

Национальный институт образования

Факультативные занятия

В. В. Дорофейчик, В. А. Пенязь

Физика 9 класс

Простые решения сложных задач Рабочая тетрадь

Пособие для учащихся
общеобразовательных учреждений
с белорусским и русским языками обучения

Рекомендовано
Научно-методическим учреждением
«Национальный институт образования»
Министерства образования
Республики Беларусь

2-е издание



Минск • «Аверсэв» • 2012

УДК 53(075.3=161.3=161.1)
ББК 22.3я721
Д69

Серия основана в 2010 году

Дорофейчик, В. В.

Д69 Физика. 9 класс. Простые решения сложных задач : рабочая тетрадь : пособие для учащихся общеобразоват. учреждений с белорус. и рус. яз. обучения / В. В. Дорофейчик, В. А. Пенязь. — 2-е изд. — Минск : Аверсэв, 2012. — 144 с. : ил. — (Факультативные занятия).

ISBN 978-985-533-137-8.

Пособие предназначено учащимся 9 классов для работы на факультативных занятиях по физике и составлено в соответствии с учебной программой факультативного курса. Тетрадь может быть использована для подготовки к централизованному тестированию.

УДК 53(075.3=161.3=161.1)
ББК 22.3я721

Учебное издание

ФАКУЛЬТАТИВНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Дорофейчик Владимир Владимирович

Пенязь Владимир Александрович

ФИЗИКА. 9 КЛАСС

Простые решения сложных задач

Рабочая тетрадь

Пособие для учащихся общеобразовательных учреждений
с белорусским и русским языками обучения

2-е издание

Ответственный за выпуск *Д. Л. Дембовский*

Подписано в печать 01.11.2011. Формат 60×84^{1/16}. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,37. Уч.-изд. л. 6,28. Тираж 2100 экз. Заказ

Общество с дополнительной ответственностью «Аверсэв».

ЛИ № 02330/0003944 от 03.02.2009. Ул. Н. Олешева, 1, офис 309, 220090, Минск.

E-mail: info@aversev.by; www.aversev.by

Контактные телефоны (017) 268-09-79, 268-08-78.

Для писем: а/я 3, 220090, Минск.

УПП «Витебская областная типография».

ЛП № 02330/0494165 от 03.04.2009.

Ул. Щербакова-Набережная, 4, 210015, Витебск.

ISBN 978-985-533-137-8

© НМУ «Национальный институт образования», 2010

© Оформление. ОДО «Аверсэв», 2010

От авторов

Уважаемые девятиклассники!

Завершив изучение физики в 8-м классе, вы переходите на более высокий уровень рассмотрения физических явлений и процессов. Таким образом, вы вступаете на путь изучения более сложного и трудного, но не менее увлекательного раздела физики, который называется «Механика». Этот раздел физики существенно отличается от предыдущих, рассмотренных в 6, 7 и 8-м классах, применением как большего числа законов и уравнений, так и более сложного математического аппарата. Чтобы успешно усвоить механику, следует не только основательно разобраться в теории, но и научиться применять теоретические знания по механике к решению задач. В частности, предлагаемые в пособии задачи позволят, с одной стороны, на более глубоком уровне осмыслить физические понятия и закономерности, с другой — не просто освоить методы решения задач, но и научиться выделять из них наиболее простые.

Дидактический материал каждого занятия начинается с задачи, решение которой основано на повторении соответствующих физических законов, закономерностей и формул, предложенных вашему вниманию ранее на уроке учителем физики. Верные, по вашему мнению, ответы должны быть отмечены в соответствующем квадрате, графе таблицы. Для решения задачи после записи условия выделяется свободное место, на котором вы можете изложить основные идеи, формулы, рисунки и графики, сделать некоторые вычисления и записать ответ. Это не исключает применения черновиков или другой тетради. Более того, в рабочую тетрадь можно будет вклеивать листки с более подробными решениями задач, представленных в этом пособии и в других сборниках по предложенным темам. Таким образом, по окончании работы

с этой книгой вы можете создать свою собственную, которая поможет подготовиться, в частности, к вступительным экзаменам по физике. Для удобства пользования данным пособием справочные данные, требуемые для решения задачи, указаны в самой задаче. Если модуль ускорения свободного падения не указан в условии задач, то его следует считать

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Желаем успехов!

Авторы

Занятие



Векторные величины

1.1. Отметьте, какие из выделенных курсивом физических величин являются векторными:

- 1) *путь*, пройденный туристом в течение дня;
- 2) *масса* движущегося вагона;
- 3) *скорость* движущегося вагона;
- 4) *механическая работа* силы по перемещению данного тела;
- 5) *сила*, под действием которой совершается механическая работа.

1.2. В параллелограмме $ABCD$ диагонали пересекаются в точке O . Равны ли векторы:

- а) \vec{AB} и \vec{DC} ;
- б) \vec{BC} и \vec{DA} ;
- в) \vec{AO} и \vec{OC} ;
- г) \vec{AC} и \vec{BD} ?

Ответ обоснуйте.



1.5. В параллелограмме $ABCD$ диагонали пересекаются в точке O . Выразите через векторы $\vec{a} = \overrightarrow{AB}$ и $\vec{b} = \overrightarrow{AD}$ следующие векторы: $\overrightarrow{DC} + \overrightarrow{CB}$, $\overrightarrow{BO} + \overrightarrow{OC}$, $\overrightarrow{BO} - \overrightarrow{OC}$, $\overrightarrow{BA} - \overrightarrow{DA}$.



Занятие



Умножение вектора на скаляр. Координаты (проекции) вектора

2.1. Отметьте верные утверждения.

- 1) Произведение вектора на скаляр есть скаляр.
- 2) Произведением вектора \vec{a} на скаляр k является вектор, сонаправленный вектору \vec{a} .
- 3) Проекция вектора на координатную ось является числом.
- 4) Радиус-вектор — это вектор, начало которого совпадает с началом координат.
- 5) Лучи, исходящие из вершины прямоугольника вдоль его смежных сторон, образуют прямоугольную систему координат.

2.2. В параллелограмме $ABCD$ точка E — середина стороны AD , точка G — середина стороны BC . Выразите векторы \vec{EC} и \vec{GD} через векторы $\vec{DC} = \vec{a}$ и $\vec{CB} = \vec{b}$.



2.3. Разложите векторы, изображенные на рисунке 1, по координатным векторам \vec{i} и \vec{j} . Вычислите модули этих векторов.

