

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

Кафедра физики

А.М. Кириллов

**ФИЗИКА
В ОПОРНЫХ КОНСПЕКТАХ И ПРИМЕРАХ**

Часть 2

ДИНАМИКА. ЖИДКОСТИ И ГАЗЫ. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ.

Учебно-методическое пособие для поступающих в ТУСУР

2006

СОДЕРЖАНИЕ

1. Динамика

- Основные понятия и определения
- Силы в механике
- Принцип суперпозиции сил. Равнодействующая сил
- Законы Ньютона
- Вес тела
- Импульс
- Закон сохранения импульса
- Механическая работа. Мощность
- Энергия
- Закон сохранения энергии в механике
- Ударные взаимодействия тел
- Коэффициент полезного действия
- Момент силы
- Основные законы и формулы динамики
- Примеры решения задач
- Контрольная работа

2. Жидкости и газы

2.1. Механика жидкостей и газов

- Основные понятия и определения
- Закон Паскаля. Гидравлическая машина
- Давление столба жидкости (газа). Гидростатическое давление
- Закон Архимеда. Плавание тел
- Поверхностное натяжение жидкостей. Капиллярные явления
- Основные законы и формулы механики жидкостей и газов
- Примеры решения задач

2.2. Основы молекулярно-кинетической теории (МКТ) газов

- Основные понятия и определения. Постулаты МКТ
- Средняя кинетическая энергия. Среднеквадратичная скорость
- Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа
- Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона)
- Газовые законы
- Влажность воздуха
- Основные законы и формулы МКТ
- Примеры решения задач

Контрольная работа

3. Тепловые явления

- Внутренняя энергия. Количество теплоты
- Первое начало термодинамики
- Работа газа
- Теплоёмкость. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам
- Адиабатический процесс
- Фазовые переходы. Горение
- Уравнение теплового баланса
- Круговые процессы (циклы). Тепловые машины
- Цикл Карно
- Изменение линейных размеров тела при изменении его температуры
- Основные законы и формулы термодинамики
- Примеры решения задач
- Контрольная работа

1. ДИНАМИКА

Основные понятия и определения

Динамика – раздел механики, изучающий законы взаимодействия тел.

Взаимодействие тел – воздействие тел друг на друга, вызывающее изменение их состояния (например, состояния движения).

Инерционность (инертность) – свойство тел сопротивляться изменению состояния своего движения.

Масса m тела – физическая величина, характеризующая его инертность ($[m] = \text{кг}$).

Инерциальная система отсчёта – система, относительно которой тело при отсутствии внешних воздействий движется прямолинейно и равномерно.

Инерция – свойство тел сохранять постоянным состояние своего движения по отношению к инерциальной системе отсчёта, когда внешние воздействия на тела отсутствуют или взаимно компенсируются.

Сила \vec{F} – физическая векторная величина, являющаяся мерой действия одного тела на другое. Сила имеет направленность в пространстве и точку приложения. Единица измерения силы – Ньютон: $[F] = \text{Н}$

Силы в механике

Гравитационные силы – силы взаимного притяжения тел друг к другу.

Закон всемирного тяготения: *все тела притягиваются друг к другу; сила всемирного тяготения прямо пропорциональна произведению масс тел (m_1 и m_2) и обратно пропорциональна квадрату расстояния r между ними:*

$$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (1.1)$$

где $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-2}$ – гравитационная постоянная. Векторы сил всемирного тяготения направлены вдоль прямой, соединяющей тела (см. рис. 1.1).

Закон всемирного тяготения в форме (1.1) может быть использован для вычисления сил взаимодействия между телами любой формы, если размеры тел значительно меньше расстояния между ними (в этом случае тела можно считать материальными точками). Ньютон доказал, что для однородных шарообразных тел в форме (1.1) применим при любых расстояниях между ними. В этом случае за расстояние r в выражении (1.1) принимается расстояние между центрами шаров (см. рис. 1.1).

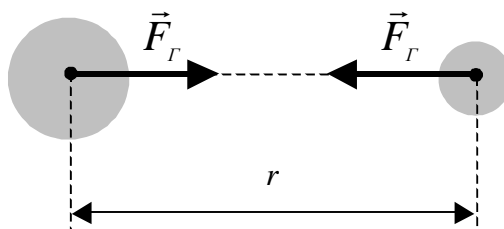


Рисунок 1.1 – Гравитационное взаимодействие.

Обратите внимание, что значение гравитационной постоянной отсутствует в приложении к билету, содержащему физические постоянные и единицы. Поэтому численное значение этой константы не используется при решении задач (если оно не задано в условии).

Сила тяжести \vec{F}_T - это сила гравитационного притяжения, действующая на тело со стороны планеты (звезды). Если m – масса тела, M и R – масса и радиус планеты, соответственно, то вблизи её поверхности (высота тела над поверхностью планеты $h \ll R$)

сила гравитационного взаимодействия $F_T = G \frac{mM}{R^2}$. Здесь величина

$$g = G \frac{M}{R^2} \quad (1.2)$$

есть величина постоянная для конкретной планеты, и называется *ускорением свободного падения* (вблизи поверхности планеты).

