

МЕХАНИКА

Задания по физике для самостоятельной работы студентов

Алсагаров А.А., Дарибазарон Э.Ч., Шелкунова З.В.

© Восточно-Сибирский государственный
технологический университет
Министерство образования РФ

ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЗАДАНИЯ ПО ФИЗИКЕ
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

РАЗДЕЛ: "МЕХАНИКА"

Редактор Т.Ю.Артюнина

Подготовлено в печать 11.02. 2000 г. Формат 60×80 1/16
Усл.п.л. 3,72; уч.-изд.л. 3,2; Тираж 100 экз.

РИО ВСГТУ, Улан-Удэ, Ключевская, 40а
Отпечатано на ротапринте ВСГТУ, Улан-Удэ,
Ключевская, 42.

Составители: Алсагаров А.А.,
Дарибазарон Э.Ч.,
Шелкунова З.В.

Улан-Удэ 2000

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Кинематика

Поступательное движение

1. Кинематическое уравнение движения материальной точки (центра масс твердого тела) вдоль оси X:

$$x = f(t),$$

где $f(t)$ - некоторая функция времени.

2. Средняя скорость

$$\langle V_x \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}.$$

3. Средняя путевая скорость

$$\langle V \rangle = \frac{\Delta S}{\Delta t},$$

где ΔS - путь, пройденный точкой за интервал времени Δt .

Пусть ΔS в отличие от разности координат ($\Delta x = x_2 - x_1$) не может убывать и принимать отрицательные значения, т.е. $\Delta S \geq 0$. Поэтому $\langle V \rangle \geq \langle V_x \rangle$.

4. Мгновенная скорость $V_x = \frac{dx}{dt}$.

5. Среднее ускорение $\langle \alpha_x \rangle = \frac{\Delta V_x}{\Delta t}$.

6. Мгновенное ускорение $\alpha_x = \frac{dV_x}{dt}$.

Вращательное движение

7. Кинематическое уравнение движения материальной точки по окружности:

$$\varphi = f(t),$$

$$r = R = \text{const}$$

8. Угловая средняя скорость $\langle \omega \rangle = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$.

9. Угловая мгновенная скорость $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$.

10. Угловое среднее ускорение $\langle \varepsilon \rangle = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$.

11. Угловое мгновенное ускорение $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$.

12. Связь между линейными и угловыми величинами, характеризующими движение точки по окружности

$$V = \omega \cdot R; \quad \alpha_r = \varepsilon \cdot R; \quad a_n = \omega^2 R.$$

где V - линейная скорость;

13. Полное ускорение

$$\alpha = \sqrt{\alpha_n^2 + \alpha_r^2} \quad \text{или} \quad \alpha = R \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$$

14. Угол между полным ускорением a и нормальным a_n

$$\alpha = \arccos\left(\frac{\alpha_n}{\alpha}\right)$$

Динамика

Поступательное движение

15. Импульс материальной точки массой m , движущейся поступательно со скоростью V : $P = mV$.

16. Второй закон Ньютона: $Fdt = dp$,

где F - сила действующая на тело.

17. Силы рассматриваемые в механике:

а) сила упругости $F = -kx$,

где k - коэффициент упругости;

х - абсолютная деформация;

б) сила тяжести $P=G=mg$;

в) сила гравитационного взаимодействия

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

где γ - гравитационная постоянная,

m_1 и m_2 - массы взаимодействующих тел;

r - расстояние между телами.

18. Сила трения (скольжения) $F = f \cdot N$,

где f - коэффициент трения;

N - сила нормального давления;

19. Закон сохранения импульса

$$m_1 \overset{1}{V}_1 + m_2 \overset{1}{V}_2 = m_1 \overset{1}{U}_1 + m_2 \overset{1}{U}_2,$$

где V_1 и V_2 - начальные скорости двух тел;

U_1 и U_2 - скорости соответствующих тел после взаимодействия.

20. Кинетическая энергия тела, движущегося поступательно

$$T = \frac{mV^2}{2} \quad \text{или} \quad T = \frac{p^2}{2m}.$$

21. Потенциальная энергия:

а) упругодеформированной пружины

$$\Pi = \frac{1}{2} k \cdot x^2,$$

где k - жесткость пружины;

x - абсолютная деформация;

б) гравитационного взаимодействия

$$\Pi = -\gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2},$$

где γ - гравитационная постоянная;

m_1 и m_2 - массы взаимодействующих тел;

r - расстояние между ними;

в) тела, находящиеся в однородном поле силы тяжести

$$\Pi = mgh,$$

где g - ускорение свободного падения;

h - высота тела над уровнем, принятым за нулевой (формула справедлива, если $h \ll R$, где R - радиус Земли).

22. Закон сохранения механической энергии:

$$E = T + \Pi = \text{const.}$$

23. Работа A , совершаемая результирующей силой, определяется как мера изменения кинетической энергии материальной точки:

$$A = \Delta T = T_2 - T_1.$$

Вращательное движение

24. Основное уравнение динамики вращательного движения относительно неподвижной оси Z

$$M_z = J_z \cdot \varepsilon,$$

где M_z - результирующий момент внешних сил относительно оси Z ;

J_z - момент инерции относительно оси Z .

25. Момент инерции материальной точки и некоторых тел массой m относительно оси Z , проходящей через центр масс:

а) материальной точки $J_i = m_i \cdot r_i^2$, где m_i - масса материальной точки; r_i - расстояние от точки до оси вращения;

б) стержня длиной l относительно оси, проходящей через середину стержня

$$J_z = \frac{1}{12} ml^2;$$

в) стержня длиной l относительно оси, проходящей через конец стержня:

$$J_z = \frac{1}{3} ml^2;$$

г) обруча (тонкостенного цилиндра) относительно оси, перпендикулярной плоскости обруча (совпадающей с осью цилиндра)

$$J_z = mR^2,$$

где R - радиус обруча (цилиндра);

д) диска радиусом R относительно оси, перпендикулярной плоскости диска:

$$J_z = \frac{1}{2} mR^2;$$

ж) шара радиусом R относительно оси, проходящей через центр шара

$$J_z = \frac{2}{5} mR^2.$$

26. Момент импульса вращающегося тела, относительно оси Z

$$L_z \cdot \omega = \text{const},$$

где J_z - момент инерции системы тел относительно оси Z ;

ω - угловая скорость вращения вокруг оси Z .

28. Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси Z

$$T = \frac{1}{2} J_z \omega^2 \text{ или } T = \frac{L_z^2}{2J_z}.$$

Колебательное движение и волны

29. Кинематическое уравнение гармонических колебаний

$$X = A \cos(\omega t + \varphi),$$

где X - смещение;

A - амплитуда колебаний;

ω - круговая частота;

φ - начальная фаза.

30. Скорость материальной точки, совершающей гармонические колебания

$$V = \frac{dx}{dt} = -A\omega \cdot \sin(\omega t + \varphi).$$

31. Ускорение материальной точки, совершающей гармонические колебания

$$\alpha = \frac{dV}{dt} = -A\omega^2 \cdot \cos(\omega t + \varphi).$$

32. Полная энергия колеблющейся материальной точки

$$E = T + \Pi = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2.$$

Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции.

В системе отсчета, движущейся относительно какой-либо инерциальной системы поступательно и прямолинейно с ускорением a , на тело действует сила инерции $F_{\text{ин}} = -ma$.

В системе отсчета, вращающейся с постоянной угловой скоростью ω относительно какой-либо инерциальной системы, действует центробежная сила инерции

$$F_{\text{цб}} = m\omega^2 R$$

и сила Кориолиса

$$F_k = 2m[\dot{v}', \dot{\omega}],$$

где R - радиус-вектор, проведенный от оси вращения к центру масс тела, v' - скорость тела относительно вращающейся неинерциальной системы.

Элементы специальной теории относительности

Преобразования Лоренца:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}, y' = y, z' = z, t' = \frac{t - (v / c^2)x}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}},$$

где c - скорость света в вакууме.

Сокращение длины движущегося тела:

$$l' = l \sqrt{1 - v^2 / c^2},$$

где l' - длина движущегося тела, l - собственная длина.

Замедление хода движущихся часов:

$$\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - v^2 / c^2},$$

где t' - интервал времени между событиями в движущейся системе отсчета, Δt - интервал времени между теми же событиями в неподвижной системе.

Релятивистский закон сложения скоростей:

$$u_x = \frac{u'_x - v}{1 + v \cdot u'_x / c^2}, \quad u_y = \frac{\sqrt{1 - v^2 / c^2} u'_y}{1 + v u'_x / c^2},$$

$$u_z = \frac{\sqrt{1 - v^2 / c^2} u'_z}{1 + v u'_x / c^2},$$

где u_x, u_y, u_z - проекции скорости в неподвижной системе координат, u'_x, u'_y, u'_z - проекции скорости в движущейся системе.

Квадрат интервала s_{12} между событиями 1 и 2 - инвариантная величина:

$$s_{12}^2 = c^2 t_{12}^2 - l_{12}^2,$$

где t_{12} - интервал времени между событиями 1 и 2, l_{12} - расстояние между точками 1 и 2, в которых произошли данные события.

Релятивистские масса и импульс:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}, \quad \vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}},$$

где m_0 - масса покоя.

Полная энергия тела:

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}},$$

где $E_0 = m_0 c^2$ - энергия покоя.

Кинетическая энергия движущегося тела:

$$T = E - E_0$$

Механика жидкостей и газов

Для стационарного течения несжимаемой жидкости справедливо уравнение неразрывности струи:

$$v \cdot S = const,$$

где v - скорость жидкости, S - площадь поперечного сечения трубки тока.

Объем жидкости, протекающей за единицу времени через любое сечение трубки тока (расход):

$$Q = v \cdot S.$$

Скорость истечения идеальной жидкости через малое отверстие в широком сосуде:

$$v = \sqrt{2gh},$$

где h - глубина отверстия относительно уровня жидкости в широком сосуде.

Уравнение Бернулли:

$$p + \frac{\rho \cdot v^2}{2} + \rho \cdot q \cdot h = const,$$

где ρ - плотность жидкости, p - статическое давление жидкости, v - скорость течения жидкости, h - высота сечения трубки тока над некоторым уровнем.

При переходе объема V жидкости из пространства, где давление p_1 , в пространство с давлением p_2 , внешним давлением совершается работа

$$A = (p_2 - p_1) \cdot V.$$

При ламинарном течении жидкости помещенное в поток тело испытывает лобовое сопротивление

$$F = r \cdot \eta \cdot v,$$

где r - коэффициент, зависящий от формы и размера тела, η - вязкость, v - скорость потока.

При движении шара в вязкой среде сила сопротивления (формула Стокса)

$$F = 6\pi \cdot R \cdot \eta \cdot v,$$

где R - радиус шара.

Объем V жидкости, протекающей через трубу длиной l и радиусом R при ламинарном движении за время t , определяется по формуле Пуазейля:

$$V = \frac{1}{\eta} \cdot \frac{\pi \cdot R^4}{8l} \Delta p t,$$

где Δp - разность давлений на концах трубки.

