

ЕН.Ф.06 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебно-методическое пособие для подготовки к тестированию

В учебно-методическом пособии содержатся основные понятия и формулы механики, вопросы для самоконтроля и тестовые задания для самостоятельного решения.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Кинематика	5
Основные понятия и формулы	5
Вопросы для самоконтроля	9
Тест 1	10
2 Динамика материальной точки	17
Основные понятия и формулы	17
Вопросы для самоконтроля	21
Тест 2	22
3 Законы сохранения	28
Основные понятия и формулы	28
Вопросы для самоконтроля	32
Тест 3	34
4 Динамика вращательного движения	41
Основные понятия и формулы	41
Вопросы для самоконтроля	44
Тест 4	45
Ответы	53

Введение

Совершенствование образовательного процесса в высшей школе в последние годы во многом связано с активным использованием новых информационных технологий обучения и контроля знаний. Проведение контроля знаний студентов в форме компьютерного тестирования помимо объективного определения уровня знаний и умений призвано стимулировать студентов к более углубленному самостоятельному изучению предмета.

Представленное Вашему вниманию учебное пособие преследует цель помочь студентам углубленно изучать физику и подготовиться к проверке приобретенных знаний. Работа является первой частью комплекта методических пособий по курсу общей физики и в ней рассматриваются четыре раздела по теме «Механика». Изложение разделов построено по единой схеме. По каждому разделу излагается краткая теория, приводятся вопросы для самоконтроля и тестовые задания для самостоятельного выполнения студентами.

При работе с пособием студенту рекомендуется вначале изучить теорию по данному разделу. При этом краткой теории, изложенной в пособии, недостаточно. Её следует рассматривать как совокупность теоретического материала, для углубленного изучения которого необходимо привлекать рекомендуемую в пособии литературу, а также конспект лекций по курсу физики. После освоения теоретического материала нужно ответить на контрольные вопросы, чтобы проверить свои знания основных законов и формул по данному разделу темы. Только после этого можно приступать к выполнению тестовых заданий.

В большинстве своем тестовые задания проверяют не только конкретные знания, но и умение на основе этих знаний делать правильные выводы о физических явлениях и процессах, а также умение решать конкретные задачи. Работа над тестовыми заданиями позволит студенту оценить степень понимания изученного материала и умения применять свои знания. Правильность своих решений студент может проверить по ответам, приведенным в конце работы. Если задание решено неверно, нужно постараться самостоятельно найти ошибку в своем решении. Если это не удастся, нужно обратиться за помощью к преподавателю.

Библиографический список

- 1 **Савельев, И.В.** Курс общей физики. Т. 1 / И.В. Савельев. – М.: Наука. 1982 – 2009.
- 2 **Савельев, И.В.** Сборник вопросов и задач по общей физике / И.В. Савельев. – М.: Наука. 1982 – 2009.
- 3 **Демехин, В.Ф.** Механика. Колебания и волны. Молекулярная физика и термодинамика: методические указания для самостоятельного изучения курса физики / В.Ф. Демехин, А.Г. Кочур, Б.М. Лагутин, Н.Б. Шевченко, В.А. Явна. – Ростов н/Д, 2001.

1 КИНЕМАТИКА

Основные понятия и формулы

Поступательным называется движение, при котором отрезок, соединяющий любые две точки тела, остается параллельным самому себе. При **вращательном** движении все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной прямой, называемой осью вращения.

Тело отсчета – тело, относительно которого рассматривается движение.

Система отсчета – система координат, жестко связанная с телом отсчета, и определенный способ измерения времени. **Материальная точка** – тело, размерами которого в данной задаче можно пренебречь. Это понятие обычно используется, когда: а) размеры тела малы по сравнению с расстоянием до точки наблюдения; б) размеры тела малы по сравнению с расстоянием, которое оно прошло; в) тело движется поступательно.

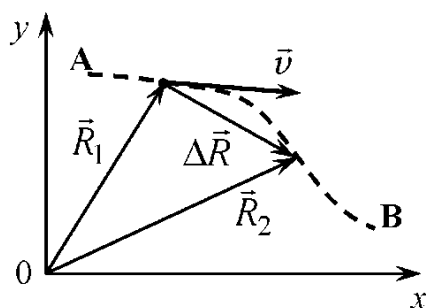


Рис. 1.1

Траекторией движения называется линия, представляющая собой непрерывную последовательность точек пространства, в которых материальная точка находилась в процессе своего движения (штриховая линия АВ на рис. 1.1). **Путь** S – это расстояние, измеренное вдоль участка траектории, пройденного материальной точкой в некотором интервале времени.

Положение материальной точки характеризуется **радиус-вектором** \vec{R} . Это вектор, проведенный из начала координат в точку, в которой в данный момент времени находится тело (векторы \vec{R}_1 и \vec{R}_2 на рис. 1.1). **Перемещением** называется вектор, проведенный из начальной точки данного участка траектории в конечную точку этого участка (вектор $\Delta\vec{R}$ на рис. 1.1). Перемещение тела равно приращению радиус-вектора движущейся материальной точки $\Delta\vec{R} = \vec{R}_2 - \vec{R}_1$ за время Δt .

Мгновенная скорость (скорость в данной точке траектории) равна:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{R}}{\Delta t} = \frac{d\vec{R}}{dt}, \quad \left[\vec{v} \right] = \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (1.1)$$

Вектор мгновенной скорости всегда направлен по касательной к траектории в данной точке.

Скорость тела относительно неподвижной системы отсчета называют **абсолютной**. Скорость тела относительно движущейся системы отсчета называют **относительной**. **Абсолютная скорость** равна векторной сумме относительной скорости тела и скорости движущейся системы отсчета относительно неподвижной.

Относительная скорость движения двух тел равна векторной разности абсолютных скоростей этих тел.

Ускорение \vec{a} – это векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости тела. **Мгновенное ускорение** (ускорение в данной точке траектории) равно:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}, \quad \left[\vec{a} \right] = \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \quad (1.2)$$

При криволинейном движении скорость в общем случае изменяется и по величине, и по направлению. **Изменение модуля скорости** с течением времени характеризует **касательное** или **тангенциальное** ускорение \vec{a}_τ ,

направленное по касательной к траектории. Если скорость тела увеличивается (ускоренное движение), то направление вектора \vec{a}_τ совпадает с направлением скорости (рис. 1.2, а), если же скорость тела уменьшается (замедленное движение), то вектор \vec{a}_τ противоположен скорости (рис. 1.2, б). Величина касательного ускорения равна:

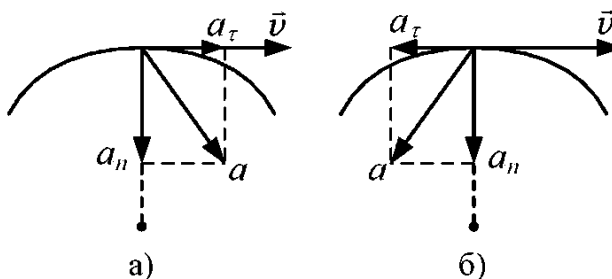


Рис. 1.2

Величина касательного ускорения равна:

$$a_\tau = \frac{dv}{dt}. \quad (1.3)$$

Ускорение, характеризующее **изменение направления вектора скорости** с течением времени, называется **нормальным, радиальным или центростремительным** ускорением \vec{a}_n . Оно всегда направлено по радиусу к центру кривизны траектории (рис. 1.2). Величина нормального ускорения равна:

$$a_n = \frac{v^2}{R}. \quad (1.4)$$

Полное ускорение равно векторной сумме нормального \vec{a}_n и касательного \vec{a}_τ ускорений:

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau. \quad (1.5)$$

Из рис. 1.2 видно, что

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}. \quad (1.6)$$

При вращательном движении все точки тела движутся по окружностям и такое движение можно характеризовать **угловым перемещением**. Угловым перемещением называется угол $\Delta\varphi$, на который поворачивается при движении точки радиус-вектор \vec{R} , характеризующий положение одной из точек относительно центра окружности O (рис. 1.3). Угловое перемещение вводится как вектор, перпендикулярный плоскости, в которой лежат векторы \vec{R} и \vec{v} . Направление $\Delta\vec{\varphi}$ определяется по правилу правого винта: если винт вращать в направле-

нии движения тела по окружности, то поступательное движение винта укажет направление вектора $\Delta\vec{\varphi}$ (рис. 1.3). $[\Delta\varphi] = \text{рад}$.

Изменение углового перемещения с течением времени характеризует *угловая скорость*. *Мгновенная угловая скорость* равна:

$$\vec{\omega} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{\varphi}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}, \quad [\vec{\omega}] = \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \quad (1.7)$$

Угловая скорость $\vec{\omega}$ – это вектор, направленный так же, как и вектор углового перемещения.

Изменение угловой скорости с течением времени характеризует *угловое ускорение* $\vec{\varepsilon}$. *Мгновенное угловое ускорение* равно:

$$\vec{\varepsilon} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{\omega}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}, \quad [\vec{\varepsilon}] = \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}. \quad (1.8)$$

Если угловая скорость со временем увеличивается (ускоренное вращение), то направления $\vec{\varepsilon}$ и $\vec{\omega}$ совпадают (рис. 1.3), если же $\vec{\omega}$ уменьшается (замедленное вращение), то направления $\vec{\varepsilon}$ и $\vec{\omega}$ противоположны.

Линейные характеристики движения (v , a_τ , a_n) связаны с угловыми (ω , ε) формулами:

$$v = \omega R, \quad (1.9)$$

$$a_n = \omega^2 R, \quad (1.10)$$

$$a_\tau = \varepsilon R. \quad (1.11)$$

Примеры некоторых видов движения:

1 *Равномерное прямолинейное движение* – скорость постоянна по величине и направлению, следовательно, $a_\tau = 0$ и $a_n = 0$. Уравнение движения: $x = x_0 + v_x t$.

2 *Равномерное криволинейное движение* – скорость постоянна по величине, но изменяется по направлению, следовательно, $a_\tau = 0$ и $a_n \neq 0$. Нормальное ускорение зависит от радиуса кривизны траектории – чем больше радиус при постоянной скорости, тем меньше a_n .

3 *Равноускоренное прямолинейное движение* – скорость равномерно изменяется по величине, но постоянна по направлению, следовательно, $a_\tau = \text{const} \neq 0$ и

$a_n = 0$. Уравнение движения: $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$. Закон изменения скорости:

$$v = v_0 + a_x t.$$

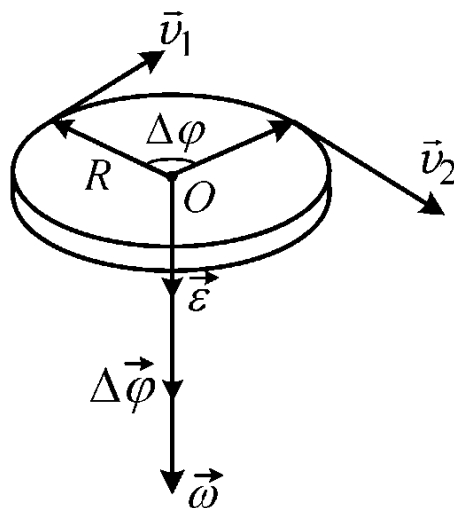


Рис. 1.3

4 *Равноускоренное криволинейное движение* – скорость изменяется по направлению и равномерно изменяется по величине, следовательно, $a_\tau = const \neq 0$ и $a_n \neq const$.

5 *Равномерное движение по окружности* – скорость постоянна по величине и равномерно изменяется по направлению, следовательно, $a_\tau = 0$ и $a_n = const$.

Графики движения

По графику зависимости координаты тела от времени $x = x(t)$ можно определить изменение скорости тела v_x . Проекция скорости равна первой производной от координаты по времени: $v_x = \frac{dx}{dt}$, следовательно, v_x в данный момент времени равна тангенсу угла наклона касательной к графику зависимости $x(t)$ в точке, соответствующей данному моменту времени (рис. 1.4).

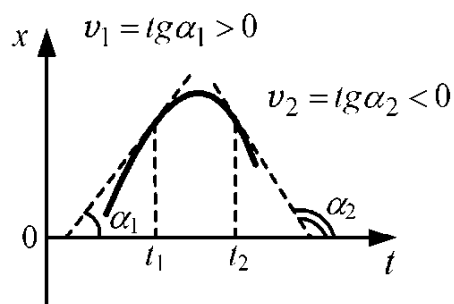


Рис. 1.4

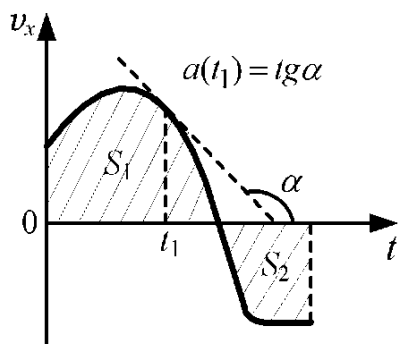


Рис. 1.5

Ускорение равно первой производной от скорости по времени $a_x = \frac{dv_x}{dt}$, следовательно, ускорение в данный момент времени равно тангенсу угла наклона касательной к графику зависимости $v_x(t)$ в точке, соответствующей данному моменту времени (рис. 1.5).

Путь, пройденный телом в некотором интервале времени, численно равен площади S фигуры, ограниченной графиком зависимости $v_x(t)$ и осью времени в данном интервале (рис. 1.5). В приведенном примере путь $S = S_1 + S_2$. Изменение координаты тела Δx (перемещение тела) в данном случае равно $\Delta x = S_1 - S_2$.

Изменение скорости в некотором интервале времени численно равно площади фигуры, ограниченной графиком зависимости $a_x(t)$ и осью времени в данном интервале (рис. 1.6). В данном случае в интервале времени от 0 до t_1 скорость тела возрастает на величину Δv_1 , а в интервале времени от t_1 до t_2 уменьшается на величину Δv_2 . Изменение скорости за все время составляет $\Delta v = \Delta v_1 - \Delta v_2$.

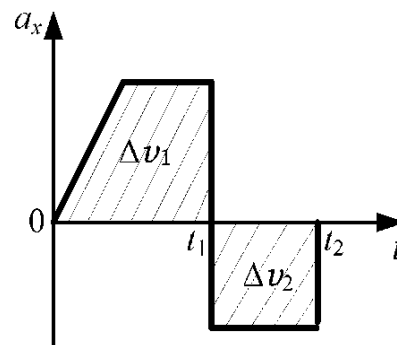


Рис. 1.6

Вопросы для самоконтроля

- 1 Что такое механическое движение тел? Что такое система отсчета? Что такое радиус-вектор?
- 2 Какое движение называется поступательным, а какое вращательным?
- 3 Что называется материальной точкой? В каких случаях тело можно рассматривать как тело точечных размеров? Приведите примеры.
- 4 Что такое траектория? Какое движение называют прямолинейным, криволинейным, плоским?
- 5 Что называется перемещением? Что такое путь? Чем отличается путь от перемещения? В каком случае путь, пройденный телом, равен величине перемещения?
- 6 Чему равно приращение радиус-вектора?
- 7 Что такое скорость? Что такое мгновенная скорость? Как направлен вектор мгновенной скорости?
- 8 Какое движение называют равномерным? Уравнение равномерного движения. Графики равномерного движения.
- 9 Что такое ускорение? Чему равно мгновенное ускорение?
- 10 Какое движение называют равноускоренным? Формулы равноускоренного движения. Графики равноускоренного движения.
- 11 Что такое угловое перемещение (угол поворота)? Как направлен вектор углового перемещения?
- 12 Что называется угловой скоростью? Чему равна мгновенная угловая скорость? Как направлен вектор угловой скорости?
- 13 Каким соотношением связаны линейная v и угловая ω скорости тела?
- 14 Что называется угловым ускорением? Чему равно мгновенное угловое ускорение? Как направлен вектор углового ускорения?
- 15 Какое ускорение называется нормальным (центростремительным, радиальным)? Что характеризует нормальное ускорение? Как оно направлено? Формулы нормального ускорения.
- 16 Что называется касательным ускорением (тангенциальным)? Как оно направлено? Формулы касательного ускорения.
- 17 Чему равно полное ускорение тела, движущегося по криволинейной траектории?
- 18 Каково взаимное направление векторов скорости и ускорения тела: а) при ускоренном движении; б) при замедленном движении?
- 19 Какая скорость называется абсолютной? Сформулируйте правило сложения скоростей.
- 20 Что называют относительной скоростью перемещения тел? Как определить относительную скорость движения двух тел?

21 Какие из нижеперечисленных величин являются скалярными, а какие векторными: скорость, ускорение, время, перемещение, путь, угловое перемещение, угловая скорость, угловое ускорение?

