Федеральное агентство по образованию

Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ»

А.Н. Долгов

Пособие по физике

«Механика»

10—11 класс

Книга для учителей

Москва 2009

УДК 53(076)
ББК 22.3я7
Д 64

Долгов А.Н. **Пособие по физике «Механика». 10—11 класс.** *Книга для учителей.* — М.: НИЯУ МИФИ, 2009. — 60 с.

В пособии предлагаются варианты задач, которые могут быть использованы как дополнение к основному материалу (Долгов А.Н. Пособие по физике «Механика». — В 3-х ч. В помощь учащимся 10—11 классов — М.: МИФИ, 2009), взяты за основу или использованы для контроля знаний учащихся по мере освоения материала, в том числе в целях подготовки к сдаче Единого государственного экзамена по физике. Приведены рекомендации к работе над материалом по конкретным темам.

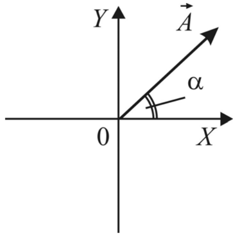
Рецензент доц. канд. физ.-мат. наук Д.Е. Прохорович

ISBN 978-5-7262-1173-2

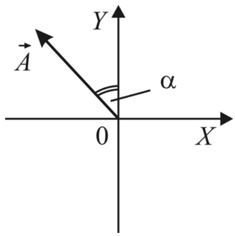
ВВЕДЕНИЕ

§ 1. Скалярные и векторные величины. Сведения о векторах и действиях с ними

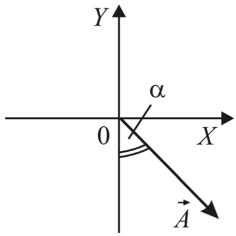
1. Определить проекцию вектора $\vec{A}$ на координатные оси OX и OY. Считать модуль вектора $A = \left| \vec{A} \right|$ и угол α известными.



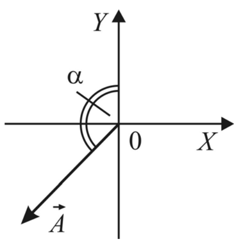
1.1.



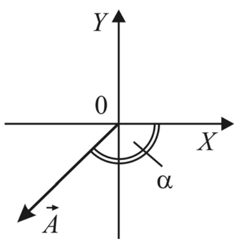
1.2.



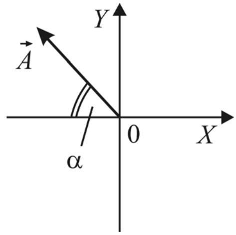
1.3.



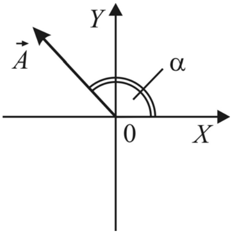
1.4.

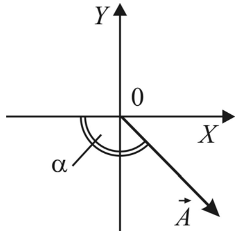


1.5.



1.6.





1.7. **1.8.**

Ответы.

1.1. $A_x = A \cdot \cos \alpha$; $A_y = A \cdot \sin \alpha$.

1.2. $A_x = -A \cdot \sin \alpha$; $A_y = A \cdot \cos \alpha$.

1.3. $A_x = A \cdot \sin \alpha$; $A_y = -A \cdot \cos \alpha$.

1.4. $A_x = -A \cdot \sin \alpha$; $A_y = A \cdot \cos \alpha$.

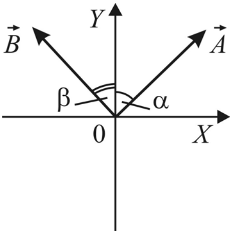
1.5. $A_x = A \cdot \cos \alpha$; $A_y = -A \cdot \sin \alpha$.

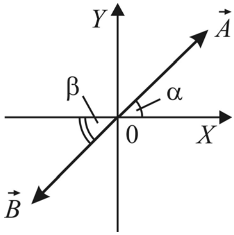
1.6. $A_x = -A \cdot \cos \alpha$; $A_y = A \cdot \sin \alpha$.

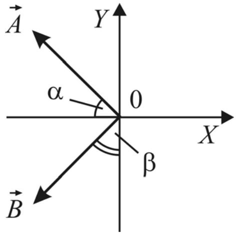
1.7. $A_x = A \cdot \cos \alpha$; $A_y = \sin \alpha$.

1.8. $A_x = -A \cdot \cos \alpha$; $A_y = -A \cdot \sin \alpha$.

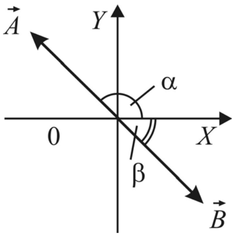
2. Определить проекцию вектора $\vec{c} = \vec{A} + \vec{B}$ на координатные оси *OX* и *OY*. Считать модули векторов $A = \left| \vec{A} \right|$ и $B = \left| \vec{B} \right|$, а также углы α и β известными.



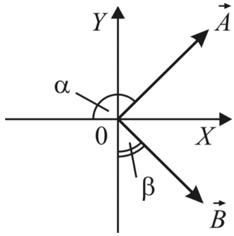




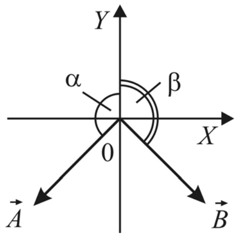
2.1. **2.2.** **2.3.**



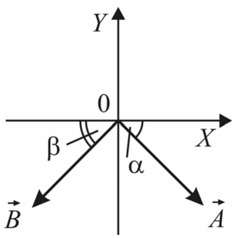
2.4.



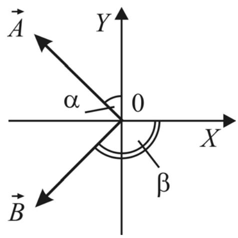
2.5.



2.6.



2.7.



2.8.

Ответы.

2.1. $C_x = A \cdot \sin\alpha - B \cdot \sin\beta$; $C_y = A \cdot \cos\alpha + B \cdot \cos\beta$.

2.2. $C_x = A \cdot \cos\alpha - B \cdot \cos\beta$; $C_y = A \cdot \sin\alpha - B \cdot \sin\beta$.

2.3. $C_x = -A \cdot \cos\alpha - B \cdot \sin\beta$; $C_y = A \cdot \sin\alpha - B \cdot \cos\beta$.

2.4. $C_x = A \cdot \cos\alpha + B \cdot \cos\beta$; $C_y = A \cdot \sin\alpha - B \cdot \sin\beta$.

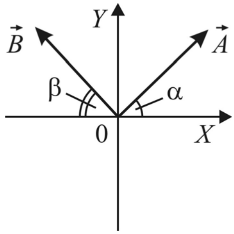
2.5. $C_x = -A \cdot \cos\alpha + B \cdot \sin\beta$; $C_y = A \cdot \sin\alpha - B \cdot \cos\beta$.

2.6. $C_x = -A \cdot \sin\alpha + B \cdot \sin\beta$; $C_y = A \cdot \cos\alpha + B \cdot \cos\beta$.

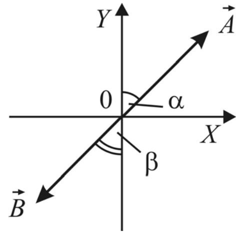
2.7. $C_x = A \cdot \cos\alpha - B \cdot \cos\beta$; $C_y = -A \cdot \sin\alpha - B \cdot \sin\beta$.

2.8. $C_x = -A \cdot \sin\alpha + B \cdot \cos\beta$; $C_y = A \cdot \cos\alpha - B \cdot \sin\beta$.

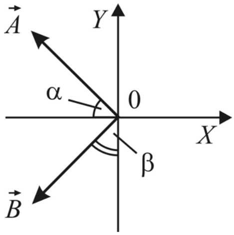
3. Определить модуль вектора $\vec{c} = \vec{A} + \vec{B}$, исходя из проекций вектора $\vec{c}$ на координатные оси *OX* и *OY*. Считать модули векторов $A = \left|\vec{A}\right|$ и $B = \left|\vec{B}\right|$, а также углы α и β известными.



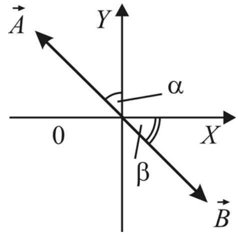
3.1.



3.2.



3.3.



3.4.

Ответы.

3.1. $C=\sqrt{\left(A\cdot\cos\alpha-B\cdot\cos\beta\right)^2+\left(A\cdot\sin\alpha+B\cdot\sin\beta\right)^2}$.

3.2. $C=\sqrt{\left(A\cdot\sin\alpha-B\cdot\sin\beta\right)^2+\left(A\cdot\cos\alpha-B\cdot\cos\beta\right)^2}$.

3.3. $C=\sqrt{\left(A\cdot\cos\alpha+B\cdot\sin\beta\right)^2+\left(A\cdot\sin\alpha-B\cdot\cos\beta\right)^2}$.

3.4. $C=\sqrt{\left(-A\cdot\sin\alpha+B\cdot\cos\beta\right)^2+\left(A\cdot\cos\alpha-B\cdot\sin\beta\right)^2}$.

4. Определить модуль вектора $\vec{c}=\vec{A}+\vec{B}$, исходя из правил графического сложения векторов (правило параллелограмма, правило треугольника). Использовать условия задачи 3.

Ответы.

4.1. $C=\sqrt{A^2+B^2+2\cdot A\cdot B\cdot\cos(\alpha+\beta)}$.

4.2. $C=\sqrt{A^2+B^2-2\cdot A\cdot B\cdot\cos(\alpha-\beta)}$.

4.3. $C=\sqrt{A^2+B^2+2\cdot A\cdot B\cdot\sin(\beta-\alpha)}$.

4.4. $C=\sqrt{A^2+B^2-2\cdot A\cdot B\cdot\sin(\alpha+\beta)}$.

5. Определить модуль вектора $\vec{c}=\vec{A}-\vec{B}$, исходя из правил графического вычитания векторов. Использовать условия задачи 3.

Ответы.

5.1. $C=\sqrt{A^2+B^2-2\cdot A\cdot B\cdot\cos(\alpha+\beta)}$.

5.2. $C=\sqrt{A^2+B^2+2\cdot A\cdot B\cdot\cos(\alpha-\beta)}$.

5.3. $C=\sqrt{A^2+B^2+2\cdot A\cdot B\cdot\sin(\alpha-\beta)}$.

5.4. $C=\sqrt{A^2+B^2+2\cdot A\cdot B\cdot\sin(\alpha+\beta)}$.

§ 2. Понятия предела, производной и интеграла

1. Для заданной функции на указанном интервале найти значение аргумента, при котором функция достигает экстремума. Сравнивая значения функции на краях указанного интервала и в точке экстремума, определить характер экстремума (минимум или максимум).

1.1. $y(x)=2x^2-3x+1;\;\; x\in(-\infty;+\infty)$.

1.2. $y(x)=\sqrt{2x^2-x^2};\;\; x\in[0;\sqrt{2}\,]$.

1.3. $y(x)=x+\dfrac{1}{x};\ \ x\in(0;+\infty).$

1.4. $y(x)=\dfrac{1}{x^2}-\dfrac{1}{x};\ \ x\in(0;+\infty).$

1.5. $y(x)=\sin x+\cos x;\ \ x\in\left[\,0;\dfrac{\pi}{2}\,\right].$

Ответы.

1.1. $x_{\text{экстр}}=\dfrac{3}{4};$

$$\lim_{x\to-\infty} y(x)=+\infty>y_{\text{экстр}}=-\frac{1}{8}<\lim_{x\to+\infty} y(x)=+\infty;\ \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ минимум.

1.2. $x_{\text{экстр}}=1;$

$$y(x=0)=0<y_{\text{экстр}}=1>y(x=\sqrt{2})=0;\ \Rightarrow\ \text{максимум.}$$

1.3. $x_{\text{экстр}}=1;$

$$\lim_{x\to 0} y(x)=+\infty>y_{\text{экстр}}=2<\lim_{x\to+\infty} y(x)=+\infty;\ \Rightarrow \text{минимум.}$$

1.4. $x_{\text{экстр}}=2;$

$$\lim_{x\to 0} y(x)=+\infty>y_{\text{экстр}}=-\frac{1}{4}<\lim_{x\to+\infty} y(x)=0;\ \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ минимум.