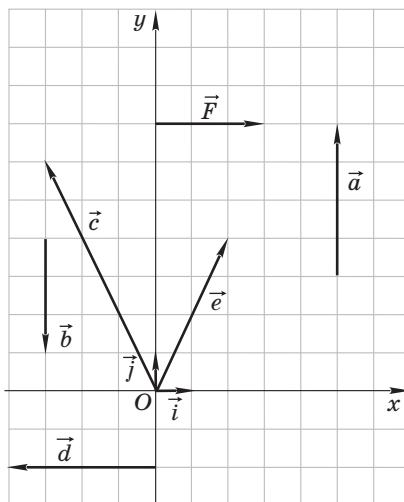
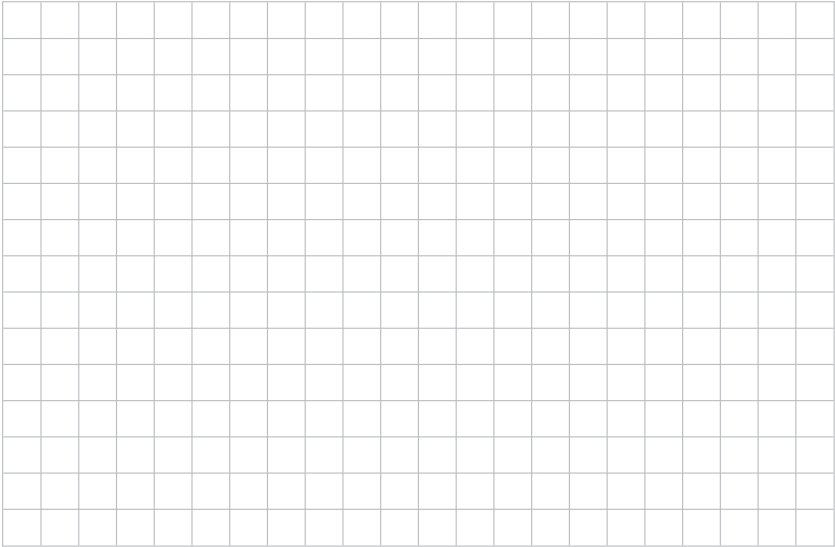


Рис. 1



2.4. Дан вектор \overline{AB} , где $A(x_1; y_1)$, $B(x_2; y_2)$. Докажите, что каждая проекция вектора равна разности соответствующих координат его конца и начала, т. е. $\overline{AB}(x_2 - x_1; y_2 - y_1)$.



2.5. Найдите проекции векторов, изображенных на рисунке 2.

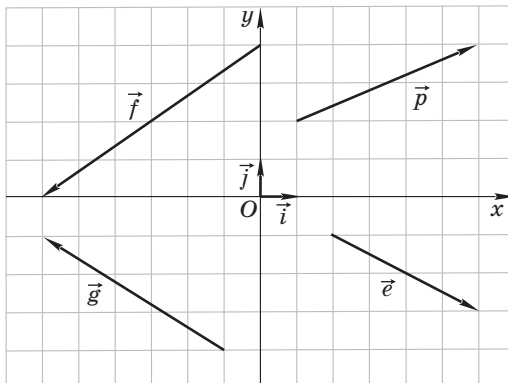


Рис. 2



Занятие



Материальная точка. Путь и перемещение

3.1. Отметьте, в каких случаях в условии задачи тело, выделенное курсивом, можно принимать за материальную точку:

- 1) определить давление *лыжника* на снег;
- 2) рассчитать давление воздуха в *мяче*;
- 3) вычислить среднюю скорость движения *гепарда* на дистанции 600 м;
- 4) найти площадь поверхности заряженной *сферы*;
- 5) показать на карте перемещение *разведчиков*;
- 6) определить среднюю скорость, с которой выдвигают *ящик* стола.

3.2. Приведите примеры, опровергающие верность утверждений.

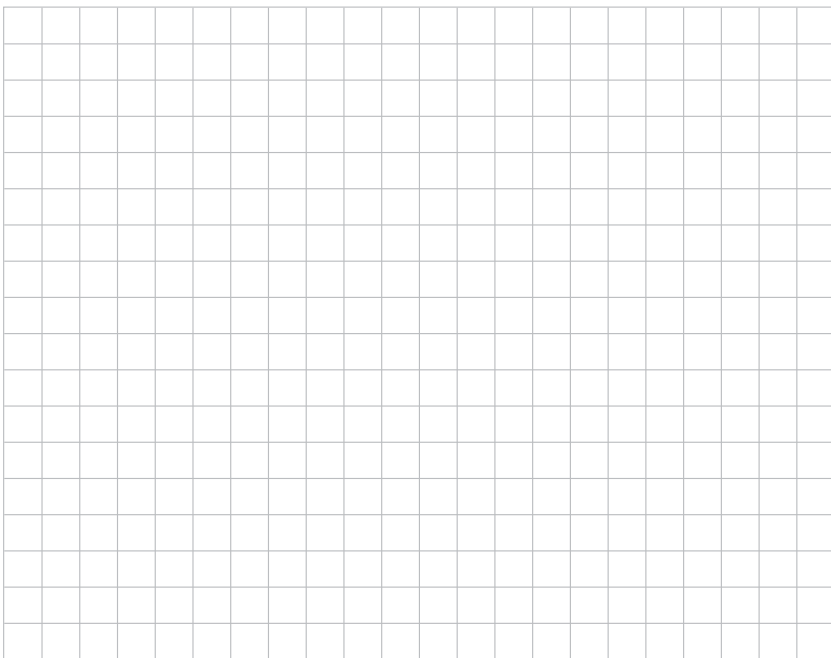
- а) Модуль перемещения тела всегда равен пути, пройденному этим телом за один и тот же промежуток времени.
- б) Если тело движется поступательно, то его всегда можно моделировать материальной точкой.
- в) Если материальная точка перемещается относительно неподвижных на земле тел, то она совершает механическое движение относительно всех тел, находящихся на земле.
- г) Если траектории двух материальных точек пересекаются, то это означает, что тела сталкиваются.
- д) Если перемещение тела равно нулю, то и путь этого тела равен нулю.
- е) Если материальная точка движется прямолинейно, то проекция вектора перемещения на координатную ось Ox всегда будет: $\Delta r_x = \Delta r$ или $\Delta r_x = -\Delta r$.



3.3. На рисунке 3 показана траектория движения тела. Покажите перемещения тела за время его движения из точки A в точку B и из точки A в точку C .



Рис. 3



- 3.4.** Объект, охраняемый часовым, обнесен забором $ABCD$ прямоугольной формы (рис. 4). Часовой обходит объект вдоль забора. Определите путь и модуль перемещения часового, если он из точки A перейдет в точку C . Длина забора $l_1 = 80$ м, ширина $l_2 = 60$ м.