22 В каких единицах в СИ измеряются скорость, ускорение, время, перемещение, путь, угловое перемещение, угловая скорость, угловое ускорение?

Тест 1

1 Тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь, называется ...

- 1) материальной точкой 2) телом отсчета
3) абсолютно твердым 4) центром масс 5) изолированным

2 Движение, при котором отрезок, соединяющий любые две точки тела, остается параллельным самому себе, называется ...

- 1) прямолинейным 2) вращательным 3) поступательным
4) криволинейным 5) равномерным

3 Движение, при котором все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной прямой, называется ...

- 1) поступательным 2) вращательным 3) прямолинейным
4) криволинейным 5) равномерным

4 Положение материальной точки в пространстве задается ...

- 1) перемещением 2) телом отсчета 3) пройденным путем
4) радиус-вектором 5) графиком пути

5 Геометрическое место точек, в которых тело находилось в процессе движения – это ...

- 1) радиус-вектор 2) расстояние 3) траектория
4) перемещение 5) пройденный путь

6 Мяч упал с высоты 3 м, отскочил от пола и был пойман на высоте 1 м. Путь и перемещение мяча соответственно равны ...

- 1) 4 м и 1 м 2) 4 м и 2 м 3) 2 м и 1 м 4) 2 м и 2 м

7 Движение частицы, при котором за любые равные интервалы времени она проходит одинаковые пути, называют ...

- 1) плоским 2) равномерным 3) поступательным
4) равнопеременным 5) прямолинейным.

8 Равномерное движение материальной точки может описываться уравнениями (x – координата, v – скорость, t – время):

- 1) $x = 2t + 3$ 2) $x = 5t^2$ 3) $x = 8t$ 4) $v = 4 - t$ 5) $v = 7$

9 Путь при равноускоренном прямолинейном движении описывается ... зависимостью от времени.

- 1) параболической 2) гиперболической 3) линейной
4) не зависит от времени 5) экспоненциальной

10 Движение тела с постоянным ускорением может описываться уравнениями (x – координата, v – скорость, t – время):

- 1) $x = 2t + 3$ 2) $x = 5t^2$ 3) $x = 0,8t$ 4) $v = 4 - t$ 5) $v = 7 + 2t$

11 Материальная точка движется по прямой согласно уравнению $x = A + B \cdot t^3$, где $B = 0,1 \text{ м/с}^3$. Скорость точки в момент времени $t = 5 \text{ с}$ равна ...

- 1) $2,5 \text{ м/с}$ 2) 5 м/с 3) $7,5 \text{ м/с}$ 4) 10 м/с

12 Материальная точка движется по прямой согласно уравнению $x = 1,5 + 0,5 \cdot t^3$ (все величины даны в единицах СИ). Определите ускорение точки в момент времени 3 с .

- 1) 3 м/с^2 2) 6 м/с^2 3) 9 м/с^2 4) 15 м/с^2

13 Ускорение тела, зависимость скорости которого от времени определяется формулой $v = b + ct^2$, в момент времени 2 секунды равно ...

- 1) $4c$ 2) $b + c$ 3) $2c$ 4) $b + 2c$ 5) $b + 4c$

14 На рис. 1.7 представлен график зависимости проекции скорости тела v_x от времени. Тело движется в интервалах времени ...

- 1) А – равномерно, В и D – равнозамедленно, С и Е – равноускоренно
2) А – равномерно, С и D – равнозамедленно, В и Е – равноускоренно
3) А – равномерно, В и С – равнозамедленно, D и Е – равноускоренно
4) А – покоится, В и С – равнозамедленно, D и Е – равноускоренно

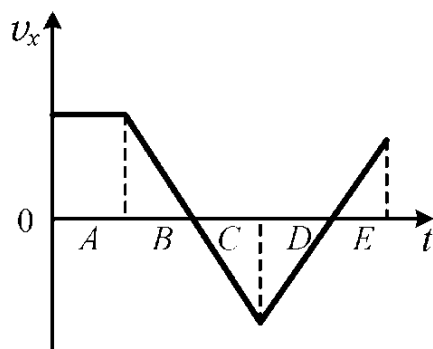


Рис. 1.7

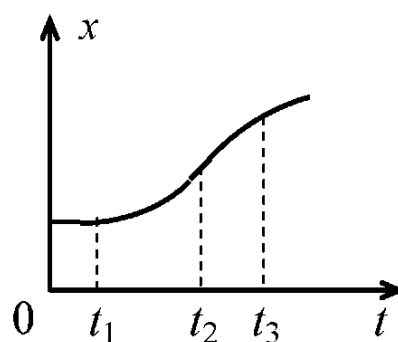


Рис. 1.8

15 Изменение координаты тела, движущегося по прямой, показано на рис. 1.8. Скорости тела в моменты времени t_1 , t_2 и t_3 ...

- 1) $v_3 > v_2 > v_1$ 2) $v_3 > v_1 > v_2$
3) $v_2 > v_3 > v_1$ 4) $v_2 > v_1 > v_3$

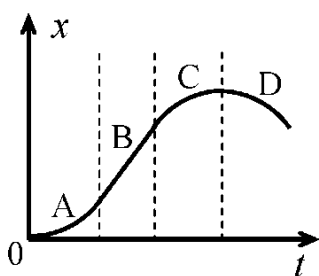


Рис. 1.9

16 При движении по прямой координата точки изменяется согласно графику, показанному на рис. 1.9.

Модуль скорости точки на участках ...

- 1) А и В – увеличивается, С и D – уменьшается
- 2) А и D – увеличивается, В – не изменяется, С – уменьшается
- 3) А – увеличивается, В – не изменяется, С и D – уменьшается
- 4) А, В и С – увеличивается, D – уменьшается

17 На рисунке показана зависимость координаты тела от времени. Проекция скорости тела v_x равна ...

- 1) 1 м/с
- 2) 1,5 м/с
- 3) 2 м/с
- 4) 2,5 м/с

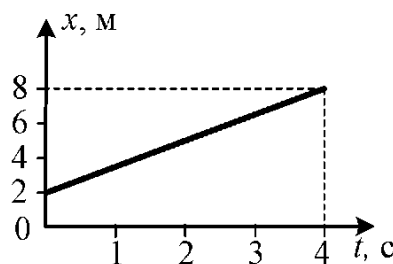


Рис. 1.10

18 Тело брошено под углом к горизонту. На участке подъема вектор ускорения тела направлен ...

- 1) вертикально вверх
- 2) вертикально вниз
- 3) по направлению скорости
- 4) противоположно направлению скорости

19 На рис. 1.11 представлены графики зависимости скоростей трех тел от времени. Какое из тел прошло наибольший путь к моменту времени t ?

- 1) I
- 2) II
- 3) III
- 4) все тела прошли одинаковые пути

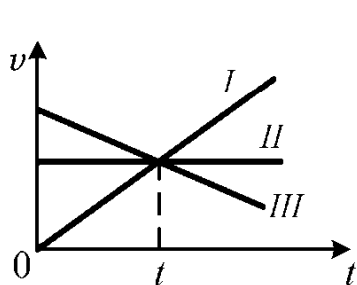


Рис. 1.11

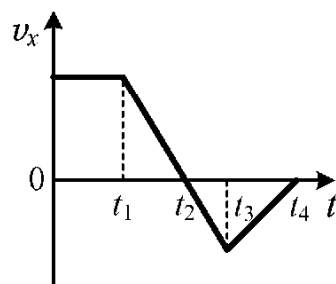


Рис. 1.12

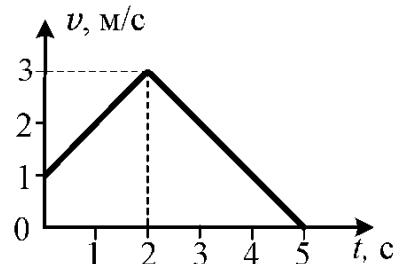


Рис. 1.13

20 Тело движется прямолинейно и проекция его скорости v_x изменяется согласно графику на рис. 1.12. Перемещение тела максимально в момент времени ...

- 1) t_1
- 2) t_2
- 3) t_3
- 4) t_4

21 Скорость прямолинейно движущегося тела изменяется со временем, как показано на рис. 1.13. Путь, пройденный телом за пять секунд, равен ...

- 1) 0,5 м
- 2) 15 м
- 3) 10 м
- 4) 8,5 м

22 Тело бросают вертикально вверх. Чтобы максимальная высота подъема тела увеличилась в 2 раза, скорость тела во время броска должна быть увеличена ...

- 1) в 2 раза 2) в 4 раза 3) в 1,4 раза 4) в 8 раз

23 Формулы тангенциального ускорения (R – радиус, ε – угловое ускорение, ω – угловая скорость, v – линейная скорость, t – время):

1) $a = \varepsilon R$ 2) $a = \omega^2 R$ 3) $a = \frac{v^2}{R}$ 4) $a = \frac{dv}{dt}$ 5) $a = \frac{d\omega}{dt} R$

24 Формулы нормального ускорения (R – радиус, ε – угловое ускорение, ω – угловая скорость, v – линейная скорость, t – время):

1) $a = \varepsilon R$ 2) $a = \omega^2 R$ 3) $a = \frac{v^2}{R}$

4) $a = \frac{dv}{dt}$ 5) $a = \frac{d\omega}{dt} R$

25 Формулы полного ускорения точки, движущейся по окружности радиуса R с угловым ускорением ε , нормальным ускорением a_n , тангенциальным ускорением a_τ :

1) $a = a_n + a_\tau$ 2) $a = a_n$ 3) $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$ 4) $a = a_\tau$ 5) $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$

26 Направление тангенциального ускорения точки, замедленно движущейся по дуге окружности, показано на рис. 1.14 вектором ... (\vec{v} – вектор скорости).

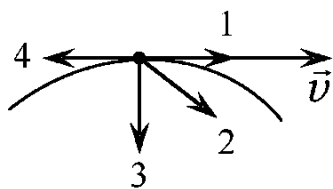


Рис. 1.14

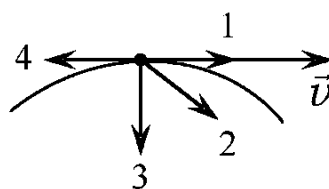
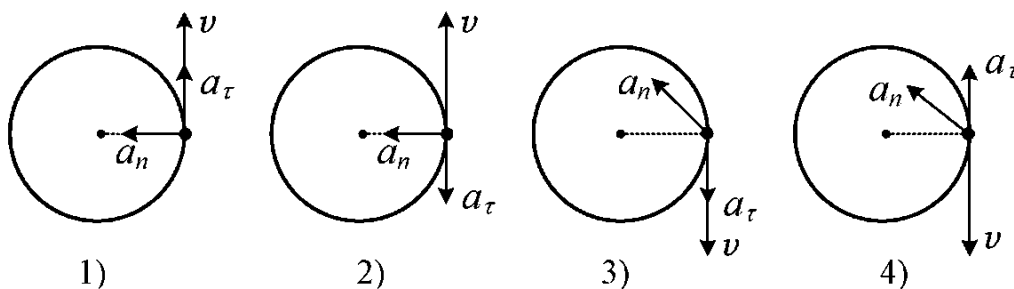


Рис. 1.15

27 Направление полного ускорения точки, ускоренно движущейся по дуге окружности, показано на рис. 1.15 вектором ... (\vec{v} – вектор скорости).

28 Материальная точка движется ускоренно по окружности против часовой стрелки. Направления векторов скорости, нормального и тангенциального ускорений правильно показаны на рисунке ...



29 Установите соответствие значений тангенциального a_τ и нормального a_n ускорений определенному виду движения тела.

1	$a_\tau = 0; a_n = 0$	A	Движение по прямой с постоянным ускорением.
2	$a_\tau = 0; a_n = const \neq 0$	B	Равномерное прямолинейное движение.
3	$a_\tau = const \neq 0; a_n = 0$	C	Равномерное движение по окружности.
		D	Движение по окружности с возрастающей скоростью.

30 Установите соответствие между видом движения тела и значениями a_τ и a_n (a_τ – проекция вектора ускорения тела на направление скорости, a_n – нормальное ускорение).

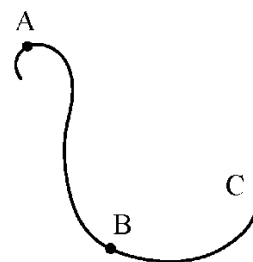
1	Равномерное движение по окружности.	A	$a_\tau < 0; a_n \neq 0$
2	Равноускоренное движение по окружности.	B	$a_\tau > 0; a_n \neq 0$
3	Равнозамедленное движение по окружности.	C	$a_\tau = 0; a_n \neq 0$
		D	$a_\tau < 0; a_n = 0$

31 Установите соответствие между видом движения тела и значениями a_τ и a_n (a_τ – проекция вектора ускорения тела на направление скорости, a_n – нормальное ускорение).

1	Равнозамедленное движение по прямой.	A	a_τ постоянно; a_n увеличивается
2	Равномерное движение по спирали от ее центра.	B	a_τ равно нулю; a_n уменьшается
3	Равноускоренное движение по спирали к ее центру.	C	a_τ уменьшается; a_n постоянно
		D	a_τ постоянно; a_n равно нулю

32 Точечное тело движется с постоянной по величине скоростью по криволинейной траектории, показанной на рис. 1.16. Максимальное полное ускорение a тело имеет в точке ...

- 1) A 2) B
3) C 4) $a = 0$ во всех точках траектории



33 Скорость материальной точки изменяется согласно графику, показанному на рис. 1.17. Тангенциальное ускорение точки направлено противоположно скорости точки в интервалах времени ...

- 1) A и B 2) C и D
3) A и C 4) B и D

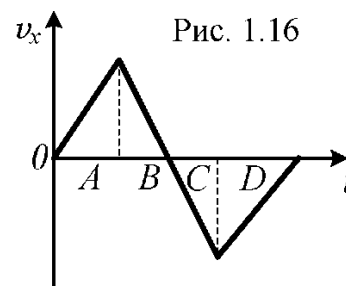


Рис. 1.17

34 При движении по прямой координата точки изменяется согласно графику, показанному на рис. 1.18. Приведите в соответствие проекцию тангенциального ускорения точки a_τ на ось Ox и интервал времени Δt .

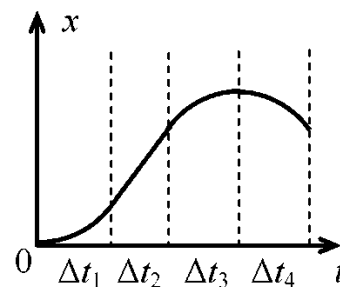


Рис. 1.18

1	Δt_1	A	$a_\tau = 0$
2	Δt_2	B	$a_\tau > 0$
3	Δt_3	C	$a_\tau < 0$
4	Δt_4		

- 1) 1 – B, 2 – A, 3 – B, 4 – C 2) 1 – B, 2 – B, 3 – C, 4 – C
 3) 1 – B, 2 – A, 3 – C, 4 – B 4) 1 – B, 2 – A, 3 – C, 4 – C

35 Относительная скорость движения двух тел равна ... абсолютных скоростей этих тел.

- 1) векторной разности 2) векторной сумме
 3) разности модулей 4) сумме модулей

36 Скорость тела относительно неподвижной системы отсчета называется ...

- 1) абсолютной 2) относительной 3) средней
 4) мгновенной 5) начальной

37 Скорость тела относительно движущейся системы отсчета называется ...

- 1) абсолютной 2) относительной 3) средней
 4) мгновенной 5) начальной

38 Два автомобиля движутся со скоростями 60 км/ч и 80 км/ч. Установите соответствие между взаимными направлениями движения автомобилей и их относительной скоростью.

1	Автомобили движутся в одном направлении.	A	140 км/ч
2	Автомобили движутся в противоположных направлениях.	B	100 км/ч
3	Автомобили движутся в перпендикулярных направлениях.	C	70 км/ч
		D	20 км/ч

39 Векторные величины – это:

- 1) скорость 2) ускорение 3) время
 4) путь 5) перемещение

40 Скалярные величины – это:

- 1) скорость 2) ускорение 3) время 4) путь 5) перемещение

41 Отношение угла поворота радиус-вектора к интервалу времени, за который произошел поворот, называется ...

- 1) угловой скоростью
- 2) угловым ускорением
- 3) линейной скоростью
- 4) тангенциальным ускорением
- 5) нормальным ускорением

42 Вектор угловой скорости вращения цилиндра (рис. 1.19) направлен ...

- 1) вдоль оси вращения вверх
- 2) вдоль оси вращения вниз
- 3) по радиусу к оси вращения
- 4) по радиусу от оси вращения

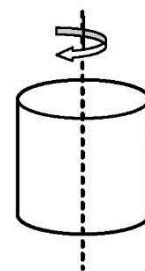


Рис. 1.19

43 Вектор углового ускорения при замедленном вращении цилиндра (рис. 1.19) направлен ...