1.5. $x_{\text{экстр}}=\dfrac{\pi}{4};$

$$y(x=0)=1<y_{\text{экстр}}=\sqrt{2}>y\left(x=\frac{\pi}{2}\right)=1;\ \Rightarrow\ \text{максимум.}$$

Рекомендация. Исследование функции на экстремум целесообразно сопровождать построением качественного графика зависимости $y(x)$, отражающего характер зависимости на различных участках указанного интервала.

2. Используя теорему Ньютона—Лейбница и таблицу первообразных, вычислить значения приведенных ниже определенных интегралов.

2.1. $\int\limits_0^2 x^2\,dx$.

2.2. $\int\limits_0^2 \frac{dx}{\sqrt{x}}$.

2.3. $\int\limits_1^2 \frac{dx}{x}$.

2.4. $\int\limits_0^{\pi} \sin x\,dx$.

2.5. $\int\limits_0^1 e^x\,dx$.

Ответы.

2.1. $\frac{8}{3}$.

2.2. $2\sqrt{2}$.

2.3. $\ln 2$.

2.4. 2.

2.5. $e-1$.

КИНЕМАТИКА

Общие рекомендации к решению задач

При решении любой кинематической задачи необходимо:

1. Выбрать систему отсчета, т. е. тело отсчета, связанную с ним систему координатных осей (иногда достаточно одной оси) и момент начала отсчета времени.

2. Выполнить схематический чертеж к задаче, на котором следует изобразить систему отсчета, возможно, траекторию движения; все векторные величины, определяемые условием задачи; определенные положения тела в пространстве, например, начальное и конечное, фигурирующие в условии задачи. Не надо делать иллюстрацию — это только отвлечет внимание на второстепенные детали и потребует лишних затрат времени.

3. Отчетливо представить характер движения тела, вспомнить соответствующие уравнения движения, законы природы (принцип сложения скоростей, принцип взаимной независимости движений) и их математическое выражение. Составить кинематические уравнения движения для каждого тела в векторной форме и/или в проекциях на выбранные оси координат.

4. Записать дополнительные, если имеются такие возможности, уравнения, которые могут быть выражением конкретных кинематических, геометрических, тригонометрических связей, вытекающих из условия задачи.

5. Решить составленную систему уравнений аналитически и проанализировать полученные решения, выяснить их соответствие условиям задачи, осуществить отбор решения (решений), удовлетворяющего физическим условиям задачи. Подставить численные значения параметров в отобранные решения и произвести расчет.

§ 3. Относительность механического движения. Система отсчета. Траектория, путь и перемещение. Материальная точка

1. Материальная точка движется по окружности радиусом R по часовой стрелке. Центр окружности совпадает с началом координат (рис. 1).

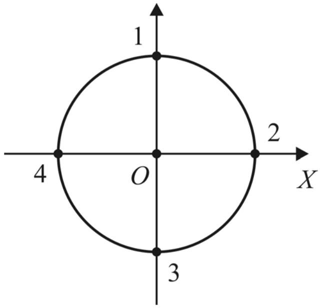


Рис. 1

1.1. Найти отношение пути, пройденного телом, к величине перемещения при последовательном передвижении тела из точки *1* в точки *2*, *3* и *4*.

1.2. Выразить соответствующие векторы перемещения $\Delta\vec{r}_{12}$, $\Delta\vec{r}_{13}$ и $\Delta\vec{r}_{14}$ в виде разложения по ортам координатных осей *OX* и *OY*.

Ответы.

1.1. $\dfrac{S_{12}}{\left|\Delta\vec{r}_{12}\right|}=\dfrac{\pi}{2\sqrt{2}}$; $\dfrac{S_{13}}{\left|\Delta\vec{r}_{13}\right|}=\dfrac{\pi}{2}$; $\dfrac{S_{14}}{\left|\Delta\vec{r}_{14}\right|}=\dfrac{3\pi}{2\sqrt{2}}$.

1.2. $\Delta\vec{r}_{12}=R\cdot(\vec{e}_x-\vec{e}_y)$;

$\Delta\vec{r}_{13}=-2R\cdot\vec{e}_y$;

$\Delta\vec{r}_{14}=-R\cdot(\vec{e}_x+\vec{e}_y)$.

2. Частица начинает движение вдоль оси *OX* в момент времени $t_0=0$, причем зависимость ее координаты от времени выражается соотношением $x(t)=2t\,(6-t)$, где все параметры выражены в единицах СИ. Определить величину перемещения частицы из начального положения и длину пройденного пути в моменты времени $t_1=1$ с, $t_2=2$ с, $t_3=3$ с, $t_4=4$ с, $t_5=5$ с и $t_6=6$ с.

Ответ: $\left|\Delta\vec{r}_{01}\right|=10$ м; $\left|\Delta\vec{r}_{02}\right|=16$ м; $\left|\Delta\vec{r}_{03}\right|=18$ м; $\left|\Delta\vec{r}_{04}\right|=16$ м; $\left|\Delta\vec{r}_{05}\right|=10$ м; $\left|\Delta\vec{r}_{06}\right|=0$;

$S_1=10$ м; $S_2=16$ м; $S_3=18$ м; $S_4=20$ м; $S_5=26$ м; $S_6=36$ м.

3. Частица начинает движение вдоль оси OX в момент времени $t_0 = 0$, причем зависимость ее координаты от времени выражается соотношением $x(t) = A\sin\left(\frac{2\pi}{T}\cdot t\right)$, где $A = 1$ м, $T = 4$ с. Определить путь, пройденный телом в следующих интервалах времени.

3.1. 0 с $\div$ 1 с.

3.2. 1 с $\div$ 2 с.

3.3. 2 с $\div$ 4 с.

3.4. 0 с $\div$ 4 с.

3.5. $\frac{1}{2}$ с $\div$ $1\frac{1}{2}$ с.

3.6. $1\frac{1}{2}$ с $\div$ $2\frac{1}{2}$ с.

Ответы.

3.1. $S = 1$ м.

3.2. $S = 1$ м.

3.3. $S = 2$ м.

3.4. $S = 4$ м.

3.5. $S = 2 - \sqrt{2} \cong 0{,}6$ м.

3.6. $S = \sqrt{2} \cong 1{,}4$ м.

4. Укажите верный вариант определения физической величины. Путь, пройденный телом, есть.

4.1. Величина, равная модулю вектора перемещения.

4.2. Длина траектории движения тела.

4.3. Вектор, соединяющий начальную и конечную точки траектории.

4.4. Разность между векторами, проведенными из начала коодинат в конечную и начальную точки траектории.

4.5. Величина, равная модулю вектора, соединяющего начало координат и конечную точку траектории.

Ответ. **4.2.** Длина траектории движения тела.

5. Пусть S — модуль вектора перемещения материальной точки, L — ее путь. Какие из нижеперечисленных соотношений между этими величинами возможны: а) $S > L$; б) $S < L$; в) $S = L$.

5.1. Только а).

5.2. Только б).

5.3. Только в).

5.4. а) и б).

5.5. б) и в).

5.6. а) и в).

Ответ: **5.5.** $S \le L$.

§ 4. Средняя и мгновенная скорости. Равномерное движение

Обратить внимание на то обстоятельство, что средний модуль скорости (средняя путевая скорость) не совпадает с модулем средней скорости (среднего вектора скорости).

Необходимо четко различать среднюю величину физического параметра и его мгновенное значение.

Фактически это первая тема, где учащиеся должны начинать учиться делать рабочий чертеж к решению задачи. Цель чертежа — отобразить условия задачи в самой рациональной форме, т. е. без каких-либо излишних деталей, и помочь в составлении системы уравнений для успешного решения задачи.

1. Половину времени автолюбитель движется со скоростью $20\ \text{км/ч}$, оставшуюся часть времени — со скоростью $80\ \text{км/ч}$. Средняя скорость автомобиля на всем пути равна:

1.1. $32\ \text{км/ч}$.
1.2. $40\ \text{км/ч}$.
1.3. $50\ \text{км/ч}$.
1.4. $60\ \text{км/ч}$.
1.5. $68\ \text{км/ч}$.

Ответ: **1.3.** $50\ \text{км/ч}$.

2. Половину пути автолюбитель движется со скоростью $20\ \text{км/ч}$, оставшуюся часть пути — со скоростью $80\ \text{км/ч}$. Средняя скорость автомобиля за все время движения:

2.1. $26\ \text{км/ч}$.
2.2. $32\ \text{км/ч}$.
2.3. $40\ \text{км/ч}$.
2.4. $48\ \text{км/ч}$.
2.5. $56\ \text{км/ч}$.

Ответ: **2.2.** $32\ \text{км/ч}$.

3. Велосипедист преодолевает цепочку спусков и подъемов. На подъемах его скорость равна v_1, а на спусках — v_2. Общая длина пути равна L, причем подъемы и спуски имеют одинаковые длины, а количество тех и других совпадает. Какова средняя скорость велосипедиста?

3.1. $\dfrac{v_1+v_2}{2}$.

3.2. $\dfrac{v_1 \cdot v_2}{2\,(v_1+v_2)}$.

3.3. $\dfrac{2 \cdot v_1 \cdot v_2}{v_1+v_2}$.

3.4. $\left(\dfrac{1}{v_1}+\dfrac{1}{v_2}\right)L$.

3.5. $\dfrac{v_1+v_2}{2 \cdot v_1 \cdot v_2} \cdot L$.

Ответ: **3.3.** $\dfrac{2 \cdot v_1 \cdot v_2}{v_1+v_2}$.

4. Если расход воды в канале за 1 с составляет $0{,}27\ \text{м}^3$, то при ширине канала 1,5 м и глубине воды 0,6 м ее скорость составит:

4.1. 0,1 м/с.

4.2. 0,2 м/с.

4.3. 0,3 м/с.

4.4. 0,4 м/с.

4.5. 0,5 м/с.

Ответ: **4.3.** 0,3 м/с.

5. Из пунктов *A* и *B*, расстояние между которыми 120 км, одновременно навстречу друг другу выехали два автомобиля с постоянными скоростями $v_A = 90$ км/ч и $v_B = 110$ км/ч соответственно. Автомобили встретятся от пункта *A* на расстоянии:

5.1. 27 км.

5.2. 36 км.

5.3. 45 км.

5.4. 54 км.

5.5. 63 км.

Ответ: **5.2.** 36 км.

6. Товарный поезд отправился со станции и идет со скоростью 36 км/ч. Спустя 30 мин с той же станции по тому же направлению выходит экспресс со скоростью 144 км/ч. На каком расстоянии от станции экспресс догонит товарный поезд?

6.1. 12 км.

6.2. 24 км.

6.3. 36 км.

6.4. 48 км.

6.5. 60 км.

Ответ: **6.2.** 24 км.

§ 5. Принцип сложения скоростей в нерелятивистской механике

Важным условием успешного решения задач по данной теме является умение верно начертить векторную диаграмму скоростей, отображающую *закон природы* — принцип сложения скоростей при переходе из одной системы отсчета в другую.

Следует всячески обращать внимание учащихся на то ключевое обстоятельство, что решение задач по физике основано на использовании установленных законов природы и обязательно должно опираться на них. Физически верное решение отнюдь не является результатом каких-то абстрактных рассуждений и умозаключений. Использование математического аппарата не ведет еще автоматически к получению правильного ответа на поставленный в задаче вопрос.

1. Человек бежит со скоростью $5\,\text{м/с}$ относительно палубы теплохода в направлении, противоположном направлению движения теплохода. Если скорость теплохода относительно пристани равна $54\,\text{км/ч}$, то человек движется относительно пристани со скоростью:

1.1. $5\,\text{м/с}$. **1.4.** $20\,\text{м/с}$.

1.2. $10\,\text{м/с}$. **1.5.** $25\,\text{м/с}$.

1.3. $15\,\text{м/с}$.

Ответ: **1.2.** $10\,\text{м/с}$.

2. По двум параллельным железнодорожным путям равномерно движутся два поезда в одном направлении: грузовой со скоростью $48\,\text{км/ч}$ и пассажирский со скоростью $102\,\text{км/ч}$. Какова величина относительной скорости поездов?

2.1. $5\,\text{м/с}$. **2.4.** $20\,\text{м/с}$.

2.2. $10\,\text{м/с}$. **2.5.** $25\,\text{м/с}$.

2.3. $15\,\text{м/с}$.