Ускорение свободного падения на высоте h :

$$g = G \frac{M}{(R+h)^2} \quad (1.3)$$

Таким образом, сила тяжести:

$$F_T = mg \quad (1.4)$$

Силы упругости – силы, возникающие в результате деформации тела и направленные в сторону, противоположную перемещениям частиц при деформации.

При малых по сравнению с размерами тел деформациях сжатия или растяжения ($|\Delta l| \ll l$) модуль силы упругости прямо пропорционален модулю вектора перемещения свободного конца стержня (пружины). Направление вектора силы упругости противоположно направлению вектора перемещения при деформации (см. рис. 1.2).

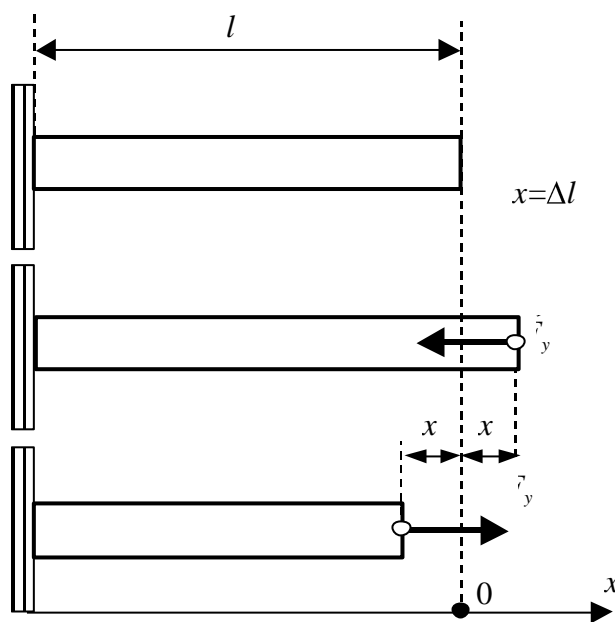


Рисунок 1.2 – Сила упругости.

Поэтому для проекции силы упругости на ось Ox , направленную по вектору перемещения, выполняется равенство

$$(F_y)_x = -kx = -k\Delta l, \quad (1.5)$$

где k – жесткость (коэффициент упругости), $x = \Delta l$ – удлинение стержня (пружины). Единица измерения жесткости – $[k] = \text{Н/м}$

Отметим: знак «минус» в выражении (1.5) указывает на то, что направление силы упругости и направление вектора деформации (сжатия или растяжения) противоположны.

Закон (1.5) установлен экспериментально Р. Гуком.

Закон Гука: сила упругости, возникающая при деформации тела, пропорциональна удлинению тела и направлена в сторону, противоположную направлению перемещений частиц тела при деформации.

Модуль силы упругости:

$$F_y = k|x| = k|\Delta l|. \quad (1.6)$$

Сила (нормальной) реакции опоры \vec{N} - это упругая сила, возникающая при деформации поверхности прижатом к ней некоторой силой телом и действующая перпендикулярно поверхности соприкосновения (см. рис. 1.3).

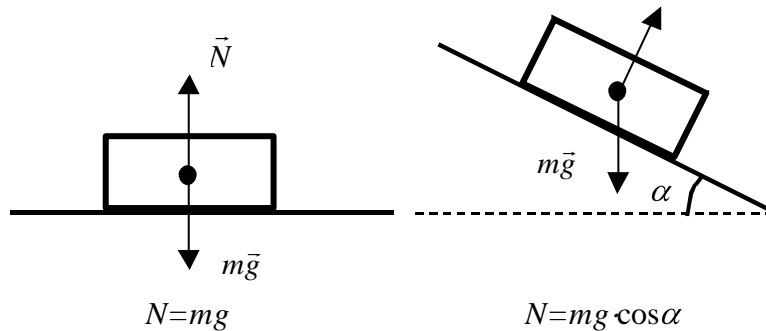


Рисунок 1.3 – Сила реакции опоры при действии на тело силы тяжести.

Силы трения – силы, препятствующие относительному перемещению соприкасающихся тел, а также их частей.

Сила трения скольжения \vec{F}_{TP} - это сила, действующая на тело, движущееся по поверхности другого тела. Вектор силы трения скольжения \vec{F}_{TP} направлен вдоль поверхности соприкосновения тел противоположно вектору их относительной скорости (см. рис. 1.4). Поэтому сила трения скольжения всегда приводит к уменьшению модуля относительной скорости тел.

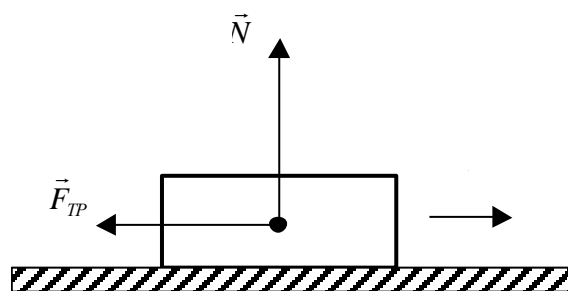


Рисунок 1.4 – Сила трения.

$$F_{TP} = \mu N, \quad (1.7)$$

где μ - безразмерная физическая величина, зависящая от природы соприкасающихся тел и степени обработки их поверхности; N - сила реакции опоры. Коэффициент трения μ - положительная величина всегда меньше единицы ($0 < \mu < 1$).