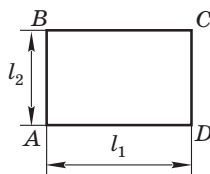
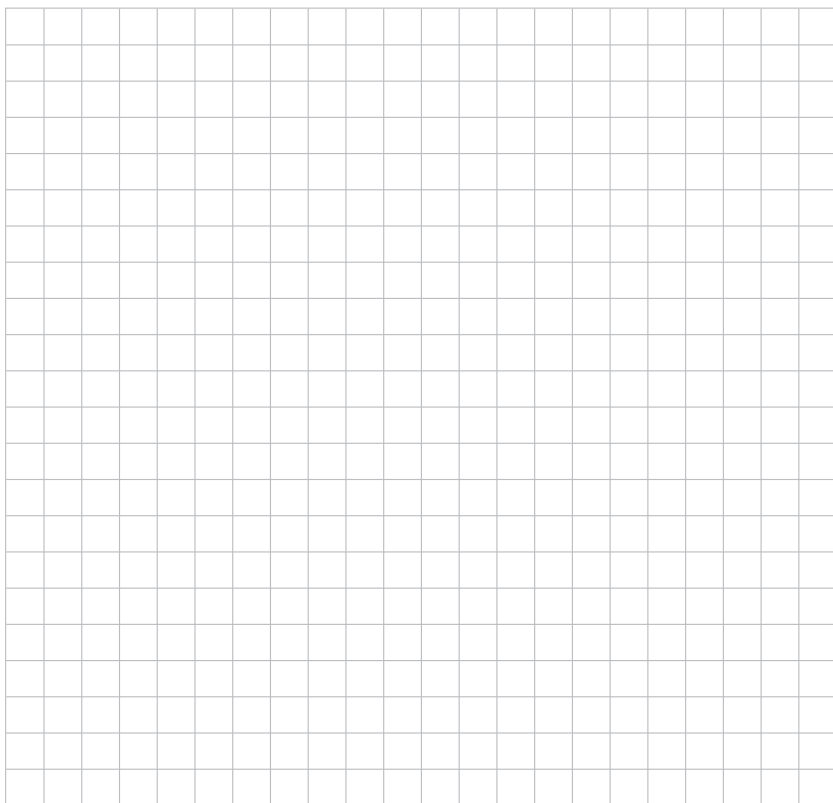


Рис. 4



- 3.5.** Человек прошел по прямолинейному проспекту расстояние $l_1 = 240$ м, затем повернул на перекрестке и прошел в перпендикулярном направлении расстояние $l_2 = 70$ м. На сколько процентов путь, пройденный человеком, больше модуля его перемещения?



3.6. Тело движется из точки A_0 , координаты которой $x_0 = -1$ м, $y_0 = -1$ м, сначала в точку A_1 с координатами $x_1 = 2$ м, $y_1 = 3$ м, а затем в точку A_2 с координатами $x_2 = 5$ м, $y_2 = -1$ м. Определите отношение модуля перемещения тела к его пути. Движение тела между точками прямолинейное.



Занятие

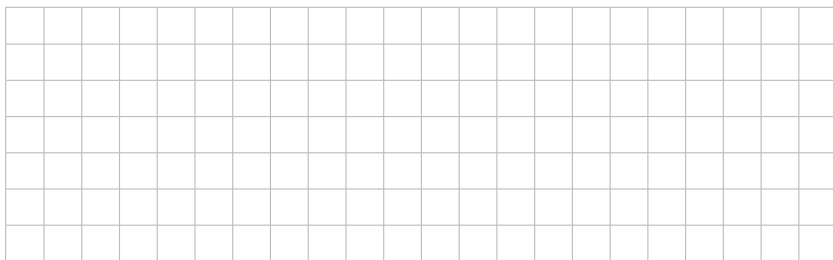


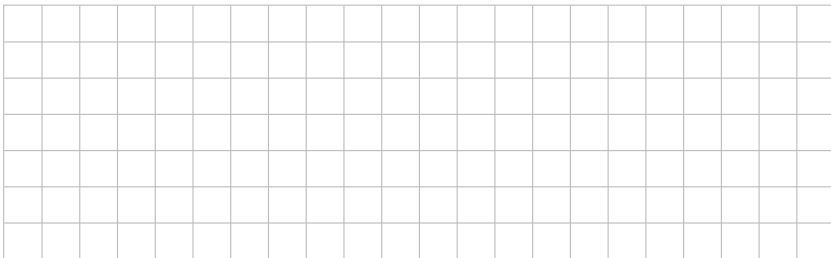
Равномерное движение

4.1. Приведите примеры, опровергающие верность утверждений.

- 1) Равномерным является движение, при котором тело за каждую секунду совершает равные перемещения.
- 2) Равномерным является движение, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит равные пути.
- 3) Равномерным является движение, при котором модуль скорости тела не изменяется ($v = \text{const}$).
- 4) При равномерном движении проекция скорости v_x на ось Ox , вдоль которой движется тело, всегда является положительной и неизменной по значению.
- 5) Чтобы найти конечное положение тела, необходимо знать начальное положение тела и модуль его перемещения.

4.2. Автомобиль и мотоцикл, двигаясь равномерно по двум пересекающимся под прямым углом дорогам, одновременно проезжают перекресток. Через промежуток времени $\Delta t = 20$ с после проезда перекрестка расстояние между автомобилем и мотоциклом стало $s = 500$ м. Определите модуль скорости мотоцикла, если модуль скорости автомобиля $v = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