Ответ: **2.3.** $15\,\text{м/с}$.

3. Лодка держит курс поперек течения реки. Скорость течения реки $0{,}3\,\text{м/с}$. Скорость лодки в стоячей воде $0{,}4\,\text{м/с}$. Скорость лодки относительно берега равна:

3.1. $0{,}1\ \text{м/с}$.

3.2. $0{,}3\ \text{м/с}$.

3.3. $0{,}4\ \text{м/с}$.

3.4. $0{,}5\ \text{м/с}$.

3.5. $0{,}7\ \text{м/с}$.

Ответ: **3.4.** $0{,}5\ \text{м/с}$.

4. Лодка пересекает реку по кратчайшей траектории. Берега реки параллельны. Скорость течения $0{,}5\ \text{м/с}$. Скорость лодки относительно берега $1{,}2\ \text{м/с}$. Скорость лодки относительно воды равна:

4.1. $0{,}5\ \text{м/с}$.

4.2. $0{,}7\ \text{м/с}$.

4.3. $0{,}9\ \text{м/с}$.

4.4. $1{,}1\ \text{м/с}$.

4.5. $1{,}3\ \text{м/с}$.

Ответ: **4.5.** $1{,}3\ \text{м/с}$.

5. Капли вертикально падающего дождя оставляют на стекле троллейбуса следы, составляющие угол $30°$ с вертикалью. Скорость трамвая $18\ \text{км/ч}$. Скорость капель относительно земли:

5.1. $5{,}1\ \text{м/с}$.

5.2. $6{,}4\ \text{м/с}$.

5.3. $7{,}5\ \text{м/с}$.

5.4. $8{,}6\ \text{м/с}$.

5.5. $10{,}0\ \text{м/с}$.

Ответ: **5.4.** $8{,}6\ \text{м/с}$.

§ 6. Среднее и мгновенное ускорения. Прямолинейное движение с постоянным ускорением. Уравнения движения в проекциях. Граничные условия

Необходимо подчеркивать, что при нахождении среднего значения физического параметра, например ускорения, следует отталкиваться от определения данной величины и только от него, т. е. не выдумывать своих определений, не полагаться на интуитивные ощущения.

Общий метод решения задач по теме «Прямолинейное движение с постоянным ускорением», на котором можно акцентировать внимание, состоит в следующем.

1. Выбрать тело отсчета.

2. Выбрать ось координат, т.е. направление, положение начала координат в привязке к условиям задачи.

3. Записать аналитическую зависимость от времени и/или проекции вектора скорости тела (тел) на координатную ось для выбранной системы координат и начальных условий движения.

4. Записать в виде дополнительных уравнений соотношения между кинематическими параметрами или значения координат и проекций скорости в какой-либо момент времени согласно условиям задачи, т. е. записать граничные условия.

5. Решить полученную систему уравнений. Исследовать полученные решения на соответствие условиям задачи.

1. Тело, начавшее двигаться равноускоренно из состояния покоя, за первую секунду проходит путь S. Какой путь оно пройдет за вторую секунду?

1.1. S.

1.2. $3/2\,S$.

1.3. $\sqrt{3}\,S$.

1.4. $\sqrt{5}\,S$.

1.5. $3\,S$.

Ответ: **1.5.** $3\,S$.

2. Тело брошено вертикально вверх со скоростью $9\,\text{м/с}$. На какой высоте скорость тела уменьшится в три раза, если ускорение свободного падения равно $10\,\text{м/с}^2$?

2.1. 1,8 м.

2.2. 3,6 м.

2.3. 5,4 м.

2.4. 6,3 м.

2.5. 7,2 м.

Ответ: **2.2.** 3,6 м.

3. Посадочная скорость самолета $135\,\text{км/ч}$, а длина его пробега $500\,\text{м}$. Считая движение равнозамедленным, определить время пробега самолета до остановки.

3.1. 27 с.

3.2. 53 с.

3.3. 17 с.

3.4. 34 с.

3.5. 42 с.

Ответ: **3.1.** 27 с.

4. Проекция вектора ускорения материальной точки, движущейся вдоль оси OX согласно уравнению $x(t) = 2 + 3t - 6t^2$ (м), где время t выражено в секундах, равна:

4.1. $6\ \text{м/с}^2$.
4.2. $3\ \text{м/с}^2$.
4.3. $-6\ \text{м/с}^2$.
4.4. $-12\ \text{м/с}^2$.
4.5. $-3\ \text{м/с}^2$.

Ответ: **4.4.** $-12\ \text{м/с}^2$.

5. Если мяч, брошенный вертикально вверх, упал на землю через 3 с, а ускорение свободного падения равно $10\ \text{м/с}^2$, то величина скорости мяча в момент падения равна:

5.1. $5\ \text{м/с}$.
5.2. $10\ \text{м/с}$.
5.3. $15\ \text{м/с}$.
5.4. $20\ \text{м/с}$.
5.5. $25\ \text{м/с}$.

Ответ: **5.3.** $15\ \text{м/с}$.

6. Мяч брошен вертикально вверх из точки, находящейся на высоте h. Если известно,что за время движения мяч прошел путь $3h$, то модуль его начальной скорости равен:

6.1. $4\sqrt{2gh}$.
6.2. $2\sqrt{2gh}$.
6.3. $\sqrt{2gh}$.
6.4. $4\sqrt{gh}$.
6.5. $2\sqrt{gh}$.

Ответ: **6.3.** $\sqrt{2gh}$.

7. Если за последнюю секунду свободно падающее без начальной скорости тело пролетело $3/4$ всего пути, то полное время падения тела равно:

7.1. 1,5 с.
7.2. 2,0 с.
7.3. 2,5 с.
7.4. 3,0 с.
7.5. 3,5 с.

Ответ: **7.2.** 2,0 с.

8. С крыши с интервалом времени 1 с падают одна за другой две капли. Через 2 с после начала падения второй капли расстояние между каплями, если ускорение свободного падения равно $10\ \text{м}/\text{с}^2$, станет равным:

8.1. 5 м.

8.2. 10 м.

8.3. 15 м.

8.4. 20 м.

8.5. 25 м.

Ответ: **8.5.** 25 м.

§ 7. Графический способ задания условий задач по кинематике и методы их решения

Коротко основные приемы решения задач при графическом способе задания условий и их решения можно сформулировать в виде следующей таблицы

График зависимости	Площадь под графиком (между графиком и осью абсцисс)	Нуль параметра	Экстремум функции
$v_x(t)$	$\Delta x(t)$	$v_x(t_*)$	$x(t_*)$
$a_x(t)$	$\Delta v_x(t)$	$a_x(t_*)$	$v_x(t_*)$
$v(t)$	$S(t)$	$v(t_*)$	$S(t_*)$

При $v_x(t) > 0$ функция (график) $x(t)$ возрастает.

При $v_x(t) < 0$ функция (график) $x(t)$ убывает.

Линейной зависимости параметра от времени соответствует график в виде прямой, квадратичной — парабола.

При $a_x(t) > 0$ функция (график) $v_x(t)$ возрастает.

При $a_x(t) < 0$ функция (график) $v_x(t)$ убывает.

1. Автомобиль движется вдоль оси *OX*, начальная координата автомобиля равна нулю. Используя график зависимости проекции скорости от времени (рис. 2), определить конечную координату автомобиля.

1.1. 36 км.

1.2. 126 км.

1.3. 210 км.

1.4. 84 км.

1.5. 140 км.

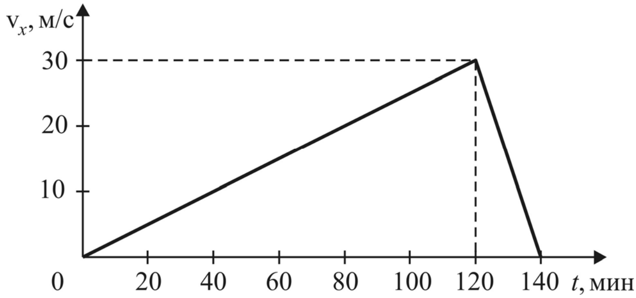


Рис. 2

Ответ: **1.2.** 126 км.

2. Тело движется вдоль оси *OX*. На графике (рис. 3) показана зависимость координаты тела от времени. Средняя скорость движения тела на всем пути, пройденном за 20 с, равна:

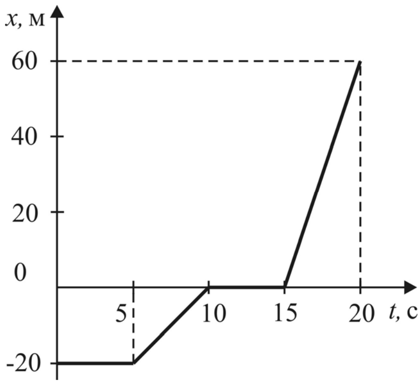


Рис. 3

2.1. 2 м/с. **2.4.** 6 м/с.

2.2. 3 м/с. **2.5.** 8 м/с.

2.3. 4 м/с.

Ответ: **2.3.** 4 м/с.

3. Зависимость от времени проекции ускорения материальной точки, движущейся вдоль оси *OX*, показана на рис. 4. Если в начальный момент $t_0 = 0$ проекция скорости $v_{x0} = 0$, то путь, пройденный телом за 12 с составит:

3.1. 4,5 м. **3.4.** 12,0 м.

3.2. 9,5 м. **3.5.** 15,0 м.

3.3. 7,0 м.

Ответ: **3.2.** 9,5 м.

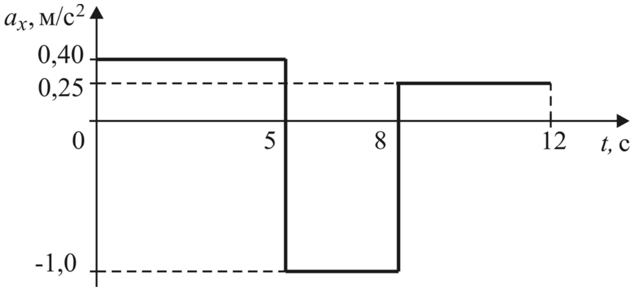


Рис. 4

4. Исходя из графика зависимости скорости тела от времени (рис. 5) средняя скорость движения на первой половине пути оказалась равна:

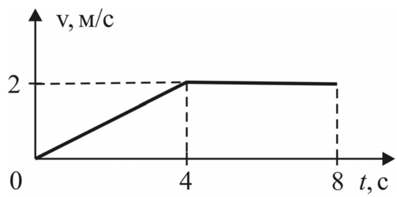


Рис. 5

4.1. 0,60 м/с.

4.2. 0,70 м/с.

4.3. 0,85 м/с.

4.4. 1,0 м/с.

4.5. 1,2 м/с.

Ответ: **4.5.** 1,2 м/с.

§ 8. Движение материальной точки по окружности. Угловая и линейная скорости. (Угловое ускорение.) Центростремительное (нормальное, тангенциальное и полное) ускорение

При изучении темы «Движение материальной точки по окружности» следует обратить внимание учащихся на то, что уравнения движения материальной точки по окружности аналогичны уравнениям прямолинейного движения с постоянной скоростью или постоянным ускорением. Аналогичными параметрами являются угол поворота радиус-вектора φ и координата x тела на координатной оси, угловая скорость ω и проекция вектора скорости на ось v_x, угловое ускорение β и проекция ускорения на ось a_x.

Отличие, в основном, связано с тем, что добавляется уравнение, связывающее линейную скорость v и угловую скорость ω, а также появляется центростремительное (нормальное a_n) ускорение (тангенциальное ускорение a_τ и уравнения, связывающие его с угловым ускорением β). Кроме того, граничные условия задаются, как правило, в иной форме, чем в случае прямолинейного движения.

1. Равномерно движущаяся по окружности точка делает полный оборот за 5 с. За время 2 с точка опишет дугу, опирающуюся на центральный угол:

1.1. 96°.
1.2. 108°.
1.3. 120°.
1.4. 132°.
1.5. 144°.

Ответ: **1.5.** 144°.

2. Диск равномерно вращается вокруг оси, проходящей через его центр и перпендикулярной к нему. Линейная скорость точек края диска $3\,\text{м/с}$. Если у точек, расположенных на 10 см ближе к оси, линейная скорость $2\,\text{м/с}$, то частота вращения диска:

2.1. $95\,\text{об/мин}$.
2.2. $85\,\text{об/мин}$.
2.3. $75\,\text{об/мин}$.
2.4. $65\,\text{об/ми}$.
2.5. $55\,\text{об/мин}$.