Принцип суперпозиции сил. Равнодействующая сил

Если на тело действует одновременно несколько сил \vec{F}_i , то их совокупное действие на тело эквивалентно действию одной силы \vec{F}_R , равной векторной (геометрической) сумме всех действующих на тело сил (см. рис. 1.5):

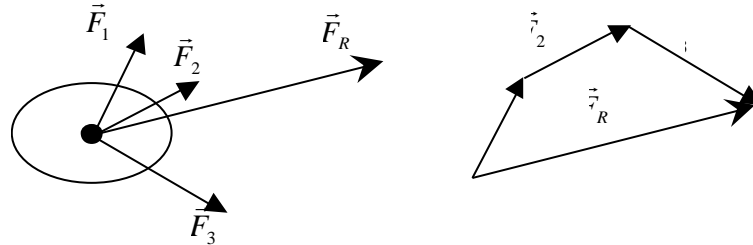


Рисунок 1.5 – Суперпозиция сил.

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i. \quad (1.8)$$

Равнодействующая сила \vec{F}_R - это сила, которая производит на тело такое же действие, какое производит на него совокупность сил.

Законы Ньютона

Первый закон Ньютона (закон инерции): существуют такие системы отсчёта (инерциальные) относительно которых поступательно движущиеся тела сохраняют свою скорость постоянной, если на них не действуют другие тела.

Второй закон Ньютона: сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на сообщаемое этой силой ускорение:

$$\vec{F} = m\vec{a}. \quad (1.9)$$

Глядя на выражение (1.9) формально, можно сделать неверные выводы. Например, что сила зависит от массы или масса от силы и т.п. Смысл же второго закона Ньютона заключается только в том, что действующие на тело силы определяют изменение скорости тела (ускорение), а не скорость тела:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (1.10)$$

Из выражения (1.10) становится понятным и смысл массы, как меры инертности тела. Чем больше масса, тем труднее (нужна бóльшая сила) изменить состояние движения тела.

Отметим, что в общем случае возможно одновременное действие на тело нескольких сил (см. принцип суперпозиции сил). Поэтому в общем случае:

$$\vec{F}_R = m\vec{a}, \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}_R}{m}. \quad (1.11)$$

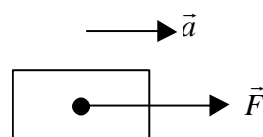
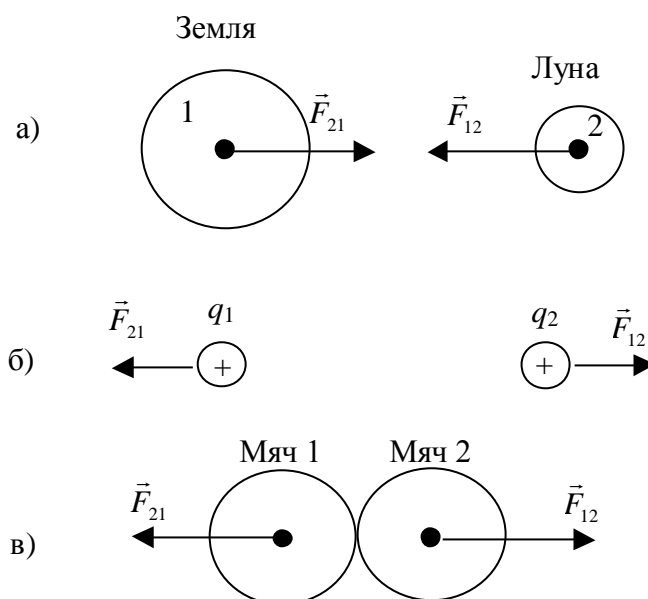


Рисунок 1.6 – Сила – причина ускоренного движения.

Третий закон Ньютона (закон взаимодействия): тела действуют друг на друга с силами, направленными вдоль одной прямой, равными по модулю и противоположными по направлению:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}. \quad (1.12)$$



а) силы взаимного притяжения Земли и Луны: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ (бесконтактное взаимодействие посредством гравитационного поля);

б) силы кулоновского взаимодействия двух одноименных электрических зарядов: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ (бесконтактное взаимодействие посредством электрического поля);

в) силы упругости: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ (контактное взаимодействие посредством силы упругости);

Рисунок 1.7 – Третий закон Ньютона.

Следует отметить, что равные по модулю и противоположные по направлению силы действия и противодействия приложены к разным телам и поэтому не могут уравновешивать друг друга.

Вес тела

Вес тела \vec{P} – это сила, с которой тело вследствие его притяжения к Земле (планете) действует на опору или подвес.