- 1) вдоль оси вращения вверх
- 2) вдоль оси вращения вниз
- 3) по радиусу к оси вращения
- 4) по радиусу от оси вращения

44 При вращении диска радиусом 20 см угол поворота изменяется с течением времени по закону $\varphi = A + Bt + Ct^3$, где $B = 2$ рад/с, $C = 1$ рад/с. Линейная скорость и угловое ускорение точек, лежащих на ободе диска, в момент времени 2 с равны ...

- 1) 1,2 м/с и 8 рад/с²
- 2) 2,8 м/с и 6 рад/с²
- 3) 4 м/с и 4 рад/с²
- 4) 2,8 м/с и 12 рад/с²

45 При вращении диска радиусом 20 см угол поворота изменяется с течением времени согласно уравнению $\varphi = t + t^2$. Полное ускорение точек, лежащих на ободе диска, в момент времени $t = 1$ с приблизительно равно ...

- 1) 1,8 м/с²
- 2) 2,2 м/с²
- 3) 3,3 м/с²
- 4) 5,2 м/с²

46 На рис. 1.20 представлен график зависимости от времени проекции угловой скорости тела, вращающегося около некоторой оси. Угловое перемещение тела максимально в момент времени ... и равно ...

- 1) 1 с; 10 рад
- 2) 3 с; 7,5 рад
- 3) 3 с; 15 рад
- 4) 6 с; 15 рад

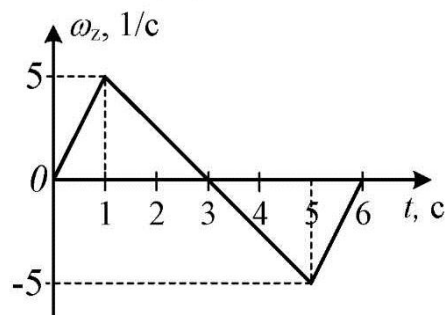


Рис. 1.20

47 На рис. 1.20 представлен график зависимости от времени проекции угловой скорости тела, вращающегося около некоторой оси. Угловое перемещение тела минимально в момент времени ... и равно ...

- 1) 1 с; 2,5 рад
- 2) 3 с; 7,5 рад
- 3) 5 с; 10 рад
- 4) 6 с; 0 рад

48 На рис. 1.21 представлен график зависимости от времени проекции угловой скорости тела, вращающегося около некоторой оси. Вектор угловой скорости тела сонаправлен с вектором углового ускорения в интервалах времени ...

- 1) 0-1 с; 3-5 с 2) 0-3 с
3) 2-3 с; 5-6 с 4) 3-6 с

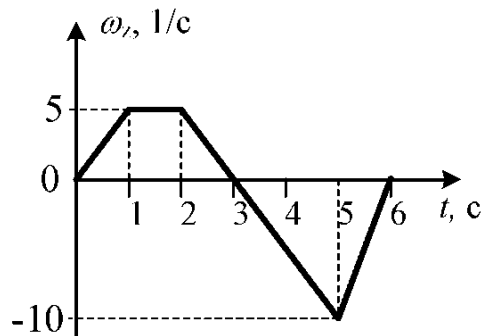


Рис. 1.21

49 На рис. 1.21 представлен график зависимости от времени проекции угловой скорости тела, вращающегося около некоторой оси. Вектор угловой скорости тела направлен противоположно вектору углового ускорения в интервалах времени ...

- 1) 0-1 с; 3-5 с 2) 0-3 с 3) 2-3 с; 5-6 с 4) 3-6 с

50 На рис. 1.21 представлен график зависимости от времени проекции угловой скорости тела, вращающегося около некоторой оси. Проекция углового ускорения тела в момент времени $t = 3$ с равна ...

- 1) 5 рад/с² 2) 0 рад/с² 3) -5 рад/с² 4) 10 рад/с²

51 На рис. 1.21 представлен график зависимости от времени проекции угловой скорости диска, вращающегося около некоторой оси. Проекция тангенциального ускорения на направление скорости для точки диска, находящейся на расстоянии 1 м от оси вращения, в течение шестой секунды равна ...

- 1) 5 м/с² 2) 10 м/с² 3) -5 м/с² 4) -10 м/с²

52 Покоившийся шар начал вращаться, при этом проекция его углового ускорения изменялась со временем согласно графику на рис. 1.22. Максимальную угловую скорость, равную ..., шар приобрел к моменту времени ...

- 1) 10 с⁻¹; 15 с 2) 5 с⁻¹; 5 с
3) 5 с⁻¹; 15 с 4) 7,5 с⁻¹; 10 с

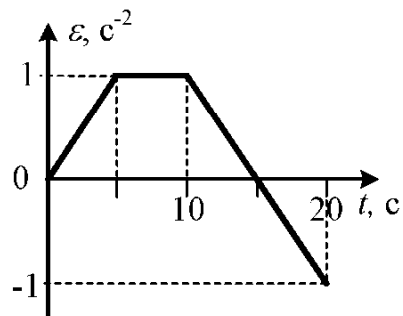


Рис. 1.22

2 ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Основные понятия и формулы

В основе динамики материальной точки и поступательного движения твердого тела лежат законы Ньютона. **Первый закон Ньютона:** существуют такие системы отсчета, относительно которых тело движется равномерно и

прямолинейно или покоится, если на него не действуют другие тела. Такие системы отсчета называются *инерциальными*. Систему отсчета, связанную с Землей, обычно считают инерциальной. Любая система отсчета, движущаяся относительно инерциальной равномерно и прямолинейно или покоящаяся, тоже является *инерциальной*. Система отсчета, движущаяся относительно инерциальной системы отсчета с ускорением, называется *неинерциальной*. Первый закон Ньютона утверждает существование инерциальных систем отсчета.

Свойство любого тела сохранять свою скорость неизменной называется *инертностью*. Если на тело действует сила, то инертность сказывается в том, что изменение состояния покоя или движения тела происходит постепенно, а не мгновенно. При этом скорость изменяется тем медленнее, чем больше инертность тела. Мерой инертности тела является *масса* m . $[m] = \text{кг}$.

Сила F – это векторная физическая величина, являющаяся мерой взаимодействия тел. $[F] = \text{Н}$.

Второй закон Ньютона: сила, действующая на тело (или на материальную точку), равна произведению массы тела и ускорения, сообщаемого ему этой силой.

$$\vec{F} = m\vec{a}. \quad (2.1)$$

Сила и ускорение, сообщаемое этой силой, всегда сонаправлены.

При действии на материальную точку нескольких сил справедлив **принцип независимости действия сил**: если на материальную точку действуют одновременно несколько сил, то каждая из этих сил сообщает материальной точке ускорение, определяемое вторым законом Ньютона так, как если бы других сил не было. **Равнодействующей сил** или **резльтирующей силой** называется сила:

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i. \quad (2.2)$$

Более общая формулировка второго закона Ньютона гласит: **скорость изменения импульса тела (материальной точки) равна равнодействующей приложенных сил**:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}, \quad (2.3)$$

где \vec{p} – **импульс тела**:

$$\vec{p} = m\vec{v}, [p] = \text{кг}\cdot\text{м}/\text{с}. \quad (2.4)$$

Второй закон Ньютона справедлив только в инерциальных системах отсчета.

Из второго закона Ньютона следует формула

$$\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}. \quad (2.5)$$

Левая часть этого равенства называется **импульсом силы**. Таким образом, изменение импульса тела равно импульсу силы, действующей на тело.

Если известен график зависимости проекции импульса тела на некоторое направление от времени, то тангенс угла наклона этого графика к оси времени численно равен проекции на данное направление силы, действующей на тело (рис. 2.1, а). Если известен график зависимости проекции силы, действующей

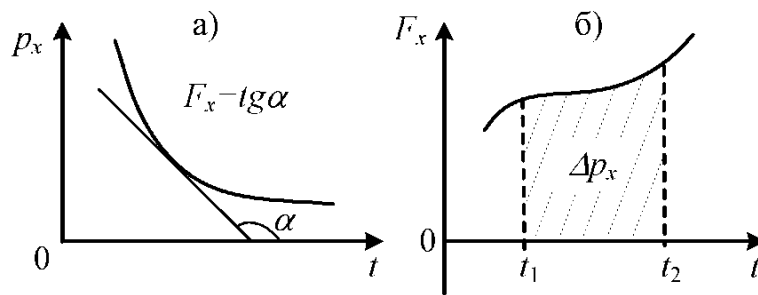


Рис. 2.1

на тело, от времени, то площадь под этим графиком равна изменению проекции на данное направление импульса тела (рис. 2.1, б).

Всякое действие тел (материальных точек) друг на друга взаимно. **Третий закон Ньютона:** силы, с которыми два тела действуют друг на друга, равны по величине и противоположны по направлению.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}. \quad (2.6)$$

Физические взаимодействия делятся на два типа – фундаментальные и производные. К **фундаментальным** относятся: гравитационное (сила тяготения), электромагнитное и внутриядерное взаимодействия. Все остальные взаимодействия, встречающиеся в природе, могут быть представлены как результат фундаментальных взаимодействий и поэтому называются **производными**. Например, сила тяжести обусловлена гравитационным взаимодействием, а силы упругости, трения, реакции опоры, натяжения нити – электромагнитным взаимодействием.

Гравитационное взаимодействие описывается с помощью **закона всемирного тяготения**, согласно которому две материальные точки с массами m_1 и m_2 притягивают друг друга с силами, прямо пропорциональными произведению масс этих точек и обратно пропорциональными квадрату расстояния r между ними. Модуль силы тяготения равен

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}. \quad (2.7)$$

Коэффициент пропорциональности G в этом выражении называется **гравитационной постоянной**. Сила тяготения направлена вдоль прямой, на которой лежат взаимодействующие материальные точки.

Массы, входящие в закон всемирного тяготения, называются **гравитационными массами** (m_g). Масса, входящая во второй закон Ньютона (2.1) и в выражение для импульса (2.4), называется **инертной массой** (m_i). Эти массы равны: $m_g = m_i$ (принцип эквивалентности гравитационной и инертной масс).

Сила, с которой некоторое тело притягивается к Земле, называется **силой тяжести**. Сила тяжести равна

$$\vec{F}_{\text{тяж}} = m\vec{g}, \quad (2.8)$$

где \vec{g} – **ускорение свободного падения**, которое направлено вертикально вниз (к центру Земли). **Свободным падением** называется движение тела под действием только силы тяжести (сопротивлением воздуха при этом пренебрегают).

При свободном падении полное ускорение тела равно ускорению свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$. При решении задач будем считать $g \approx 10 \text{ м/с}^2$.

Сила упругости возникает в деформированном теле. При деформациях сжатия и растяжения величина силы упругости определяется по **закону Гука**:

$$F_{\text{упр}} = k\Delta l, \quad (2.9)$$

где k – коэффициент упругости или коэффициент жесткости тела, $\Delta l = |l - l_0|$ – абсолютное удлинение. $[k] = \text{Н/м}$.

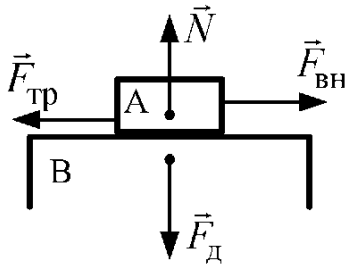


Рис. 2.2

Сила натяжения нити \vec{T} – это сила упругости, возникающая в нити вследствие деформации растяжения и направленная вдоль нити. **Сила реакции опоры** \vec{N} – это сила упругости, с которой опора действует на лежащее на ней тело. Сила реакции опоры направлена перпендикулярно поверхности контакта тела и опоры (рис. 2.2).

Вес тела \vec{P} – это сила, с которой тело действует на горизонтальную опору (**сила нормального давления** F_d) или на вертикальный подвес. По третьему закону Ньютона вес тела численно равен силе реакции опоры $P = N$ (если тело находится на опоре) или равен силе натяжения нити $P = T$ (если тело подвешено). Вес направлен вертикально вниз.

Сила трения покоя возникает при попытке сдвинуть тело, лежащее на некоторой поверхности. Сила трения покоя равна и противоположно направлена внешней силе (рис. 2.2).

Сила трения скольжения определяется выражением

$$F_{\text{тр}}^{\text{ск}} = \mu N, \quad (2.10)$$

где μ – коэффициент трения скольжения (безразмерная величина).

Силы инерции вводят в неинерциальных системах отсчета для того, чтобы в них выполнялись законы Ньютона. Сила инерции – фиктивная сила, потому что нельзя указать тело, со стороны которого она действует. **Сила инерции** определяется выражением

$$\vec{F}_i = -m\vec{a}, \quad (2.11)$$

где m – масса тела, \vec{a} – ускорение, с которым движется неинерциальная система отсчета относительно инерциальной. Сила инерции аналогична силе тяжести mg , поскольку приложена к центру масс тела и пропорциональна массе тела. Направление силы инерции противоположно направлению ускорения неинерциальной системы отсчета.

Во вращающихся системах отсчета на тело действует **центробежная сила инерции**, величина которой определяется выражением

$$F_{\text{цб}} = m\omega^2 R = \frac{mv^2}{R}, \quad (2.12)$$

где ω – угловая скорость вращения неинерциальной системы отсчета, R – расстояние от тела до оси вращения, v – линейная скорость тела, обусловленная

вращением системы. Центробежная сила инерции направлена вдоль радиуса от оси вращения.

При точном решении задач о движении тел относительно земной поверхности нужно учитывать центробежную силу инерции. В этом случае $R = R_3 \cos \varphi$, где R_3 – радиус Земли, φ – широта местности.

Если тело движется во вращающейся системе отсчета, то на него, кроме центробежной, действует *кориолисова сила инерции (сила Кориолиса)*, которая равна

$$\vec{F}_K = 2m \vec{v} \times \vec{\omega}, \quad (2.13)$$

где $\vec{\omega}$ – вектор угловой скорости вращающейся системы отсчета, \vec{v} – скорость тела относительно вращающейся системы. Сила Кориолиса всегда направлена перпендикулярно скорости тела.

При решении задач динамики нужно действовать по следующей схеме:

- 1 Определить все тела, с которыми взаимодействует данное тело.
- 2 Построить чертеж, на котором показать силы, характеризующие установленные взаимодействия.
- 3 Определить направление движения тела и показать на рисунке направление вектора ускорения (если тело движется равномерно, то показать направление вектора скорости).
- 4 Выбрать и показать на рисунке координатные оси x и y . Одну из осей обычно направляют по вектору ускорения тела. Если тело движется равномерно, то ось направляют по вектору скорости тела.
- 5 Найти проекции сил на каждую из осей.
- 6 Найти равнодействующие сил, приложенных вдоль каждой из координатных осей, $F_x = \sum_i F_i^x$ и $F_y = \sum_i F_i^y$.
- 7 Записать второй закон Ньютона в виде:
$$\begin{cases} F_x = ma_x \\ F_y = ma_y \end{cases}$$
- 8 Решить полученную систему уравнений.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Сформулируйте первый закон Ньютона. Какие системы отсчета являются инерциальными?
- 2 Что называется инертностью тела?
- 3 Что такое масса? В каких единицах она измеряется?
- 4 Что называется импульсом тела?
- 5 Что такое сила? Сформулируйте второй закон Ньютона. Какова единица измерения силы в СИ.
- 6 Что называется импульсом силы? Как связан импульс силы, действующей на тело, с изменением импульса тела?
- 7 Сформулируйте третий закон Ньютона.

- 8 Перечислите фундаментальные взаимодействия.
- 9 Какие из нижеперечисленных сил относятся к фундаментальным взаимодействиям: трения, упругости, тяжести, натяжения нити, реакции опоры, тяготения?
- 10 Сформулируйте закон всемирного тяготения.
- 11 Что называется силой тяжести? Как она направлена? Запишите формулы силы тяжести.
- 12 Что такое сила упругости? Каким фундаментальным взаимодействием она обусловлена?
- 13 Что такое сила натяжения? Сила реакции опоры? Как эти силы направлены?
- 14 Что такое вес тела? Каково направление веса?
- 15 Сформулируйте закон Гука.
- 16 Что такое сила трения? Каким фундаментальным взаимодействием она обусловлена?
- 17 Когда имеет место сила трения покоя? Чему она равна? Как направлена?
- 18 Запишите формулу силы трения скольжения. Как направлена сила трения скольжения?
- 19 Какие системы отсчета являются неинерциальными? Какие силы следует учесть в неинерциальной системе отсчета, чтобы в ней выполнялись законы Ньютона?
- 20 Что такое сила инерции? Чему она равна? Как направлена? К какой точке тела приложена? Почему силу инерции называют фиктивной?
- 21 По каким свойствам силы инерции аналогичны силам тяготения?
- 22 Как соотносятся инертная и гравитационная массы тела?
- 23 Чем обусловлены перегрузки, испытываемые телами при движении с ускорением? Чем обусловлено состояние невесомости?
- 24 В каком случае на тело действует центробежная сила инерции? Запишите формулу центробежной силы инерции. Как направлена эта сила?
- 25 Что такое сила Кориолиса? По какой формуле она вычисляется? Как направлена сила Кориолиса?
- 26 Привести примеры проявления силы Кориолиса, обусловленной вращением Земли.