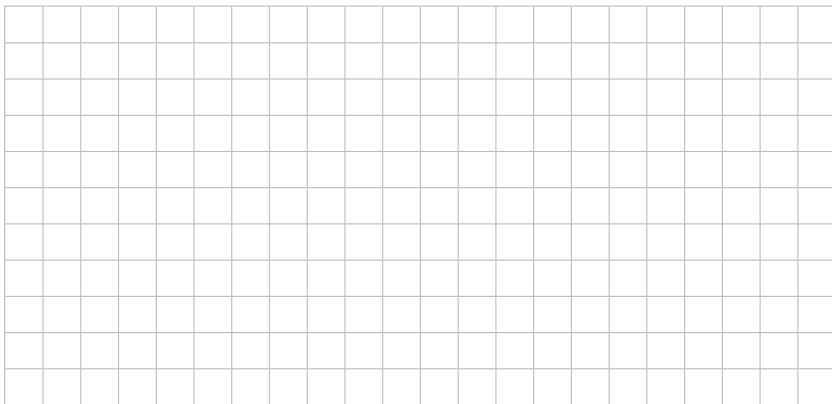




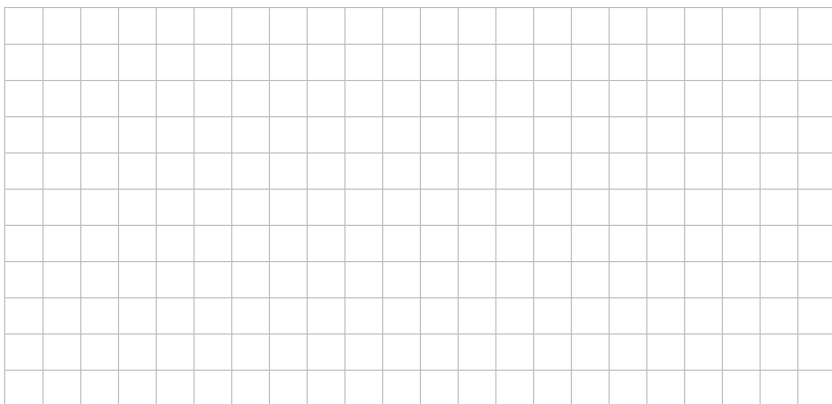
- 4.3.** Два фигуриста одновременно начали двигаться навстречу друг другу по ледовому катку: один от борта A к противоположному борту B , а второй — от B к A . Встретившись на расстоянии $l_1 = 9,0$ м от борта A , они продолжили движение. Каждый из них, доехав до противоположного борта, разворачивался и двигался назад. Вторая встреча произошла на расстоянии $l_2 = 6,0$ м от борта B . Определите длину катка AB и отношение модулей скоростей фигуристов. Изменением скорости фигуристов при поворотах пренебречь.



- 4.4.** Материальная точка движется вдоль оси Ox . Кинематический закон ее движения имеет вид: $x = A + Bt$, где $A = -1,0$ м, $B = 2,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите координату и проекцию скорости точки в момент времени $t = 5,0$ с. Найдите проекцию перемещения и путь точки за промежуток времени $\Delta t = 5,0$ с.



- 4.5.** Тело движется равномерно вдоль оси Ox . В момент времени $t_1 = 2$ с его координата $x_1 = 6$ м, а в момент времени $t_2 = 8$ с координата $x_2 = -24$ м. Определите проекцию скорости v_x тела на ось Ox .



Занятие



Графики равномерного движения

5.1. Укажите, какие утверждения для тела, равномерно движущегося вдоль оси Ox , являются верными.

- 1) Графиком движения называется зависимость координаты движущегося тела от времени.
- 2) График координаты тела, равномерно движущегося вдоль оси Ox , есть прямая, параллельная оси времени.
- 3) Графиком проекции скорости называется зависимость проекции скорости от времени.
- 4) График проекции скорости тела, равномерно движущегося вдоль оси Ox , есть прямая, параллельная оси времени.
- 5) Площадь фигуры, ограниченной графиком координаты и осью времени численно равна проекции перемещения.
- 6) Площадь фигуры, ограниченной графиком проекции скорости и осью времени численно равна (с учетом знака) проекции перемещения.
- 7) Чем больше модуль скорости тела, тем больший угол между графиком модуля перемещения тела, равномерно движущегося вдоль оси Ox , и осью времени.
- 8) По графику проекции перемещения тела, равномерно движущегося вдоль оси Ox , можно определить начальную координату тела.
- 9) По графику движения тела, равномерно движущегося вдоль оси Ox , можно определить проекцию скорости.

5.2. На рисунке 5 изображены графики прямолинейного равномерного движения трех тел вдоль оси Ox .

- а) Определите проекцию скорости каждого тела.
- б) Запишите кинематические законы движения каждого тела.

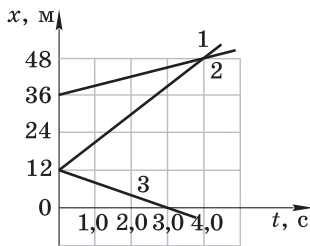


Рис. 5

- в) Какие расстояния прошли тела 1 и 2 до встречи?
 г) Постройте график проекции скорости каждого тела.



5.3. На рисунке 6 изображен график зависимости координаты x материальной точки, движущейся вдоль оси Ox , от времени t . Постройте графики зависимости проекции скорости, пройденного пути и проекции перемещения от времени.

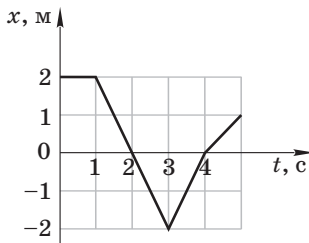
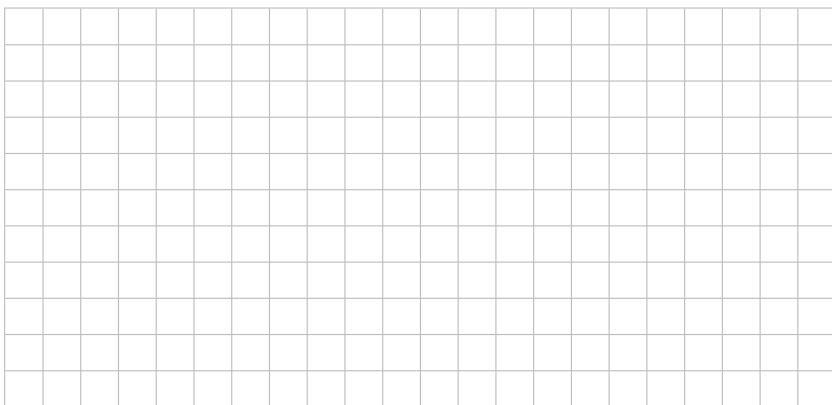
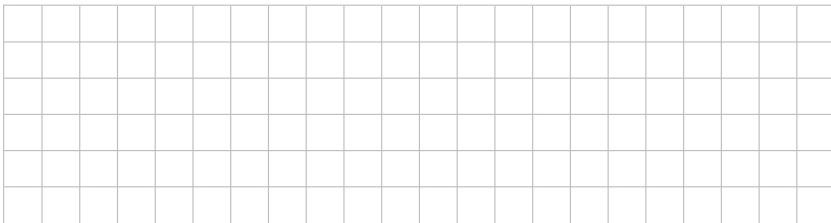


Рис. 6





5.4. На рисунке 7 изображен график проекции скорости тела, движущегося вдоль оси Ox . Постройте графики координаты и проекции перемещения тела. Начальная координата тела $x_0 = -1$ м.