Сила тяжести и вес – это не одно и то же:

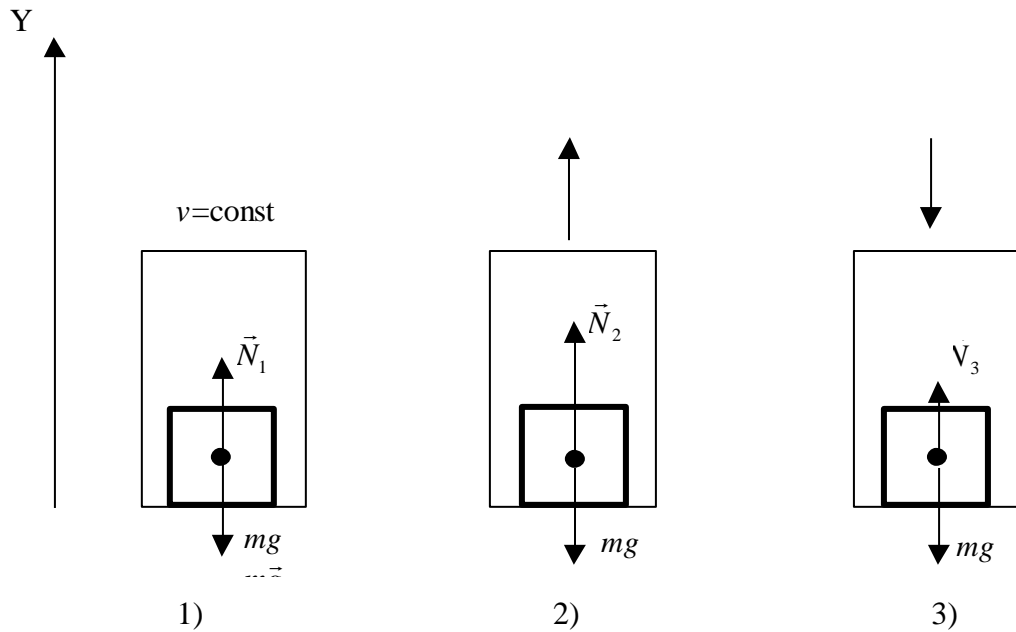
- 1) сила тяжести приложена к телу, вес тела – к опоре (подвесу);
- 2) сила тяжести и вес могут отличаться по величине (при ускоренном движении опоры).

Согласно третьему закону Ньютона, вес тела P (действует на опору) равен силе реакции опоры N (действует на тело):

$$P = N. \quad (1.13)$$

Поэтому в на практике прямое определение веса P часто заменяют нахождением силы нормальной реакции N .

Рассмотрим, например, задачу о нахождении веса тела находящегося в лифте (см. рис. 1.8).



- 1) состояние покоя или равномерное движение;
 2) разгон при подъёме или торможение при спуске;
 3) торможение при подъёме или разгон при спуске.

Рисунок 1.8 – Вес тела, находящегося в лифте.

Будем находить силу реакции опоры, которая равна весу ($P = N$). Запишем уравнение движения (второй закон Ньютона) для тела в лифте:

$$m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g}. \quad (1.14)$$

В проекциях на ось Y выражение (1.14) соответственно принимает вид:

- 1) $0 = N_1 - mg \Rightarrow P_1 = N_1 = mg$ (вес равен силе тяжести);
 2) $ma = N_2 - mg \Rightarrow P_2 = N_2 = m(g + a)$ (вес больше силы тяжести);
 3) $-ma = N_3 - mg \Rightarrow P_3 = N_3 = m(g - a)$ (вес меньше силы тяжести).

Импульс

Импульс тела (количество движения) \vec{p} – векторная физическая величина, равная произведению массы тела на скорость его движения:

$$\vec{p} = m\vec{v}. \quad (1.15)$$

Единица измерения импульса $[p] = \text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}$.

Импульс силы $\vec{F} \cdot t$ – величина, равная произведению действующей на тело силы на промежуток времени действия силы.

Единица измерения импульса силы $[Ft] = \text{Н} \cdot \text{с} = \text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}$.

Установим связь между импульсом тела и импульсом силы. Второй закон Ньютона:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{\Delta\vec{v}}{t} = m \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t} = \frac{m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1}{t} = \frac{\vec{p}_2 - \vec{p}_1}{t} = \frac{\Delta\vec{p}}{t}. \quad (1.16)$$

Таким образом, второй закон Ньютона в импульсной форме:

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{t}. \quad (1.17)$$

Из выражений (1.16) следует, что

$$\vec{F} \cdot t = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1 = \Delta\vec{p}. \quad (1.18)$$

Закон сохранения импульса

Если на систему тел не действуют внешние силы (либо внешние силы компенсируют друг друга - $\sum_i \vec{F}_i^{ВНЕШ} = 0$), то система называется замкнутой.

Закон сохранения импульса : в замкнутой системе геометрическая сумма импульсов тел остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой:

$$\vec{p}_\Sigma = \sum_i \vec{p}_i = \text{const}. \quad (1.19)$$

Например, при взаимодействии двух тел выражение (1.19) запишется в виде:

$$\begin{aligned} \vec{p}_1 + \vec{p}_2 &= \vec{p}_1' + \vec{p}_2', \\ m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 &= m\vec{v}_1' + m\vec{v}_2', \end{aligned} \quad (1.20)$$

где \vec{p}_1, \vec{p}_2 (\vec{v}_1, \vec{v}_2) – импульсы (скорости) тел перед взаимодействием;

\vec{p}_1', \vec{p}_2' (\vec{v}_1', \vec{v}_2') – импульсы (скорости) тел после взаимодействия.

Следует отметить, что в законе сохранения импульса все импульсы (скорости) берутся для всех тел (до взаимодействия и после взаимодействия) в одной системе отсчёта.