Тест 2

- 1 Систему отсчета, связанную с лифтом, можно считать инерциальной в случае, когда лифт движется ...
 - 1) равномерно вверх
 - 2) ускоренно вверх
 - 3) замедленно вверх
 - 4) замедленно вниз

- 2 Систему отсчета нельзя считать инерциальной, если она связана с ...
 1) покоящимся вагоном
 2) автомобилем, движущимся равномерно прямолинейно под уклон
 3) пешеходом, движущимся с постоянной скоростью по прямой
 4) равномерно вращающейся каруселью
- 3 Равнодействующая всех сил, действующих на тело, равна нулю. Следовательно, траектория движения этого тела представляет собой ...
 1) параболу 2) окружность 3) прямую 4) эллипс
- 4 Количественная мера инертности тела – это ...
 1) масса 2) сила 3) скорость
 4) импульс 5) ускорение
- 5 Скалярные физические величины:
 1) сила 2) масса 3) импульс 4) скорость 5) время
- 6 Физическая величина, являющаяся мерой физического взаимодействия тел – это ...
 1) сила 2) масса 3) импульс 4) скорость 5) ускорение
- 7 Векторные величины:
 1) сила 2) масса 3) время 4) путь 5) импульс
- 8 В ньютонах в СИ измеряется ...
 1) масса 2) сила 3) импульс 4) энергия 5) работа
- 9 Физическая величина, размерность которой в СИ $\text{кг}\cdot\text{м}/\text{с}^2$ – это ...
 1) сила 2) энергия 3) ускорение
 4) импульс 5) мощность
- 10 Формула второго закона Ньютона ...
 1) $F = ma$ 2) $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ 3) $F = kx$ 4) $F = \mu N$

11 На рис. 2.3, а представлены векторы скорости и ускорения тела. На рис. 2.3, б направление вектора равнодействующей всех сил, действующих на это тело, указывает стрелка под номером ...

- 1) 1 2) 2
 3) 3 4) 4

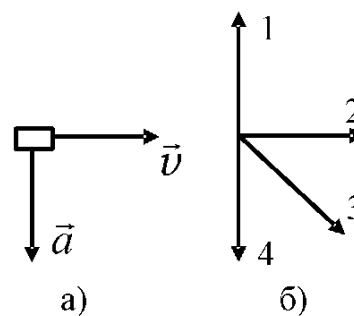


Рис. 2.3

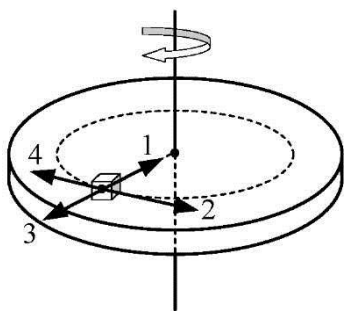


Рис. 2.4

12 Тело неподвижно лежит на равномерно вращающемся диске. Направление равнодействующей всех сил, действующих на это тело, указывает стрелка под номером ...

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

13 На тело действуют две силы $F_1 = 1,2$ Н и $F_2 = 1,6$ Н, направленные под прямым углом друг к другу. Модуль равнодействующей этих сил равен ...

- 1) 0,4 Н
- 2) 2 Н
- 3) 2,8 Н
- 4) 1,4 Н

14 На тело массой 0,2 кг действуют две силы $F_1 = 0,6$ Н и $F_2 = 0,8$ Н, направленные перпендикулярно друг к другу. Ускорение тела равно ...

- 1) 5 м/с^2
- 2) 1 м/с^2
- 3) 7 м/с^2
- 4) $3,5 \text{ м/с}^2$

15 На тело массой 0,4 кг действуют две силы $F_1 = 3$ Н и $F_2 = 4$ Н, направленные противоположно друг другу. Ускорение тела равно ...

- 1) $1,25 \text{ м/с}^2$
- 2) $17,5 \text{ м/с}^2$
- 3) $8,75 \text{ м/с}^2$
- 4) $2,5 \text{ м/с}^2$

16 Ускорение тела массой 2,5 кг, на которое действуют две одинаковые силы $F_1 = F_2 = 6$ Н, направленные под углом 120° друг к другу, равно ...

- 1) $4,8 \text{ м/с}^2$
- 2) $2,4 \text{ м/с}^2$
- 3) 15 м/с^2
- 4) $7,5 \text{ м/с}^2$

17 Тело массой $m = 2$ кг движется по прямолинейной траектории так, что его координата зависит от времени в соответствии с уравнением $x = 3 + 5t - 2t^2$ (все величины даны в единицах СИ). Чему равен модуль силы F и как направлен вектор силы?

- 1) $F = 8$ Н; направление вектора F совпадает с осью x
- 2) $F = 8$ Н; направление вектора F противоположно оси x
- 3) $F = 10$ Н; направление вектора F противоположно оси x
- 4) $F = 4$ Н; направление вектора F совпадает с осью x

18 Как изменится ускорение тела, на которое действует некоторая сила, если величину силы увеличить в 3 раза, а массу тела уменьшить в 2 раза?

- 1) увеличится в 6 раз
- 2) уменьшится в 6 раз
- 3) увеличится в 1,5 раза
- 4) уменьшится в 1,5 раза

19 На рис. 2.5 изображен график зависимости скорости тела массой 1,4 кг от времени. Сила, действующая на тело, равна ...

- 1) 0,14 Н
- 2) 0,7 Н
- 3) 0,07 Н
- 4) 0,05 Н

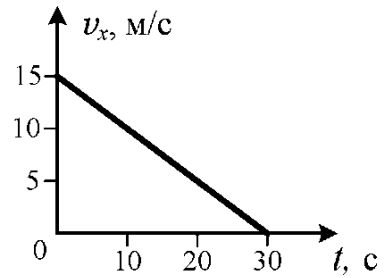
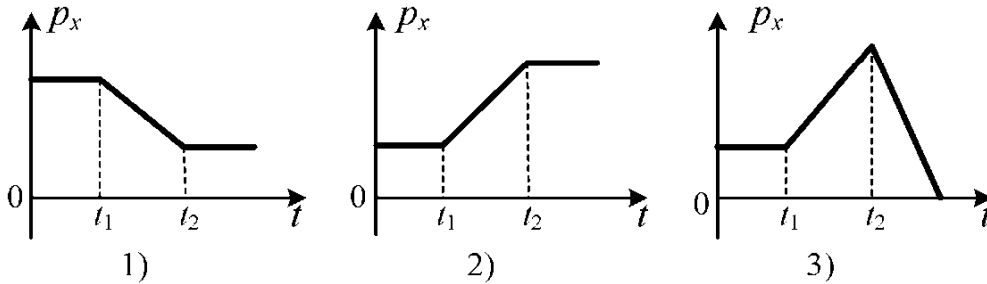


Рис. 2.5

20 На тело, движущееся прямолинейно с постоянной скоростью, в момент времени t_1 начинает действовать постоянная сила, совпадающая по направлению со скоростью тела. В момент времени t_2 сила перестает действовать. Зависимость импульса тела от времени правильно показана на рисунке ...



21 На рис. 2.6 представлен график зависимости проекции силы F_x , действующей на тело, от времени. Изменение проекции импульса тела Δp_x в интервале времени от 1 с до 4 с равно ...

- 1) 8 м/с
- 2) 12 м/с
- 3) 6 м/с
- 4) 14 м/с

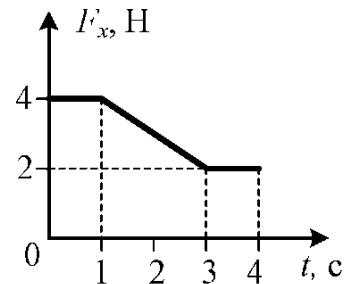


Рис. 2.6

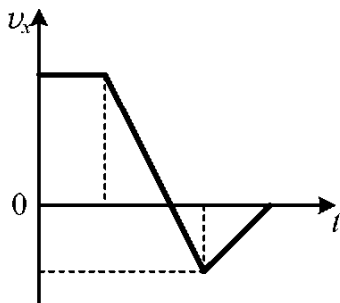
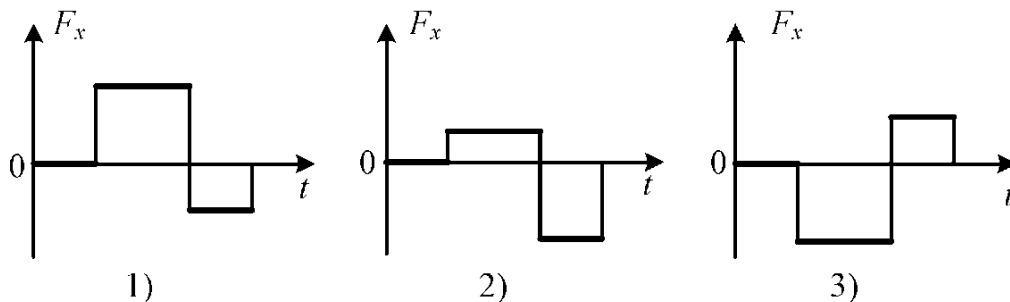


Рис. 2.7

22 На рис. 2.7 представлен график зависимости проекции скорости тела v_x от времени. Зависимость от времени проекции силы F_x , действующей на тело, правильно показана на рисунке ...



23 Сила тяжести, действующая на тело, лежащее на горизонтальной опоре, направлена ...

- 1) вертикально вверх
- 2) вертикально вниз
- 3) горизонтально вправо
- 4) горизонтально влево

24 Формула закона всемирного тяготения ...

- 1) $F = ma$
- 2) $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
- 3) $F = k\Delta l$
- 4) $F = \mu N$

25 Масса одного тела в 3 раза больше массы другого. Соотношение сил притяжения первого тела ко второму F_1 и второго тела к первому F_2 ...

- 1) $F_1 = F_2$
- 2) $F_1 = 3F_2$
- 3) $F_2 = 3F_1$
- 4) $F_2 = 9F_1$

26 Как изменится сила притяжения двух точечных тел, если расстояние между ними увеличить вдвое и массу каждого тела увеличить вдвое?

- 1) не изменится
- 2) уменьшится в 4 раза
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) уменьшится в 2 раза

27 Направление упругой силы, действующей на тело, показано на рис. 2.8 стрелкой ...

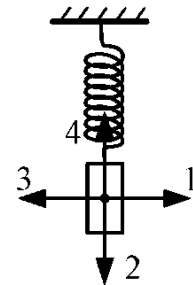


Рис. 2.8

28 Формула закона Гука ...

- 1) $F = ma$
- 2) $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
- 3) $F = k\Delta l$
- 4) $F = \mu N$

29 Определите коэффициент жесткости пружины, если внешняя сила 30 Н сжимает пружину на 3 см.

- 1) 100 Н/м
- 2) 300 Н/м
- 3) 1000 Н/м
- 4) 1500 Н/м

30 Направление силы реакции опоры определяет стрелка (рис. 2.9)...

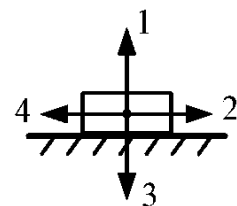


Рис. 2.9

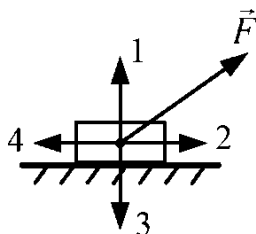


Рис. 2.10

31 Сила трения, действующая на тело, скользящее по горизонтальной поверхности под действием силы \vec{F} , имеет направление (рис. 2.10) ...

32 Сила трения, действующая на неподвижный брусок, имеет направление (рис. 2.11) ...

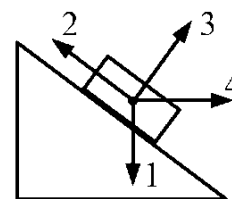


Рис. 2.11

33 Формула силы трения скольжения ...

- 1) $F = ma$ 2) $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
 3) $F = kx$ 4) $F = \mu N$

34 Время движения тела по горизонтальной поверхности под действием силы трения до остановки зависит от:

- 1) массы тела 2) начальной скорости
 3) коэффициента трения 4) силы реакции опоры

35 Безразмерной физической величиной является ...

- 1) сила натяжения 2) гравитационная постоянная
 3) коэффициент трения 4) коэффициент упругости

36 Шайба скользит по горизонтальной поверхности льда. Коэффициент трения шайбы о лёд 0,04. Величина и направление ускорения шайбы ...

- 1) $0,04 \text{ м/с}^2$; совпадает с направлением скорости
 2) $0,04 \text{ м/с}^2$; противоположно скорости
 3) $0,4 \text{ м/с}^2$; совпадает с направлением скорости
 4) $0,4 \text{ м/с}^2$; противоположно скорости

37 Сила тяжести, действующая на тело, равна 25 Н. С какой силой это тело притягивает Землю?

- 1) 0 Н 2) 25 Н 3) 12,5 Н 4) 2,5 Н

38 Груз находится в лифте. Установите соответствие между состоянием движения лифта, а также соотношением веса груза P и силы тяжести mg , действующей на груз.

1	$P = mg$	А	Лифт неподвижен.
2	$P > mg$	Б	Лифт движется равномерно.
3	$P < mg$	В	Лифт движется ускоренно вверх.
		Г	Лифт движется замедленно вверх.
		Д	Лифт движется замедленно вниз.
		Е	Лифт движется ускоренно вниз.

- 1) 1 – А; 2 – В, Г; 3 – Д, Е 2) 1 – А, Б; 2 – В, Г; 3 – Д, Е
 3) 1 – А, Б; 2 – В, Д; 3 – Г, Е 4) 1 – А, Б; 2 – В, Е; 3 – Г, Д

39 Груз массой 20 кг подвешен на тросе. Сила натяжения троса при движении вниз с ускорением 1 м/с^2 равна ...

- 1) 200 Н 2) 220 Н 3) 180 Н 4) 210

40 Груз массой 0,5 т опускают на тросе. График зависимости скорости груза от времени представлен на рис. 2.12. Вес груза в момент времени 12 с равен ...

- 1) 500 Н
- 2) 5000 Н
- 3) 4700 Н
- 4) 5300 Н

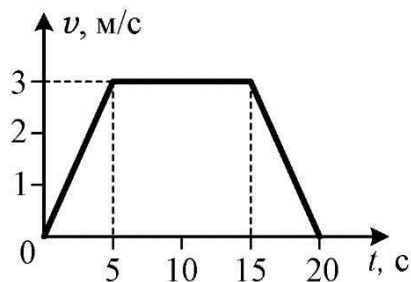


Рис. 2.12

41 Центробежная сила инерции:

- 1) $m\omega^2 r$
- 2) $\frac{mv^2}{r}$
- 3) $\frac{mv^2}{2}$
- 4) $mr v$
- 5) $m\omega r$

42 Сила Кориолиса ...

- 1) $\frac{Gm_1 m_2}{r^2}$
- 2) $\frac{mv^2}{r}$
- 3) $2m \vec{v} \times \vec{\omega}$
- 4) $m\omega^2 r$
- 5) $mv r$

43 Состояние невесомости тела в спутнике, движущемся по круговой орбите вокруг планеты, можно объяснить ...

- 1) отсутствием силы тяжести
- 2) действием силы инерции
- 3) отсутствием силы инерции

44 Центробежная сила инерции, связанная с вращением Земли, на широте 60° ... , чем на экваторе.

- 1) меньше в 4 раза
- 2) больше в 4 раза
- 3) меньше в 2 раза
- 4) больше в 2 раза

3 ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

Основные понятия и формулы

Совокупность материальных точек (тел) называется **механической системой**. Силы взаимодействия между материальными точками механической системы называются **внутренними**. Силы, с которыми на материальные точки системы действуют внешние тела, называются **внешними**. Механическая система тел, на которую не действуют внешние силы, называется **замкнутой** или **изолированной**.