Ответ: **2.1.** $95\,\text{об/мин}$.

3. Материальная точка движется по окружности радиусом 10 см. Если пройденный путь зависит от времени по закону $S = A\cdot t$, а t — время в секундах, $A = 1\,\text{м/с}$, то угловая скорость тела:

3.1. $4\,\text{рад/с}$.
3.2. $6\,\text{рад/с}$.
3.3. $8\,\text{рад/с}$.
3.4. $10\,\text{рад/с}$.
3.5. $12\,\text{рад/с}$.

Ответ: **3.4.** $10\,\text{рад/с}$.

4. Если линейная скорость точки на ободе равномерно вращающегося вокруг неподвижной оси колеса диаметром 80 см равна $4\ \text{м/с}$, то модуль ускорения этой точки равен:

4.1. $36\ \text{м/с}^2$. **4.4.** $50\ \text{м/с}^2$.

4.2. $40\ \text{м/с}^2$. **4.5.** $64\ \text{м/с}^2$.

4.3. $45\ \text{м/с}^2$.

Ответ: **4.2.** $40\ \text{м/с}^2$.

5. Сколько раз в сутки встречаются часовая и секундная стрелки часов?

5.1. 1398. **5.4.** 1438.

5.2. 1416. **5.5.** 1444.

5.3. 1424.

Ответ: **5.4.** 1438.

6. По окружности радиусом 2 м одновременно движутся две материальные точки так, что угол поворота их радиус-векторов вокруг центра окружности зависит от времени следующим образом: $\varphi_1(t) = 2 + 2 \cdot t$ и $\varphi_2(t) = -3 - 4 \cdot t$, где углы φ_1 и φ_2 выражены в радианах, а время t — в секундах. Величина их относительной линейной скорости в момент встречи равна:

6.1. $4{,}8\ \text{м/с}$. **6.4.** $6{,}6\ \text{м/с}$.

6.2. $5{,}4\ \text{м/с}$. **6.5.** $7{,}2\ \text{м/с}$.

6.3. $6{,}0\ \text{м/с}$.

Ответ: **6.3.** $6{,}0\ \text{м/с}$.

7. (Содержание задачи выходит за рамки школьной программы.) Частица начинает двигаться по окружности с постоянным тангенциальным ускорением. Начальная скорость частицы равна нулю. Найти тангенс угла между скоростью и полным ускорением частицы после первого оборота.

7.1. π. **7.4.** 4π.

7.2. 2π. **7.5.** 6π.

7.3. 3π.

Ответ: **7.4.** 4π.

§ 9. Кинематика твердого тела. Поступательное движение и вращение. Принцип взаимной независимости движений

При решении задач по теме «Кинематика твердого тела» учащимся необходимо усвоить, что использование принципа (*закона природы!*) взаимной независимости поступательного и вращательного движений требует некоторого элемента творчества, так как выбор оси, относительно которой рассматривается вращение тела, остается за автором решения и определяется простотой записи уравнений и удобством их дальнейшего решения. Указанная ось, согласно формулировке закона, — произвольная, она отнюдь не обязана быть некоторой реальной, зафиксированной в условии задачи осью вращения или осью симметрии тела.

Для контроля правильности решения можно использовать тот факт, доказательство которого выходит за рамки школьного курса, что угловая скорость вращения тела не зависит от выбора рассматриваемой оси вращения при использовании принципа взаимной независимости поступательного и вращательного движений.

Применение метода мгновенной оси вращения тела часто требует выполнения построений для нахождения положения в пространстве мгновенной оси вращения. Если известно направление векторов скорости двух точек тела при плоском движении, то след от пересечения мгновенной осью вращения плоскости, в которой указанные точки движутся (удобно для выполнения необходимых построений совместить данную плоскость с плоскостью чертежа), есть точка пересечения перпендикуляров, восстановленных в указанных точках тела к прямым, проходящим через векторы их скоростей.

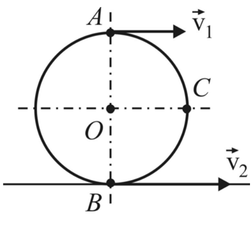


Рис. 6

1. Колесо катится по горизонтальной поверхности (рис. 6). AB — вертикаль, O — центр колеса, OC — горизонталь. Если скорость точки A равна v_1, скорость точки B равна v_2, причем $v_1 < v_2$, то скорость точки C равна:

1.1. $\sqrt{v_1^2+v_2^2}$.

1.2. $\sqrt{v_1^2+v_2^2+v_1\cdot v_2}$.

1.3. $\dfrac{v_1+v_2}{2}$.

1.4. $\dfrac{\sqrt{v_1^2+v_2^2}}{2}$.

1.5. $\sqrt{\dfrac{v_1^2+v_2^2}{2}}$.

Ответ: **1.5.** $\sqrt{\dfrac{v_1^2+v_2^2}{2}}$.

2. Стержень *AC* движется в плоскости рисунка (рис. 7). Скорость точки *A* равна v_1, скорость точки *C* равна v_2, причем векторы скорости перпендикулярны к стержню. Длина отрезка *AB* равна l_1, длина отрезка *BC* равна l_2. Определить скорость точки стержня *B*, если $v_1 > v_2$.

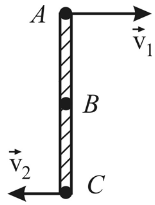


Рис. 7

2.1. $\dfrac{v_1\cdot l_2 - v_2\cdot l_1}{l_1+l_2}$.

2.2. $\dfrac{v_1\cdot l_2 + v_2\cdot l_1}{l_1+l_2}$.

2.3. $\dfrac{v_1\cdot l_1 + v_2\cdot l_2}{l_1+l_2}$.

2.4. $\dfrac{v_1\cdot l_1 - v_2\cdot l_2}{l_1+l_2}$.

Ответ: **2.1.** $\dfrac{v_1\cdot l_2 - v_2\cdot l_1}{l_1+l_2}$.

3. Стержень *AC* движется в плоскости рисунка (рис. 8). Скорость точки *A* равна v_1, скорость точки *C* равна v_2, причем векторы скоростей перпендикулярны к стержню. Длина отрезка *AB* равна l_1, длина отрезка *BC* равна l_2. Определить скорость точки стержня *B*, если $v_1 > v_2$.

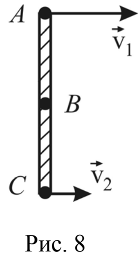


Рис. 8

3.1. $\dfrac{v_1 \cdot l_2 - v_2 \cdot l_1}{l_1 + l_2}$.

3.2. $\dfrac{v_1 \cdot l_2 + v_2 \cdot l_1}{l_1 + l_2}$.

3.3. $\dfrac{v_1 \cdot l_1 + v_2 \cdot l_2}{l_1 + l_2}$.

3.4. $\dfrac{v_1 \cdot l_1 - v_2 \cdot l_2}{l_1 + l_2}$.

Ответ: **3.2.** $\dfrac{v_1 \cdot l_2 + v_2 \cdot l_1}{l_1 + l_2}$.

4. Стержень AC движется в плоскости рисунка (рис. 9). Скорости точек A и C составляют угол $\varphi = 45°$ со стержнем. Точка B делит стержень пополам. Если скорость точки A равна v, то скорость точки B:

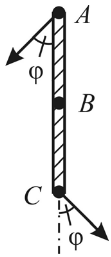


Рис. 9

4.1. $\dfrac{v}{2}$.

4.2. $\dfrac{v}{\sqrt{2}}$.

4.3. v.

4.4. $\sqrt{2} \cdot v$.

4.5. $2 \cdot v$.

Ответ: **4.2.** $\dfrac{v}{\sqrt{2}}$.

§ 10. Движение тела, брошенного под углом к горизонту

При решении задач по теме «Движение тела, брошенного под углом к горизонту» можно рекомендовать следующую последовательность действий.

1. Выбрать тело отсчета.

2. Проанализировать возможность решения задачи при использовании уравнений движения в векторной форме.

3. Выбрать направления координатных осей и положение в пространстве начала координат, если не предполагается использовать для решения уравнений движения в векторной форме. Выбрать момент начала отсчета времени. Исходить из удобства составления

уравнений движения в проекциях и удобства записи граничных условий, т. е. определения кинематических параметров или их соотношений в определенные по условиям задачи моменты времени.

4. Записать в виде уравнений граничные условия.

5. Исходя из граничных условий, записать необходимые уравнения движения в проекциях.

6. Решить полученную систему уравнений.

7. Проанализировать полученные решения на предмет их соответствия физическим условиям задачи.

1. Тело брошено со скоростью $v_0 = 10\ \text{м/с}$ в горизонтальном направлении на высоте *H* над землей. Если известно, что дальность полета тела также равна *H*, то бросок был совершен на высоте:

1.1. 10 м.
1.2. 14 м.
1.3. 16 м.
1.4. 20 м.
1.5. 24 м.

Ответ: **1.4.** 20 м.

2. Мяч бросили с начальной скоростью $20\ \text{м/с}$ под углом $60°$ к горизонту. Ускорение свободного падения принять равным $10\ \text{м/с}^2$. Скорость мяча будет направлена под углом $45°$ к горизонту на высоте, равной:

2.1. 8 м.
2.2. 9 м.
2.3. 10 м.
2.4. 11 м.
2.5. 12 м.

Ответ: **2.3.** 10 м.

Примечание. В процессе вычислений следует сохранять $\sqrt{3}$, не подставляя приближенное значение данного иррационального числа.

3. Мяч бросили с начальной скоростью $20\ \text{м/с}$ под углом $60°$ к горизонту. Ускорение свободного падения принять равным $10\ \text{м/с}^2$. Скорость мяча будет направлена под углом $45°$ к горизонту после броска первый раз через время:

3.1. 0,4 с.
3.2. 0,5 с.
3.3. 0,6 с.
3.4. 0,7 с.
3.5. 0,8 с.

Ответ: **3.4.** 0,7 с.

4. Мяч бросили с начальной скоростью $20\,м/с$ под углом $60°$ к горизонту. Ускорение свободного падения принять равным $10\,м/с^2$. Скорость мяча будет направлена под углом $45°$ к горизонту после броска второй раз через время:

4.1. 2,3 с.
4.2. 2,4 с.
4.3. 2,5 с.
4.4. 2,6 с.
4.5. 2,7 с.

Ответ: **4.5.** 2,7 с.

5. Два человека играют в мяч, бросая его под углом $45°$ к горизонту. Мяч находится в полете $2\,с$. Если принять ускорение свободного падения равным $10\,м/с^2$, то расстояние между играющими составит:

5.1. 11,3 м.
5.2. 12,0 м.
5.3. 12,8 м.
5.4. 13,7 м.
5.5. 14,1 м.

Ответ: **5.1.** 11,3 м.

6. Мяч бросили с начальной скоростью $20\,м/с$ под углом $60°$ к горизонту. Принять ускорение свободного падения равным $10\,м/с^2$. Мяч будет виден под углом $45°$ к горизонту из точки бросания, когда сместится в горизонтальном направлении на расстояние, равное:

6.1. 13,2 м.
6.2. 14,4 м.
6.3. 15,6 м.
6.4. 16,4 м.
6.5. 17,2 м.

Ответ: **6.2.** 14,4 м.

ДИНАМИКА

Общий подход к решению задач

1. Выбрать инерциальную систему отсчета.

2. Рассмотреть каждое тело в отдельности. Выявить воздействие на данное тело со стороны других тел или материальных объектов, например, магнитных или электрических полей, и заменить их соответствующими силами.

3. Сделать чертеж и для каждого тела в отдельности изобразить все силы, действующие на каждое тело рассматриваемой системы тел, при этом не следует забывать, что расстановка действующих на тело сил не должна противоречить второму и третьему законам Ньютона.

4. Записать для каждого тела системы уравнение второго закона Ньютона в векторной форме.

5. Выбрать систему декартовых координатных осей. Как правило, одну из осей удобно направить вдоль вектора ускорения тела. В частности, если тело вращается вокруг некоторой оси, то векторное уравнение второго закона Ньютона следует проецировать на радиальное по отношению к окружности, по которой движется тело (или его центр масс), направление к оси вращения, потому что указанное направление совпадает с направлением центростремительного ускорения.

Если тел несколько, то вполне допустимо выбирать для каждого тела собственную систему координат.