Из выражения (1.19) следует, что *сохраняются все проекции импульса замкнутой системы на оси выбранной системы координат*:

$$\begin{aligned} p_x &= \text{const}_x, \\ p_y &= \text{const}_y, \\ p_z &= \text{const}_z. \end{aligned} \quad (1.21)$$

Механическая работа. Мощность

Работа A постоянной силы \vec{F} - скалярная физическая величина, равная произведению модулей силы и перемещения, умноженному на косинус угла α между векторами силы \vec{F} и перемещения \vec{S} :

$$A = FS \cos \alpha. \quad (1.22)$$

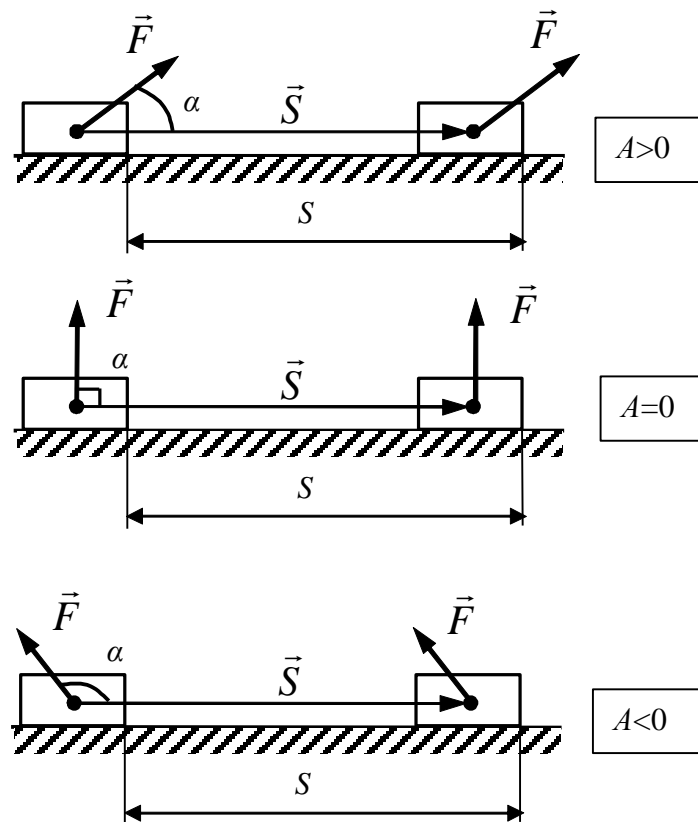


Рисунок 1.9 – Работа силы.

Единица работы - $[A] = \text{Дж}$ (джоуль).

Мощность P – скалярная физическая величина, равная отношению работы A к промежутку времени t , в течение которого она совершена:

$$P = \frac{A}{t}. \quad (1.23)$$

Мощность численно равна работе, совершаемой в единицу времени.

Единица мощности - $[P] = \text{Вт}$ (ватт).

Энергия

Энергия E – физическая величина, показывающая, какую работу может совершить тело.

Единица энергии - $[E] = \text{Дж}$.

Кинетическая энергия E_k (энергия движения) – энергия, которой обладает тело вследствие своего движения:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}. \quad (1.24)$$

Потенциальная энергия E_p (энергия положения) – энергия, которая определяется взаимным положением взаимодействующих тел или частей одного и того же тела.

Потенциальная энергия тела в поле силы тяжести:

$$E_p = mgh, \quad (1.25)$$

где h – высота тела над уровнем с нулевой потенциальной энергией.

Потенциальная энергия тела при его упругой деформации:

$$E_{\Pi} = \frac{k \cdot \Delta l^2}{2}, \quad (1.26)$$

где k – коэффициент жесткости, Δl – изменение длины тела.

При совершении работы энергия тел изменяется. *Совершенная работа равна изменению энергии.*

Работа равнодействующей сил, приложенных к телу, равна изменению кинетической энергии тела:

$$A = E_{K2} - E_{K1} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}, \quad (1.27)$$

где E_{K1} , E_{K2} (v_1 , v_2) – кинетическая энергия (скорость) тела в начальный и конечный моменты времени, соответственно.

Если несколько тел взаимодействует между собой только силами тяготения и силами упругости, и никакие внешние силы на них не действуют, то при любых взаимодействиях тел работа сил упругости или/и сил тяготения равна изменению потенциальной энергии тел, взятому с противоположным знаком:

$$A = -(E_{\Pi2} - E_{\Pi1}), \quad (1.28)$$

где $E_{\Pi1}$, $E_{\Pi2}$ – потенциальная энергия тела в начальный и конечный моменты времени, соответственно.

Полная механическая энергия E – это сумма кинетической и потенциальной энергий:

$$E = E_K + E_{\Pi}. \quad (1.29)$$

Закон сохранения энергии

Закон сохранения полной механической энергии: *полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих только силами тяготения и упругости, остается неизменной:*

$$E_1 = E_2, \quad (1.30)$$

$$E_{K1} + E_{\Pi1} = E_{K2} + E_{\Pi2}.$$

Индексы 1 и 2 в (1.30) соответствуют энергиям в различные моменты времени.

Закон сохранения энергии (1.30) устанавливает возможность взаимных превращений кинетической и потенциальной энергии тел друг в друга.