Моментом массы материальной точки относительно точки O называется произведение $m_i \vec{R}_i$, где \vec{R}_i – радиус-вектор, определяющий положение материальной точки относительно точки O (рис. 3.1). **Момент массы системы тел** равен векторной сумме

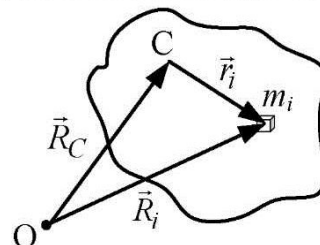


Рис. 3.1

моментов масс всех тел системы

$$\sum_{i=1}^n m_i \vec{R}_i. \quad (3.1)$$

Центром масс (или **центром инерции**) системы материальных точек называется точка C , положение которой задается радиус-вектором \vec{R}_C (рис. 3.1), определяемым по формуле:

$$\vec{R}_C = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n m_i \vec{R}_i, \quad (3.2)$$

где m – масса системы:

$$m = \sum_{i=1}^n m_i. \quad (3.3)$$

Относительно центра масс момент массы всей системы тел равен нулю

$$\sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i = 0. \quad (3.4)$$

Это правило позволяет легко находить положение центра масс твердых тел симметричной формы. Например, центры масс однородных обруча, диска, шара, куба совпадают с центрами симметрии этих тел.

Уравнение движения центра масс:

$$\vec{F} = m \vec{a}_C, \quad (3.5)$$

где $\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$ – результирующая всех внешних сил, действующих на систему.

Ускорение центру масс сообщают только внешние силы, так как сумма всех внутренних сил, действующих на тела системы, всегда равна нулю (согласно третьему закону Ньютона).

Импульс системы тел равен векторной сумме импульсов всех тел системы:

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i. \quad (3.6)$$

В классической механике **импульс системы тел равен** произведению массы системы и скорости движения её центра масс, т. е. **импульсу центра масс** системы:

$$\vec{p} = m \vec{v}_C. \quad (3.7)$$

Для замкнутой системы выполняется **закон сохранения импульса**: импульс замкнутой системы тел с течением времени не изменяется при любых взаимодействиях тел системы. Математическая запись этого закона:

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = const. \quad (3.8)$$

Если система состоит из двух тел, то закон сохранения импульса можно записать в виде:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2, \quad (3.9)$$

где \vec{v}_1 и \vec{v}_2 – начальные скорости тел (до взаимодействия), \vec{u}_1 и \vec{u}_2 – их конечные скорости (после взаимодействия).

Единая мера различных форм движения материи называется *энергией W (или E)*. Процесс изменения энергии тела под действием силы называется *процессом совершения работы*, а приращение энергии тела в этом процессе называется *работой силы*. Сила, приложенная к телу, совершает работу только при перемещении тела. Работой A постоянной силы называют скалярное произведение вектора силы \vec{F} , действующей на тело, и вектора перемещения тела $\Delta\vec{R}$:

$$A = \langle \vec{F}, \Delta\vec{R} \rangle = FS \cos \alpha, \quad (3.10)$$

где α – угол между векторами \vec{F} и $\Delta\vec{R}$, S – модуль перемещения тела. $[A] = [W] = \text{Дж}$.

Работа силы положительна при $0 \leq \alpha < \frac{\pi}{2}$ и отрицательна при $\frac{\pi}{2} < \alpha \leq \pi$.

Сила, направленная перпендикулярно к перемещению тела ($\alpha = \frac{\pi}{2}$), работы не совершает: $A = 0$.

В общем случае элементарная работа, совершаемая силой \vec{F} на перемещении $d\vec{r}$, равна (см. рис. 3.2):

$$dA = \langle \vec{F}, d\vec{r} \rangle = F \cos \alpha \cdot ds = F_r ds,$$

где $ds = |d\vec{r}|$.

Работа, совершаемая силой на пути S (путь 1 – 2 на рис. 3.2), равна алгебраической сумме элементарных работ на отдельных бесконечно малых участках:

$$A = \int_1^2 \vec{F} d\vec{r} = \int_1^2 F \cos \alpha \cdot ds = \int_1^2 F_r ds. \quad (3.11)$$

Работа силы численно равна площади под кривой зависимости силы от перемещения (рис. 3.3).

Если работа, совершаемая силой \vec{F} при перемещении точки из одного произвольного положения 1 в другое произвольное положение 2 (рис. 3.4), не зависит от траектории перемещения, т.е. выполняется условие $A_{1-a-2} = A_{1-b-2}$, то такая сила называется *консервативной*.

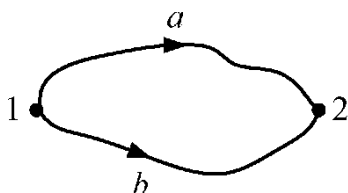


Рис. 3.4

При перемещении материальной точки вдоль замкнутой траектории, например, 1-a-2-b-1, работа консервативной силы тождественно равна нулю. Примерами консервативных сил являются силы всемирного тяготения, силы упругости, силы электростатического взаимодействия.

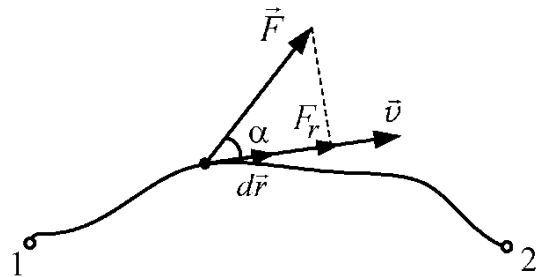


Рис. 3.2

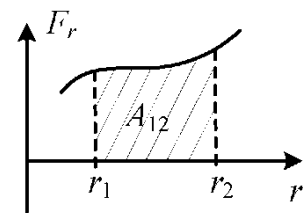


Рис. 3.3

Силы, работа которых зависит от траектории перемещения точки, называются *неконсервативными* или *диссипативными*. Примером таких сил являются силы трения, которые всегда направлены в сторону, противоположную направлению движения ($\cos\alpha = -1$ в формуле 3.10). Поэтому работа сил трения при перемещении материальной точки вдоль замкнутой траектории всегда отрицательна и никогда не равна нулю. Действие диссипативных сил приводит к переходу механической энергии тела во внутреннюю энергию. Количество теплоты, выделяющееся при этом, равно изменению механической энергии тела.

Для характеристики скорости совершения работы силой \vec{F} вводится понятие *мощности*, численно равной работе, совершаемой силой за единицу времени:

$$P = \frac{dA}{dt}, [P] = \text{Вт}. \quad (3.12)$$

В механике различают два вида энергии: кинетическую и потенциальную. *Кинетическая энергия* поступательно движущегося тела равна половине произведения массы этого тела и квадрата его скорости:

$$W_K = \frac{mv^2}{2}. \quad (3.13)$$

Работа силы, действующей на тело, равна изменению кинетической энергии этого тела:

$$A = \Delta W_K = W_{K2} - W_{K1}. \quad (3.14)$$

Скорость тела зависит от выбора системы отсчета. В разных инерциальных системах отсчета, движущихся относительно друг друга, скорость тела, а следовательно, и его кинетическая энергия будет неодинаковой. Таким образом, кинетическая энергия тела, так же, как и импульс, зависит от выбора системы отсчета, т.е. является величиной *относительной*.

Потенциальная энергия – это энергия системы тел, определяемая их взаимным расположением и характером сил взаимодействия между ними. Численно потенциальная энергия системы в данном ее положении равна работе, которую произведут действующие на систему консервативные силы при перемещении системы из этого положения в то, где потенциальная энергия условно принимается равной нулю. Работа консервативных сил равна изменению потенциальной энергии с обратным знаком:

$$A = -\Delta W_P = W_{P1} - W_{P2}. \quad (3.15)$$

Потенциальная энергия упруго деформированной пружины определяется выражением

$$W_P = \frac{k\Delta l^2}{2}, \quad (3.16)$$

где Δl – абсолютное удлинение пружины, k – её коэффициент жесткости.

Для двух частиц с массами m_1 и m_2 , притягивающимися по закону всемирного тяготения, *потенциальная энергия гравитационного взаимодействия* равна

$$W_P = -G \frac{m_1 m_2}{r}, \quad (3.17)$$

где G – гравитационная постоянная, r – расстояние между частицами.

Потенциальная энергия тела, находящегося на небольшой высоте h над поверхностью земли, равна

$$W_P = mgh. \quad (3.18)$$

Для консервативных сил выполняются соотношения:

$$F_x = -\frac{\partial W_P}{\partial x}, \quad F_y = -\frac{\partial W_P}{\partial y}, \quad F_z = -\frac{\partial W_P}{\partial z}, \quad (3.19)$$

или в векторном виде

$$\vec{F} = -\text{grad}W_P, \quad (3.20)$$

где

$$\text{grad}W_P = \frac{\partial W_P}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial W_P}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial W_P}{\partial z} \vec{k}. \quad (3.21)$$

Вектор, определяемый данным выражением, называется *градиентом* потенциальной энергии, \vec{i} , \vec{j} , \vec{k} – единичные векторы координатных осей (орты).

Полная механическая энергия W системы равна сумме ее кинетической и потенциальной энергий:

$$W = W_K + W_P. \quad (3.22)$$

В замкнутой системе тел, силы взаимодействия между которыми консервативны, отсутствуют взаимные превращения механической энергии в другие виды энергии. Такие системы называются *замкнутыми консервативными* и для них справедлив **закон сохранения энергии в механике**: механическая энергия замкнутой консервативной системы не изменяется в процессе ее движения:

$$W = W_K + W_P = \text{const}. \quad (3.23)$$

Абсолютно неупругим называется взаимодействие, в результате которого тела движутся вместе с одинаковыми скоростями. При этом часть механической энергии системы тел переходит во внутреннюю.

Абсолютно упругим называется взаимодействие, при котором сохраняется механическая энергия системы тел (т. е. действуют консервативные силы).

Вопросы для самоконтроля

- 1 Что такое момент массы материальной точки? Какая точка называется центром масс системы тел?
- 2 Какие силы называются внешними и какие – внутренними? Какая система тел называется изолированной или замкнутой?
- 3 Запишите уравнение движения центра масс системы тел.
- 4 Что называется импульсом тела? Как определить импульс одного тела в системе отсчета, связанной с другим телом?

- 5 Чему равен импульс системы тел? Что такое импульс центра масс системы тел?
- 6 Сформулируйте закон сохранения импульса.
- 7 Что называется работой силы? В каких единицах измеряется работа?
- 8 В каком случае работа силы положительна, в каком – отрицательна, когда равна нулю?
- 9 Как определить работу переменной силы аналитически и графически?
- 10 Какая сила называется консервативной?
- 11 Какие из нижеперечисленных сил являются консервативными: трения, гравитации, сопротивления, упругости, тяжести?
- 12 Какие силы называются диссипативными?
- 13 Какие из нижеперечисленных сил являются диссипативными: трения, гравитации, сопротивления, упругости, тяжести?
- 14 Что такое мощность? В каких единицах она измеряется?
- 15 Что называют механической энергией тела? В каких единицах измеряется энергия?
- 16 Что называется кинетической энергией? Формула кинетической энергии. Как определить кинетическую энергию одного тела в системе отсчета, связанной с другим телом?
- 17 Как связана кинетическая энергия с работой результирующей сил, действующих на тело?
- 18 Что такое потенциальная энергия?
- 19 Как связана консервативная сила, действующая на тело, с потенциальной энергией тела?
- 20 Чему равна потенциальная энергия тела в однородном поле тяготения Земли? Как связана эта энергия с работой силы тяжести?
- 21 Формула потенциальной энергии гравитационного взаимодействия.
- 22 Чему равна потенциальная энергия упругой деформации? Как она связана с работой силы упругости?
- 23 Сформулируйте закон сохранения механической энергии.
- 24 Какие взаимодействия называются абсолютно неупругими? Какие взаимодействия называются абсолютно упругими?
- 25 Какие из нижеперечисленных величин являются скалярными, а какие векторными: масса, сила, импульс тела, импульс силы, ускорение, работа, энергия, мощность?
- 26 Какие физические величины имеют следующие размерности в СИ: $\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$; кг ; $\text{кг}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$; $\text{кг}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$; $\text{кг}\cdot\text{м}^2\cdot\text{с}^{-2}$; $\text{кг}\cdot\text{м}^2\cdot\text{с}^{-3}$?
- 27 Какие физические величины имеют следующие единицы измерения в СИ: ньютон (Н), джоуль (Дж), ватт (Вт)?

Тест 3

- 1 Система тел, на которую не действуют внешние силы, называется:
1) изолированной 2) собственной 3) замкнутой
4) внутренней 5) стационарной
- 2 Силы, действующие между телами некоторой системы, называются...
1) собственными 2) внешними 3) внутренними
4) изолированными 5) консервативными
- 3 Векторная сумма всех внутренних сил, действующих между телами системы, равна нулю – это следствие ...
1) закона инерции 2) третьего закона Ньютона
3) закона сохранения импульса 4) закона сохранения энергии
- 4 Произведение массы точечного тела и его радиус-вектора $m\vec{R}$ называется ...
1) импульсом силы 2) импульсом тела
3) моментом инерции 4) моментом массы
- 5 Векторной величиной является ...
1) масса 2) момент массы 3) энергия 4) работа силы
- 6 Центр масс изолированной системы движется:
1) равноускоренно 2) равномерно 3) равнозамедленно
4) прямолинейно 5) по окружности
- 7 Ускорение центра масс системы материальных точек равно нулю, если система:
1) инерциальная 2) жёсткая 3) изолированная
4) замкнутая 5) стационарная
- 8 Импульс системы материальных точек остается постоянным, если система:
1) замкнутая 2) покоящаяся 3) инерциальная
4) неинерциальная 5) изолированная
- 9 Три частицы расположены на одинаковых расстояниях $R_1 = R_2 = R_3$ от точки О, как показано на рис. 3.5. Радиус-вектор центра масс системы этих частиц относительно точки О равен ...

- 1) $\vec{R}_C = \frac{\vec{R}_3}{2}$ 2) $\vec{R}_C = \vec{R}_1 + \vec{R}_2 + 2\vec{R}_3$
3) $\vec{R}_C = \vec{R}_1 + \vec{R}_2 + \vec{R}_3$ 4) $\vec{R}_C = 0$

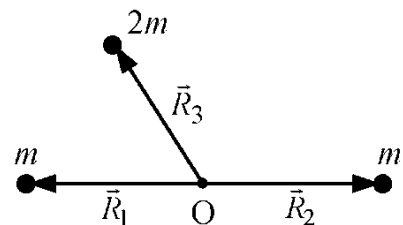


Рис. 3.5

10 Два тела массами $m_1 = m$ и $m_2 = 2m$ движутся навстречу друг другу со скоростями $v_1 = 2v$ и $v_2 = v$. Импульс первого тела в системе отсчета, связанной со вторым телом, равен ...

- 1) mv 2) $2mv$ 3) $3mv$ 4) $4mv$

11 Точечное тело массой m движется по прямой со скоростью v навстречу телу массой $3m$. Центр масс этой системы тел будет покоиться при скорости второго тела ...

- 1) $v_2 = v$ 2) $v_2 = 3v$ 3) $v_2 = \frac{v}{3}$ 4) $v_2 = 0$

12 Точечное тело массой m движется со скоростью $2v$ горизонтально вправо, второе тело массой $2m$ – со скоростью v горизонтально влево, третье тело массой $3m$ движется вертикально вверх со скоростью v . Центр масс этой системы тел движется ...

- 1) вправо 2) влево 3) вниз 4) вверх 5) покоится

13 Граната разрывается на четыре осколка, которые движутся после разрыва вдоль осей x и y . Массы и скорости осколков показаны на рис. 3.6. Вектор скорости центра масс системы этих тел имеет направление ...

- 1) Ox 2) $-Ox$
3) Oy 4) $-Oy$

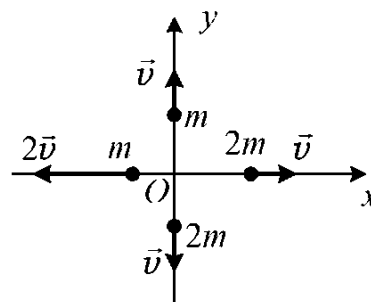


Рис. 3.6

14 При абсолютно неупругом соударении тел, составляющих замкнутую систему, выполняется закон сохранения...

- 1) кинетической энергии 2) механической энергии
3) импульса системы тел 4) потенциальной энергии
5) импульса каждого тела

15 Два пластилиновых шарика, движущиеся прямолинейно и имеющие импульсы $p_1 = 0,2 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ и $p_2 = 0,15 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$, сталкиваются и слипаются. Приведите в соответствие взаимные направления движения шариков до соударения и модуль импульса слипшихся шариков.

А	Шарики двигались навстречу друг другу.	1	0,35 кг·м/с
В	Шарики двигались в одном направлении.	2	0,25 кг·м/с
С	Шарики двигались перпендикулярно друг другу.	3	0,3 кг·м/с
			0,05 кг·м/с

16 Шар массой m_1 , движущийся со скоростью v , налетает на покоящийся шар массой m_2 . Приведите в соответствие направление движения первого шара после абсолютно упругого центрального удара и соотношение масс шаров.