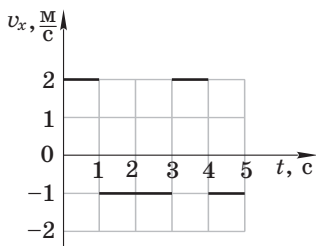
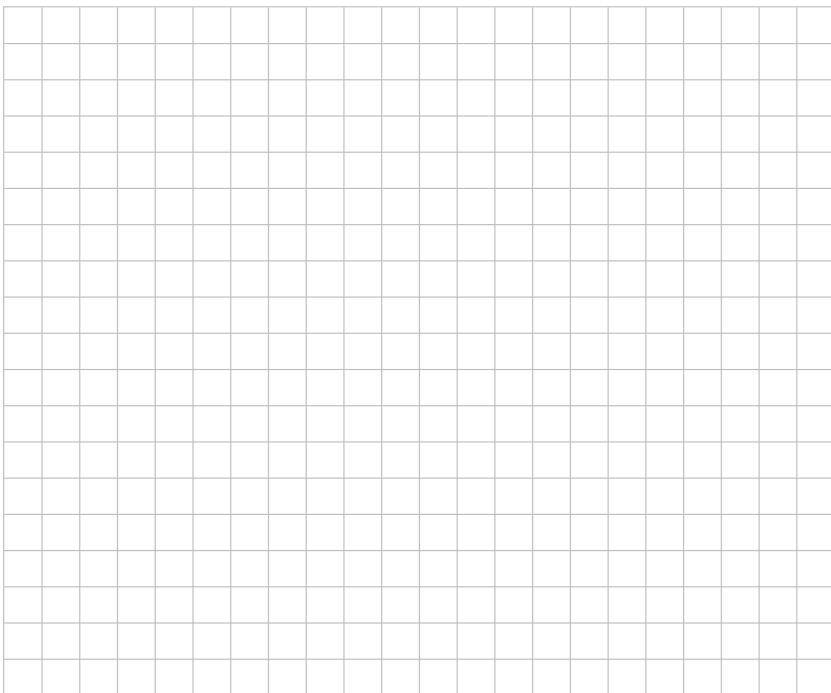


Рис. 7



Занятие



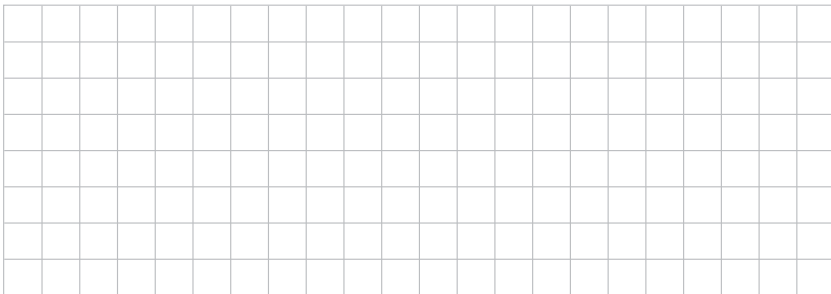
Относительность движения

6.1. Отметьте, какие характеристики движения в классической физике являются относительными:

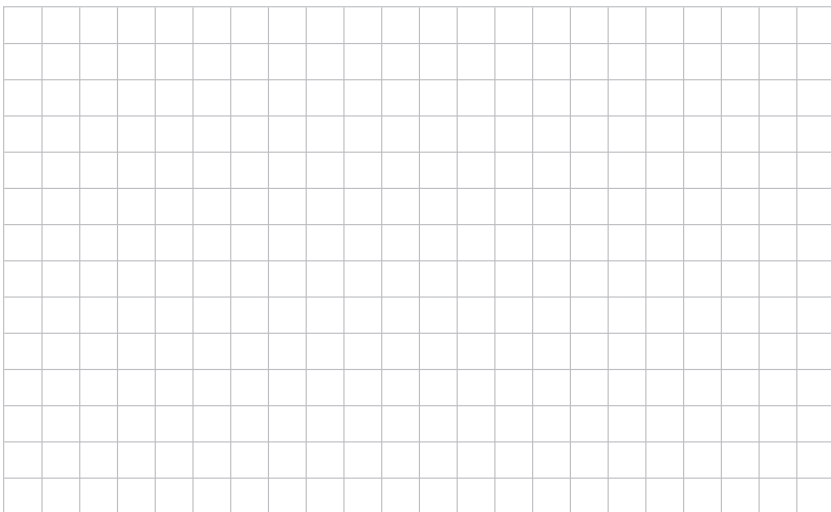
- 1) вид траектории;
- 2) перемещение;
- 3) путь;
- 4) время;
- 5) скорость.

6.2. Мимо пассажира поезда, движущегося равномерно со скоростью, модуль которой $v_1 = 54 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, проходит в течение промежутка времени $\Delta t = 60$ с другой поезд длиной $l = 300$ м, который движется по соседнему пути в том же направлении с большей скоростью. Найдите модуль скорости второго поезда.





- 6.5.** По шоссе движется длинная колонна автомобилей. Расстояния между соседними автомобилями одинаковы. Движущийся в том же направлении мотоциклист обнаружил, что если его модуль скорости $v_1 = 36 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, то через каждый промежуток времени $\Delta t_1 = 10$ с его обгоняет автомобиль из колонны, а если модуль скорости $v_2 = 90 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, то через каждые $\Delta t_2 = 20$ с он обгоняет автомобиль из колонны. Через какой промежуток времени будут проезжать автомобили из колонны мимо мотоциклиста, если он остановится?



Занятие



Закон сложения скоростей

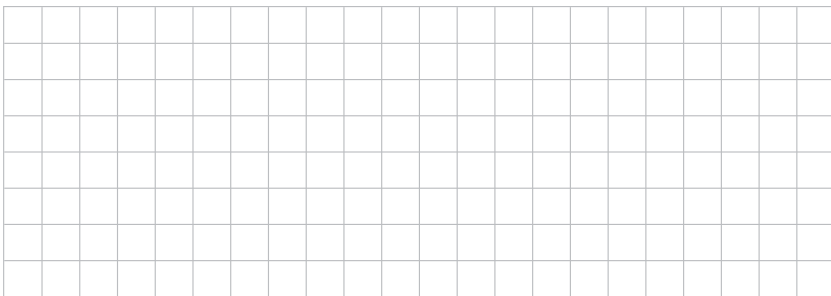
- 7.1. Со станции отправился электропоезд со скоростью, модуль которой $v_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Через промежуток времени $\Delta t_1 = 10$ мин в том же направлении вышел экспресс, модуль скорости которого $v_2 = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Через какой промежуток времени экспресс догонит электропоезд? На каком расстоянии от станции это произойдет?