В случае турбулентного потока при не очень больших скоростях лобовое сопротивление

$$F = C_x S \cdot \rho \cdot v^2,$$

где C_x - коэффициент лобового сопротивления, зависящий от формы тела и числа Рейнольдса, S - площадь проекции тела на плоскость, перпендикулярную к скорости потока, ρ - плотность среды.

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{l \cdot \rho \cdot v}{\eta},$$

где l - величина, характеризующая линейные размеры обтекаемого тела.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Кинематика

1. Что изучает механика как один из разделов физики? Каково содержание: а) ньютоновской; б) релятивистской; в) квантовой механики?

2. Почему при изучении реальных физических явлений и объектов приходится использовать модельные представления и абстрагированные понятия? Дайте определение: а) материальной точки (частицы); б) системы материальных точек; в) абсолютно твердого тела.

3. Каково содержание понятий пространства и времени в классической механике? Что означают понятия "однородность и изотропность пространства", "однородность времени"?

4. Какие существуют способы описания движения материальной точки? Что представляет собой система отсчета, система координат? Что называется радиусом-вектором r ?

5. Покажите, что задание кинематического закона движения в координатной форме $x=x(t)$, $y=y(t)$, $z=z(t)$

эквивалентно заданию его в векторной форме $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$, где x, y, z - декартовы координаты материальной точки, \mathbf{r} - ее радиус-вектор. Каковы преимущества векторного описания движения?

6. Дайте определение кинематических величин: а) перемещения $\Delta \mathbf{r}$; б) скорости \mathbf{v} ; в) ускорения \mathbf{a} . В каких единицах измеряются эти величины? Как ориентированы векторы скорости и ускорения относительно траектории и друг друга?

7. Частица движется по закону

$$\mathbf{r} = \left(v_0 t - \frac{g}{2} t^2 \right) \mathbf{k},$$

где v_0 и g - известные постоянные; \mathbf{k} - орт координатной оси z . Найдите скорость \mathbf{v} частицы и ее ускорение \mathbf{a} , а также их проекции $v_z = \mathcal{Z}$ и $a_z = \mathcal{Z}$ как функции времени.

8. Ускорение движущейся частицы $\mathbf{a} = A\mathbf{i}$, где A - известная постоянная; \mathbf{i} - орт координатной оси x . В момент времени $t=0$ $x=x_0$ и $v_x=v_0$, где x_0 и v_0 - известные постоянные (начальные условия). Найдите проекцию скорости $v_x = \mathcal{X}$ и координату x как функции времени.

9. Какое движение абсолютно твердого тела называется: а) поступательным; б) вращательным? Приведите примеры таких движений.

10. Что называется тангенциальным a_t и нормальным a_n ускорениями? Чему они равны? От чего зависит угол между векторами скорости \mathbf{v} и полного ускорения \mathbf{a} движущейся материальной точки?

11. Какие векторы называют аксиальными? Дайте определение:

а) угла поворота $d\varphi$ твердого тела; б) угловой скорости ω ; в) углового ускорения β относительно неподвижной оси вращения. В каких единицах измеряются эти величины?

12. Колесо вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через его центр масс. Обладает ли любая точка на ободе тангенциальным и нормальным ускорениями, если вращение происходит: а) с постоянной угловой скоростью? б) с постоянным угловым ускорением? Изменяются ли при этом модули этих ускорений?

Динамика материальной точки

1. В чем заключается основная задача ньютоновской механики; динамики?

2. Как в динамике определяются сила F и масса m ? Каковы характерные свойства этих физических величин? В каких единицах они измеряются?

3. Как строятся системы единиц в механике? Какова роль формул размерностей?

4. Что называется импульсом \mathbf{p} материальной точки?

5. Сформулируйте законы Ньютона. Какие утверждения содержат эти законы? Какова их взаимосвязь? Дайте определение понятий "инерция" и "инертность".

6. Какие системы отсчета называются инерциальными и неинерциальными? С какой степенью точности является инерциальной система отсчета: а) связанная с Солнцем и звездами (гелиоцентрическая); б) жестко связанная с Землей (лабораторная)?

7. Получите из общей формулировки второго закона

Ньютона $d\mathbf{p} / dt = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i$ основное уравнение динамики

материальной точки $m\mathbf{a} = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i$.

8. Спроектировав уравнение динамики на оси x , y и z декартовой системы координат, получите три эквивалентных ему дифференциальных уравнения.

9. Каково содержание закона независимости действия сил? Сформулируйте принцип суперпозиции сил. Объясните задачу о лебеде, раке и щуке.

10. Введите понятие импульса силы. Объясните, почему пуля, вылетев из ружья, пробивает отверстие в стекле, не разбивая его, а надавливанием стержня на стекло этого сделать нельзя.

11. Назовите четыре типа фундаментальных взаимодействий. Какие силы рассматриваются в рамках ньютоновской механики?

12. Каковы границы применимости законов ньютоновской механики?

Законы сохранения

1. Какими фундаментальными свойствами пространства и времени обусловлены законы сохранения?

2. Какие силы называются: внешними; внутренними? Какие системы материальных точек называются: замкнутыми; незамкнутыми? Может ли система вести себя как замкнутая в одном определенном направлении?

3. Покажите, что для системы материальных точек $d\mathbf{p}/dt = \mathbf{F}$, где $\mathbf{p} = \sum_{i=1}^n m_i \mathbf{v}_i$ - импульс системы; $\mathbf{F} = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i$ - результирующая всех внешних сил. Что называется центром масс системы материальных точек и каковы его свойства?

4. Сформулируйте закон сохранения импульса для системы материальных точек, указав на его связь с однородностью пространства. Приведите примеры проявления закона сохранения импульса, сохранения проекции импульса.

5. Запишите уравнение динамики тела с переменной массой (уравнение Мещерского) поясните смысл входящих в него величин.

6. Дайте определение: а) механической работы A ; б) мощности N . Каковы свойства этих физических величин? В каких единицах они измеряются?

7. Какие силы называются: консервативными; неконсервативными? Какие поля являются: потенциальными; непотенциальными?

8. Получите выражение для кинетической энергии движущейся материальной точки. Выведите формулу для потенциальной энергии: а) тела, поднятого над землей; б) упругодеформированной пружины.

9. Для каких систем тел справедлив закон сохранения механической энергии и как он формулируется? Укажите на его связь с однородностью времени.

10. Какое взаимодействие называется ударом? Приведите примеры абсолютно упругого и неупругого ударов.

11. Какими законами сохранения определяется соотношение между начальным и конечным состоянием тел, участвующих в соударении? В какие виды энергии может переходить кинетическая энергия соударяющихся тел? Позволяют ли законы сохранения определить, что происходит в процессе соударения?

12. Используя законы динамики и закон сохранения энергии, получите уравнение Бернулли для идеальной несжимаемой жидкости.

Динамика твердого тела

1. Исходя из основного закона динамики в форме $d\mathbf{p}/dt = \mathbf{F}$, получите уравнение моментов для материальной точки $d\mathbf{L}/dt = \mathbf{M}$. Дайте определение момента силы \mathbf{M} и момента импульса \mathbf{L} относительно: а) точки; б) оси вращения. Каковы свойства этих физических величин?

2. Покажите, что для системы материальных точек

$$d\mathbf{L}/dt = \mathbf{M}, \quad \text{где } \mathbf{L} = \sum_{i=1}^n [\mathbf{r}_i, m_i \mathbf{v}_i] \quad - \text{ момент импульса}$$

системы,

$$\mathbf{M} = \sum_{i=1}^n \mathbf{M}_i \quad - \text{ результирующий момент внешних сил.}$$

3. Сформулируйте закон сохранения момента импульса для системы материальных точек, указав на его связь с изотропностью пространства. Приведите примеры сохранения момента импульса.

4. Что называется центром масс абсолютно твердого тела? Запишите закон движения центра масс абсолютно твердого тела.

5. Получите уравнение моментов для материальной точки, движущейся по окружности, относительно оси вращения: $I\beta_z = M_z$. Чему равен момент инерции I материальной точки относительно оси вращения?

6. Запишите уравнение вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси. Чему равен момент инерции I твердого тела относительно оси вращения? Является ли эта величина аддитивной?

7. Какие оси вращения твердого тела называются свободными; главными? Каковы особенности вращения твердых тел вокруг свободных осей вращения?

8. Как вычисляются моменты инерции твердых тел относительно заданных осей вращения? Запишите и сформулируйте теорему Штейнера.

9. Дайте определение плоского движения твердого тела. Какими уравнениями описывается такое движение?

10. Запишите выражение для кинетической энергии твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.

Чему равна кинетическая энергия твердого тела при плоском движении?

11. Как определить работу внешних сил при вращении твердого тела вокруг неподвижной оси?

12. Каковы специфические свойства гироскопов? Приведите примеры использования гироскопов. Какое движение гироскопа называется прецессией?

Гравитационное поле. Неинерциальные системы отсчета

1. Сформулируйте и напишите математическое выражение закона всемирного тяготения. Каков физический смысл и числовое значение гравитационной постоянной в СИ, в каких единицах она измеряется?

2. Как рассчитывается сила гравитационного взаимодействия двух протяженных тел?

3. Напишите выражение для потенциальной энергии материальной точки массой m , находящейся на расстоянии r от точечного источника гравитационного поля массой M . Изобразите графически зависимость этой энергии от расстояния r между этими точками.

4. Что называется: а) напряженностью; б) потенциалом гравитационного поля? Какова их взаимосвязь? В каких единицах измеряются напряженность и потенциал поля?

5. Как зависит ускорение свободного падения тел относительно поверхности Земли от: а) географической широты местности; б) высоты над уровнем моря?

6. Какая скорость тел относительно планеты или звезды называется: а) первой; б) второй космической? Как рассчитываются эти скорости?

7. Какие системы отсчета называются неинерциальными? Приведите примеры движений тел, для объяснения которых в системах отсчета, жестко связанных с Землей, необходимо учитывать неинерциальность этой системы отсчета.

8. Как описываются движения тел относительно прямолинейно и ускоренно движущейся системы отсчета? Напишите и объясните выражение для силы инерции в этом случае.

9. Рассмотрите поведение тел во вращающейся с постоянной угловой скоростью системе отсчета. Чему равна центробежная сила инерции?

10. В каком случае во вращающейся системе отсчета на тело действует сила Кориолиса? Каково направление и чему равен модуль этой силы?

11. Напишите и объясните основное уравнение динамики для материальной точки массой m в неинерциальной системе отсчета, вращающейся с постоянной угловой скоростью ω вокруг оси, которая перемещается поступательно с ускорением a_0 относительно какой-нибудь инерциальной системы отсчета.

12. Каковы особенности сил инерции, отличающие их от сил взаимодействия тел? Как вы понимаете принцип эквивалентности сил инерции и сил поля тяготения?

Элементы специальной теории относительности

1. В чем заключается механический принцип относительности? В чем состоит ограниченность этого принципа?