1	$m_1 > m_2$	А	А Первый шар после удара будет двигаться в противоположном направлении.
2	$m_1 < m_2$	В	В Первый шар после удара будет двигаться в прежнем направлении.
3	$m_1 = m_2$	С	С Первый шар после удара будет двигаться в перпендикулярном направлении.
		Д	Д Первый шар после удара остановится.

17 Снаряд, обладающий импульсом $p = 100$ кг·м/с, разорвался на два осколка с импульсами $p_1 = 80$ кг·м/с и $p_2 = 60$ кг·м/с. Скорости осколков сразу после разрыва снаряда были направлены под углом ... друг к другу.

- 1) 0° 2) 45° 3) 90° 4) 180°

18 Шар, имеющий импульс 1 кг·м/с, столкнулся с таким же неподвижным шаром. В результате удара шары разлетелись под углом 90° , и импульс первого шара уменьшился до 0,8 кг·м/с. Второй шар при ударе приобрел скорость 2,4 м/с. Какова масса шаров?

- 1) 100 г 2) 250 г 3) 400 г 4) 1 кг

19 Частица, обладающая импульсом \vec{p}_1 , налетает на неподвижную частицу (рис. 3.7).

После соударения угол рассеяния налетающей частицы равен 90° . Вторая частица после соударения приобрела импульс $p_2 = 5$ кг·м/с и движется под углом $\varphi = 30^\circ$ к первоначальному направлению первой частицы. Импульс первой частицы после соударения равен ...

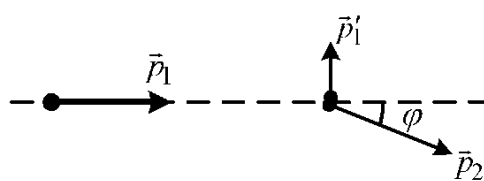


Рис. 3.7

- 1) 5 кг·м/с 2) $\sqrt{3}$ кг·м/с 3) $5\sqrt{3}$ кг·м/с 4) 2,5 кг·м/с

20 Единица измерения кинетической энергии в СИ ...

- 1) ньютон 2) джоуль 3) ватт 4) эрг 5) калория

21 На рис. 3.8 показана зависимость пути, пройденного телом, от времени. Масса тела 2 кг. Кинетическая энергия тела в момент времени $t = 4$ с равна ...

- 1) 25 Дж
2) 9 Дж
3) 50 Дж
4) 18 Дж

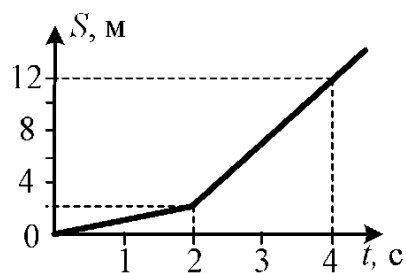


Рис. 3.8

22 Два тела массами $m_1 = m$ и $m_2 = 2m$ движутся навстречу друг другу с одинаковыми скоростями и $v_1 = v_2 = v$. Кинетическая энергия первого тела в системе отсчета, связанной со вторым телом, равна ...

- 1) $\frac{mv^2}{2}$ 2) mv^2 3) $2mv^2$ 4) $4mv^2$

23 Брусок массой 500 г движется по горизонтальной поверхности прямолинейно. Работа силы тяжести на пути 10 м равна ...

- 1) 5 Дж 2) 50 Дж 3) 25 Дж 4) 0 Дж

24 Точечное тело движется в плоскости xOy под действием силы, вектор которой задан выражением: $\vec{F} = 0,5\vec{i} + \vec{j}$ (\vec{i} и \vec{j} – единичные орты осей x и y). Работа этой силы при перемещении тела из начала координат в точку с координатами (3;0) равна ...

- 1) 1,5 Дж 2) 0,5 Дж 3) 4,5 Дж 4) 3 Дж

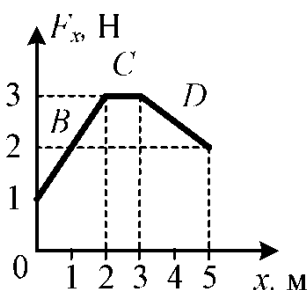


Рис. 3.9

25 На рис. 3.9 представлен график зависимости проекции силы F_x , действующей на тело, движущееся вдоль оси Ox , от координаты x . Максимальную работу, равную ... сила совершает на участке ...

- 1) 6 Дж; B 2) 5 Дж; D
3) 9 Дж; C 4) 15 Дж; D

26 Работа равнодействующей силы при разгоне тела массой 4 кг от скорости 2 м/с до скорости 3 м/с равна ...

- 1) 10 Дж 2) 4 Дж 3) 26 Дж 4) 20 Дж

27 Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия ...

- 1) $-\frac{Gm_1m_2}{r}$ 2) $\frac{Gm_1m_2}{r^2}$ 3) $\frac{k\Delta l^2}{2}$ 4) $\frac{mv^2}{2}$ 5) $-kx$

28 Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия с увеличением расстояния между телами ...

- 1) уменьшается 2) увеличивается
3) остаётся неизменной 4) зависит от времени

29 Груз массой 5 кг подняли на высоту 2 м. Изменение потенциальной энергии тела ΔE и работа силы тяжести A в этом случае равны ...

- 1) $\Delta E = 100$ Дж, $A = 100$ Дж 2) $\Delta E = -100$ Дж, $A = 100$ Дж
3) $\Delta E = 100$ Дж, $A = -100$ Дж 4) $\Delta E = -100$ Дж, $A = -100$ Дж

30 Тело, находящееся на высоте h , первый раз бросили вертикально вниз, второй раз – вертикально вверх, третий раз – горизонтально (рис. 3.10). Соотношение работ силы тяжести за время падения тела на Землю в этих случаях ...

- 1) $A_1 > A_2 > A_3$
- 2) $A_1 < A_2 < A_3$
- 3) $A_2 > A_1 = A_3$
- 4) $A_1 = A_2 = A_3$

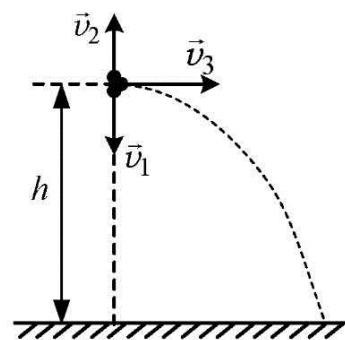
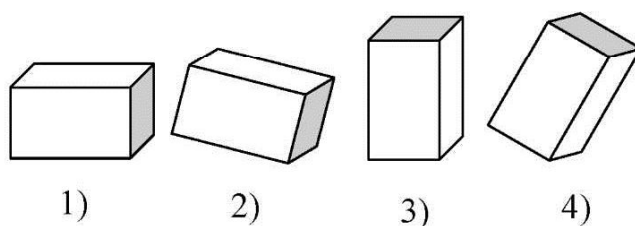


Рис. 3.10

31 Максимальную потенциальную энергию ящик массой m , опирающийся на горизонтальную поверхность, имеет в положении ...



32 Потенциальная энергия упругой деформации ...

- 1) $k\Delta l$
- 2) mgh
- 3) $\frac{Gm_1m_2}{r}$
- 4) $\frac{k\Delta l^2}{2}$
- 5) mr^2

33 Потенциальная энергия деформированной пружины уменьшится в 2 раза, если абсолютную деформацию пружины ...

- 1) уменьшить в 2 раза
- 2) уменьшить в $\sqrt{2}$ раз
- 3) увеличить в 2 раза
- 4) увеличить в $\sqrt{2}$ раз

34 Работа силы, растянувшей пружину жесткостью 40 кН/м на 1 см, равна ...

- 1) 4 Дж
- 2) -4 Дж
- 3) 2 Дж
- 4) -2 Дж

35 На рис. 3.11 показан график зависимости проекции силы упругости F_x , возникающей в деформированной пружине, от координаты. Пружину, сжатую первоначально на 2 см, распрямляют, а затем растягивают на 1 см. Работа силы упругости при этом равна ...

- 1) 0,1 Дж
- 2) -0,1 Дж
- 3) 0,15 Дж
- 4) -0,15 Дж

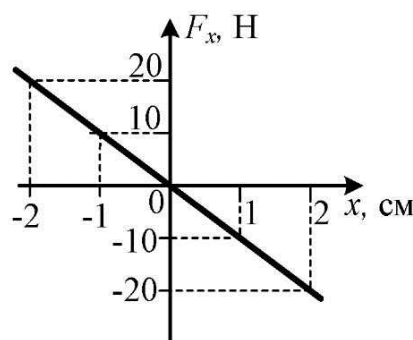


Рис. 3.11

- 36 Консервативными являются силы:
 1) трения 2) гравитации 3) сопротивления 4) тяжести
- 37 Полная механическая энергия частицы, на которую действуют только консервативные силы, всегда ...
 1) постоянна 2) равна нулю
 3) положительна 4) отрицательна
- 38 Работа консервативных сил равна ... энергии тела.
 1) убыли потенциальной 2) приращению полной
 3) приращению потенциальной 4) убыли полной
- 39 Силы, действие которых приводит к переходу механической энергии тела во внутреннюю энергию, называются ...
 1) консервативными 2) центральными 3) гравитационными
 4) диссипативными 5) упругими
- 40 Диссипативными являются силы:
 1) тяжести 2) упругости 3) трения
 4) сопротивления 5) тяготения
- 41 Полная механическая энергия системы остается неизменной при:
 1) неупругом соударении тел 2) упругом соударении тел
 3) падении тел в воздухе 4) действии диссипативных сил
 5) отсутствии диссипативных сил
- 42 Камень брошен с некоторой высоты в горизонтальном направлении. В отсутствие сопротивления воздуха сохраняется ...
 1) потенциальная энергия 2) кинетическая энергия
 3) импульс 4) проекция импульса на горизонтальное направление
- 43 Шарик соскальзывает без трения с наклонной плоскости. При его движении сохраняется ...
 1) импульс 2) проекция импульса на горизонтальное направление
 3) полная механическая энергия 4) потенциальная энергия
- 44 Шарик скатывается из состояния покоя без трения по желобу, переходящему в петлю (рис. 3.12). Минимальную кинетическую энергию, отличную от нуля, шарик имеет в точке ...
- 45 Тело бросают вертикально вверх со скоростью 8 м/с. Максимальная высота подъема тела в отсутствие сопротивления воздуха равна ...
 1) 3,2 м 2) 0,8 м 3) 6,4 м 4) 4 м

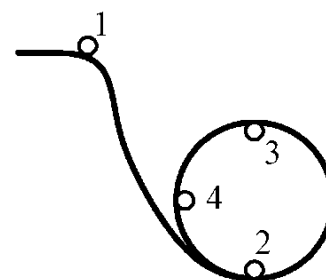


Рис. 3.12

46 Тело свободно падает с высоты 5 м без начальной скорости. Скорость тела в момент падения на Землю равна ...

- 1) 5 м/с 2) 10 м/с 3) 15 м/с 4) 20 м/с

47 Мяч бросили вертикально вверх, сообщив ему в момент броска кинетическую энергию 24 Дж. Когда мяч пройдет $\frac{1}{3}$ расстояния до максимальной точки подъема, его кинетическая энергия будет равна ...

- 1) 12 Дж 2) 8 Дж 3) 16 Дж 4) 24 Дж

48 Камень, брошенный вертикально вверх, поднялся на максимальную высоту 6 м. Если в момент броска камню сообщить скорость в 2 раза меньшую, то он поднимется на высоту ...

- 1) 3 м 2) 4 м 3) 1,5 м 4) 2 м

49 Тело массой 1 кг падает с высоты 3 м из состояния покоя. На высоте 2 м кинетическая энергия тела равна ...

- 1) 50 Дж 2) 20 Дж 3) 10 Дж 4) 30 Дж

50 Пружинный маятник совершает колебания и его полная механическая энергия равна 2 Дж. В отсутствие сил сопротивления максимальная кинетическая энергия W_k и максимальная потенциальная энергия W_p при колебаниях маятника равны ...

- 1) $W_k = 1$ Дж; $W_p = 1$ Дж
 2) $W_k = 1$ Дж; $W_p = 2$ Дж
 3) $W_k = 2$ Дж; $W_p = 1$ Дж
 4) $W_k = 2$ Дж; $W_p = 2$ Дж

51 Зависимость потенциальной энергии тела W_p от координаты x имеет вид параболы (рис. 3.13). Зависимость проекции силы F_x , действующей на тело, правильно показана на рисунке ...

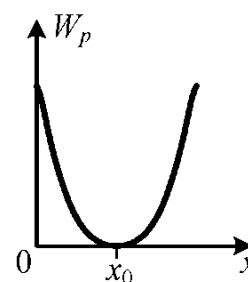
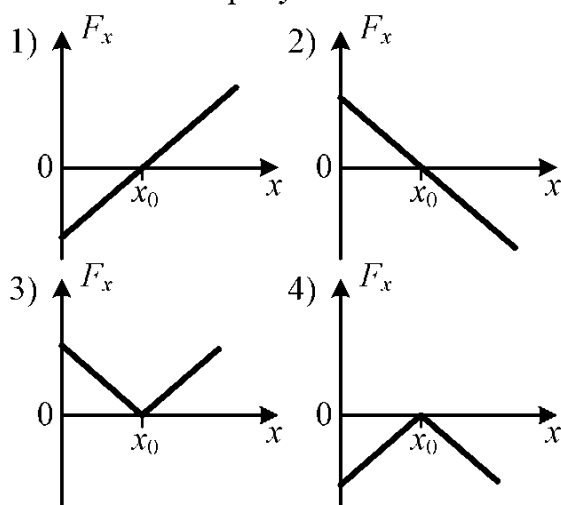


Рис. 3.13

52 В потенциальном силовом поле на тело действует сила, проекция которой F'_x зависит от координаты x , как показано на рис. 3.14. Зависимость потенциальной энергии тела W_p от координаты x правильно показана на рисунке ...

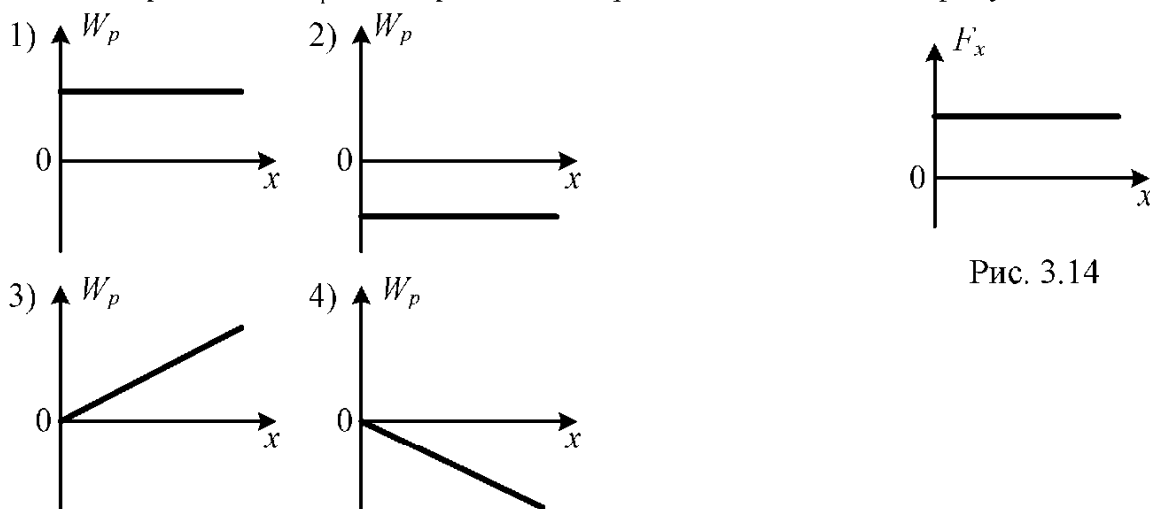


Рис. 3.14

4 ДИНАМИКА ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Основные понятия и формулы

Моментом силы \vec{M} (или **вращающим моментом**) относительно некоторой точки O называется векторное произведение радиус-вектора \vec{R} , проведенного из точки O в точку приложения силы \vec{F} , и этой силы (рис. 4.1):

$$\vec{M} = \vec{R} \times \vec{F}, [M] = \text{Н}\cdot\text{м}. \quad (4.1)$$

Модуль момента силы, равен:

$$M = Fd = FR \sin \alpha, \quad (4.2)$$

где d – плечо силы \vec{F} , т.е. длина перпендикуляра, опущенного из точки O на линию действия силы (рис. 4.1).