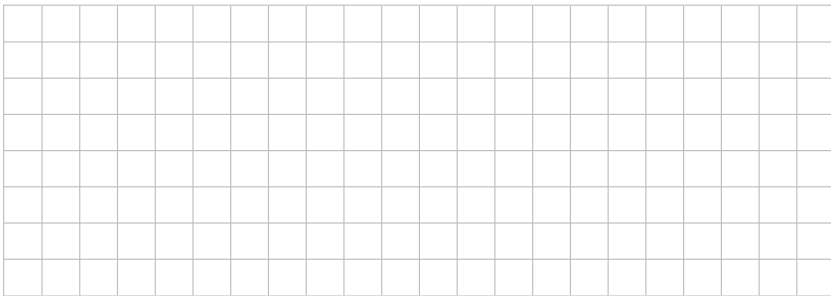


- 7.2. При скорости ветра, модуль которой $v_1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, капли дождя падают под углом $\alpha_1 = 30^\circ$ к вертикали. При какой по модулю скорости ветра капли будут падать под углом $\alpha_2 = 60^\circ$ к вертикали? Скорость капель относительно неподвижного воздуха считать постоянной.

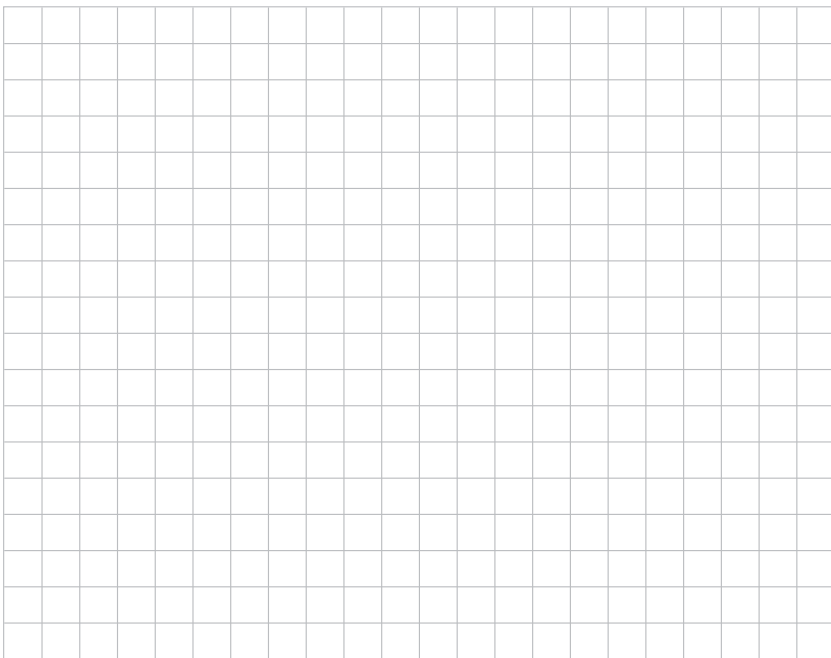


7.3. Рыбак переплывает на лодке реку шириной $h = 32$ м, выдерживая курс перпендикулярно течению. Модуль скорости течения реки $v_1 = 1,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, модуль скорости лодки относительно воды $v_2 = 1,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите модуль скорости лодки относительно берега. За какое время лодка пересечет реку? На какое расстояние снесет лодку по течению? Какой путь пройдет лодка относительно берега?





7.4. Лодочник должен перевозить пассажиров с одного берега реки на другой, выдерживая курс перпендикулярно берегу. Модуль скорости течения реки $v_1 = 0,300 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, ширина реки $h = 32,0$ м. Определите модуль скорости относительно воды и угол, под которым должна двигаться к берегу лодка, чтобы достичь другого берега за время $\Delta t = 80,0$ с.



7.5. В безветренную погоду самолет затрачивает на перелет между городами время $\Delta t_1 = 6$ ч. При этом модуль скорости самолета относительно воздуха $v_0 = 328 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. На сколько увеличится время перелета, если будет дуть боковой ветер, модуль скорости которого $v_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, перпендикулярно линии полета?



Занятие



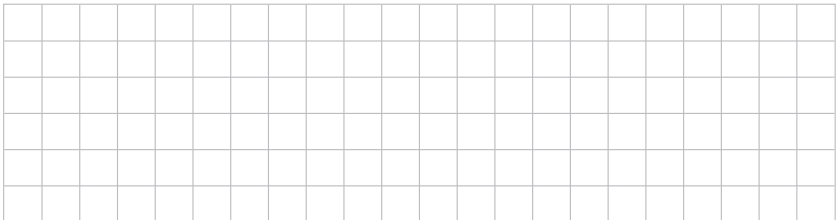
Средняя скорость

8.1. Отметьте верные утверждения.

- 1) При неравномерном движении за один и тот же промежуток времени модуль средней скорости перемещения всегда меньше средней скорости пути.
- 2) Средняя скорость тела на первой половине пути всегда в два раза меньше его средней скорости на всем пути.
- 3) Если модуль средней скорости перемещения равен нулю, то средняя скорость пути равна нулю.
- 4) Модуль скорости равномерного движения равен модулю средней скорости перемещения.
- 5) График зависимости средней скорости пути от времени есть прямая, параллельная оси времени.

8.2. Определите среднюю скорость поезда на всем пути, если он:

- а) первую половину времени шел со скоростью, модуль которой $v_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а вторую — со скоростью, модуль которой $v_2 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$;
- б) первую половину пути шел со скоростью, модуль которой $v_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а вторую — со скоростью, модуль которой $v_2 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.





8.3. На рисунке 8 изображен график зависимости проекции скорости v_x тела от времени t . Определите среднюю путевую скорость и модуль средней скорости перемещения тела за промежуток времени $\Delta t = 5,0$ с.

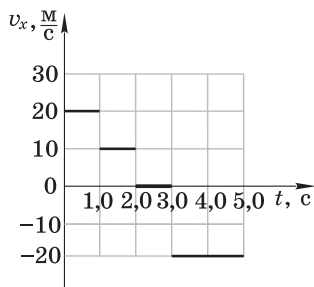
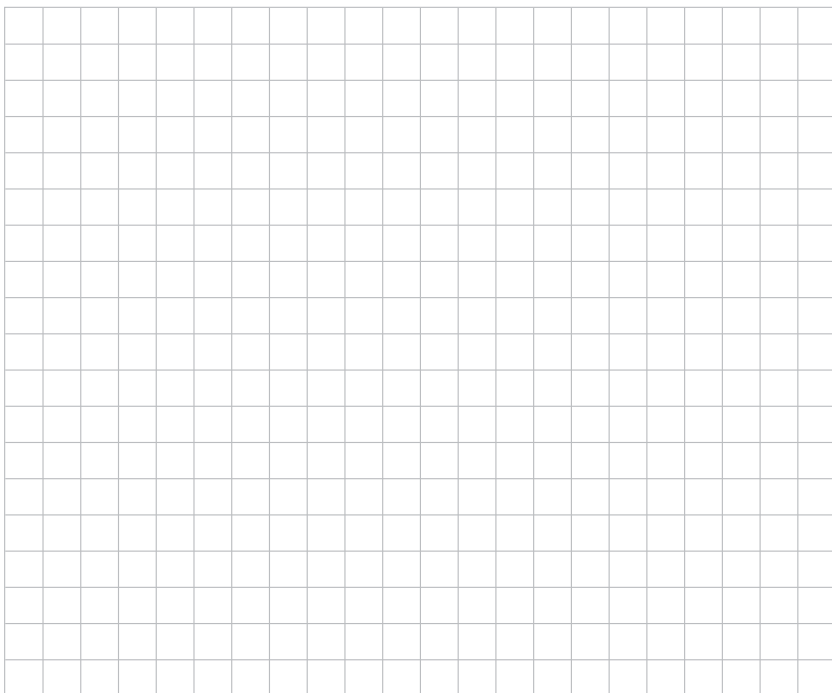