2. Как записываются преобразования Галилея? Каким образом вводятся понятия движущейся K' (Штрихованной и неподвижной K (лабораторной) систем отсчета?

3. На основе преобразований Галилея: а) укажите относительные и инвариантные свойства пространства и времени; б) сравните показания движущихся и неподвижных часов; длины движущейся и неподвижной линейки. Получите правило сложения скоростей в классической механике.

4. Покажите связь закона инерции с принципом относительности Галилея. Какие величины ньютоновской динамики инвариантны?

5. Сформулируйте постулаты специальной теории относительности (СТО) Эйнштейна. В чем отличие первого постулата СТО от принципа относительности в механике? Отличаются ли постулаты об общих свойствах пространства и времени в СТО от соответствующих классических?

6. В чем заключается проблема одновременности в релятивистской физике? Как в СТО вводится понятие "синхронизированные часы"?

7. Как в СТО определяется "длина движущегося тела"? Что называется: собственной длиной; лоренцевым сокращением?

8. Запишите преобразования Лоренца. Покажите, что преобразования Галилея являются частным случаем преобразований Лоренца.

9. Рассмотрите следствия из преобразований Лоренца: относительность одновременности, сокращение масштаба, замедление времени. Что называется пространственноподобным, времениподобным и светоподобным интервалами?

10. Получите на основе преобразований Лоренца релятивистский закон сложения скоростей.

11. Запишите релятивистское выражение: а) для массы; б) для импульса; в) для кинетической энергии. Каковы особенности основного уравнения релятивистской динамики?

12. Каково содержание закона $E=mc^2$
(c - скорость света в вакууме)?

При изучении разделов “механика” студентам для самостоятельного решения предлагаются следующие задачи:

1. Материальная точка брошена с начальной скоростью 10 м/с под углом 60° к горизонту. Определить радиус кривизны в верхней точке траектории и его отношение к максимальной высоте подъема и к дальности полета.

2. Материальная точка прошла половину пути со скоростью 20 м/с, оставшуюся часть пути она половину времени двигалась со скоростью 25 м/с, а последний участок - со скоростью 35 м/с. Найти среднюю скорость за время движения точки.

3. Пароход идет по реке от пункта А до пункта В со скоростью 16 км/ч. Найти: 1) величину средней скорости парохода; 2) скорость течения реки.

4. Расстояние между станциями 2000 м. Первую половину этого расстояния поезд проходит равноускоренно,

а вторую - равнозамедленно. Максимальная скорость поезда 20 м/с. Найти: 1) величину ускорения, считая его постоянным по величине; 2) время движения поезда между станциями.

5. Вагон трамвая движется равнозамедленно с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$. Начальная скорость вагона 15 м/с. Через сколько времени и на каком расстоянии от начальной точки вагон остановится?

6. Лодка движется перпендикулярно к берегу со скоростью 2 м/с. Течение реки относит ее на расстояние 750 м. вниз. Найти: 1) скорость течения реки; 2) время, затраченное на переезд через реку. Ширина реки равна 2,5 км.

7. С аэростата, находящегося на высоте 100 м, упал камень. Через сколько времени камень достигнет земли, если: 1) аэростат неподвижен; 2) аэростат опускается со скоростью 5 м/с; 3) аэростат поднимается со скоростью 5 м/с. Сопротивление воздуха не учитывать.

8. Скорость поезда, двигающегося равнозамедленно, уменьшается в течение 1 мин. от 72 км/ч до 54 км/ч. Найти: 1) ускорение поезда; 2) расстояние, пройденное им за время торможения.

9. Тело брошено с начальной скоростью 21,8 м/с под углом 30° к горизонту. Найти нормальное и тангенциальное ускорение тела через 2 с после начала движения. Сопротивление воздуха не учитывать.

10. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 28 м/с. На какую наибольшую высоту оно поднимется и чему равно время подъема? Через сколько времени тело достигнет высоты, равной половине максимальной?

11. Закон движения материальной точки по окружности радиусом 2м выражается уравнением: $S=12-3t^2$. Найти: 1) в какой момент времени нормальное ускорение точки будет равно 36 м/с^2 ; 2) чему равны скорость, тангенциальное и полное ускорения точки в этот момент времени.

12. Две материальные точки движутся согласно уравнениям: $x_1=20t+9t^2$ и $x_2=3t-5t^2+2t^3$. В какой момент времени ускорения этих точек будут одинаковыми? Найти скорости точек в этот момент.

13. Три четверти своего пути автомобиль прошел со скоростью 60 км/ч, остальную часть пути - со скоростью 80 км/ч. Какова средняя скорость движения автомобиля?

14. Первую половину своего пути тело двигалось со скоростью 2 м/с, вторую половину - со скоростью 8 м/с. Определить среднюю скорость тела.

15. Между двумя пунктами, расположенными на реке на расстоянии 100 км. один от другого, курсирует катер. Катер проходит это расстояние по течению за 4 ч, а против течения - за 10 ч. Определить скорость течения реки и скорость катера относительно воды.

16. Движение материальной точки задано уравнением $x=4t-0,05t^2$. Определить момент времени, в который скорость точки равна нулю. Найти координаты и ускорение в этот момент.

17. По дуге окружности радиусом 10 м движется точка. В некоторый момент времени нормальное ускорение точки равно $4,9 \text{ м/с}^2$, вектор полного ускорения образует в этот момент с вектором нормального ускорения угол 60° . Найти скорость и тангенциальное ускорение точки.

18. Камень падает с высоты 490м. Какой путь пройдет камень за последнюю секунду своего падения?

19. Вертолет поднимается вертикально вверх с ускорением 1 м/с^2 . Через 10 с от начала подъема из него выпадает предмет. Через сколько времени предмет упадет на землю?

20. С балкона бросили мяч вертикально вверх с начальной скоростью 5 м/с. Через 2 с мяч упал на землю. Определить высоту балкона и скорость мяча в момент удара о землю.

21. Какой начальной скоростью должна обладать сигнальная ракета, выпущенная из ракетницы под углом 45° к горизонту, чтобы она вспыхнула в наивысшей точке своей траектории, если время горения запала ракеты 6 с? Сопротивление воздуха не учитывать.

22. С крыши дома бросили камень в горизонтальном направлении. Через две секунды камень упал на землю на расстоянии 40 м от основания дома. Определить начальную и конечную скорости камня.

23. Тело, двигаясь равноускоренно из состояния покоя, проходит за 4 секунду от начала движения 7 м. Какой путь пройдет тело за первые 10 с? Какой скорости оно достигнет в конце 10 с?

24. Теплоход, двигаясь равноускоренно из состояния покоя с ускорением $0,1 \text{ м/с}^2$, достигает скорости 18 км/ч. Какое время потребуется теплоходу, чтобы достигнуть такого значения скорости? Какой путь за это время пройден?

25. Самолет для взлета должен приобрести скорость 250 км/ч. Сколько времени длится разгон, если эта скорость достигается в конце взлетной полосы длиной в 1 км?

Каково ускорение самолета? Какова средняя скорость самолета на этом участке? Движение самолета считать равноускоренным.

26. По графику зависимости ускорения от времени (рис.) определить, как двигалось тело от начала отсчета до конца 4 с (участок АВ) и за промежуток времени, соответствующий участку ВС графика. В какой момент времени тело имело максимальную скорость?

27. Тело свободно падает из состояния покоя с высоты 1000 м. Какой путь пройдет тело за последнюю секунду своего падения? За какое время тело пройдет последние 100 м своего пути? Какова скорость тела в момент удара о землю?

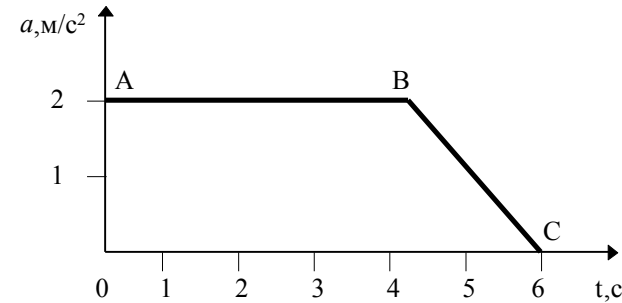
28. Мяч брошен под углом 30° к горизонту со скоростью 20 м/с. Определить наибольшую высоту подъема и дальность полета. Сопротивление воздуха не учитывать.

29. С воздушного шара, поднимающегося со скоростью 10 м/с, сбрасывают камень, который достигает поверхности земли через 16 с. На какой высоте находился шар в момент сбрасывания камня?

30. Путь, пройденный точкой по окружности радиусом 2 м, выражен уравнением $S=ct^2+bt$. Найти нормальное, тангенциальное и полное ускорение точки через 0,5 с после начала движения, если $c=3 \text{ м/с}^2$, $b=1 \text{ м/с}$.

31. Маховик, вращавшийся с постоянной частотой 10 об/с, при торможении начал вращаться равнозамедленно. Когда торможение прекратилось, вращение маховика снова стало равномерным, но уже с частотой 6 об/с. Определить угловое ускорение и продолжительность торможения, если за время равнозамедленного движения маховик сделал 50 оборотов.

32. Тело вращалось равнозамедленно с начальной угловой скоростью 10 об/с. После того, как тело совершило 20 оборотов, скорость его уменьшилась до 4 об/с. Найти



угловое ускорение, время, течение которого изменилась скорость.

33.

Маховик,

находившийся в покое, начал вращаться равноускоренно. Сделав 200 оборотов, он приобрел угловую скорость 62,8 рад/с. Определить угловое ускорение и продолжительность его равноускоренного движения.

34. Ротор электродвигателя, имеющий частоту вращения 955 об/мин, после включения остановился через 10 с. Считая вращение равнозамедленным, определить угловое ускорение ротора после выключения электродвигателя. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?

35. Колесо, вращаясь равноускоренно, достигло скорости 20 рад/с через 10 оборотов после начала вращения. Найти угловое ускорение колеса и время, в течение которого сделано 10 оборотов.

36. Маховик, спустя 1 мин после начала вращения, приобретает скорость, соответствующую 720 об/мин. Найти угловое ускорение и число оборотов за эту минуту. Движение считать равноускоренным.

37. Колесо, вращаясь равнозамедленно, при торможении уменьшило свою скорость за 1 мин с 300 об/мин. Найти, угловое ускорение и число оборотов за эту минуту.

38. Вентилятор вращается со скоростью, соответствующей частоте 900 об/мин. После выключения вентилятора, вращаясь равнозамедленно, сделал до остановки 75 оборотов. Сколько времени прошло с момента выключения вентилятора до полной остановки?

39. Вал вращается с постоянной скоростью, соответствующей частоте 180 об/мин. С некоторого времени вал тормозится и вращается равнозамедленно с угловым ускорением, равным 3 рад/с^2 . Через сколько времени вал остановится? Сколько оборотов он сделает до остановки?

40. Вал совершает 1200 об/мин. Определить угловую скорость вала и линейную скорость точек на его ободе, если диаметр обода равен 0,3 м.

41. Колесо вращается с угловой скоростью 100π рад/с. Сколько оборотов сделает колесо за 20 с?