6. Записать уравнения второго закона Ньютона для каждого тела в отдельности в проекциях на выбранные координатные оси.

7. Записать, если требуется, дополнительные уравнения, например, уравнение (или неравенство), выражающее закон Кулона—

Амонтона, использовать для составления уравнений следствия условий невесомости и нерастяжимости нитей и т. д.

В рамках курса физики для средней школы применение второго закона Ньютона позволяет найти ускорения тел и силы реакций.

§ 11. Законы динамики Ньютона. Масса тела. Плотность. Сила. Равнодействующая сил. Принцип суперпозиции сил. Принцип относительности Галилея. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести. Вес тела. Перегрузки и невесомость. Сила упругости. Сила трения. Центр масс

1. Тело массой m движется под действием силы F. Если массу тела уменьшить в 2 раза, а силу увеличить в 2 раза, то модуль ускорения тела:

1.1. Уменьшится в 4 раза.
1.2. Уменьшится в 2 раза.
1.3. Не изменится.
1.4. Увеличится в 2 раза.
1.5. Увеличится в 4 раза.

Ответ: **1.5.** Увеличится в 4 раза.

2. Если координаты тела массой 1 кг, движущегося прямолинейно вдоль оси OX, меняются по закону $x(t) = 7 + 5t\,(2+t)$, где все величины заданы в СИ, то модуль равнодействующей всех сил, приложенных к телу, равен:

2.1. 2 Н.
2.2. 5 Н.
2.3. 7 Н.
2.4. 8 Н.
2.5. 10 Н.

Ответ: **2.5.** 10 Н.

3. К невесомой нити подвешен груз массой 500 г. Если точка подвеса нити движется равноускоренно вертикально вверх с ускорением $2\ \text{м}/\text{с}^2$, то натяжение нити равно:

3.1. 1 Н.

3.2. 2 Н.

3.3. 4 Н.

3.4. 6 Н.

3.5. 8 Н.

Ответ: **3.4.** 6 Н.

4. Груз какой массы нужно подвесить к пружине для упругого удлинения ее на 3 см, если коэффициент жесткости пружины равен $900\ \text{Н/м}$?

4.1. 2,1 кг.

4.2. 2,7 кг.

4.3. 2,4 кг.

4.4. 3,0 кг.

4.5. 1,8 кг.

Ответ: **4.2.** 2,7 кг.

5. Только две силы, величина которых составляет 4 Н и 7 Н, приложены к телу массой 2 кг. Если угол между направлениями действия сил составляет $60°$, то ускорение тела равно:

5.1. $2{,}6\ \text{м/с}^2$.

5.2. $3{,}0\ \text{м/с}^2$.

5.3. $4{,}2\ \text{м/с}^2$.

5.4. $4{,}8\ \text{м/с}^2$.

5.5. $5{,}1\ \text{м/с}^2$.

Ответ: **5.4.** $4{,}8\ \text{м/с}^2$.

6. Тело массой 0,5 кг движется прямолинейно с переменной по величине скоростью, как это показано на рис. 10. Для такого движения в момент времени $t = 2\ \text{с}$ на тело действует равнодействующая сил, равная по модулю:

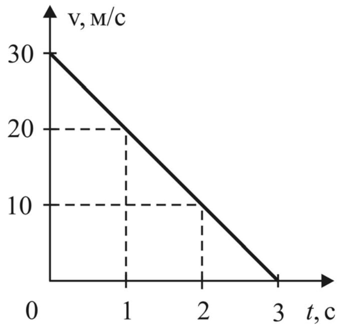


Рис. 10

6.1. 5,0 Н.

6.2. 2,5 Н.

6.3. 1,0 Н.

6.4. 0,5 Н.

6.5. 0,1 Н.

Ответ: **6.1.** 5,0 Н.

7. Сила гравитационного притяжения между шарами из материала одинаковой и неизменной плотности при увеличении объема одного шара в 2 раза и уменьшении объема второго в 2 раза и неизменном расстоянии между центрами шаров:

7.1. Возрастет в 4 раза.

7.2. Возрастет в 2 раза.

7.3. Не изменится.

7.4. Уменьшится в 2 раза.

7.5. Уменьшится в 4 раза.

Ответ: **7.3.** Не изменится.

8. Ускорение свободного падания на поверхности некоторой планеты, средняя плотность которой равна средней плотности Земли, но радиус в n раз больше радиуса Земли, равно:

8.1. $n^2 \cdot g$.

8.2. $n \cdot g$.

8.3. $\sqrt{n} \cdot g$.

8.4. $\frac{1}{n} \cdot g$.

8.5. $\sqrt{n^3} \cdot g$.

Ответ: **8.2.** $n \cdot g$.

9. Радиус Земли равен 6400 км. На каком расстоянии от поверхности Земли сила притяжения космического корабля к ней станет в 9 раз меньше, чем на поверхности Земли?

9.1. 6400 км.

9.2. 19200 км.

9.3. 9600 км.

9.4. 12800 км.

9.5. 57600 км.

Ответ: **9.4.** 12800 км.

10. Жесткость стального провода равна 10^4 Н/м. Если к концу троса, сплетеного из 10 таких проводов, подвесить груз массой 200 кг, то трос удлинится на:

10.1. 0,5 см.

10.2. 1,0 см.

10.3. 1,5 см.

10.4. 2,0 см.

10.5. 2,5 см.

Ответ: **10.4.** 2,0 см.

11. На шероховатой горизонтальной поверхности лежит тело массой 1,5 кг. Коэффициент трения скольжения тела о поверхность равен 0,3. При действии на тело горизонтальной силы 2,0 Н сила трения между телом и поверхностью равна:

11.1. 2,0 Н.

11.2. 2,5 Н.

11.3. 3,0 Н.

11.4. 4,5 Н.

11.5. 0.

Ответ: **11.1.** 2,0 Н.

12. Если на покоящуюся материальную точку *O* начинают действовать четыре силы $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$ и $\vec{F}_4$, приложенные в одной плоскости (рис. 11), то тело:

12.1. Начнет двигаться в направлении действия силы $\vec{F}_1$.

12.2. Начнет двигаться в направлении действия силы $\vec{F}_2$.

12.3. Начнет двигаться в направлении действия силы $\vec{F}_3$.

12.4. Начнет двигаться в направлении действия силы $\vec{F}_4$.

12.5. Сохранит состояние покоя.

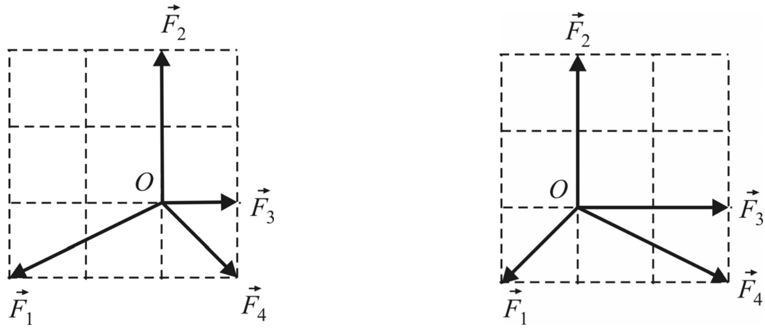


Рис. 11

Ответ:

а) **12.5.** Сохранит состояние покоя (рис.11, а);

б) **12.3.** Начнет двигаться в направлении действия силы $\vec{F}_3$ (рис. 11, б).

13. Из порванного пакета вытекает молоко. Если случайно уронить пакет, то во время свободного падения:

13.1. Молоко потечет медленнее.

13.2. Молоко перестанет вытекать из пакета.

13.3. Молоко потечет быстрее.

13.4. Молоко будет течь так же, как и раньше.

13.5. Поведение молока будет зависеть от его количества в пакете.

Ответ: **13.2.** Молоко перестанет вытекать из пакета.

§ 12. Динамика прямолинейного движения

1. Модуль установившегося ускорения, с которым брусок скользит вниз по наклонной плоскости с углом наклона к горизонту $30°$ при коэффициенте трения 0,2, равен:

1.1. $1{,}1\ \text{м}/\text{с}^2$.　**1.4.** $4{,}4\ \text{м}/\text{с}^2$.

1.2. $2{,}2\ \text{м}/\text{с}^2$.　**1.5.** $5{,}5\ \text{м}/\text{с}^2$.

1.3. $3{,}3\ \text{м}/\text{с}^2$.　**1.6.** $6{,}6\ \text{м}/\text{с}^2$.

Ответ: **1.3.** $3{,}3\ \text{м}/\text{с}^2$.

Примечание. $\sin 30° = 0{,}50$; $\cos 30° \cong 0{,}86$.

2. Тело массой 10 кг движется по горизонтальной плоскости под действием силы, равной 50 Н и направленной под углом $30°$ к горизонту. Если коэффициент трения скольжения между телом и плоскостью равен 0,2, то сила трения, действующая на тело, равна:

2.1. 0,50 Н.　**2.4.** 1,50 Н.

2.2. 0,75 Н.　**2.5.** 1,75 Н.

2.3. 1,25 Н.

Ответ: **2.4.** 1,50 Н.

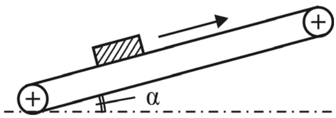


Рис. 12

3. Груз поднимают с помощью ленточного транспортера, расположенного под углом α к горизонту (рис. 12). Если коэффициент трения между грузом и лентой транспортера равен μ, то максимальное ускорение, с которым может подниматься груз, равно:

3.1. $g\mu\cos\alpha$.　**3.4.** $g\mu\,\text{tg}\,\alpha$.

3.2. $g(\cos\alpha - \mu\sin\alpha)$.　**3.5.** $g(\mu\cos\alpha - \sin\alpha)$.

3.3. $g\mu\sin\alpha$.　**3.6.** $g\mu\,\text{ctg}\,\alpha$.

Ответ: **3.5.** $g(\mu\cos\alpha - \sin\alpha)$.

4. На гладкой горизонтальной поверхности лежит доска массой M, а на доске — брусок массой m. Коэффициент трения между доской и бруском равен μ. Брусок начнет соскальзывать с доски, если к ней приложить горизонтальную силу, минимальная величина которой равна:

4.1. $\mu g m$. **4.4.** $g(M + \mu m)$.

4.2. $\mu g(M + m)$. **4.5.** $\mu g M$.

4.3. $\mu g(M - m)$. **4.6.** $g(\mu M + m)$.

Ответ: **4.2.** $\mu g(M + m)$.

5. Брусок находится на горизонтальной подставке с коэффициентом трения между бруском и подставкой равным μ. Подставка движется прямолинейно в горизонтальном направлении по закону $x(t) = a \cdot \sin \omega t$, где x — смещение из начального положения к моменту времени t, a и ω — положительные постоянные. Во время движения брусок не будет проскальзывать по подставке при условии:

5.1. $a\omega^2 < \mu g$. **5.4.** $a\omega^2 \geq \mu g$.

5.2. $a\omega^2 > \mu g$. **5.5.** $a\omega^2 = \mu g$.

5.3. $a\omega^2 \leq \mu g$.

Ответ: **5.3.** $a\omega^2 \leq \mu g$.

§ 13. Динамика системы тел с кинематическими связями

1. На концах нити, переброшенной через блок, висят два груза массой 100 г каждый. Нить невесома и нерастяжима, блок невесом, трение в блоке отсутствует. На один из грузов положили перегрузок и грузы начали двигаться с ускорением $0{,}2\ \text{м}/\text{с}^2$. Масса перегрузка составляет:

1.1. 4 г. **1.4.** 16 г.

1.2. 8 г. **1.5.** 20 г.

1.3. 12 г.

Ответ: **1.1.** 4 г.

2. Грузы массами $m_1 = 3$ кг и $m_2 = 5$ кг подвешены с помощью системы невесомых блоков и невесомой нити (рис. 13). Сила натяжения нити, на которой подвешен первый груз, равна:

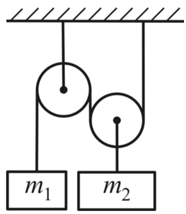


Рис. 13

2.1. 16 Н.
2.2. 26 Н.
2.3. 36 Н.
2.4. 56 Н.
2.5. 76 Н.

Ответ: **2.2.** 26 Н.