Рис. 8



- 8.4.** Междугородный автобус, проехав расстояние $l_1 = 140$ км со средней скоростью, модуль которой $\langle v_1 \rangle = 60 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, оставившись на время $\Delta t = 20$ мин. Оставшуюся часть маршрута $l_2 = 96$ км он проехал со средней скоростью, модуль которой $\langle v_2 \rangle = 72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Определите среднюю скорость автобуса на всем пути.



- 8.5.** Школьники побывали на экскурсии в Минске и возвращались в Брест на автобусах, которые двигались со скоростью, модуль которой $v_1 = 70 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Пошел дождь, и водители снизили скорость до $v_2 = 60 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Когда дождь закончился, до Бреста оставалось проехать расстояние

$s = 40$ км. Автобусы увеличили скорость до $v_3 = 75 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ и въехали в Брест в точно запланированное время. В течение какого времени шел дождь? Считайте, что автобусы в пути не останавливались.



Занятие

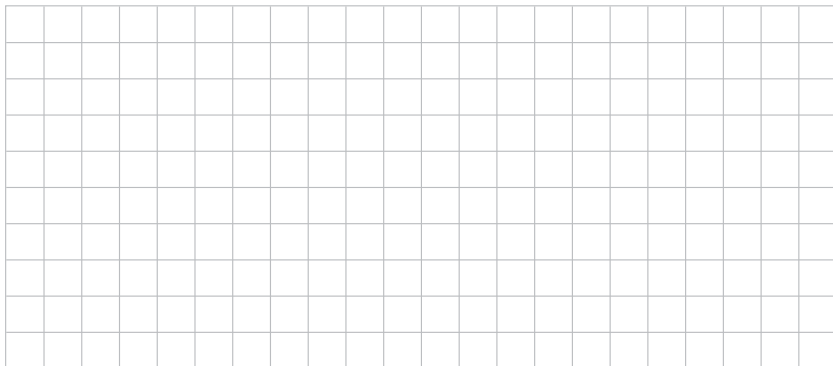


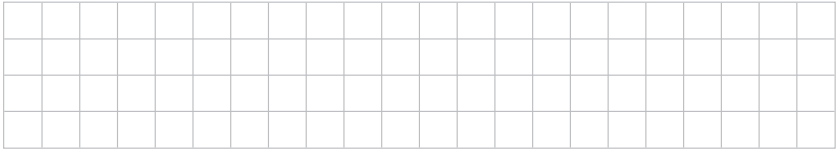
Равноускоренное прямолинейное движение

9.1. Отметьте верные утверждения.

- 1) При равноускоренном прямолинейном движении вектор ускорения в любой момент времени сонаправлен с вектором скорости.
- 2) Ускорение равноускоренного движения равно изменению скорости, которое произошло в единицу времени.
- 3) Равноускоренным называется движение, при котором ускорение \vec{a} не изменяется с течением времени ($\vec{a} = \text{const}$).
- 4) Уравнение проекции скорости равноускоренного движения есть линейная функция: $v_x = v_{0x} + a_x t$.
- 5) Графиком проекции ускорения равноускоренного движения является прямая, параллельная оси времени.
- 6) Площадь фигуры, ограниченной графиком модуля ускорения равноускоренного прямолинейного движения и осью времени, численно равна модулю средней скорости перемещения.

9.2. Модуль скорости самолета при взлете должен быть $v = 100 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите время разбега и модуль ускорения, если длина разбега $l = 500$ м. Движение самолета считать равноускоренным.

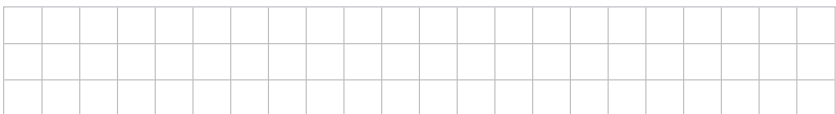




9.3. Двигаясь с постоянным ускорением, модуль которого $a = 0,50 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, тело на пути $l = 60$ м увеличило свою скорость в 4 раза. Найдите модуль начальной скорости тела и время разгона.



9.4. При скорости, модуль которой $v_{01} = 15 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, тормозной путь автомобиля $l_1 = 1,5$ м. Каким будет тормозной путь при скорости, модуль которой $v_{02} = 90 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, если торможение в обоих случаях происходит с одинаковым ускорением?

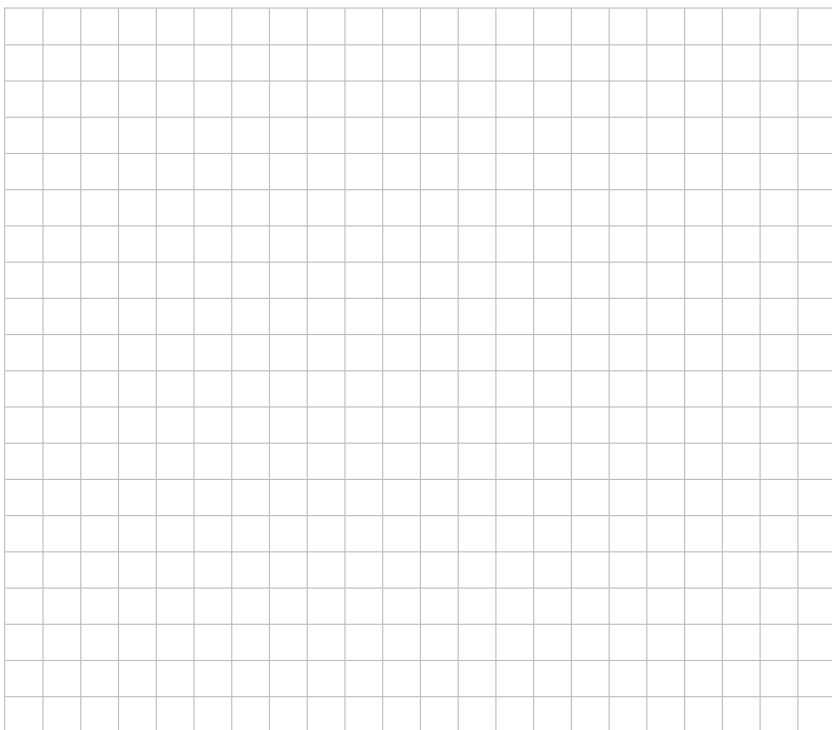




9.5. Тело, модуль начальной скорости которого $v_0 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, двигалось равноускоренно и приобрело, пройдя некоторое расстояние, скорость, модуль которой $v = 7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите модуль скорости тела на половине этого расстояния.