Таким же способом определяется момент силы относительно оси, проходящей через точку O перпендикулярно плоскости, в которой лежит вектор \vec{F} .

Вектор момента силы направлен перпендикулярно плоскости, в которой лежат векторы \vec{R} и \vec{F} , и его направление определяется правилом правого винта: если винт вращать в направлении от \vec{R} к \vec{F} , то поступательное движение винта укажет направление вектора \vec{M} (рис. 4.1). Принято вектор \vec{M} показывать в точке O , т. е. вектор \vec{M} направлен вдоль оси, проходящей через точку O перпендикулярно плоскости рисунка.

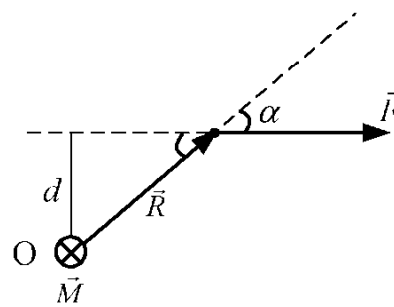


Рис. 4.1

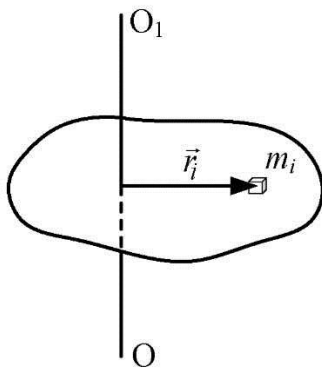


Рис. 4.2

Мерой инертности тела при вращательном движении является момент инерции. **Моментом инерции материальной точки** относительно оси вращения OO_1 называется физическая величина, равная произведению массы m_i материальной точки и квадрата её расстояния r_i до рассматриваемой оси (рис. 4.2):

$$I_i = m_i r_i^2, [I] = \text{кг} \cdot \text{м}^2. \quad (4.3)$$

Момент инерции тела относительно оси вращения OO_1 равен сумме моментов инерции всех точек тела относительно этой оси:

$$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2. \quad (4.4)$$

Теорема Штейнера: момент инерции тела I_z относительно произвольной оси вращения z равен сумме момента инерции тела относительно оси OO_1 , проведенной через центр масс тела C параллельно оси z и произведения массы тела и квадрата расстояния между этими осями (рис. 4.3):

$$I_z = I_C + ma^2. \quad (4.5)$$

Таким образом, момент инерции тела зависит не только от его массы, но и от ее распределения относительно оси вращения. С удалением от оси вращения центра масс тела момент инерции тела относительно этой оси возрастает.

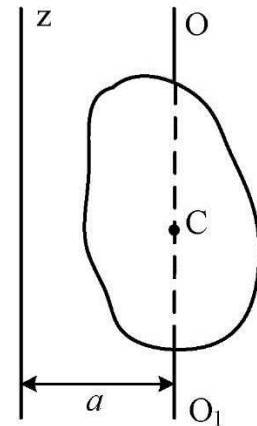


Рис. 4.3

Векторное произведение радиус-вектора \vec{r}_i материальной точки и ее импульса $m_i \vec{v}_i$ называется **моментом импульса** \vec{L}_i этой материальной точки относительно точки O (рис. 4.4):

$$\vec{L}_i = \vec{r}_i \times m_i \vec{v}_i, [\vec{L}] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}. \quad (4.6)$$

Вектор \vec{L} называют также **моментом количества движения** материальной точки. Он направлен перпендикулярно плоскости, в которой лежат векторы \vec{r} и $m\vec{v}$, и его направление определяется правилом правого винта, как и направление момента силы \vec{M} .

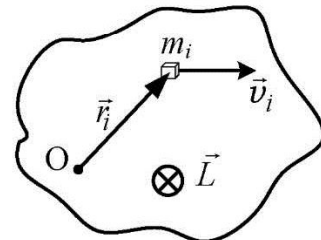


Рис. 4.4

Векторная сумма моментов импульса \vec{L}_i всех материальных точек тела называется **моментом импульса тела** относительно точки O :

$$\vec{L} = \sum_{i=1}^n \vec{L}_i. \quad (4.7)$$

Если твердое тело вращается относительно неподвижной оси с угловой скоростью ω , то момент импульса относительно этой оси определяется выражением

$$\vec{L} = I\vec{\omega}. \quad (4.8)$$

Скорость изменения момента импульса тела, вращающегося вокруг неподвижной оси, равна результирующему моменту всех внешних сил, приложенных к телу, относительно этой оси:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}. \quad (4.9)$$

Это **основной закон динамики вращательного движения тела**. Если момент инерции тела не изменяется ($I = const$), то этот закон можно записать в виде:

$$\vec{M} = I\vec{\varepsilon}, \quad (4.10)$$

где I – момент инерции тела относительно данной оси, $\vec{\varepsilon}$ – угловое ускорение.

Закон сохранения момента импульса: если результирующий момент внешних сил относительно неподвижной точки или оси равен нулю, то момент импульса тела или системы тел относительно этой точки или оси с течением времени не изменяется:

$$\vec{L} = const. \quad (4.11)$$

Другими словами, момент импульса замкнутой системы с течением времени не изменяется.

Тело, вращающееся вокруг неподвижной оси, обладает **кинетической энергией вращательного движения**:

$$W_K = \frac{I\omega^2}{2}. \quad (4.12)$$

Изменение кинетической энергии при вращательном движении твердого тела равно работе A результирующей внешних сил, действующих на тело:

$$A = \frac{I\omega_2^2}{2} - \frac{I\omega_1^2}{2}. \quad (4.13)$$

Если твердое тело массой m движется поступательно и одновременно вращается с угловой скоростью ω вокруг оси, проходящей через его центр инерции, то его кинетическая энергия равна:

$$W_K = \frac{mv_C^2}{2} + \frac{I_C\omega^2}{2}, \quad (4.14)$$

где v_C – скорость центра масс тела; I_C – момент инерции тела относительно оси, проходящей через его центр масс.

Чтобы твердое тело находилось в равновесии необходимо выполнение следующих условий:

1) векторная сумма всех внешних сил, действующих на тело, должна быть равна нулю: $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$;

2) векторная сумма моментов всех внешних сил должна быть равна нулю относительно любой точки или оси: $\sum_{i=1}^n \vec{M}_i = 0$.

В табл. 1 приведены значения моментов инерции для некоторых однородных тел.

Таблица 1

Тело	Положение оси вращения	Момент инерции
Полый тонкостенный цилиндр или кольцо радиуса R	Ось совпадает с осью симметрии цилиндра или кольца	mR^2
	Ось лежит в плоскости кольца и проходит через его центр	$\frac{1}{2}mR^2$
Сплошной цилиндр или диск радиуса R	Ось совпадает с осью симметрии цилиндра или диска	$\frac{1}{2}mR^2$
	Ось лежит в плоскости диска и проходит через его центр	$\frac{1}{4}mR^2$
Прямой тонкий стержень длиной l	Ось перпендикулярна стержню и проходит через его середину	$\frac{1}{12}ml^2$
	Ось перпендикулярна стержню и проходит через его конец	$\frac{1}{3}ml^2$
Шар радиуса R	Ось проходит через центр шара	$\frac{2}{5}mR^2$

Вопросы для самоконтроля

- 1 Что называется моментом силы? Формула момента силы. В каких единицах измеряется момент силы?
- 2 Как направлен вектор момента силы?
- 3 Что такое плечо силы? В каком случае момент силы равен нулю?
- 4 Что называется моментом инерции материальной точки относительно некоторой оси?
- 5 Что называется моментом инерции твердого тела? От чего зависит момент инерции тела?
- 6 Какая величина является мерой инертности тела при вращательном движении?
- 7 Запишите формулы моментов инерции однородных кольца, диска и стержня относительно оси, проходящей через центр масс.

- 8 Сформулируйте теорему Штейнера. Что позволяет вычислить теорема Штейнера?
- 9 Запишите основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела.
- 10 Что называется моментом импульса материальной точки относительно некоторой точки?
- 11 Чему равен момент импульса твердого тела? Как направлен момент импульса?
- 12 Чему равен момент импульса вращающегося тела относительно оси вращения?
- 13 Сформулируйте закон сохранения момента импульса.
- 14 Запишите основной закон динамики вращательного движения твердого тела.
- 15 Запишите формулу кинетической энергии вращательного движения твердого тела.
- 16 Как вычислить кинетическую энергию тела при плоском движении?
- 17 Чему равна работа результирующей силы при вращательном движении тела?
- 18 Каковы условия равновесия твердого тела?
- 19 Какие физические величины имеют следующие размерности в СИ: $\text{кг}\cdot\text{м}$; $\text{кг}\cdot\text{м}^2$; $\text{кг}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$; $\text{кг}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$; $\text{кг}\cdot\text{м}^2\cdot\text{с}^{-2}$; $\text{кг}\cdot\text{м}^2\cdot\text{с}^{-1}$?
- 20 Какие из нижеперечисленных величин являются скалярными, а какие векторными: масса, сила, момент массы, импульс системы тел, момент инерции, момент силы, момент импульса?

Тест 4

- 1 Произведение силы и плеча этой силы – это ...
 - 1) момент импульса 2) импульс силы
 - 3) работа силы 4) момент силы
- 2 Единица измерения момента силы ...
 - 1) $\text{Н}\cdot\text{с}$ 2) $\text{Н}\cdot\text{м}$ 3) $\frac{\text{Н}}{\text{м}}$ 4) $\text{кг}\cdot\text{м}$ 5) $\text{кг}\cdot\text{м}^2$
- 3 Момент силы \vec{F} относительно точки O равен (рис. 4.5)...
 - 1) $\vec{R} \times \vec{F}$ 2) $\vec{F} \times \vec{R}$
 - 3) $\vec{F} \times \vec{R}$ 4) $\vec{R} \times \vec{F}$

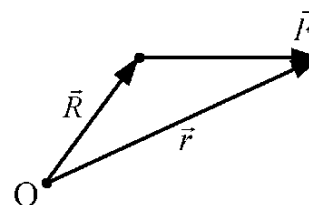


Рис. 4.5

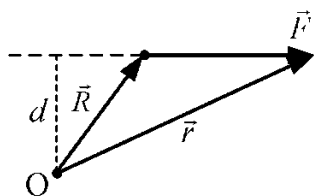


Рис. 4.6

4 Вектор момента силы относительно оси O направлен вдоль (рис. 4.6) ...

- 1) вектора силы \vec{F} 2) радиус-вектора \vec{R}
 3) радиус-вектора \vec{r} 4) оси O «к нам»
 5) оси O «от нас»

5 Момент силы \vec{F} , действующей на стержень длиной l , относительно точки O равен (рис. 4.7) ...

- 1) $F \cdot l$ 2) $F \cdot l \cdot \sin \alpha$ 3) $F \cdot l \cdot \cos \alpha$
 4) $F \cdot l \cdot \operatorname{tg} \alpha$ 5) $F \cdot l \cdot \operatorname{ctg} \alpha$

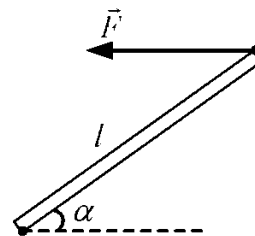


Рис. 4.7

6 Момент силы 3 Н, действующей по касательной к ободу диска диаметром 20 см, относительно центра диска равен ...

- 1) 0,3 Н·м 2) 0,6 Н·м 3) 0,03 Н·м 4) 0,06 Н·м

7 Невесомый стержень длиной 60 см, один конец которого шарнирно закреплен, а ко второму прикреплен груз массой 1 кг, отклонили от вертикали на угол 30° , как показано на рис. 4.8. Момент силы тяжести относительно точки закрепления стержня равен ... и направлен ...

- 1) 6 Н·м, перпендикулярно плоскости рисунка «к нам»
 2) 6 Н·м, перпендикулярно плоскости рисунка «от нас»
 3) 3 Н·м, перпендикулярно плоскости рисунка «к нам»
 4) 3 Н·м, перпендикулярно плоскости рисунка «от нас»

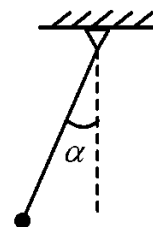


Рис. 4.8

8 Условия равновесия твердого тела (\vec{F}_i – силы, \vec{M}_i – моменты сил):

- 1) $\sum_i \vec{F}_i = 0$ 2) $\sum_i \vec{M}_i = 0$ 3) $\sum_i F_i = 0$ 4) $\sum_i M_i = 0$

9 Количественная мера инертности тела при вращательном движении – это ...

- 1) масса тела 2) импульс тела
 3) плотность тела 4) момент импульса
 5) момент инерции

10 Момент инерции материальной точки ...

- 1) mvr 2) mr^2 3) mr 4) $m\vec{r}$ 5) $m\vec{v}$

11 Момент инерции твердого тела ...

- 1) $\sum m_i r_i^2$ 2) $\sum m_i \vec{r}_i$ 3) $\sum m_i \vec{v}_i$ 4) $\sum m_i v_i r_i$ 5) $\sum m_i r_i$

12 Момент инерции тела зависит от:

- 1) массы тела 2) угловой скорости 3) момента силы
4) положения оси вращения 5) углового ускорения

13 Момент инерции сплошного диска относительно оси, совпадающей с диаметром диска, равен (рис. 4.9) ...

- 1) $\frac{mR^2}{2}$ 2) $\frac{mR^2}{12}$ 3) mR^2
4) $\frac{mR^2}{4}$ 5) $\frac{mR^2}{3}$

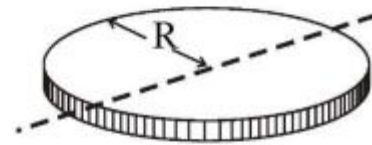


Рис. 4.9

14 На невесомом стержне длиной 40 см укреплены два грузика массами по 0,2 кг каждый: один в середине стержня, другой – на одном из его концов. Определите момент инерции стержня относительно оси, проходящей через второй конец стержня.

- 1) $0,04 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ 2) $0,02 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ 3) $0,4 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ 4) $0,2 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$

15 Массы деревянного и стального шаров одинаковы. Соотношение моментов инерции деревянного I_d и стального шаров $I_{ст}$ относительно оси, проходящей через центр шара, имеет вид ...

- 1) $I_d = I_{ст}$ 2) $I_d < I_{ст}$ 3) $I_d > I_{ст}$

16 Точечные тела закреплены на невесомой спице, как показано на рис. 4.10. Если перенести ось OO параллельно так, чтобы она проходила через точку, где расположено тело массой $3m$, то момент инерции системы ...

- 1) увеличится
2) уменьшится 3) не изменится

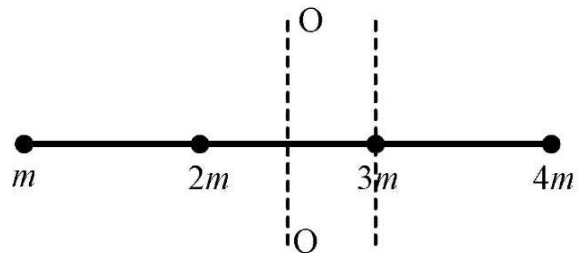


Рис. 4.10

17 Маленькие одинаковые шарики расположены в вершинах квадрата (рис. 4.11). Соотношение моментов инерции системы шариков относительно осей O_1O_1' и O_2O_2' имеет вид ...

- 1) $I_1 = I_2$
2) $I_1 = 2I_2$
3) $I_2 = 2I_1$
4) $I_1 = 4I_2$

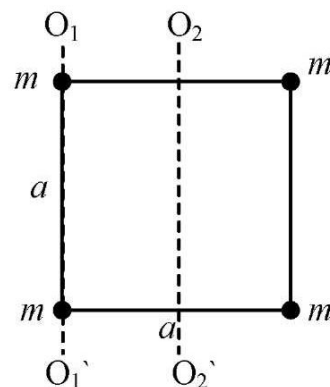


Рис. 4.11

18 Теорема Штейнера позволяет рассчитать ...

- 1) момент импульса тела 2) момент инерции тела
3) кинетическую энергию тела 4) импульс тела

19 Формула теоремы Штейнера ...

1) $I = \sum_i m_i r_i^2$ 2) $I = I_0 + md^2$ 3) $I = \frac{M}{\varepsilon}$ 4) $I = \frac{L}{\omega}$ 5) $I = \sum_i I_i$

20 Момент инерции стержня (рис. 4.12) относительно оси 5 можно определить по теореме Штейнера, зная момент инерции относительно оси ...