42. Линейная скорость точек, расположенных на ободе маховика, 5 м/с, а точек, находящихся ближе к оси на 0,5 м, - 4 м/с. Определить радиус маховика и его угловую скорость.

43. Определить среднюю орбитальную скорость спутника, если средняя высота его орбиты над землей 1200 км, а период обращения 105 мин. Радиус земли 6400 км.

44. Тело вращается равноускоренно с начальной угловой скоростью 5 с^{-1} и угловым ускорением 1 с^{-2} . Сколько оборотов сделает тело за 10 секунд вращения?

45. Маховик начал вращаться равноускоренно из состояния покоя и, сделав 16 полных оборотов, приобрел угловую скорость 8 об/с. Определить угловое ускорение маховика и продолжительность равноускоренного вращения.

46. Уравнение вращения твердого тела $\varphi = 3t^2 + t$. Определить число оборотов тела, угловую скорость, угловое ускорение через 10 с после начала вращения.

47. Колесо радиусом 0,1 м вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением $\varphi = 2t + t^3$. Для точек, лежащих на ободе колеса, найти через 2 с после начала движения следующие величины: угловую и линейную скорость, угловое ускорение, тангенциальное и нормальное ускорения.

48. Колесо, вращаясь равноускоренно, достигло угловой скорости 16 рад/с через 20 оборотов после начала вращения. Найти угловое ускорение колеса.

49. Маховое колесо, спустя 1 мин после начала вращения, приобретает скорость, соответствующую 1800 об/мин. Найти угловое ускорение колеса и число оборотов колеса за эту минуту. Движение считать равноускоренным.

50. Колесо, вращаясь равнозамедленно, при торможении уменьшило свою скорость за 1 мин с 300 об/мин до 120 об/мин. Найти угловое ускорение колеса и число оборотов, сделанных им за это время.

51. Вентилятор вращается со скоростью, соответствующей частоте 900 об/мин. После выключения вентилятора, вращаясь равнозамедленно, сделал до остановки 75 оборотов. Через сколько времени вал остановился?

52. Колесо, вращаясь равноускоренно, увеличило свою скорость за 1 мин с 180 об/мин до 300 об/мин. Найти угловое ускорение колеса и число оборотов, сделанных им за это время.

53. Вал вращается с постоянной скоростью, соответствующей частоте 180 об/мин. С некоторого момента вал тормозится и вращается равнозамедленно с угловым ускорением 3 рад/с^2 . Через сколько времени вал остановится? Сколько оборотов он сделает до остановки?

54. Диск радиусом 20 см вращается согласно уравнению $\varphi = 3 - t + 0,1 \cdot t^3$. Определить тангенциальное, нормальное и полное ускорения точек на ободе диска через 10 с после начала вращения.

55. Точка движется по окружности радиусом 10 см с постоянным тангенциальным ускорением. Найти нормальное ускорение точки через 20 с после начала движения, если известно, что к концу 5-го оборота линейная скорость точки равна 10 см/с.

56. Колесо, вращаясь равноускоренно, увеличило свою скорость за 1 мин с 120 об/мин до 300 об/мин. Найти угловое ускорение колеса и число оборотов, сделанных им за это время.

57. Колесо радиусом 10 см вращается с постоянным угловым ускорением $3,14 \text{ с}^{-2}$. Найти для точек на ободе колеса к концу 1-й с после начала движения угловую и линейную скорости, тангенциальное, нормальное и полное ускорения.

58. Маховик начал вращаться равноускоренно и за 10 с достиг частоты вращения 300 мин^{-1} . Определить угловое ускорение маховика и число оборотов, которое он сделал за это время.

59. Велосипедное колесо вращается с частотой 5 с^{-1} . Под действием сил трения оно остановилось через 1 мин. Определить угловое ускорение и число оборотов, которое сделает колесо за это время.

60. Найти радиус вращающегося колеса, если известно, что линейная скорость точки, лежащей на ободе, в три раза больше линейной скорости точки, лежащей на 5 см ближе к оси колеса.

61. Автомобиль массой $2 \cdot 10^3 \text{ кг}$ тронулся с места и через 5 с развил скорость 10 м/с. Сила трения колес об асфальт 1000 Н. Какова сила тяги мотора?

62. Шайба, пущенная по поверхности льда, с начальной скоростью 20 м/с, остановилась через 40 с. Найти коэффициент трения шайбы о лед.

63. Наклонная плоскость, образующая 25° с плоскостью горизонта, имеет длину 2 м. Тело, двигаясь равноускоренно, с этой плоскости скатывается за 2 с. Определить коэффициент трения тела о плоскость.

64. К нити подвешен груз массой 5 кг. Найти натяжение нити, если нить с грузом: 1) поднимать с ускорением 5 м/с^2 ; 2) спускать с тем же самым ускорением.

65. Масса лифта с пассажирами равна 1000 кг. Найти, с каким ускорением и в каком направлении движется лифт, если известно, что натяжение троса, поддерживающего лифт, равно: 1) 8000 Н; 2) 100 кН.

66. Две гири массами 5 и 3 кг соединены нерастяжимой гибкой нитью, перекинутой через неподвижный блок. Каково будет натяжение нити, если предоставить системе двигаться в поле земного тяготения? Считать блок невесомым и вращение происходит без трения.

67. Через невесомый блок в виде диска перекинута тонкая гибкая нить, к концам которой подвешены грузы с массами 100 г и 200 г. С каким ускорением будут двигаться грузы, если их предоставить самим себе? Трением и массой нити пренебречь.

68. Автомобиль массой 5000 кг увеличивает свою скорость на расстоянии 5 км от 36 км/ч до 54 км/ч. Коэффициент трения 0,02. Определить силу тяги, развиваемую мотором автомобиля.

69. Поезд поднимается с постоянной скоростью 36 км/ч в гору с уклоном в 1 м на каждые 1000 м пути. Коэффициент трения 0,002. Определить с какой скоростью будет двигаться поезд по горизонтальному пути при той же мощности двигателя.

70. Шарик массой 200 г ударился о стенку со скоростью 10 м/с и отскочил от нее с такой же скоростью. Определить импульс, полученный стенкой, если до удара шарик двигался под углом 30° к плоскости стенки.

71. Шарик массой 100 г свободно падает с высоты 1 м на стальную плиту и подпрыгивает на высоту 0,5 м. Определить импульс, сообщенный плитой шарiku.

72. С какой силой будет давить человек массой 70 кг на пол лифта, если лифт будет подниматься вертикально вверх с ускорением 1 м/с^2 ; вниз с таким же ускорением?

73. Тело массой 10 кг тянут по горизонтальной поверхности силой 40 Н. Если эта сила приложена к телу под углом 60° к горизонту, оно движется равномерно. С каким ускорением будет двигаться тело, если приложить силу под углом 30° ? Под каким углом нужно приложить силу, чтобы тело двигалось с максимальным ускорением?

74. Брусок массой 5 кг зажат между двумя колодами. Силы сжатия равны 150 Н, а коэффициент трения равен 0,2. Какую силу необходимо приложить для того, чтобы вытолкнуть его вверх?

75. Трамвай, трогаясь с места, движется с постоянным ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$. Через 12 с после начала движения мотор трамвая выключается, и трамвай движется до остановки равномерно. На всем пути движения коэффициент трения равен 0,01. Найти: 1) наибольшую скорость движения трамвая; 2) общую продолжительность движения; 3) ускорение трамвая при равнозамедленном движении; 4) общее расстояние, пройденное трамваем.

76. К потолку трамвайного вагона подвешен на нити шарик. Вагон тормозится и его скорость равномерно изменяется за 3 с от 18 км/ч до 6 км/ч. На какой угол отклонится при этом нить с шариком?

77. Четыре одинаковых бруска, каждый массой m , связаны нитями и положены на гладкий стол. К первому бруску приложена сила F . Определить силы натяжения нитей. Силами трения между брусками и столом пренебречь.

78. Какую силу надо приложить к вагону, стоящему на рельсах, чтобы вагон стал двигаться равноускоренно и за время 30 с прошел путь 11 м? Масса вагона 16000 кг. Во время движения на вагон действует сила трения равная 0,05 веса вагона.

79. Поезд массой $4,2 \cdot 10^5$ кг после прекращения тяги тепловоза под действием силы трения $9,8 \cdot 10^4$ Н останавливается через 1 мин. С какой скоростью шел поезд?

80. Молекула массой $4,65 \cdot 10^{-26}$ кг, летящая со скоростью 600 м/с нормально к стенке сосуда, ударяется о

стенку и упруго отскакивает от нее без потери скорости. Найти импульс силы, полученный стенкой за время удара.

81. Шар массой 10 кг, движущийся со скоростью 4 м/с, сталкивается с шаром массой 4 кг, скорость которого равна 12 м/с. Считая удар прямым, неупругим, найти скорость шаров после удара в двух случаях: 1) малый шар нагоняет большой, движущийся в том же направлении; 2) шары движутся навстречу друг другу.

82. В подвешенный мешок с песком весом 5 кг. ударила пуля массой 10 кг. При этом мешок откачнулся на высоту 10 см. Определить скорость пули при ударе.

83. Тело массой 3 кг скользит по горизонтальной плоскости под действием груза массой 1 кг, прикрепленного к концу шнура, привязанного к телу и перекинутого через неподвижный блок. Определить ускорение системы и силу натяжения шнура.

84. В лодке массой 240 кг стоит человек массой 60 кг. Лодка плывет со скоростью 2 м/с. Человек прыгает с лодки в горизонтальном направлении со скоростью 4 м/с относительно лодки. Найти скорость лодки после прыжка человека: 1) вперед по движению; 2) в сторону противоположную движению лодки.

85. Деревянный брусок находится на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту 45° . С какой наименьшей силой, направленной перпендикулярно наклонной плоскости, нужно прижать брусок, чтобы он оставался в покое? Масса бруска равна 1 кг, коэффициент трения между бруском и наклонной плоскостью - 0,2.

86 Из пружинного пистолета выстрелили пулькой, масса которой 8 г. Жесткость пружины 120 кН/м. Пружина

была на 8 см. Определить скорость пульки при вылете ее из пистолета.

87. Автомобиль массой 1800 кг, двигаясь из состояния покоя по горизонтальному пути, через 10 с от начала движения достигает скорости 30 м/с. Определить силу тяги двигателя. Соппротивление движению не учитывать.

88. Поезд массой $2 \cdot 10^2$ кг, движущийся со скоростью 36 км/ч, остановился, пройдя после начала торможения путь 350 м. Определить величину тормозящей силы и время торможения.

89. Лыжник массой 60 кг, имеющей в конце спуска скорость 10 м/с, останавливается через 40 с после окончания спуска. Определить величину силы сопротивления.

90. На каком минимальном расстоянии от перекрестка должен начать тормозить при красном свете светофора автомобиль, движущийся со скоростью 80 км/ч, если коэффициент трения между шинами и дорогой равен 0,5?