Отметим, что закон сохранения полной механической энергии не выполняется, если в системе присутствуют силы трения (сопротивления). В этом случае механическая энергия тел превращается в энергию теплового движения молекул. *При любых физических взаимодействиях энергия не возникает и не исчезает, а только превращается из одной формы в другую.*

Ударные взаимодействия тел

Примером взаимодействия тел является удар – столкновение двух тел. В отсутствие действия других тел (или внешние силы скомпенсированы), эту систему можно считать замкнутой.

Абсолютно упругий удар – это столкновение, после которого остаточная деформация тел отсутствует (упругая деформация). В этом случае, суммарная кинетическая энергия столкнувшихся тел не изменяется. Происходит лишь перераспределение кинетической энергии тел. Кроме этого выполняется закон сохранения импульса. Систему уравнений, описывающую абсолютно упругий удар можно записать в виде:

$$\begin{cases} \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2', \\ E_{K1} + E_{K2} = E_{K1}' + E_{K2}'; \end{cases} \quad (1.31a)$$

$$\begin{cases} m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2', \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}. \end{cases} \quad (1.31б)$$

Индексы 1 и 2 относятся к первому (m_1) и второму телу (m_2), соответственно. В левой части равенств находятся величины до удара, в правой части – после удара.

Абсолютно неупругий удар – столкновение, в результате которого тела двигаются как единое целое с сохранением остаточной деформации (пластическая деформация). Кинетическая энергия в случае абсолютно неупругого удара не сохраняется: часть её преобразуется во внутреннюю энергию столкнувшихся тел. Однако, т.к. система является замкнутой, то выполняется закон сохранения импульса (1.19), который в данном случае запишется в виде:

$$\begin{aligned} \vec{p}_1 + \vec{p}_2 &= \vec{p}, \\ m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 &= m\vec{v}, \end{aligned} \quad (1.32)$$

где \vec{p}_1, \vec{p}_2 (\vec{v}_1, \vec{v}_2) – импульсы (скорости) тел перед взаимодействием;
 \vec{p} (\vec{v}) – импульс (скорость) тел после взаимодействия.

Часть кинетической энергии ΔE_K , перешедшей во внутреннюю энергию ΔU столкнувшихся тел (выделившаяся теплота Q):

$$\Delta E_K = \Delta U = Q = E_{K1} + E_{K2} - E_K = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2}, \quad (1.33)$$

где E_{K1} и E_{K2} - кинетическая энергия первого и второго тела, соответственно, перед взаимодействием; E_K - кинетическая энергия тел после взаимодействия.

Коэффициент полезного действия

Каждый вид энергии может полностью превратиться в любой другой вид энергии. Однако во всех реальных машинах (механизмах, преобразователях энергии) кроме полезной работы происходят превращения энергии, которые называют потерями энергии. Чем меньше относительные потери энергии, тем совершеннее машина. Степень совершенства машины характеризуется коэффициентом полезного действия (КПД): отношением полезно используемой энергии $E_{\text{полезн}}$ (или полезной работы $A_{\text{п}}$) к энергии E , подводимой к данной машине (затраченной работе A_3):

$$\eta = \frac{E_{\text{полезн}}}{E} \quad \text{или} \quad \eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_3}. \quad (1.34)$$

Момент силы

Момент M силы F (вращающий момент) – величина, являющаяся мерой действия одного тела на другое при вращательном движении:

$$M = F \cdot l = F \cdot d \cdot \sin \varphi, \quad (1.35)$$

где $l = d \cdot \sin \varphi$ – плечо силы, равное кратчайшему расстоянию от точки вращения O до линии действия силы, d - расстояние от точки вращения O до точки приложения силы N (рис. 1.10).

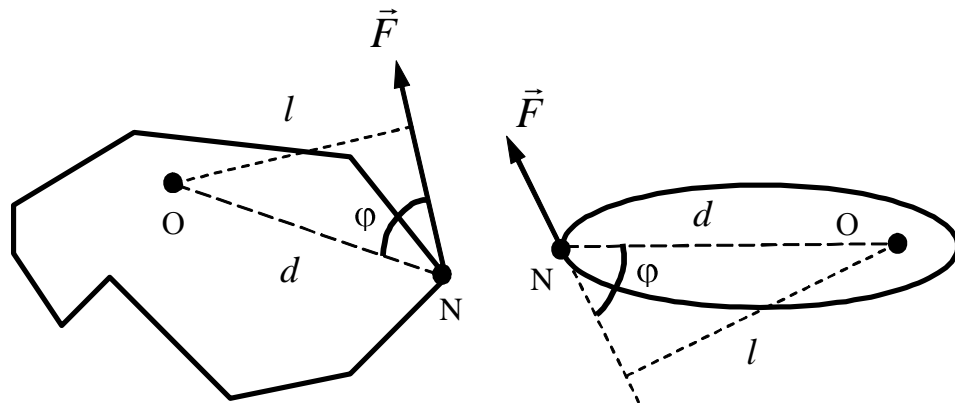


Рисунок 1.10 – Момент силы.