3. Два бруска массами $m_1 = 6$ кг и $m_2 = 2$ кг связаны невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок (рис. 14). Трение в оси блока, а также между первым бруском и наклонной плоскостью отсутствует. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30°$. Сила натяжения нити равна:

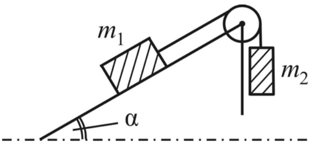


Рис. 14

3.1. 25 Н.
3.2. 30 Н.
3.3. 35 Н.
3.4. 40 Н.
3.5. 45 Н.

Ответ: **3.2.** 30 Н.

4. На призме с углом наклона α находится брусок массой m (рис. 15). Коэффициент трения между бруском и призмой $\mu > \operatorname{tg} \alpha$. Если призме сообщить горизонтальное ускорение вправо, то максимальное его значение, при котором брусок еще не будет скользить по призме:

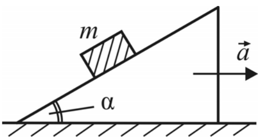


Рис. 15

4.1. $g \cdot \dfrac{\mu - \operatorname{tg} \alpha}{1 + \mu \cdot \operatorname{tg} \alpha}$.

4.2. $g \cdot \dfrac{1 - \mu \cdot \operatorname{tg} \alpha}{1 + \mu \cdot \operatorname{tg} \alpha}$.

4.3. $g \cdot \dfrac{\mu + \operatorname{tg} \alpha}{1 + \mu \cdot \operatorname{tg} \alpha}$.

4.4. $g \cdot \dfrac{\mu + \operatorname{tg} \alpha}{1 + \operatorname{tg} \alpha}$.

4.5. $g \cdot \dfrac{\mu + \operatorname{tg} \alpha}{\mu - \operatorname{tg} \alpha}$.

4.6. $g \cdot \dfrac{\mu + \operatorname{tg} \alpha}{1 - \mu \cdot \operatorname{tg} \alpha}$.

Ответ: **4.1.** $g \cdot \dfrac{\mu - \operatorname{tg} \alpha}{1 + \mu \cdot \operatorname{tg} \alpha}$.

§ 14. Динамика материальной точки, движущейся по окружности

1. С какой максимальной скоростью может ехать мотоцикл по горизонтальной поверхности, описывая дугу окружности радиусом 100 м, если коэффициент трения резины о поверхность равен 0,4?

1.1. $10\ м/с$.
1.2. $20\ м/с$.
1.3. $30\ м/с$.
1.4. $40\ м/с$.
1.5. $50\ м/с$.

Ответ: **1.2.** $20\ м/с$.

2. На конце стержня длиной 10 см укреплен груз массой 0,4 кг, приводимый во вращение в вертикальной плоскости с постоянной угловой скоростью $10\ рад/с$. Ось вращения проходит через конец стержня. Ускорение свободного падения принять равным $10\ м/с^2$. Сила, действующая на стержень со стороны груза в верхней точке траектории, равна:

2.1. 0.
2.2. 1 Н.
2.3. 2 Н.
2.4. 3 Н.
2.5. 4 Н.

Ответ: **2.1.** 0.

3. Грузик, имеющий массу 20 г и прикрепленный к концу невесомого стержня длиной 40 см, равномерно вращается в вертикальной плоскости, делая $2\ об/с$. Каково натяжение стержня, когда груз проходит нижнюю точку своей траектории?

3.1. 1,1 Н.
3.2. 1,5 Н.
3.3. 2,4 Н.
3.4. 3,0 Н.
3.5. 3,8 Н.

Ответ: **3.2.** 1,5 Н.

4. Автомобиль массой 10^3 кг движется по выпуклому мосту, имеющему радиус кривизны 50 м, со скоростью $36\ км/ч$. С какой силой давит автомобиль на мост, проезжая высшую его точку?

4.1. $4\cdot10^3$ Н.

4.2. $6\cdot10^3$ Н.

4.3. $8\cdot10^3$ Н.

4.4. $10\cdot10^3$ Н.

4.5. $12\cdot10^3$ Н.

Ответ: **4.3.** $8\cdot10^3$ Н.

5. Каково отношение скорости искусственного спутника, вращающегося вокруг Земли по круговой орбите радиусом R, к скорости спутника, вращающегося по орбите радиусом $2R$?

5.1. $\sqrt{2}$.

5.2. $\frac{1}{\sqrt{2}}$.

5.3. $\sqrt[3]{2}$.

5.4. $\frac{1}{\sqrt[3]{2}}$.

5.5. $2\sqrt{2}$.

5.6. $\frac{1}{2\sqrt{2}}$.

Ответ: **5.1.** $\sqrt{2}$.

6. Вагон движется по закругленному участку дороги радиусом 100 м. Нить, на которой подвешен к потолку вагона небольшой шарик, отклонилась от вертикали на угол $45°$. Скорость вагона в этот момент составляет:

6.1. 12 м/с.

6.2. 17 м/с.

6.3. 22 м/с.

6.4. 32 м/с.

6.5. 36 м/с.

Ответ: **6.4.** 32 м/с.

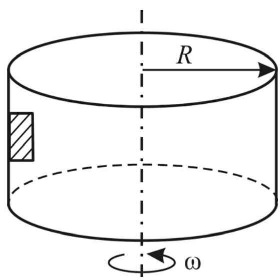


Рис. 16

7. Цилиндр радиусом R, расположенный вертикально, вращается вокруг своей оси с постоянной угловой скоростью ω (рис. 16). На внутренней поверхности цилиндра находится небольшое тело, вращающееся вместе с цилиндром. Минимальная величина коэффициента трения скольжения между телом и поверхностью цилиндра, при которой тело не будет соскальзывать вниз:

7.1. $\dfrac{g}{\omega^2 R}$.

7.2. $\dfrac{\omega^2 R}{g}$.

7.3. $\dfrac{1}{\omega} \cdot \sqrt{\dfrac{g}{R}}$.

7.4. $\omega \cdot \sqrt{\dfrac{R}{g}}$.

7.5. $\sqrt{\dfrac{g}{2\omega^2 R}}$.

7.6. $\sqrt{2} \cdot \dfrac{g}{\omega^2 R}$.

Ответ: **7.1.** $\dfrac{g}{\omega^2 R}$.

СТАТИКА

§ 15. Статика твердого тела. Условия равновесия твердого тела. Момент силы. Правило моментов

Общая схема решения задач практически та же, что и для темы «Динамика». Главное отличие состоит в том, что для успешного решения задач по теме «Статика твердого тела» при расстановке на чертеже всех приложенных к телу сил необходимо точно указать не только направление действия силы, но и точку ее приложения, без чего становится невозможен правильный расчет плеча и момента силы относительно выбранной оси.

Использование правила моментов (*закона природы*!) подразумевает выбор оси, относительно которой рассматриваются моменты приложенных к телу сил. Выбор оси (или осей) в некоторых случаях является ключевым моментом в решении задачи и нередко требует творческого подхода. Если векторы всех действующих на тело сил лежат в одной плоскости, то необходимо ориентировать выбираемую ось перпендикулярно к указанной плоскости, а кроме того, принимать во внимание то обстоятельство, что уравнение моментов тем проще, чем большее количество сил будет иметь относительно выбранной оси момент равный нулю.

Следует обратить внимание на важность при решении задач по теме «Статика твердого тела» понятия неустойчивого равновесия тела. За счет самопроизвольного изменения положения в пространстве центра тяжести тела, обусловленного хаотическим тепловым движением его молекул, тело имеет возможность выйти из положения неустойчивого равновесия. Таким образом, если над телом необходимо совершить действие, которое сделает возможным переход из одного пространственного положения в другое через положение неустойчивого равновесия, то достаточным условием такого перехода, т. е. условием минимального допустимого воздействия на тело будет условие достижения телом положения неустойчивого равновесия, потому что из него тело может как вернуться в прежнее положение, так и перейти в новое.

1. Невесомый горизонтальный стержень покоится на двух опорах (рис. 17). Длина стержня 5 м. К точке стержня *B* подвешен груз массой 10 кг. Расстояние *AB* равно 2 м. В точке *C* стержень давит на опору с силой:

1.1. 70 Н. **1.4.** 40 Н.
1.2. 60 Н. **1.5.** 30 Н.
1.3. 50 Н.

Ответ: **1.4.** 40 Н.

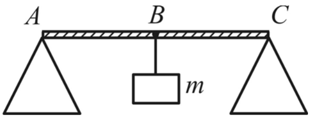


Рис. 17

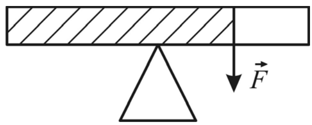


Рис. 18

2. Однородная балка массой 8 кг уравновешена на трехгранной призме (рис. 18). Если четвертую часть балки отрезать, то для сохранения равновесия балки к обрезанному концу следует приложить вертикальную силу $\vec{F}$, равную по величине:

2.1. 30 Н. **2.4.** 60 Н.
2.2. 40 Н. **2.5.** 70 Н.
2.3. 50 Н.

Ответ: **2.1.** 30 Н.

3. Расстояние между двумя опорами равно 8 м. Если на эти опоры положить однородную балку массой 100 кг и длиной 10 м так, чтобы край балки выступал на 2 м за левую опору, то сила давления балки на правую опору будет равна:

3.1. 280 Н. **3.4.** 410 Н.
3.2. 340 Н. **3.5.** 465 Н.
3.3. 375 Н.

Ответ: **3.3.** 375 Н.

4. На вал с насаженным на него колесом диаметром 20 см, относительно оси действует момент силы $8\ \text{Н} \cdot \text{м}$ со стороны электродвигателя. С какой минимальной силой должна быть прижата тормозная колодка к ободу колеса, чтобы колесо не вращалось? Коэффициент трения равен 0,8.

4.1. 40 Н. **4.4.** 160 Н.
4.2. 80 Н. **4.5.** 200 Н.
4.3. 100 Н.

Ответ: **4.5.** 200 Н.

5. К вертикальной гладкой стене подвешен на тросе *AB* однородный шар массой *m* (рис. 19). Если трос составляет угол α со стеной, то сила натяжения троса равна:

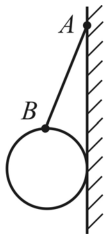


Рис. 19

5.1. mg.
5.2. $mg \sin \alpha$.
5.3. $\dfrac{mg}{\sin \alpha}$.
5.4. $mg \cdot \cos \alpha$.
5.5. $\dfrac{mg}{\cos \alpha}$.
5.6. $mg \cdot \operatorname{tg} \alpha$.
5.7. $mg \cdot \operatorname{ctg} \alpha$.

Ответ: **5.5.** $\dfrac{mg}{\cos \alpha}$.

§ 16. Центр тяжести

Для определения положения в пространстве центра тяжести тела можно применять два подхода.

1. Использовать определение центра тяжести, т. е. составлять и решать уравнение моментов для сил тяжести, приложенных к различным частям тела (системы тел), принимая во внимание соображения симметрии конфигурации тела (системы тел).

2. Использовать то обстоятельство, что в однородном поле тяжести, когда во всех точках пространства, занимаемых телом, ускорение свободного падания одинаково, центр тяжести совпадает с центром масс тела, т. е. для нахождения координат центра тяжести

тела можно использовать формулу (11.2)*, записанную в проекциях на координатные оси.

1. Два шара массами 1 и 5 кг скреплены невесомым стержнем. Расстояние между их центрами 90 см. На каком расстоянии от центра более легкого шара находится центр тяжести системы?

1.1. 45 см.
1.2. 55 см.
1.3. 65 см.
1.4. 75 см.
1.5. 85 см.

Ответ: **1.4.** 75 см.

2. Если закрепить два точечных груза массами $2m$ и m на невесомом стержне длиной L (рис. 20), то для того чтобы стержень остался в равновесии, его следует подвесить в точке O, находящейся от груза $2m$ на расстоянии, равном:

2.1. $\frac{1}{6}L$.
2.2. $\frac{1}{4}L$.
2.3. $\frac{1}{3}L$.
2.4. $\frac{2}{5}L$.
2.5. $\frac{3}{8}L$.
2.6. $\frac{3}{10}L$.

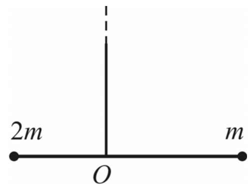


Рис. 20

Ответ: **2.3.** $\frac{1}{3}L$.