91. Диск радиусом 50 см. вращается вокруг вертикальной оси. На краю диска лежит кубик. Принимая коэффициент трения равным 0,5, найти частоту обращения, при которой кубик соскользнет с диска.

92. Акробат на мотоцикле описывает “ мертвую петлю” радиусом 9,8 м. С какой наименьшей скоростью должен проезжать акробат верхнюю точку петли, чтобы не сорваться?

93. К шнуру подвешена гиря. Гирию отвели в сторону так, чтобы шнур принял горизонтальное положение, и отпустили. Как велика сила натяжения шнура в момент,

когда гиря проходит положение равновесия? Какой угол с вертикалью составляет шнур в момент, когда сила натяжения шнура равна силе тяжести?

94. Самолет описывает петлю Нестерова радиусом 200 м. Во сколько раз сила, с которой летчик давит на сиденье в нижней точке, больше силы тяжести летчика, если скорость самолета 200 м/с?

95. Грузик, привязанный к шнуру длиной 12,5 см, описывает окружность в горизонтальной плоскости. Какой угол образует шнур с вертикалью, если частота вращения 2 с^{-1} ?

96. Грузик, привязанный к нити длиной 2 м, описывает окружность в горизонтальной плоскости. Определить период обращения, если нить отклонена на угол 60° от вертикали.

97. Автомобиль массой 2000 кг движется со скоростью 10 м/с по выпуклому мосту. Определить силу давления автомобиля на мост в его верхней части, если радиус кривизны моста равен 100 м.

98. Диск радиусом 0,2 м вращается согласно уравнению $\varphi = A + Bt + Ct^3$, где $A=3$ рад, $B=-1$ рад/с, $C=0,1$ рад/с³. Определить тангенциальное, нормальное и полное ускорение точек на окружности диска для момента времени 10 с.

99. Автомобиль идет по закруглению шоссе, радиус кривизны которого равен 200 м. Коэффициент трения колес о покрытие дороги равен 0,1. При какой скорости автомобиля начнется его занос?

100. Какую наибольшую скорость может развить велосипедист, проезжая закругление радиусом 100 м, если

коэффициент трения скольжения между шинами и асфальтом равен 0,5? Каков угол отклонения велосипеда от вертикали, когда велосипедист движется по закруглению?

101. Сколько времени будет скатываться без скольжения обруч с наклонной плоскости длиной 2 м и высотой 10 см?

102. Пуля массой 10 г летит со скоростью 800 м/с, вращаясь около продольной оси с частотой 300 с^{-1} . Принимая пулю за цилиндр диаметром 8 мм, определить полную кинетическую энергию пули.

103. Диск вращается вокруг вертикальной оси. На краю диска лежит кубик. Принимая частоту вращения равной $0,5 \text{ с}^{-1}$, при которой кубик соскользнет с диска, найти радиус диска. Коэффициент трения 0,5.

104. Акробат на мотоцикле описывает "мертвую петлю". Наименьшая скорость акробата в верхней точке петли, при которой он не может сорваться, равна 9,8 м/с. Найти радиус "мертвой петли".

105. Диск вращается в горизонтальной плоскости со скоростью 30 об/мин. На расстоянии 20 см от оси вращения на диске лежит тело. Каким должен быть коэффициент трения, чтобы тело не было сброшено с диска?

106. Небольшое тело скользит с вершины сферы радиусом 30 см. На какой высоте от вершины тело оторвется от поверхности сферы и полетит вниз? Трение ничтожно мало.

107. Тело соскальзывает вниз по наклонному скату, переходящему в "мертвую петлю" радиуса 50 см. На какой высоте выпадает тело, если начальная его высота 65 см? Трение ничтожно мало.

108. Маховик радиусом 10 см насажен на горизонтальную ось. На обод маховика намотан шнур, к которому привязан груз массой 800 г. Опускаясь равноускоренно, груз прошел расстояние 160 см за 2 с. Определить момент инерции маховика.

109. Маховик, момент инерции которого равен $63,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, вращается с постоянной угловой скоростью 31,4 рад/с. Найти тормозящий момент, под действием которого маховик останавливается через 20 с.

110. Самолет делает "мертвую петлю" радиусом 500 м с постоянной скоростью 720 км/ч. Найти вес летчика массой 70 кг в нижней, верхней и средней точках петли.

111. Центробежная сушильная машина наполнена мокрой тканью и вращается со скоростью 20 об/с. Во сколько раз центробежная сила к моменту отрыва капли воды от ткани больше веса капли, если капля находится в 30 см от оси вращения?

112. Сплошной однородный диск катится по горизонтальной плоскости со скоростью 10 м/с. Какое расстояние пройдет диск до остановки, если его предоставить самому себе? Коэффициент трения 0,09.

113. Рассчитать момент инерции однородного кольца массой 1 кг относительно оси вращения, совпадающей с его осью симметрии. Внутренний радиус кольца 0,1 м, а внешний - 0,3 м.

114. Диск радиусом 20 см и массой 5 кг вращается с частотой 8 с^{-1} . При торможении он остановился через 4 с. Определить тормозящий момент.

115. Диск массой 1 кг и диаметром 60 см вращается вокруг оси, проходящей через его центр, делая 20 с^{-1} . Какую работу нужно совершить, чтобы остановить диск?

116. Человек стоит в центре легкой вращающейся платформы (скамья Жуковского). Момент инерции его относительно оси платформы $1,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. При раздвижении рук в горизонтальное положение момент инерции человека возрастает вдвое. Если при этом в руках человека гантели, то угловая скорость уменьшится в 4 раза. Найти массу гантелей, если начальное расстояние между гантелями 0,4 м, а конечное - 1,6 м.

117. На краю горизонтальной платформы стоит человек массой 60 кг. Платформа, представляющая собой круглый однородный диск массой 120 кг, вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр, с угловой скоростью 6 мин^{-1} . Сколько оборотов в минуту будет делать платформа, если человек перейдет от края платформы к ее центру? Считать человека точечной массой.

118. Диск массой 5 кг и радиусом 0,4 м вращается, делая 180 об/мин. Через 20 с после начала торможения диск останавливается. Найти момент сил торможения.

119. Человек массой 60 кг находится на неподвижной платформе, масса которой равна 80 кг. Найти частоту вращения платформы, если человек начнет двигаться по окружности радиусом 3 м вокруг оси вращения. Скорость человека относительно платформы равна 1 м/с. Радиус платформы 10 м. Считать платформу однородным диском, а человека - точечной массой.

120. Стержень массой 6 кг и длиной 40 см вращается вокруг оси, проходящей через его середину перпендикулярно длине стержня. Угол поворота стержня изменяется по закону $\varphi = 3t^3 - t^2 + 4t + 6$. Найти закон, по которому меняется со временем момент сил, действующих на стержень. Каков момент сил через 3 с?

121. Снаряд массой 50 кг, летящий параллельно рельсам со скоростью 400 м/с, попадает в движущуюся платформу с песком и застревает в песке. Масса платформы с песком 20 т. С какой скоростью будет двигаться платформа со снарядом: 1) если она катилась навстречу снаряду со скоростью 2 м/с? 2) если она катилась в сторону движения снаряда с такой же скоростью?

122. Тело массой 2 кг движется со скоростью 3 м/с и нагоняет другое тело массой 3 кг, движущееся со скоростью 1 м/с. Найти скорости тел после столкновения, если: 1) удар был неупругим; 2) удар упругим. Тела движутся по одной прямой, удар центральный.

123. Конькобежец массой 70 кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении тело массой 3 кг со скоростью 8 м/с. Найти с какой скоростью откатится конькобежец, если коэффициент трения коньков о лед равен 0,02.

124. На полу стоит тележка в виде длинной доски, снабженная легкими колесами. На одном конце доски стоит человек. Масса человека 60 кг, а масса доски 20 кг. На какое расстояние тележка передвинется, если человек перейдет на другой конец доски. Длина доски равна 2 м. Массой колес пренебречь, трение во втулках не учитывать.

125. На тележке, свободно движущейся по горизонтальному пути со скоростью 3 м/с, находится человек. Человек прыгает в сторону, противоположную движению тележки. После прыжка скорость тележки изменилась и стала равной 4 м/с. Определить горизонтальную составляющую скорости человека при прыжке относительно тележки. Масса тележки 210 кг, масса человека 70 кг.

126. На железнодорожной платформе установлено орудие. Орудие жестко скреплено с платформой. Масса платформы и орудия $2 \cdot 10^4$ кг. Орудие производит выстрел под углом 60° к линии горизонта в направлении пути. Какую скорость приобретает платформа с орудием вследствие отдачи, если масса снаряда 60 кг, и он вылетает из канала ствола со скоростью 500 м/с.

127. Снаряд, летящий со скоростью 500 м/с, разорвался на 2 осколка. Меньший осколок, масса которого составляет 20% от общей массы снаряда, полетел в противоположном направлении со скоростью 200 м/с. Определить скорость большего осколка.

128. Плот массой 400 кг и длиной 10 м покоится в неподвижной воде. Два мальчика с массами 60 кг и 40 кг, стоящие на противоположных концах плота, одновременно начинают двигаться навстречу друг другу с одинаковой скоростью и останавливаются при встрече. На какое расстояние при этом сместится плот?

129. Боек свайного молота массой 600 кг падает с некоторой высоты на сваю массой 150 кг. Найти к.п.д. бойка, считая удар неупругим. Изменением потенциальной энергии при углублении сваи пренебречь.

130. Снаряд, выпущенный со скоростью 100 м/с под углом 45° к горизонту, разорвался в верхней точке траектории на два одинаковых осколка. Один осколок упал на землю под верхней точкой со скоростью 97 м/с. С какой скоростью упал на землю второй осколок? Сопротивление воздуха не учитывать.

131. Шар массой 5 кг движется со скоростью 2 м/с и сталкивается с покоящимся шаром массой 3 кг. Вычислить

изменение кинетической энергии шаров при прямом центральном ударе. Шары считать неупругими.

132. Атом распадается на две части массами 10^{-25} кг и $4 \cdot 10^{-25}$ кг. Определить кинетические энергии частей атома, если их общая кинетическая энергия равна $6 \cdot 10^{-11}$ Дж. Кинетической энергией и импульсом атома до распада пренебречь.

133. Охотник стреляет с легкой надувной лодки. Какую скорость приобретает лодка в момент выстрела, если масса охотника с лодкой 70 кг, масса пули 35 г, скорость ее 320 м/с. Ствол ружья во время выстрела направлен под углом 60° к горизонту.

134. После упругого удара о ядро углерода нейтрон движется в направлении, перпендикулярном начальному. Считая, что масса ядра углерода в 12 раз больше массы нейтрона, определить во сколько раз уменьшается энергия нейтрона в результате удара.

135. Молот массой 50 кг, двигаясь со скоростью 4 м/с, ударяет по железному изделию, лежащему на наковальне. Масса наковальни вместе с изделием равна 95 кг. Считая удар абсолютно неупругим, определить энергию, расходуемую на ковку изделия.