Основные законы и формулы динамики

Таблица 1.1 Основные законы и формулы динамики

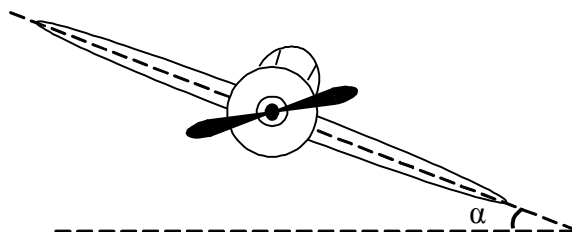
Название закона (формулы)	Математическая запись закона, формула
Сила всемирного тяготения	$F_r = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
Ускорение свободного падения на поверхности планеты	$g = G \frac{M}{R^2}$
Ускорение свободного падения на высоте h	$g = G \frac{M}{(R+h)^2}$
Сила тяжести	$F_T = mg$
Сила упругости	$F_y = k \Delta l $
Сила трения (скольжения)	$F_{TP} = \mu N$
Принцип суперпозиции сил	$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i$
Первый закон Ньютона (закон инерции)	Если $\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = 0$, то $a=0$ и $\vec{v} = \text{const}$ (движение только прямолинейное)
Второй закон Ньютона	$\vec{F}_R = m\vec{a}$
Третий закон Ньютона (закон взаимодействия)	$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$
Вес тела	$P = N$
Импульс тела	$\vec{p} = m\vec{v}$
Импульс силы	$\vec{F} \cdot t = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1 = \Delta \vec{p}$
Второй закон Ньютона в импульсной форме	$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{t}$

Закон сохранения импульса	$p_x = \text{const}_x,$ $\vec{p}_\Sigma = \sum_i \vec{p}_i = \text{const} \text{ или } p_y = \text{const}_y,$ $p_z = \text{const}_z.$
Закон сохранения импульса при взаимодействии двух тел	$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2',$ $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = m\vec{v}_1' + m\vec{v}_2',$
Работа силы	$A = FS \cos \alpha$
Мощность	$P = \frac{A}{t}$
Кинетическая энергия	$E_k = \frac{mv^2}{2}$
Потенциальная энергия тела, находящегося в поле силы тяжести	$E_{\text{п}} = mgh$
Потенциальная энергия тела при его упругой деформации	$E_{\text{п}} = \frac{k \cdot \Delta l^2}{2}$
Работа равнодействующей сил	$A = E_{k2} - E_{k1} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$
Работа сил упругости или/и сил тяготения	$A = -(E_{\text{п}2} - E_{\text{п}1})$
Полная механическая энергия	$E = E_k + E_{\text{п}}$
Закон сохранения полной механической энергии	$E_1 = E_2,$ $E_{k1} + E_{\text{п}1} = E_{k2} + E_{\text{п}2}$
Абсолютно упругий удар	$\begin{cases} \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2', \\ E_{k1} + E_{k2} = E_{k1}' + E_{k2}'; \\ \begin{cases} m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2', \\ \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} = \frac{m_1v_1'^2}{2} + \frac{m_2v_2'^2}{2}. \end{cases} \end{cases}$
Абсолютно неупругий удар	$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p},$ $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = m\vec{v}$
Выделившаяся энергия при абсолютно неупругом ударе	$\Delta E_k = \Delta U = Q = E_{k1} + E_{k2} - E_k =$ $= \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2}$
Коэффициент полезного действия	$\eta = \frac{E_{\text{полезн}}}{E} \quad \text{или} \quad \eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_3}$
Момент силы (вращающий момент)	$M = F \cdot l = F \cdot d \cdot \sin \varphi$

Задачи

Законы Ньютона и вес тела

1. Определить в СИ, с какой силой давит космонавт массой 50 кг на кресло при вертикальном взлете ракеты с ускорением 20 м/с^2 . Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 . [1500]
2. Воздушный шар, масса которого вместе с гондолой и балластом 600 кг, опускается с постоянной скоростью. Подъёмная сила шара равна 4900 Н. Определить в СИ массу балласта, который нужно сбросить из гондолы, чтобы воздушный шар стал подниматься вверх с той же скоростью. Считать силу сопротивления воздуха пропорциональной скорости. [200]
3. Автомобиль массой 5 т проходит по выпуклому мосту со скоростью 6 м/с. Определить в кН вес автомобиля на середине моста, если радиус кривизны моста 50 м. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 . [46,4]
4. Два тела, массы которых 50 г и 100 г, лежат, связанные невесомой нитью, на гладкой горизонтальной поверхности стола. С какой максимальной силой можно тянуть первое тело, чтобы нить, способная выдержать нагрузку не более 5 Н, не оборвалась? Трением тел о плоскость стола пренебречь. Ответ дать в СИ. [7,5]
5. В неподвижном лифте гирька, подвешенная на пружине, растягивает её на 14 см. На сколько сантиметров растягивается пружина при опускании лифта с ускорением $1,4 \text{ м/с}^2$, направленным вниз? [12]
6. Через невесомый блок переброшена нерастяжимая нить с двумя грузами. Масса меньшего из них 186 г. Определить в граммах массу большего груза, если грузы движутся с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$. [206]
7. Диск вращается в горизонтальной плоскости с постоянной угловой скоростью $3,14 \text{ рад/с}$. На расстоянии 12 см от оси на диске лежит тело. Каким должен быть минимальный коэффициент трения, чтобы тело не соскользнуло с диска? Полагать ускорение силы тяжести равным 10 м/с^2 . [0,12]
8. С аэростата, неподвижно парящего в воздухе, сбросили два шарика, связанных тонкой невесомой нитью. Один шарик – железный, массой 0,6 кг, второй – алюминиевый, массой 0,2 кг. Радиусы шариков одинаковы. Определить в СИ силу натяжения нити после того, как она перестанет изменяться. [1,96]
9. Спортивный самолет совершает вираж, двигаясь по горизонтальной окружности радиусом 250 м с постоянной скоростью 180 км/ч. Определить в градусах угол между плоскостью крыльев и горизонтом. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 . [45]