3. Однородная пластинка квадратной формы свободно подвешена за вершину квадрата (рис. 21). Если из пластины изъять $1/4$ часть, то она повернется вокруг точки подвеса на угол, тангенс которого равен:

3.1. $\frac{1}{12}$.
3.2. $\frac{1}{6}$.
3.3. $\frac{1}{4}$.
3.4. $\frac{\sqrt{2}}{12}$.
3.5. $\frac{\sqrt{2}}{6}$.
3.6. $\frac{\sqrt{2}}{4}$.

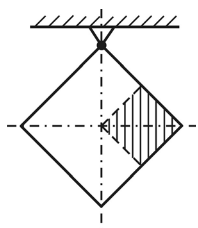


Рис. 21

Ответ: **3.2.** $\frac{1}{6}$.

---

* Долгов А.Н. Пособие по физике «Механика». – В 3-х ч. В помощь учащимся 10–11 классов. – М.: МИФИ, 2009.

§ 17. Гидростатика. Давление столба жидкости. Закон Архимеда. Условие плавания тел. Закон Паскаля. Сообщающиеся сосуды. Гидравлический пресс. Барометр

В целом, решение задач по теме «Гидростатика» следует схеме, предложенной для решения задач по темам «Динамика» и «Статика твердого тела». Некоторую трудность для учащихся может представлять определение направления и величины силы давления, действующей со стороны газа или жидкости на поверхность граничащего с газом или жидкостью тела. На малый (элементарный) участок поверхности тела, который можно считать плоским, а давление во всех точках которого — одинаковым, действует сила давления, направленная перпендикулярно к поверхности в пределах данного участка и равная по величине произведению давления на площадь поверхности участка. Т. е. направление силы давления определяется положением в пространстве поверхности, к которой она приложена.

Давление не имеет направления, однако, сила давления — вектор, поэтому сила давления, действующая на интересующую нас поверхность — это векторная сумма сил давления, приложенных к отдельным участкам поверхности тела.

В частности, сила Архимеда — это равнодействующая сил давления со стороны газа или жидкости, воздействующих на различные участки поверхности тела, погруженного полностью или частично в газ или жидкость.

Условием равновесия двух не образующих раствора жидкостей или двух частей однородной жидкости является равенство их гидростатических давлений в области контакта, как это происходит, например, в сообщающихся сосудах.

1. В подводной части речного судна ниже уровня воды на глубине 2 м образовалась пробоина, площадь которой $40\,\text{см}^2$. Плотность воды $1\,\text{г}/\text{см}^3$. Чтобы удержать заплату, закрывающую отверстие с внутренней стороны корабля, к ней следует приложить силу, минимальная величина которой равна:

1.1. 40 Н.
1.2. 80 Н.
1.3. 120 Н.
1.4. 160 Н.
1.5. 240 Н.

Ответ: **1.2.** 80 Н.

2. В U-образной трубке постоянного сечения находится ртуть, плотность которой $13{,}6 \cdot 10^3$ кг/м^3. В левую часть трубки наливают воду так, что она образует столб высотой 27,2 см. Если плотность воды равна 10^3 кг/м^3, то уровень ртути в правом колене повысится на:

2.1. 1 см.
2.2. 2 см.
2.3. 3 см.
2.4. 4 см.
2.5. 5 см.

Ответ: **2.1.** 1 см.

3. Кусок металла плотностью 9000 кг/м^3 подвешен на пружине динамометра и полностью погружен в воду. Плотность воды 1000 кг/м^3. Показание динамометра составляет 20 Н. Объем куска металла при этом равен:

3.1. $0{,}25 \cdot 10^{-3}$ м^3.
3.2. $0{,}35 \cdot 10^{-3}$ м^3.
3.3. $0{,}45 \cdot 10^{-3}$ м^3.
3.4. $0{,}55 \cdot 10^{-3}$ м^3.
3.5. $0{,}65 \cdot 10^{-3}$ м^3.

Ответ: **3.1.** $0{,}25 \cdot 10^{-3}$ м^3.

4. Если плотность льда 900 кг/м^3 и плотность воды 1000 кг/м^3, то из воды выступает часть айсберга, плавающего в ней, равная:

4.1. 0,1.
4.2. 0,2.
4.3. 0,3.
4.4. 0,4.
4.5. 0,5.

Ответ: **4.1.** 0,1.

5. При переходе из моря в реку с корабля сняли часть груза, при этом осадка корабля не изменилась. Масса корабля с оставшимся грузом составляет 4000 т, плотность морской воды 1030 кг/м^3, а речной — 1000 кг/м^3. Масса снятой части груза составляет:

5.1. 60 т.

5.2. 80 т.

5.3. 120 т.

5.4. 160 т.

5.5. 180 т.

Ответ: **5.3.** 120 т.

6. На Луне тело опустили в сосуд с водой. Если известно, что плотность тела в 2 раза больше плотности воды, а сила тяжести на Луне в 6 раз меньше силы тяжести на Земле, то указанное тело:

6.1. Будет плавать на поверхности, на $\frac{1}{3}$ погрузившись в воду.

6.2. Будет плавать на поверхности, погрузившись в воду на $\frac{2}{3}$.

6.3. Будет плавать у поверхности, лишь незначительно выступая из воды.

6.4. Будет плавать внутри объема, занятого водой, в состоянии безразличного равновесия.

6.5. Будет лежать на дне сосуда.

Ответ: **6.5.** Будет лежать на дне сосуда.

7. Со дна водоема поднимается пузырек воздуха. Температура воды одинакова во всем водоеме. Как изменяется по мере подъема пузырька сила, выталкивающая его из воды?

7.1. Не меняется.

7.2. Убывает.

7.3. Возрастает.

7.4. Зависит от плотности воды.

7.5. Зависит от температуры воды.

Ответ: **7.3.** Возрастает.

8. До какой высоты нужно нилить жидкость в цилиндрический сосуд радиусом основания R, чтобы сила давления на дно и сила давления на стенки сосуда оказались одинаковы?

8.1. $2\pi R$.

8.2. R.

8.3. $2R$.

8.4. πR.

8.5. $\sqrt{2}\,\pi R$.

8.6. Ни при какой высоте столба жидкости этого не произойдет.

Ответ: **8.6.** Ни при какой высоте столба жидкости этого не произойдет.

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

§ 18. Импульс тела и системы тел. Закон сохранения импульса. Выражение второго закона Ньютона через импульс

При решении задач с использованием закона сохранения импульса необходимо обратить внимание на обоснованность применения данного закона природы, т. е. обоснованность ссылки на него при составлении соответствующих уравнений. Следовательно, в решении должна присутствовать процедура проверки выполнения необходимых условий, фигурирующих в формулировке закона.

Методику решения задач с использованием закона сохранения импульса можно представить следующим образом.

1. Выбрать инерциальную систему отсчета.
2. Выбрать систему тел, которая будет рассматриваться.
3. Сделать чертеж и указать внешние силы, действующие на рассматриваемую систему тел.
4. Проанализировать выполнимость условий закона сохранения импульса для рассматриваемой системы тел.
5. Записать закон сохранения импульса в векторной форме.
6. При необходимости выбрать систему координатных осей и записать закон сохранения импульса для рассматриваемой системы тел в проекциях на оси. Например, если все внешние силы направлены вдоль одной прямой, то следует записать закон сохранения импульса в проекциях на ось, перпендикулярную к этой прямой.
7. Решить полученную систему уравнений.

В случае использования второго закона Ньютона в импульсной форме следует иметь в виду, что изменение импульса тела (системы тел) является результатом воздействия силы, направление действия которой определяет направление вектора приращения импульса.

1. Два одинаковых шарика массой 2 кг каждый движутся поступательно и прямолинейно в горизонтальной плоскости с одинаковыми скоростями $4\,\text{м/с}$ так, что угол между направлениями их движения $120°$. Импульс системы шаров:

1.1. $3{,}4\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.

1.2. $4{,}0\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.

1.3. $6{,}8\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.

1.4. $8\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.

1.5. $13{,}6\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.

Ответ: **1.4.** $8\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.

2. Замкнутая система из двух частиц массами $m_1 = 5{,}0\,\text{кг}$ и $m_2 = 3{,}0\,\text{кг}$, имевших до столкновения скорости $\vec{\mathrm{v}}_1 = \vec{e}_x - 2\vec{e}_y + \vec{e}_z$ (м/с) и $\vec{\mathrm{v}}_2 = \vec{e}_x + 2\vec{e}_y - 3\vec{e}_z$ (м/с) соответственно, имеет после их столкновения и разлета импульс, равный:

2.1. $7{,}2\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.

2.2. $8{,}1\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.

2.3. $9{,}8\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.

2.4. $10{,}6\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.

2.5. $11{,}7\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.

Ответ: **2.3.** $9{,}8\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.

3. Падающий вертикально со скоростью $5\,\text{м/с}$ шарик массой 0,2 кг отскакивает от пола со скоростью $3\,\text{м/с}$. Если длительность удара составляет 0,01 с, то средняя сила, действующая на шарик со стороны пола в процессе удара, равна:

3.1. 40 Н. **3.4.** 160 Н.
3.2. 80 Н. **3.5.** 200 Н.
3.3. 120 Н.

Ответ: **3.4.** 160 Н.

4. Пуля массой $m = 20$ г, летящая со скоростью $v = 700$ м/с под углом $\alpha = 60°$ к горизонту, попадает в мешок с песком, лежащий на гладком горизонтальном столе, и застревает в нем. Масса мешка $M = 4$ кг (рис. 22). Мешок начинает скользить по столу со скоростью, равной:

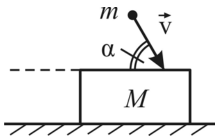


Рис. 22

4.1. 1,7 м/с. **4.4.** 3,0 м/с.
4.2. 2,1 м/с. **4.5.** 3,5 м/с.
4.3. 2,6 м/с.

Ответ: **4.1.** 1,7 м/с.

5. На плот массой 120 кг, движущийся по течению реки со скоростью 5 м/с, бросают с берега груз массой 80 кг перпендикулярно к направлению течения со скоростью 10 м/с. Тангенс угла между направлениями движения плота до и сразу после падения груза на плот равен:

5.1. 0,5. **5.4.** 1,7.
5.2. 0,8. **5.5.** 2,0.
5.3. 1,3.

Ответ: **5.2.** 0,8.

6. Две лодки массой по 150 кг движутся вдоль берега по инерции с одинаковыми скоростями 2,0 м/с. Из передней лодки в заднюю перепрыгивает человек массой 50 кг с горизонтальной скоростью 6,4 м/с относительно лодки. Горизонтальная составляющая скорости человека относительно берега, с которой он летит между лодками:

6.1. 1,6 м/с. **6.4.** 3,2 м/с.
6.2. 2,4 м/с. **6.5.** 3,6 м/с.
6.3. 2,8 м/с.

Ответ: **6.3.** 2,8 м/с.

§ 19. Работа. Мощность

Наиболее распространенная ошибка при расчете работы — подмена в определении (19.1)* модуля перемещения величиной пройденного пути и «потеря» в качестве сомножителя косинуса угла между направлением действия силы и направлением перемещения, что, в частности, не позволяет правильно понять соотношение между работами, которые совершают друг над другом два взаимодействующих тела. Например, если тело скользит по шероховатой поверхности, то оно совершает над поверхностью положительную работу, а поверхность над телом — отрицательную, хотя в обоих случаях работу совершает сила трения, и, таким образом, работа силы трения необязательно имеет знак минус.

Еще одно характерное заблуждение — отождествление мгновенной мощности со средней. Кроме того, незнание формулы (19.9)* для расчета мгновенной мощности часто не позволяет верно оценить работу сил натяжения нити, упругости пружины, реакции опоры и т. п. при криволинейном движении тела, на которое указанные силы воздействуют.

1. Подъемный кран в течение 20 с поднимает с земли груз массой 200 кг с ускорением $0{,}2\ \text{м}/\text{с}^2$. Если ускорение свободного падения равно $9{,}8\ \text{м}/\text{с}^2$, то при подъеме груза совершена работа:

1.1. $4\cdot10^4$ Дж.	**1.4.** $16\cdot10^4$ Дж.
1.2. $8\cdot10^4$ Дж.	**1.5.** $20\cdot10^4$ Дж.
1.3. $12\cdot10^4$ Дж.	**1.6.** $24\cdot10^4$ Дж.

Ответ: **1.2.** $8\cdot10^4$ Дж.