136. Лодка стоит неподвижно в стоячей воде. Человек, находящийся в лодке, переходит с носа на корму. На какое расстояние сдвинется лодка, если масса человека 60 кг, масса лодки 120 кг, длина лодки 3 м? Сопротивлением воды пренебречь.

137. Шар массой 10 кг сталкивается с шаром массой 4 кг. Скорость первого шара 4 м/с, второго 12 м/с. Найти общую скорость шаров после удара в двух случаях: 1) когда малый шар нагоняет большой шар,двигающийся в том же

направлении; 2) когда шары двигаются навстречу друг другу. Удар считать прямым, неупругим.

138. Снаряд массой 4 кг вылетает из ствола орудия в горизонтальном направлении со скоростью 1000 м/с. Определить среднюю силу сопротивления противооткатных устройств, если длина отката ствола по направляющим неподвижного орудия 1 м, а масса ствола 320 кг.

139. Пуля массой 10 г подлетает к доске со скоростью 600 м/с и, пробив ее в центре, вылетает со скоростью 400 м/с. Определить, какая часть кинетической энергии пули пошла на кинетическую энергию доски и какая выделилась в виде тепла. Масса доски 1 кг.

140. Два неупругих шара массами 2 кг и 3 кг двигаются со скоростями 8 м/с и 4 м/с соответственно. Найти работу деформации шаров в двух случаях: 1) меньший шар нагоняет больший; 2) шары двигаются навстречу друг другу.

141. Молотком, масса которого 1 кг, забивают в стену гвоздь массой 50 г. Определить к.п.д. удара молотка.

142. Баба копра массой 400 кг ударяет в сваю, вбитую в грунт. Определить среднее сопротивление грунта, если известно, что при каждом ударе свая погружается в грунт на 5 см, а высота поднятия копра 1,5 м. Масса сваи 100 кг. Удар неупругий.

143. Абсолютно упругий шар массой 1,8 кг сталкивается с покоящимся упругим шаром большей массы. В результате центрального прямого удара шар потерял 36% своей кинетической энергии. Определить массу большого шара.

144. Какую максимальную часть своей кинетической энергии может передать частица массой $2 \cdot 10^{-25}$ кг,

сталкиваясь с частицей массой $8 \cdot 10^{-25}$ кг, которая до столкновения покоилась?

145. На катере, масса которого составляет $2 \cdot 10^5$ кг, установлен водометный двигатель, выбрасывающий каждую секунду в направлении, противоположном движению катера, 200 кг воды со скоростью 5 м/с (относительно катера). Определить скорость катера через 5 мин после начала движения. Сопротивлением воды пренебречь.

146. Человек, стоящий на коньках на гладком льду, бросает камень массой 0,5 кг. Спустя 2 с камень достигает берега, пройдя расстояние 20 м. С какой скоростью начинает скользить конькобежец, если его масса 60 кг? Трение коньков и камня о лед не учитывать.

147. Ракета массой вместе с зарядом 250 кг взлетает вертикально вверх и достигает высоты 150 м. Определить скорость истечения газов из ракеты, считая, что сгорание заряда происходит мгновенно. Масса заряда 50 кг.

148. В тело массой 900 г, лежащее на горизонтальной поверхности, попадает пуля массой 10 г и застревает в нем. Скорость пули направлена горизонтально и равна 700 м/с. Какой путь пройдет тело до остановки, если коэффициент трения между телом и поверхностью 0,05?

149. Два неупругих шарика, массы которых 100 г и 300 г, подвешены на одинаковых нитях длиной 50 см. Первый шарик отклонили от положения равновесия на угол 90° и отпустили. На какую высоту поднимется второй шарик после удара?

150. Снаряд при вертикальном выстреле достиг высшей точки полета 3000 м и разорвался на две части, имеющие массы 3 кг и 2 кг. Осколки продолжают лететь по вертикали, первый - вниз, второй вверх. Найти скорости

осколков через 2 с после разрыва, если их полная энергия непосредственно после разрыва равна 247 кДж.

151. Под действием постоянной силы вагонетка прошла путь 10 м и приобрела скорость 4 м/с. Определить работу силы, если масса вагонетки равна 800 кг и коэффициент трения - 0,01.

152. Вычислить работу, совершаемую при равноускоренном подъеме груза массой 100 кг на высоту 10 м за время 10 с.

153. Найти работу подъема груза по наклонной плоскости длиной 2 м, если его масса 100 кг, угол наклона 30° , коэффициент трения 0,1 и груз движется с ускорением 1 м/с².

154. Автомобиль массой 1500 кг начинает разгоняться из состояния покоя по горизонтальному пути с ускорением 1 м/с². Коэффициент сопротивления 0,02. Определить: 1) работу, совершенную за первые 10 с движения; 2) среднюю мощность, развиваемую за этот промежуток времени; 3) мгновенную мощность, развиваемую в конце 10-й секунды.

155. При вертикальном подъеме тела массой 2 кг на высоту 10 м совершена работа 240 кДж. С каким ускорением поднимали груз?

156. Тело массой 1 кг, брошенное с вышки в горизонтальном направлении со скоростью 20 м/с, через 3 с упало на землю. Определить кинетическую энергию, которую имело тело в момент удара о землю. Сопротивлением воздуха пренебречь.

157. Тело равномерно перемещается на расстояние 8 м по горизонтальной поверхности под действием силы тяги

1000 Н. Чему равна работы силы сопротивления на этом пути, если сила тяги образует с горизонтом угол 60° ?

158. Какую работу надо совершить, чтобы заставить движущееся тело массой 2 кг: а) увеличить скорость от 2 м/с до 5 м/с; б) остановиться при начальной скорости 8 м/с?

159. Брусок массой 1 кг находится на горизонтальной плоскости с коэффициентом трения 0,27. В некоторый момент ему сообщили начальную скорость 1,5 м/с. Найти среднюю мощность силы трения за все время движения бруска.

160. Ленточным транспортером мощностью 10 кВт разгружают баржу с углем на пристань. Средняя высота 2,5. Считая к.п.д. 75%, определить сколько тонн угля можно разгрузить за 20 мин.

161. Автомобиль массой 2000 кг движется в гору с уклоном в 4 м на каждые 100 м пути. Коэффициент трения равен 0,08. Определить работу, совершенную двигателем на пути 3 км, и развиваемую им мощность, если этот путь пройден за 4 мин.

162. При выстреле из орудия снаряд массой 20 кг получает кинетическую энергию 1,5 мДж. Определить кинетическую энергию ствола орудия вследствие отдачи, если масса ствола орудия равна 600 кг.

163. Конькобежец, стоя на льду, бросил камень массой 7 кг и вследствие отдачи покатился назад со скоростью 1,2 м/с. Определить работу, совершенную конькобежцем при бросании камня, если его масса 70 кг.

164. Из шахты глубиной 200 м поднимается груз массой 500 кг на канате, каждый метр которого имеет массу 1,5 кг. Какая работа совершается при поднятии груза? Каков к.п.д. установки?

165. Тело массой 3 кг падает с некоторой высоты с начальной скоростью 2 м/с, направленной вертикально вниз. Вычислить работу, совершенную против сил сопротивления, если известно, что через 10 с движения тело имело скорость 50 м/с. Силу сопротивления считать постоянной.

166. Действуя постоянной силой в 200 Н, поднимают груз массой 10 кг на высоту 10 м. Какая при этом совершается работа? Какой потенциальной энергией будет обладать поднятый груз?

167. Вычислить работу, совершаемую при равноускоренном подъеме массой 100 кг на 4 м за 2 с.

168. Подъемный кран за 7 часов поднимает $3 \cdot 10^6$ кг строительных материалов на высоту 10 м. Каков мощность двигателя крана, если к.п.д. крана 60%?

169. Моторы электровоза при движении со скоростью 20 м/с потребляют мощность 800 кВт. К.п.д. силовой установки электровоза 80%. Определить силу тяги мотора.

170. Два автомобиля одновременно трогаются с места и движутся равноускоренно. Массы автомобилей одинаковы. Во сколько раз средняя мощность первого автомобиля больше средней мощности второго, если за одно и то же время первый автомобиль достигает вдвое большей скорости, чем второй?

171. Постоянная сила 0,5 Н действует на тело массой 10 кг в течении 2 с. Определить конечную кинетическую энергию тела, если вначале тело покоилось.

172. Камень, имеющий массу 5 кг, упал с некоторой высоты. Найти кинетическую энергию камня в средней точке его пути, если падение продолжалось 2 с.

173. Мяч массой 0,5 кг летит со скоростью 15 м/с. Вратарь ловит мяч и за 0,1 с останавливает его. Какую мощность развивает вратарь, беря мяч?

174. Цилиндр массой 5 кг катится без скольжения с постоянной скоростью 10 м/с. Определить: 1) кинетическую энергию цилиндра; 2) через сколько времени цилиндр остановится, если сила трения равна 50 Н.

175. Расположенный горизонтально однородный цилиндр массой 10 кг вращается без трения вокруг своей оси под действием груза массой 1 кг, прикрепленного к легкой нерастяжимой нити, намотанной на цилиндр. Найти кинетическую энергию цилиндра спустя 3,5 с после начала движения.

176. Два диска с равными массами и радиусами R_1 и R_2 ($R_1=2R_2$) раскручивают из состояния покоя до одинаковых угловых скоростей. Найти отношение произведенных работ.

177. Однородный стержень раскручивают из состояния покоя до определенной угловой скорости. Найти отношение произведенных работ (A_1/A_2), если ось вращения перпендикулярна стержню и происходит: 1) через его конец; 2) через середину.

178. Человек, стоящий на вращающейся скамье Жуковского, повернулся длинный шест из вертикального положения в горизонтальное. Как изменится при этом кинетическая энергия системы?

179. Шар массой 1 кг, катящийся без скольжения, ударяется о стенку и откатывается от нее. Скорость шара от удара о стенку 10 м/с, после - 8 см/с. Найти количество тепла, выделившееся при ударе.

180. К ободу диска массой 10 кг приложена постоянная касательная сила 20 Н. Какую кинетическую энергию будет иметь диск через 5 с после начала действия силы?

181. Собственная длина космического корабля 15 м. Определить его длину для наблюдателя, относительно которого, корабль движется со скоростью $V=1,8 \cdot 10^8$ м/с.

182. Тело массой M движется относительно системы отсчета K' со скоростью $V=0,5c$, где c - скорость света в вакууме. Считая скорости тела и системы отсчета K' одинаково направленными. Определить скорость тела относительно системы K , относительно которой система K' движется со скоростью $U=0,8c$.

183. Две космические ракеты движутся по одной прямой в одном направлении со скоростями $V_1=0,5$ и $V_2=0,8$ с относительно неподвижного наблюдателя. Определить скорость удаления второй ракеты от первой по классической и релятивистской формулам сложения скоростей.

184. Найти собственную длину стержня, если в лабораторной системе отсчета его скорость $V=c/2$, длина $l_1=1$ м и угол между ним и направлением движения $\alpha=45^\circ$.

185. Скорость мезона космических лучей, достигающих поверхности Земли, различна. Найти релятивистское сокращение размеров мезона, имеющего скорость $V=0,95c$.