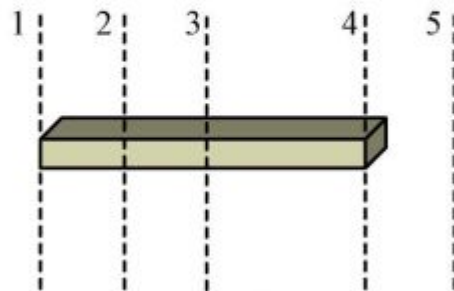


Рис. 4.12

21 Момент инерции стержня массой $m = 1$ кг и длиной $l = 1,2$ м относительно оси OO' (рис. 4.13) равен ...

- 1) $0,21 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ 2) $1,56 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$
 3) $0,78 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ 4) $0,12 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$

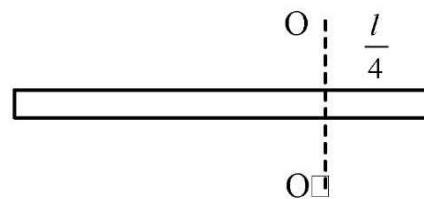


Рис. 4.13

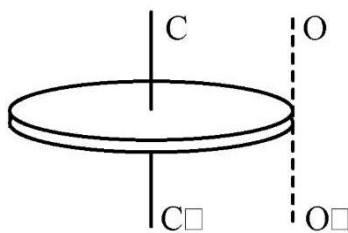


Рис. 4.14

22 Момент инерции диска относительно осей OO' и CC' (рис. 4.14) отличаются ...

- 1) в 2 раза 2) в 1,5 раза
 3) в 3 раза 4) в 4 раза

23 Момент инерции полого цилиндра относительно оси, совпадающей с его образующей, отличается от момента инерции сплошного цилиндра той же массы и того же радиуса относительно той же оси ...

- 1) в 2 раза 2) в 3 раза 3) в 4 раза 4) в $\frac{4}{3}$ раза

24 Основное уравнение динамики вращательного движения ...

1) $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ 2) $A = \vec{F} \cdot \vec{S}$ 3) $\vec{L} = I \cdot \vec{\omega}$
 4) $\vec{M} = I \cdot \vec{\varepsilon}$ 5) $\vec{p} = m\vec{v}$

25 Коэффициентом пропорциональности между угловым ускорением и действующим моментом силы является ...

- 1) момент инерции 2) масса
 4) момент импульса 5) момент массы

26 Диск массой 40 кг и диаметром 80 см может вращаться около оси, проходящей через центр диска перпендикулярно его плоскости. По касательной к ободу диска приложена сила 400 Н. Угловое ускорение диска равно ...

- 1) 250 с^{-2} 2) 50 с^{-2} 3) 100 с^{-2} 4) 200 с^{-2}

27 Диск может вращаться около оси, проходящей через его центр O перпендикулярно плоскости диска. К диску в его плоскости приложены три одинаковые по модулю силы F , как показано на рис. 4.15. Угловое ускорение диска направлено ...

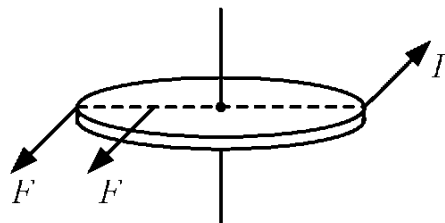


Рис. 4.15

- 1) вдоль оси вращения вверх
2) вдоль оси вращения вниз
3) по часовой стрелке
4) против часовой стрелки

28 Установите соответствие между зависимостью углового ускорения абсолютно твердого тела ε (ε_0 , a , b и c – некоторые положительные константы) от времени и графиком, правильно отражающим зависимость от времени суммарного момента сил, действующих на тело.

- A. $\varepsilon = at$ B. $\varepsilon = \varepsilon_0 + at$ C. $\varepsilon = bt^2$ D. $\varepsilon = \varepsilon_0 - ct$

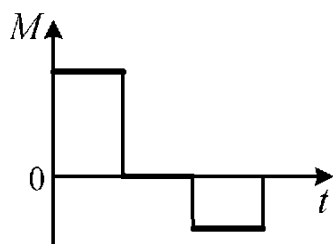
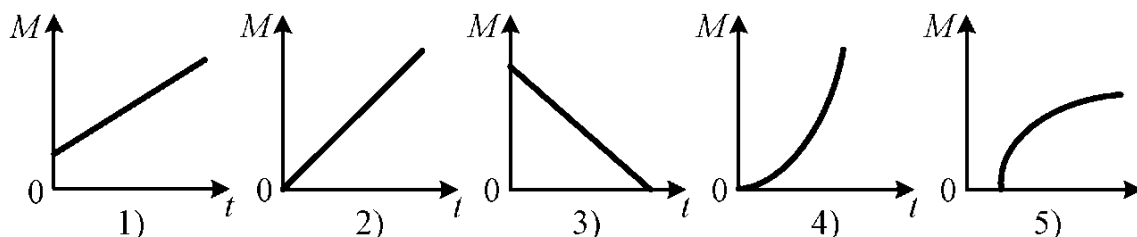
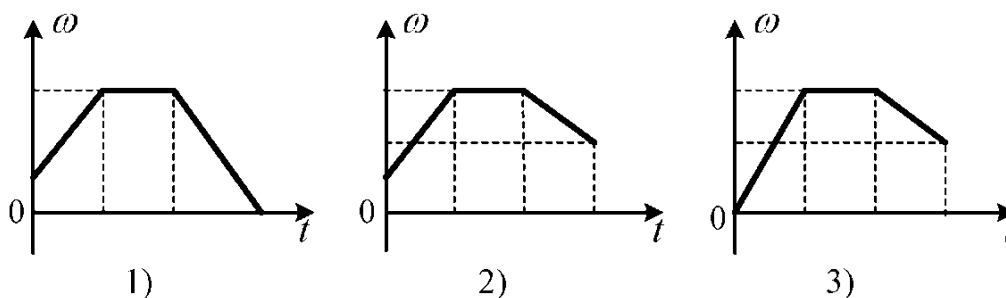


Рис. 4.16

29 На тело, вращающееся около оси z с постоянной угловой скоростью, в момент времени $t = 0$ начинает действовать момент сил, проекция которого на ось z изменяется с течением времени согласно графику на рис. 4.16. Проекция угловой скорости ω на ось z изменяется в соответствии с графиком ...



30 Энергия, обусловленная вращательным движением тела, является:

- 1) потенциальной 2) кинетической
3) внутренней 4) механической

31 Кинетическая энергия вращающегося тела ...

- 1) $\frac{mv^2}{2}$ 2) mgh 3) $\frac{k\Delta l^2}{2}$ 4) FS 5) $\frac{I\omega^2}{2}$

32 Величина ω в формуле кинетической энергии вращающегося твердого тела $E_k = \frac{I\omega^2}{2}$ является ...

- 1) угловой скоростью 2) линейной скоростью
3) угловым ускорением 4) периодом вращения
5) частотой вращения

33 Стержень длиной 60 см и массой 1 кг вращается с постоянной частотой 1 об/с около оси, проходящей через один из концов стержня перпендикулярно стержню. Определите кинетическую энергию стержня.

- 1) 0,6 Дж 2) 1,2 Дж
3) 2,4 Дж 4) 3,6 Дж

34 Цилиндр раскрутили из состояния покоя до угловой скорости ω , совершив работу A_1 (рис. 4.17). Чтобы раскрутить до такой же угловой скорости цилиндр той же массы, но вдвое большего радиуса, нужно совершить работу ...

- 1) $A_2 = A_1$ 2) $A_2 = 2A_1$ 3) $A_2 = 4A_1$ 4) $A_2 = 0,5A_1$

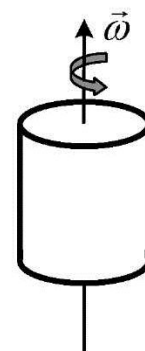


Рис. 4.17

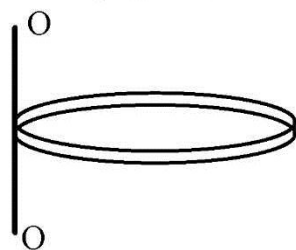


Рис. 4.18

35 Угловая скорость вращения кольца относительно оси OO (рис. 4.18) изменилась от 2 рад/с до 8 рад/с. Какую работу совершили внешние силы, действующие на кольцо? Масса кольца 0,1 кг, диаметр 20 см.

- 1) 0,12 Дж 2) 0,06 Дж
3) 0,24 Дж 4) 0,36 Дж

36 Систему из трех одинаковых маленьких шариков, закрепленных на невесомом стержне, как показано на рис. 4.19, раскрутили около оси OO из состояния покоя до угловой скорости ω_1 , совершив работу A . Если раскрутить эту систему около оси O'O', совершив при этом такую же работу A , то угловая скорость системы будет равна ...

- 1) $\omega_2 = \omega_1$ 2) $\omega_2 = \sqrt{0,4} \omega_1$ 3) $\omega_2 = \sqrt{0,2} \omega_1$ 4) $\omega_2 = 0,2\omega_1$

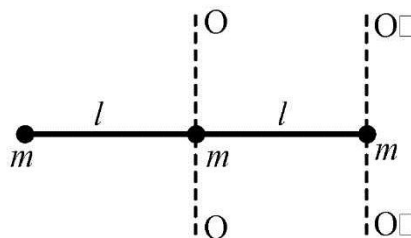


Рис. 4.19

37 Сплошной цилиндр скатился без проскальзывания с наклонной плоскости высотой 30 см. Скорость цилиндра у основания наклонной плоскости равна ...
 1) 1 м/с 2) 2 м/с 3) 3 м/с 4) 4 м/с

38 С наклонной плоскости высотой h одновременно начинают скатываться без проскальзывания диск и обруч, массы и радиусы которых одинаковы. У основания наклонной плоскости диск окажется ...
 1) раньше и скорость его будет больше
 2) раньше и скорость его будет меньше
 3) позже и скорость его будет больше
 4) позже и скорость его будет меньше

39 Момент импульса тела вращающегося с угловой скоростью $\vec{\omega}$, равен ... (m – масса, I – момент инерции)
 1) $I \cdot \vec{\omega}$ 2) $m \cdot \vec{\omega}$ 3) $I \cdot \omega^2$ 4) $m \cdot \omega^2$

40 Диск радиусом 0,4 м и массой 6 кг вращается с угловой скоростью 4 рад/с относительно оси, проходящей через центр масс диска перпендикулярно его плоскости. Чему равен момент импульса диска относительно оси вращения?
 1) 0,24 кг·м²/с 2) 0,48 кг·м²/с 3) 0,96 кг·м²/с 4) 1,92 кг·м²/с

41 Момент импульса точечного тела массой m , движущегося по окружности, относительно центра окружности O (рис. 4.20) равен ... и направлен ...

- 1) 1 кг·м²/с, перпендикулярно плоскости рисунка «к нам»
- 2) 1 кг·м²/с, перпендикулярно плоскости рисунка «от нас»
- 3) 2 кг·м²/с, перпендикулярно плоскости рисунка «к нам»
- 4) 2 кг·м²/с, перпендикулярно плоскости рисунка «от нас»

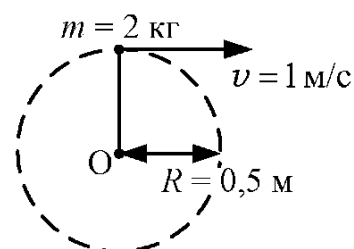


Рис. 4.20

42 На колесо, вращающееся по часовой стрелке около оси, проходящей через центр колеса O , действует сила, приложенная по касательной к ободу колеса, как показано на рис. 4.21. Приведите в соответствие физические величины, характеризующие движение колеса, и их направления.

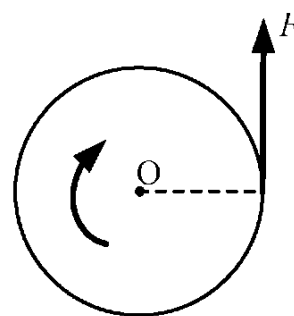


Рис. 4.21

А	Момент силы \vec{M}	1	Вдоль оси вращения «к нам»
В	Момент импульса \vec{L}	2	Вдоль оси вращения «от нас»
С	Угловое ускорение $\vec{\varepsilon}$	3	По часовой стрелке
		4	Против часовой стрелки

43 Соответствие между физическими величинами и их размерностями

1	Момент инерции	A	кг · м
2	Момент импульса	B	$\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}$
3	Момент силы	C	$\frac{\text{Н}}{\text{м}}$
		D	кг · м ²
		E	Н · м

44 Замкнутая система тел характеризуется некоторым значением момента импульса $L = I\omega$ относительно неподвижной оси. Если увеличить момент инерции системы I относительно этой оси, то угловая скорость вращения системы ω ...

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

45 Человек стоит в центре вращающейся скамьи Жуковского и держит в руках массивный длинный стержень в горизонтальном положении. Если человек переведет стержень в вертикальное положение, то угловая скорость вращения скамьи ...

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

46 Шарик может скользить без трения по невесомому стержню, вращающемуся свободно с угловой скоростью ω_1 около оси O (рис. 4.22). Шарик удерживается неподвижно относительно стержня с помощью нити. Если нить оборвется и шарик соскользнет на край стержня, то угловая скорость стержня изменится до величины ...

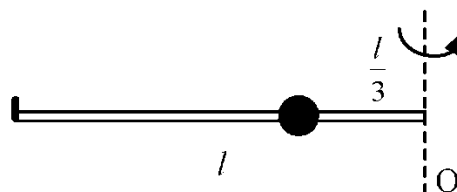
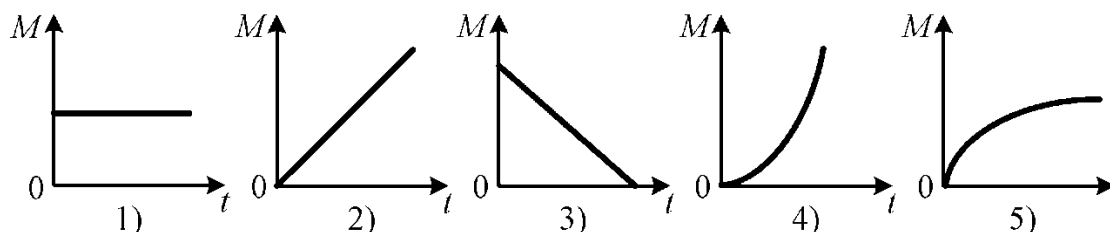


Рис. 4.22

- 1) $\omega_2 = 3\omega_1$ 2) $\omega_2 = 9\omega_1$ 3) $\omega_2 = \frac{1}{3}\omega_1$ 4) $\omega_2 = \frac{1}{9}\omega_1$

47 Установите соответствие между зависимостью момента импульса тела L относительно неподвижной оси (a , b и c – некоторые положительные константы) от времени и графиком, правильно изображающим зависимость от времени суммарного момента сил, действующих на тело.

- A. $L = ct$ B. $L = at^2$ C. $L = bt^3$ D. $L = at^{3/2}$ E. $L = at - bt^2$



ОТВЕТЫ

№	1 Кинематика	2 Динамика материальной точки	3 Законы сохранения	4 Динамика вращательного движения
1	1	1	1,3	4
2	3	4	3	2
3	2	3	2	1
4	4	1	4	5
5	3	2,5	2	2
6	2	1	2,4	1
7	2	1,5	3,4	3
8	1,3,5	2	1,5	1,2
9	1	1	1	5
10	2,4,5	1	3	2
11	3	4	3	1
12	3	1	4	1,4
13	1	2	4	4
14	1	1	3	1
15	3	4	A-4,B-1,C-2	3
16	2	2	1-B,2-A,3-D	2
17	2	2	3	2
18	2	1	2	2
19	3	2	4	2
20	2	2	2	3
21	4	1	1	1
22	3	3	3	3
23	1,4,5	2	4	4
24	2,3	2	1	4
25	3,5	1	2	1
26	4	1	1	2
27	2	4	1	1
28	1	3	2	A-2,B-1,C-4,D-3
29	1-B,2-C,3-A	3	3	2
30	1-C,2-B,3-A	1	4	2,4
31	1-D,2-B,3-A	4	4	5
32	1	2	4	1
33	4	4	2	3
34	4	2,3	3	3
35	1	3	3	3
36	1	4	2,4	2
37	2	2	1	2
38	1-D,2-A,3-B	3	1	1

№	1 Кинематика	2 Динамика материальной точки	3 Законы сохранения	4 Динамика вращательного движения
39	1,2,5	3	4	1
40	3,4	2	3,4	4
41	1	1,2	2,5	2
42	2	3	4	A-1,B-2,C-1
43	1	1	3	1-D,2-B,3-E
44	4	3	3	2
45	1	–	1	1
46	2	–	2	4
47	4	–	3	A-1,B-2,C-4,D-5,E-3
48	1	–	3	–
49	3	–	3	–
50	3	–	4	–
51	4	–	2	–
52	1	–	4	–