2. При выстреле из винтовки вертикально вверх со скоростью $300\ \text{м}/\text{с}$ пуля массой 10 г достигла высоты 4000 м. Величина работы, совершенной силой трения о воздух:

2.1. 50 Дж.	**2.4.** 300 Дж.
2.2. 150 Дж.	**2.5.** 450 Дж.
2.3. 250 Дж.	

Ответ: **2.1.** 50 Дж.

* Долгов А.Н. Пособие по физике «Механика». – В 3-х ч. В помощь учащимся 10–11 классов. – М.: МИФИ, 2009.

3. На тело массой 2 кг, находящееся на гладкой горизонтальной поверхности, действует переменная сила, направленная горизонтально вдоль оси OX (рис. 23). Зависимость проекции ускорения тела от координаты задана графически. Работа силы при перемещении тела на расстояние 6 м равна:

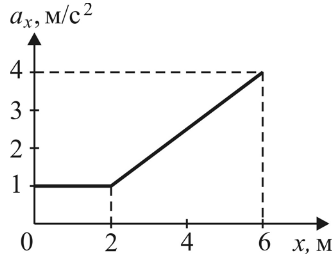


Рис. 23

3.1. 16 Дж. **3.4.** 28 Дж.
3.2. 20 Дж. **3.5.** 32 Дж.
3.3. 24 Дж. **3.6.** 36 Дж.

Ответ: **3.3.** 24 Дж.

4. Тонкий гибкий канат втягивают с гладкой горизонтальной поверхности на шероховатую наклонную плоскость, прикладывая к концу каната силу $\vec{F}$, направленную вдоль наклонной плоскости (рис. 24). Если длина каната 1 м, погонная плотность каната $2\ кг/м$, коэффициент трения 0,5, угол наклона $\alpha = 30°$, то минимальная работа, которую совершит сила $\vec{F}$ к тому моменту, когда канат целиком окажется на наклонной плоскости, равна:

Рис. 24

4.1. 3,4 Дж. **4.4.** 9,3 Дж.
4.2. 5,2 Дж. **4.5.** 12,7 Дж.
4.3. 7,1 Дж.

Ответ: **4.4.** 9,3 Дж.

5. Автомобиль, имеющий массу 3 т, трогается с места и, двигаясь прямолинейно и равноускоренно, проходит путь 20 м за 2 с. Двигатель автомобиля развивает среднюю мощность, равную:

5.1. 300 кВт. **5.4.** 1200 кВт.
5.2. 600 кВт. **5.5.** 2400 кВт.
5.3. 900 кВт. **5.6.** 3600 кВт.

Ответ: **5.1.** 300 кВт.

6. Полезная мощность насоса 10 кВт. Какой объем воды может поднять этот насос на поверхность земли с глубины 18 м в течение

30 мин? Плотность воды принять равной $1000\,\text{кг}/\text{м}$, ускорение свободного падения $10\,\text{м}/\text{с}^2$.

6.1. $60\,\text{м}^3$.

6.2. $100\,\text{м}^3$.

6.3. $120\,\text{м}^3$.

6.4. $180\,\text{м}^3$.

6.5. $240\,\text{м}^3$.

Ответ: **6.2.** $100\,\text{м}^3$.

§ 20. Механическая энергия. Кинетическая энергия тела и системы тел. Теорема о кинетической энергии. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии

При решении задач по теме «Закон сохранения механической энергии» в первую очередь важно выяснить, действуют ли в рассматриваемой системе тел неконсервативные силы — это, как правило, силы трения. Далее, совершают ли неконсервативные силы, коль скоро они присутствуют в рассматриваемой системе тел, работу. Например, если тело круглой формы катится без проскальзывания по неподвижной шероховатой поверхности (опоре), то сила трения скольжения работы не совершает, так как точка ее приложения в любой момент времени неподвижна, а значит, ее мгновенная мощность равна нулю.

Что касается консервативных внешних сил, то можно либо описать их действие на тела рассматриваемой системы в уравнении, выражающем закон сохранения энергии, через приращение потенциальной энергии тел в поле действия указанных сил, либо выразить приращение механической энергии рассматриваемой системы через работу указанных сил над телами системы.

1. На первоначально покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой 4 кг подействовали постоянной горизонтально направленной силой величиной 2 Н в течение 3 с. Тело за указанное время приобрело механическую энергию:

1.1. 3,0 Дж.
1.2. 4,5 Дж.
1.3. 6,0 Дж.
1.4. 9,0 Дж.
1.5. 12,0 Дж.

Ответ: **1.2.** 4,5 Дж.

2. Если для сжатия на 2 см буферной пружины железнодорожного вагона требуется сила 60 кН, то при ее сжатии на 5 см будет произведена работа:

2.1. 2,25 кДж.
2.2. 3,25 кДж.
2.3. 3,75 кДж.
2.4. 4,25 кДж.
2.5. 4,75 кДж.

Ответ: **2.3.** 3,75 кДж.

3. Два шарика массами $m_1 = 200\text{ г}$ и $m_2 = 300\text{ г}$ подвешены на одинаковых нитях длиной $L = 50\text{ см}$. Шарики соприкасаются. Первый шарик отклонили от положения равновесия на угол $\alpha = 90°$ и отпустили. После абсолютно неупругого соударения шарики поднимутся на высоту, равную:

3.1. 4,0 см.
3.2. 5,5 см.
3.3. 6,5 см.
3.4. 8,0 см.
3.5. 9,5 см.

Ответ: **3.4.** 8,0 см.

4. Мяч, летящий горизонтально со скоростью 10 м/с, отбрасывают ударом ракетки в противоположную сторону со скоростью 20 м/с, приращение кинетической энергии мяча при этом составило 10 Дж. Модуль приращения импульса равен:

4.1. $1\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.
4.2. $2\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.
4.3. $3\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.
4.4. $4\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.
4.5. $5\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.

Ответ: **4.2.** $2\,\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$.

5. Если прикрепленный к вертикальной пружине груз медленно опускают до положения равновесия, то пружина растягивается на длину 7,5 см. Если тому же грузу предоставить возможность падать из положения, при котором пружина недеформирована, то пружина растягивается на:

5.1. 7,5 см.
5.2. 9,0 см.
5.3. 10,5 см.
5.4. 12,5 см.
5.5. 15,0 см.

Ответ: **5.5.** 15,0 см.

6. Если прикрепленный к вертикальной пружине груз медленно опускают до положения равновесия, то пружина растягивается на длину 7,5 см. Если тому же грузу предоставить возможность падать из положения, при котором пружина недеформирована, то его максимальная скорость при ускорении свободного падения $10\ м/с^2$ составит:

6.1. $0{,}59\ м/с$.
6.2. $0{,}64\ м/с$.
6.3. $0{,}72\ м/с$.
6.4. $0{,}86\ м/с$.
6.5. $1{,}08\ м/с$.

Ответ: **6.4.** $0{,}86\ м/с$.

7. Брусок толкнули вниз по наклонной плоскости с некоторой скоростью, и он прошел путь 8,0 м до остановки. Коэффициент трения равен 0,4. Тангенс угла наклона плоскости к линии горизонта составляет 0,1. Если брусок толкнуть с той же скоростью вверх по наклонной плоскости, то он пройдет до остановки путь, равный:

7.1. 4,0 м.
7.2. 4,8 м.
7.3. 5,6 м.
7.4. 6,4 м.
7.5. 7,2 м.

Ответ: **7.2.** 4,8 м.

8. Маленький шарик подвешен к неподвижной оси нитью длиной 0,6 м. Если принять ускорение свободного падения равным $10\ м/с^2$, то минимальная скорость, которую надо сообщить шарику в горизонтальном направлении, чтобы он сделал полный оборот вокруг оси, двигаясь по окружности в вертикальной плоскости, составит:

8.1. $3{,}5\ м/с$.
8.2. $4{,}5\ м/с$.
8.3. $5{,}5\ м/с$.
8.4. $6{,}5\ м/с$.
8.5. $7{,}5\ м/с$.

Ответ: **8.3.** $5{,}5\ м/с$.

§ 21. Движение жидкостей и газов. Стационарное ламинарное течение. Трубка тока. Идеальная жидкость. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли. Формула Торричелли

Тема «Движение жидкостей и газов» в настоящее время не входит в перечень обязательных в рамках школьного курса физики, однако в ее основе лежит использование закона сохранения механической энергии и свойство несжимаемости жидкостей, которое присутствует в теме «Гидростатика», так как основное уравнение, описывающее движение идеальной жидкости, т. е. уравнение Бернулли, является прямым следствием закона сохранения механической энергии. Таким образом, тема «Движение жидкостей и газов» является неотъемлемой частью классической механики, а задачи по данной теме могут предлагаться на физических олимпиадах для школьников.

1. Вода течет по горизонтальной трубе переменного сечения. На входе диаметр трубы равен 4 см, а на выходе — 2,5 см. Если на выходе скорость воды составляет $4\ \text{м/с}$, то ее скорость на входе:

1.1. $0{,}8\ \text{м/с}$. **1.4.** $1{,}6\ \text{м/с}$.

1.2. $1{,}0\ \text{м/с}$. **1.5.** $1{,}9\ \text{м/с}$.

1.3. $1{,}3\ \text{м/с}$.

Ответ: **1.4.** $1{,}6\ \text{м/с}$.

2. Вода течет по горизонтальной трубе переменного сечения. Если в широкой части трубы скорость воды составляет $3\ \text{м/с}$, а в узкой — $5\ \text{м/с}$, разность давлений в широкой и узкой частях составляет:

2.1. 4 кПа. **2.4.** 10 кПа.

2.2. 6 кПа. **2.5.** 12 кПа.

2.3. 8 кПа.

Ответ: **2.3.** 8 кПа.

3. Струя воды вытекает из выходного отверстия брандспойта диаметром 2 см со скоростью $10\ \text{м/с}$. Если принять ускорение свободного падения $10\ \text{м/с}^2$, то, поднявшись на высоту 3,2 м, вода будет обладать скоростью:

3.1. $2\ м/с$.

3.2. $3\ м/с$.

3.3. $4\ м/с$.

3.4. $5\ м/с$.

3.5. $6\ м/с$.

Ответ: **3.5.** $6\ м/с$.

4. Струя воды из брандспойта направлена под углом 60° к горизонту. Если диаметр сопла брандспойта равен 2,5 см, то диаметр струи воды в верхней точке:

4.1. 3,0 см.

4.2. 3,6 см.

4.3. 4,5 см.

4.4. 5,4 см.

4.5. 6,3 см.

Ответ: **4.2.** 3,6 см.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Александр Николаевич Долгов

Пособие по физике
«Механика»
10—11 класс

Книга для учителей

Редактор Н.В. Шумакова

Оригинал-макет подготовлен Л.М. Бурлаковой

Подписано в печать 07.09.2009. Формат 60x84 1/16.
Печ.л. 3,75. Тираж 500 экз. Изд. № 073-1. Заказ №

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».
Типография НИЯУ МИФИ.
115409, Москва, Каширское ш., 31

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

МИФИ – базовое высшее учебное заведение России, предназначенное для подготовки инженеров: физиков, математиков, системотехников – инженеров-исследователей, обладающих глубокими знаниями физико-математических дисциплин в сочетании с серьезной инженерной подготовкой.

ФАКУЛЬТЕТЫ	***телефон***
Факультет экспериментальной и теоретической физики (Т)	8(495)324-84-40
Физико-технический факультет (Ф)	8(495)324-84-41
Факультет автоматики и электроники (А)	8(495)324-84-42
Факультет кибернетики (К)	8(495)324-84-46
Факультет информационной безопасности (Б)	8(495)324-84-00
Гуманитарный факультет (Г):	8(495)323-90-62
- Институт международных отношений	8(495)323-95-83
- Финансовый институт	8(495)324-03-78
- Институт инновационного менеджмента	8(495)323-90-88
- Экономико-аналитический институт	8(495)323-92-15
- Институт финансовой и экономической безопасности	8(495)323-95-27

ПРИЕМНАЯ КОМИССИЯ 8(495)324-84-17; 8(495)323-95-12

Адрес МИФИ: *115409, г. Москва, Каширское ш., д.31*

По вопросам повышения квалификации учителей физики, математики и информатики, а также по работе МИФИ со школами в регионах РФ обращаться в **Центр повышения квалификации и переподготовки кадров** по тел.: ***8(495)324-05-08, 8(499)725-24-60*****.**