186. С какой скоростью двигались часы в системе отсчета K , если за время $\tau=5,0$ с (в K' -системе) они отстали от часов этой системы на $\Delta t=0,1$ с.

187. Фотонная ракета движется относительно Земли со скоростью $V=0,6c$. Во сколько раз замедлится ход времени в ракете с точки зрения земного наблюдателя.

188. Два события в К-системе отсчета совершаются на расстоянии $\Delta x=3 \cdot 10^6$ км с промежутком времени $\Delta t=15$ с. Определить скорость космического корабля, при которой в его системе отсчета события будут одновременными.

189. Две космические ракеты движутся навстречу друг другу со скоростями $V_1=V_2=0,75c$ по отношению к неподвижному наблюдателю. Найти скорость сближения ракет согласно релятивистскому закону сложения скоростей.

190. С какой скоростью должна лететь частица относительно К-системы отсчета, чтобы промежуток собственного времени Δt был в 10 раз меньше промежутка Δt , отсчитанного по часам К-системы.

191. Какова скорость электрона, масса которого превышает его массу покоя в $4 \cdot 10^4$ раз?

192. Отношение заряда движущегося электрона к его массе, определенное из опыта $q/m=0,88 \cdot 10^{11}$ Кл/кг. Определить релятивистскую массу электрона и его скорость.

193. Плотность покоящегося тела ρ_0 . Найти скорость системы отсчета относительно данного тела, в которой его плотность будет на 25% больше ρ_0 .

194. Какая относительная ошибка будет допущена при вычислении кинетической энергии релятивистской частицы, если вместо релятивистского выражения $W_p=(m-m_0)c^2$ воспользоваться классическим выражением

$$W_{к.л.} = \frac{m_0 V^2}{2} .$$
 Вычисления выполнить для двух случаев: а)

$V=0,2c$; б) $V=0,8c$.

195. Импульс релятивистской частицы $p=m_0 v$. Под действием внешней силы импульс частицы увеличился в два раза. Во сколько раз возрастет при этом энергия частицы: а) кинетическая; б) полная.

196. Скорость движения Земли вокруг Солнца $V=30$ км/с. Найти сокращение диаметра Земли в системе координат, связанной с Солнцем.

197. Стержень движется с некоторой постоянной скоростью V . Его длина в неподвижной системе координат $l_1=3$ м, а в системе отсчета, связанной со стержнем $l_2=6$ м. Определить собственную длину стержня и его скорость относительно неподвижной системы отсчета.

198. Каков возраст космонавта на Земле, если он в 30-летнем возрасте улетел на расстояние до 20 световых лет? Считать возраст по часам космонавта 35 лет.

199. Релятивистская масса, движущегося с определенной скоростью, возрасла по сравнению с его массой покоя на 20%. Во сколько раз при этом уменьшилась его длина?

200. Электрон движется со скоростью 200 Мм/с. Определить кинетическую энергию по классической и релятивистской формулам. Сравнить результаты.

201. Какому изменению массы соответствует изменение энергии на 1 Дж?

202. Найти отношение кинетической энергии электрона к его энергии покоя, если скорость электрона 150,0 Мм/с. Каков релятивистский импульс электрона?

203. Тело движется со скоростью 200 Мм/с. Во сколько раз увеличилась плотность движущегося тела по сравнению с плотностью в состоянии покоя? При решении использовать определение плотности как отношение массы тела к его объему.

204. Полная энергия мезона в 8 раз больше его энергии покоя. Какова скорость мезона?

205. Отношение сторон прямоугольника $a/b=2/1$. С какой скоростью (в долях скорости света) и в каком направлении должен двигаться прямоугольник, чтобы "неподвижному" наблюдателю он казался квадратным?

206. На космическом корабле-спутнике находятся часы, синхронизированные до полета с зелеными. Скорость спутника $V_0=7,9$ км/с. На сколько отстанут часы на спутнике по сравнению с часами земного наблюдателя за время $\Delta\tau_0=0,5$ года?

207. Ион, вылетев из ускорителя, испустил фотон в направлении своего движения. Определить скорость фотона относительно ускорителя, если скорость иона относительно ускорителя $V=0,8c$.

208. Протон движется с импульсом $p=10$ ГэВ/с, где c - скорость света. Какой процент составляет отличие скорости протона от скорости света?

209. На покоящуюся частицу массой m , налетает релятивистская частица массой m_2 , кинетическая энергия которой W_2 . После столкновения частицы слипаются и движутся как единое целое. Найти массу образовавшейся частицы. Чему равна ее скорость?

210. До какой энергии можно ускорить частицы в циклотроне, если относительное увеличение массы частиц

не должно превышать 5%? Задачу решить для электрона и протона.

211. Определить глубину, на которую необходимо погрузить в воду воздушный пистолет калибра $d=7,0$ мм, чтобы при нажатии на спусковой крючок выстрел не произошел. Длина ствола пистолета $l=22$ см. Масса пули $m=7,0$ г, а ее скорость в момент вылета из ствола при выстреле в воздухе $V=27$ м/с.

212. Определить натяжение троса при поднятии из воды железобетонной плиты объемом $2,4$ м³ с ускорением $0,50$ м/с². Лобовое сопротивление не учитывать. Считать плотность железобетона $\rho_T=2,2 \cdot 10^3$ кг/м³.

213. Чему равен КПД двигателя, приводящего в действие гидравлический пресс, площади поршней которого относятся как 1:100, если при подъеме груза массой $m=5 \cdot 10^4$ кг малый поршень за $t=1,5$ мин сделал $n=100$ ходов? Ход малого поршня $n_1=20$ см. Мощность двигателя $N=2,0$ кВт.

214. Два шара - алюминиевый и медный, один из которых сплошной, а другой полый, подвешены к концам неравноплечего рычага и уравновешены в воздухе. Установить, какой из шаров является полым, если при погружении их в сосуд с водой равновесие не нарушается. Чему равен объем полости, если масса медного шара $0,4$ кг?

215. В сосуд с ртутью и водой брошен стальной шарик. Какая часть объема шарика будет находиться в воде?

216. Определить массу пробкового пояса, способного удержать человека массой $m_1=60$ кг в воде так, чтобы голова и плечи ($n=1/8$ объема) не были погружены в воду. Плотность тела человека принять равной $\rho_1=1007$ кг/м³.

217. Сосуд с водой движется вертикально с ускорением $a=1,2 \text{ м/с}^2$, направленным вверх. Определить давление на глубине $h=0,20 \text{ м}$.

218. К плавающему в воде пробковому поясу объемом $V=50 \text{ дм}^3$ подвешена на нити железная гири. Определить массу гири и натяжение нити, если в воду погружена $1/2$ объема пояса.

219. Найти давление воздуха в воздушном пузырьке $d=0,01 \text{ мм}$, находящемуся на глубине $h=20 \text{ см}$ под поверхностью воды. Атмосферное давление $P_0=101,7 \text{ кПа}$.

220. Бензовоз, цистерна которого заполнена бензином, двигался со скоростью $V=36 \text{ км/ч}$ и вследствие торможения остановился за $t=10 \text{ с}$. Определить, во сколько раз сила давления на переднюю стенку цистерны во время торможения больше, чем на заднюю, если цистерну можно считать прямоугольным параллелепипедом длиной $l=3,0 \text{ м}$. Высота заполнения цистерны бензином $h=0,50 \text{ м}$.

221. В широком цилиндрическом сосуде, наполненном водой до уровня 75 см , имеются два отверстия, через которые бьют струи воды. Нижнее отверстие находится на высоте 25 см . На какой высоте находится верхнее отверстие, если обе струи пересекают горизонтальную плоскость, расположенную на уровне дна сосуда, в одной точке?

222. Бак в тендере паровоза, имеющий длину $l=4,0 \text{ м}$, наполнен водой. В задней стенке бака на высоте $h=1,0 \text{ м}$ от верхнего уровня воды образовалось отверстие, через которое вытекает струя воды. Определить скорость струи, если паровоз движется с ускорением $a=0,50 \text{ м/с}^2$. Чему равна скорость струи при торможении с таким же ускорением?

223. В широком сосуде, заполненном водой, на высоте $h=0,1 \text{ м}$ имеется отверстие сечением $S=2 \text{ см}^2$, через которое вытекает струя воды. К сосуду сверху подведена труба, через которую поступает вода так, что ее уровень в сосуде остается неизменным. Сколько воды должно ежесекундно вливаться в с сосуд, чтобы вытекающая через отверстие струя достигла уровня дна в сосуде в точке, находящейся на расстоянии $l=0$, от края сосуда?

224. Ведерко с водой подвешено к пружине и совершает вертикальные гармонические колебания с периодом $2,0 \text{ с}$ и амплитудой 10 см . Через малое отверстие в середине дна ведерка вытекает струя воды. Определить наибольшее и наименьшее значения скоростей вытекания воды сквозь отверстие, если уровень воды в ведерке 10 см .

225. По трубе сечением $S=4,0 \text{ см}^2$, изогнутой под прямым углом, течет вода. С какой силой вода действует на трубу, если ежесекундный расход воды $Q=2,0 \text{ кг/с}$?

226. Какую силу необходимо приложить к поршню горизонтально расположенной спринцовки, чтобы вытекающая из нее струя воды имела скорость $V=10 \text{ м/с}$? Радиус поршня $R=2,0 \text{ см}$. Трением пренебречь.

227. Какое сопротивление оказывает воздушный поток, набегающий на автомобиль при скорости движения 144 км/ч , если площадь лобовой поверхности $3,0 \text{ м}^2$? коэффициент лобового сопротивления принять равным $C_x=0,6$.

218. Какую мощность развивает двигатель мотоцикла, если при встречном ветре $V_1=10 \text{ м/с}$ мотоциклист едет со скоростью $V_2=20 \text{ м/с}$? Масса мотоциклиста вместе с мотоциклом $m=200 \text{ кг}$, коэффициент

трения $\mu=0,20$, общая площадь лобовой поверхности $S=1,2$ м².

229. Определить мощность воздушного потока, набегающего на электропоезд, который движется со скоростью 100 км/ч, если площадь лобовой поверхности 10 м².

230. Через горизонтально расположенную трубу переменного сечения ежеминутно проходит вода объемом 2 м³. Определить разность уровней воды в манометрических трубах в местах сечений диаметрами 0,3 и 0,1 м.

231. Определить скорость течения воды в широкой части горизонтально расположенной трубы переменного сечения, если радиус узкой части в 3 раза меньше радиуса широкой части, а разность давлений в широкой и узкой частях трубы $\Delta p=10$ кПа.

232. Какую мощность развивает сердце человека, если при каждом биении левый желудочек, сокращаясь, выталкивает в аорту кровь массой $m=70$ г под давлением $p=26$ кПа, а за $t=1$ мин происходит приблизительно $n=75$ сокращений желудочка?

233. Определить работу, совершаемую при перемещении воды объемом 2 м³ в горизонтальной трубе переменного сечения с давлением от 50 до 20 кПа.