Импульс и закон его сохранения

10. Импульс тела массой 2 кг под действием постоянной силы за 2 с изменяется на 10 кг·м/с. Найти в СИ величину ускорения тела. [2,5]

11. Снаряд, летящий со скоростью 15 м/с, разорвался на два осколка массами 6 кг и 14 кг, больший из которых полетел в прежнем направлении. В первый момент после взрыва скорость большего осколка равна 24 м/с. Найти в СИ скорость меньшего осколка. [6]

12. Пушка, стоящая на очень гладкой горизонтальной поверхности, стреляет под углом 60° к горизонту. Масса снаряда 20 кг, начальная скорость 200 м/с, масса пушки 500 кг. Найти в СИ модуль скорости пушки после выстрела. [4]

13. Два мяча прижаты друг к другу и мгновенно отпущены. Первый мяч отскочил за некоторое время в горизонтальном направлении на 1,2 м, а другой за это же время на 1,5 м. Найти отношение кинетической энергии первого мяча к энергии второго в момент их разъединения. [0,8]

14. На корме неподвижной лодки длиной 5 м и массой 280 кг находится человек массой 70 кг. На какое расстояние относительно воды передвинется лодка, если человек перейдет на нос лодки? Ответ дать в СИ. [1]

Работа силы. Мощность. КПД. Закон сохранения энергии

15. Пружину сначала растянули на 1,5 см, а затем ещё на 1 см. Какую долю от всей произведённой работы по растяжению пружины составляет первая часть работы? [0,36]

16. Начальная кинетическая энергия мяча массой 0,25 кг, подброшенного вертикально вверх с поверхности Земли, равна 49 Дж. На какой высоте его кинетическая энергия равна потенциальной? Потенциальную энергию на поверхности Земли считать равной нулю. Сопротивление воздуха не учитывать. Ответ дать в СИ. [10]

17. Найти в СИ работу, которую нужно совершить, чтобы увеличить скорость движения тела от 2 м/с до 5 м/с на расстоянии 10 м. На всем пути действует сила трения 2 Н. Масса тела 2 кг. [41]

18. Лошадь тянет сани массой 1000 кг по горизонтальной снежной дороге со скоростью 3 м/с. Найти в СИ мощность, развиваемую лошадью, если коэффициент трения саней о снег равен 0,02. [588]

19. Мальчик с санками стоит на ледяном катке. Какую работу должен совершить мальчик, толкнув санки, чтобы они после толчка покатались по льду со скоростью 4 м/с? Масса санок 5 кг, мальчика - 20 кг. Трением о лёд пренебречь. Ответ дать в СИ. [50]

20. На покоящийся груз массой 1,5 кг в течение двух секунд подействовала сила $F = 17,7$ Н в вертикальном направлении вверх. Пренебрегая затратами энергии на трение, найти в СИ работу силы F . [70,8]

21. Стальной шарик массой 0,2 кг падает с высоты 595 см и вдавливаются в грунт на глубину 5 см. Определить в СИ среднюю силу сопротивления грунта. Сопротивлением воздуха пренебречь. [235,2]

22. Тело соскальзывает без трения по наклонному желобу, переходящему в вертикальную петлю с радиусом 1 м. С какой минимальной высоты должно начать движение тело, чтобы не оторваться от желоба в верхней точке петли? Ответ дать в СИ. [2,5]

23. Насос выбрасывает струю воды диаметром 2 см в горизонтальном направлении со скоростью 2 м/с. Определить в СИ мощность насоса. Трением пренебречь. [1,256]

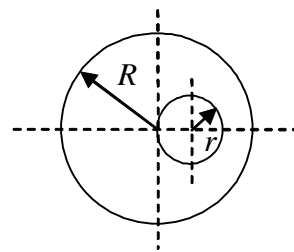
Ударные взаимодействия

24. Шар, движущийся со скоростью 4 м/с сталкивается с таким же покоящимся шаром. Найти в СИ полную кинетическую энергию шаров после их абсолютно неупругого соударения. Масса каждого шара равна 2 кг. [8]

25. На покоящийся шар налетает другой точно такой же шар. Происходит нецентральный упругий удар. Определить в градусах угол между скоростями разлетающихся шаров (угол разлета). [90]

Момент силы

26. В однородном диске одинаковой толщины с радиусом $R=12$ см вырезали круглое отверстие радиусом $r=4$ см. Определить, на сколько сантиметров при этом переместился центр тяжести диска. [0,5]



27. Тонкий стержень, плотность материала которого 750 кг/м^3 , закреплен шарнирно на одном конце и опущен свободным концом в воду. Шарнир находится на небольшой высоте над уровнем воды. Какая часть длины стержня будет погружена в воду при равновесии? [0,5]