где
П-потенциальная энергия молекулы.

Барометрическая формула $p = p_0 \exp\left(-\frac{m_0 gh}{kT}\right)$

p - давление газа на высоте h,
p_0 - давление газа на уровне, принятому за нулевой,
m_0 - масса молекулы,

Закон диффузии Фика $j_m = \frac{dm}{dSdt}$ =-D $\frac{d\rho}{dx}$

где
j_m -плотность потока массы,
$\frac{d\rho}{dx}$ -градиент плотности,
D- коэффициент диффузии,
ρ-плотность, dm -масса газа,
dS- элементарная площадка, перпендикулярная оси Ox.

Закон теплопроводности Фурье $j_Q = \frac{dQ}{dSdt}$ =-æ $\frac{dT}{dx}$

где
j_Q - плотность теплового потока,
$\frac{dT}{dx}$ -градиент температуры,
æ- коэффициент теплопроводности,

Сила внутреннего трения $dF = -\eta \cdot \frac{dv}{dz} \cdot dS$

где
η- коэффициент динамической вязкости,
$\frac{d\upsilon}{dz}$ - градиент скорости,

Коэффициент диффузии $D = \frac{1}{3} <\upsilon><\lambda>$

Коэффициент динамической вязкости (внутреннего трения)

$$\eta = \frac{1}{3}\rho\langle v\rangle \cdot \langle \lambda\rangle = D \cdot \rho$$

Коэффициент теплопроводности $æ = \frac{1}{3} c_v \rho <\upsilon><\lambda> = \eta c_v$

где
c_v – удельная изохорная теплоемкость,
Молярная теплоемкость
идеального газа

изохорная $\quad C_v = \frac{i}{2} R$

изобарная $\quad C_p = \frac{i+2}{2} R$

Первое начало термодинамики $\quad dQ=dU+dA,\ dA=pdV,$

$dU=\nu\, C_v dT$

Работа расширения газа при

процессе
изобарном $\quad A=p(V_2-V_1)=\nu\, R(T_2-T_1)$

изотермическом $\quad A=\nu\, RT \ln\frac{V_2}{V_1} = \nu\, RT\ln\frac{p_1}{p_2}$

адиабатном $\quad A = \nu C_V (T_1 - T_2)$

$$A = \frac{\nu R T_1}{(\gamma - 1)}\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right]$$

$$A = \frac{p_1 V_1}{(\gamma - 1)}\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right]$$

где
$\gamma=C_p/C_v$

Уравнения Пуассона $\quad PV^{\gamma} = const$

$TV^{\gamma-1} = const$
$T^{\gamma} p^{1-\gamma} = const$

Коэффициент полезного
действия цикла Карно

где $\quad \eta = \frac{Q_í - Q_õ}{Q_í} = \frac{T_í - T_õ}{T_í}$

1.4.21. $Q_н$ и $T_н$- количество теплоты

полученное от нагревателя и
его температура;
Q_xи T_x - количество теплоты
переданное холодильнику и
его температура.
Изменение энтропии при
переходе системы из состояния 1

в состояние 2 $\quad S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$