234. Стекланный шарик радиусом 0,50 мм падает в большом сосуде с глицерином с установившейся скоростью 5,0 см/с. Найти вязкость глицерина, если плотность стекла $2,7 \cdot 10^3$ кг/м³, плотность глицерина $1,2 \cdot 10^3$ кг/м³.

235. Чан вместимостью $V=2,0$ м³ должен быть наполнен водой за $t=5,0$ мин. Определить наименьший радиус трубы, которая может быть использована для

соединения чана с водонапорной башней, находящейся на расстоянии $l=500$ м, если уровень воды в башне на $h=20$ м выше уровня отверстия в чане.

236. Какое сопротивление испытывает шар диаметром 0,50 м, движущийся в воздухе со скоростью 10 м/с? Считать коэффициент лобового сопротивления для шара $C_x=0,25$.

237. Вычислить максимальное значение скорости потока воды в трубе диаметром 2,0 см, при котором течение будет оставаться ламинарным. Критическое значение числа Рейнольдса для трубы приблизительно равно 3000. Каково соответствующее значение скорости для трубки диаметром 0,10 см?

238. Один из методов определения вязкости жидкостей заключается в измерении скорости падения шарика в цилиндре, который заполнен исследуемой жидкостью, и вычислении η по формуле Стокса. Принимая для шара критическое значение числа Рейнольдса $Re=0,05$, найти максимальное значение радиуса стального шарика, который может быть использован в опыте при определении вязкости глицерина.

239. На высоте $h=200$ км плотность атмосферы равна $\rho=1,6 \cdot 10^{-10}$ кг/м³. Оценить силу сопротивления, испытываемую спутником с поперечным сечением $S=0,50$ м² и массой $m=10$ кг, летящим на этой высоте.

240. В сосуде находятся две несмешивающиеся идеальные жидкости плотностями ρ_1 и ρ_2 . Толщина слоев соответственно h_1 и h_2 . С поверхности жидкости в сосуд опускают шарик. Определить плотность материала шарика, если известно, что он достигает дна сосуда в тот момент, когда скорость становится равной нулю.

241. Найти силу притяжения между Землей и Луной. Масса Земли $m_3=6 \cdot 10^{24}$ кг, масса Луны $m_l=7,3 \cdot 10^{22}$ кг, среднее расстояние между их центрами $r=3,8 \cdot 10^8$ м.

242. Ускорение свободного падения у поверхности Луны в 6 раз меньше ускорения свободного падения у поверхности Земли. Во сколько раз выше и дальше может прыгнуть человек на Луне, чем на Земле?

243. Вычислить первую космическую скорость у поверхности Луны, если радиус Луны $R_l=1760$ км, а ускорение свободного падения у поверхности Луны в 6 раз меньше ускорения свободного падения у поверхности Земли.

244. Ракета поднялась на высоту $h=990$ км. На сколько уменьшилась сила тяжести, действующая на ракету, на высоте h по сравнению с силой тяжести mg , действующей на нее, на поверхности Земли. Радиус Земли $R_3=6400$ км.

245. Радиус Луны R_l примерно в 3,7 раза меньше радиуса Земли R_3 , а масса Луны m_l в 81 раз меньше массы Земли m_3 . Найти ускорения свободного падения q_l у поверхности Луны.

246. Радиус Солнца R_c примерно в 110 раз больше радиуса Земли R_3 , а средняя плотность Солнца ρ_c относится к средней плотности Земли ρ_3 , как 1:4. Найти ускорение свободного падения q_c у поверхности Солнца.

247. Какую работу нужно совершить, чтобы вывести спутник массы $m=500$ кг на круговую орбиту, проходящую вблизи поверхности Земли? Соппротивлением воздуха пренебречь.

248. Звездная система состоит из двух одинаковых звезд, находящихся на расстоянии $r=5 \cdot 10^{11}$ м друг от друга. Найти период обращения звезд вокруг общего центра масс, если масса каждой звезды $m=1,5 \cdot 10^{34}$ кг.

249. Спутник движется вокруг некоторой планеты по круговой орбите радиуса $r_c=4,7 \cdot 10^9$ м со скоростью $V=10^4$ м/с. Какова средняя плотность планеты, если ее радиус $R=1,5 \cdot 10^8$ м?

250. Искусственный спутник Земли движется по круговой орбите на расстоянии h от ее поверхности. Найти период обращения спутника, если радиус Земли $R_3 \gg h$. $R_3=6400$ км.

251. Какой период обращения имел бы искусственный спутник Земли, удаленный от ее поверхности на расстояние, равное радиусу Земли $R_3=6400$ км?

252. Найти радиус круговой орбиты искусственного спутника Земли, имеющего период обращения $T=1$ сут.

253. Найти период обращения Луны вокруг Земли, если Луна движется по круговой орбите радиуса $r=3,8 \cdot 10^8$ м.

254. Найти среднюю плотность планеты, если на ее экваторе показание динамометра, к которому подвешено тело, на 10% меньше, чем на полюсе. Продолжительность суток на планете $\tau=6$ ч.

255. Найти массу Солнца. Радиус орбиты Земли равен $1,5 \cdot 10^8$ км, в году содержится примерно $3,14 \cdot 10^7$ с.

256. Спутник Марса Фобос обращается вокруг него по орбите радиуса 9400 км с периодом 7 ч 39 мин. Во сколько раз масса Марса меньше массы Земли?

257. Найти период обращения спутника, движущегося вокруг некоторой планеты вблизи ее поверхности, если средняя плотность планеты $\rho=3,3 \text{ г/см}^3$.

258. Считая орбиту Земли круговой, определить линейную скорость движения Земли вокруг Солнца.

259. Период обращения искусственного спутника Земли составляет 3 ч. Считая его орбиту круговой, определить на какой высоте от поверхности Земли находится спутник.

260. Определить, во сколько раз сила притяжения на Земле больше силы притяжения на Марсе, если радиус Марса составляет 0,53 радиуса Земли, а масса Марса - 0,11 массы Земли.

261. Определить высоту, на которой ускорение свободного падения составляет 25% от ускорения свободного падения на поверхности Земли.

262. Как изменится период колебания математического маятника при перенесении его с Земли на Луну?

263. Определить, в какой точке (считается от Земли) на прямой, соединяющей центры Земли и Луны, напряженность поля тяготения равна нулю. Расстояние между центрами Земли и Луны равно R , масса Земли в 81 раз больше массы Луны.

264. Два одинаковых однородных шара из одинакового материала, соприкасаясь друг с другом, притягиваются. Определить, как изменится сила притяжения, если массу шаров увеличить в 3 раза.

265. Определить массу и среднюю плотность Луны, если ускорения свободного падения на ее поверхности $g_{л}=1,63 \text{ м/сек}^2$. Радиус Луны $R_{л}=1,73 \cdot 10^6 \text{ м}$.

266. Период обращения спутника по круговой орбите вокруг Земли $T=240 \text{ мин}$. Масса спутника $m=1200 \text{ кг}$. Определить:

1) высоту орбиты над Землей; 2) кинетическую энергию спутника. Радиус Земли $R_{з}=6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$.

267. Какой массы груз может поднять человек на поверхности Луны, если на поверхности Земли он мог бы поднять груз массой 60 кг, а $R_{з}/R_{л}=3,7$ и $M_{з}/M_{л}=81$? Чему равно ускорение свободного падения на Луне?

268. Определить период обращения и орбитальную скорость искусственного спутника, движущегося вокруг Луны на высоте $h=200 \text{ км}$ от ее поверхности, если $M_{л}=7,3 \cdot 10^{22} \text{ кг}$ и $R_{л}=1,7 \cdot 10^6 \text{ м}$.

269. На каком расстоянии от центра Земли должно находиться тело, чтобы силы его притяжения к Земле и Луне взаимно уравновешивались? Считать, что $M_{з}/M_{л}=81$, а расстояние между их центрами равно 60 радиусам Земли. $R_{з}=6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$.

270. Стационарный искусственный спутник движется по окружности в плоскости земного экватора, оставаясь все время над одним и тем же пунктом земной поверхности. Определить угловую скорость спутника и радиус его орбиты.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Плотность веществ

Вещество	$\rho, 10^3 \text{ кг/м}^3$	Вещество	$\rho, 10^3 \text{ кг/м}^3$
Твердое тело		Жидкость	
Алмаз	3,5	Бензол	0,88

Алюминий	2,7	Вода	1,00
Вольфрам	19,1	Глицерин	1,26
Графит	1,6	Касторовое масло	0,90
Дерево	0,8	Керосин	0,80
Железо (сталь)	7,8	Ртуть	13,6
Золото	19,3	Спирт	0,79
Кобальт	8,9	Тяжелая вода	1,1
Кирпич	1,8	Эфир	0,72
Лед	0,9	Газы	
Олово	7,8	Азот	$1,25 \cdot 10^{-3}$
Медь	8,9	Аммиак	$0,77 \cdot 10^{-3}$
Никель	8,8	Водород	$0,09 \cdot 10^{-3}$
Платина	21,5	Воздух	$1,293 \cdot 10^{-3}$
Пробка	0,2	Гелий	$0,18 \cdot 10^{-3}$
Свинец	11,3	Кислород	$1,43 \cdot 10^{-3}$
Серебро	10,5	Метан	$0,72 \cdot 10^{-3}$
Титан	4,5	Углекислый газ	$1,98 \cdot 10^{-3}$
Уран	19,0	Хлор	$3,21 \cdot 10^{-3}$
Фарфор	2,3		
Цинк	7,0		

11	11	41	71	101	131	161	191	221	251
12	12	42	72	102	132	162	192	222	252
13	13	43	73	103	133	163	193	223	253
14	14	44	74	104	134	164	194	224	254
15	15	45	75	105	135	165	195	225	255
16	16	46	76	106	136	166	196	226	256
17	17	47	77	107	137	167	197	227	257
18	18	48	78	108	138	168	198	228	258
19	19	49	79	109	139	169	199	229	259
20	20	50	80	110	140	170	200	230	260
21	21	51	81	111	141	171	201	231	261
22	22	52	82	112	142	172	202	232	262
23	23	53	83	113	143	173	203	233	263
24	24	54	84	114	144	174	204	234	264
25	25	55	85	115	145	175	205	235	265
26	26	56	86	116	146	176	206	236	266
27	27	57	87	117	147	177	207	237	267
28	28	58	88	118	148	178	208	238	268
29	29	59	89	119	149	179	209	239	269
30	30	60	90	120	150	180	210	240	270

№ варианта	Номера задач								
1	1	31	61	91	121	151	181	211	241
2	2	32	62	92	122	152	182	212	242
3	3	33	63	93	123	153	183	213	243
4	4	34	64	94	124	154	184	214	244
5	5	35	65	95	125	155	185	215	245
6	6	36	66	96	126	156	186	216	246
7	7	37	67	97	127	157	187	217	247
8	8	38	68	98	128	158	188	218	248
9	9	39	69	99	129	159	189	219	249
10	10	40	70	100	130	160	190	220	250