9.6. Реактивный самолет летит с постоянной скоростью, модуль которой $v_0 = 720 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. С некоторого момента он разгоняется в течение промежутка времени $\Delta t = 10$ с с постоянным ускорением и в последнюю секунду разгона проходит путь $l = 295$ м. Определите модуль ускорения и модуль конечной скорости самолета.



Занятие

10

Перемещение при равноускоренном прямолинейном движении

10.1. Отметьте верные утверждения.

- 1) При равноускоренном движении путь всегда равен модулю перемещения.
- 2) Равноускоренным является прямолинейное движение, при котором модуль ускорения тела не изменяется.
- 3) При равноускоренном движении тела вдоль оси Ox проекция перемещения Δr_x тела на ось Ox определяется уравнением: $\Delta r_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$, где v_{0x} и v_x — проекции скорости соответственно в начальный и конечный момент времени; a_x — проекция ускорения.
- 4) Если начальная скорость тела равна нулю, то пути, которые проходит тело за равные последовательные промежутки времени при прямолинейном равноускоренном движении, относятся как ряд нечетных чисел: $s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots$.
- 5) При равноускоренном прямолинейном движении вектор скорости никогда не изменяет своего направления.
- 6) Перемещение $\Delta \vec{r}$ при равноускоренном прямолинейном движении определяется по формуле $\Delta \vec{r} = \frac{\vec{a}t^2}{2} + \vec{v}_0 t$, где \vec{a} — ускорение; t — время движения; \vec{v}_0 — начальная скорость.

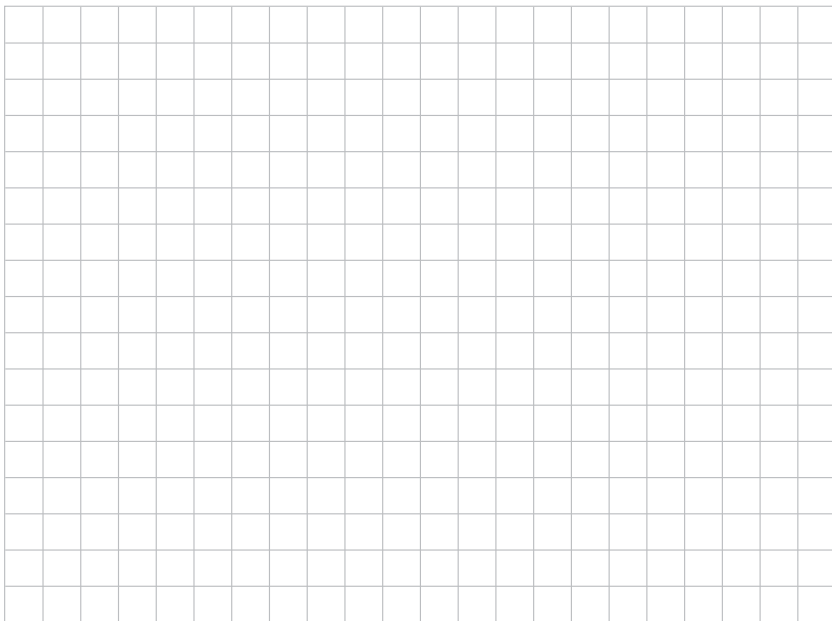
10.2. Тело из состояния покоя начинает двигаться равноускоренно и за десятую секунду своего движения проходит путь $l_1 = 38$ м. Найдите путь, пройденный телом за двенадцатую секунду движения.



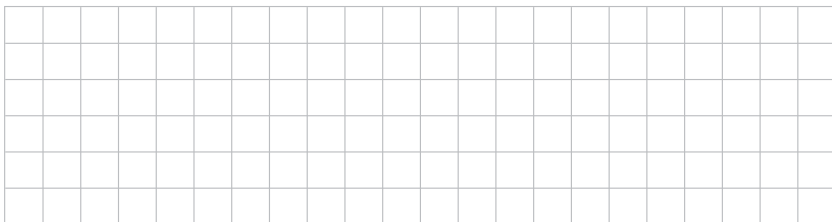
10.3. Тело из состояния покоя начало двигаться с постоянным ускорением, модуль которого $a = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, и за некоторый промежуток времени прошло путь $l = 2,7$ м. Разделите это расстояние на три такие части, каждую из которых тело проходило за одно и то же время.

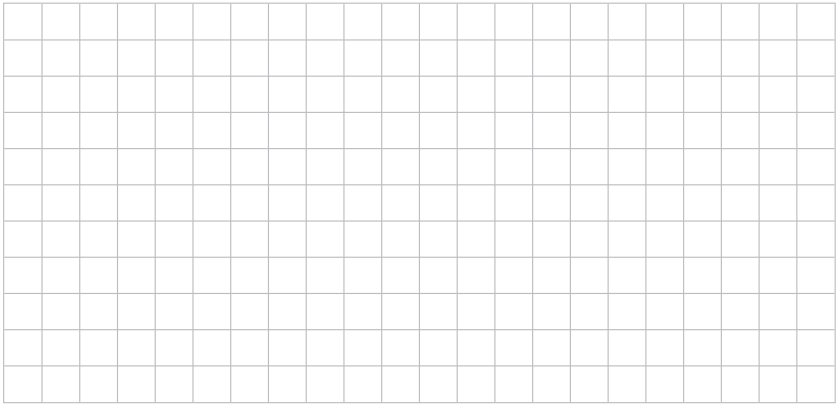


10.4. Двигаясь равноускоренно и прямолинейно, трактор за первые два равных последовательных промежутка времени $\Delta t = 4,0$ с каждый проходит расстояния $l_1 = 20$ м и $l_2 = 52$ м. Определите модуль ускорения трактора.



10.5. Поезд, двигаясь равноускоренно и прямолинейно, проходит два одинаковых последовательных отрезка пути длиной $l = 15$ м каждый соответственно за промежутки времени $\Delta t_1 = 2,0$ с и $\Delta t_2 = 1,0$ с. Определите модуль ускорения поезда и модуль скорости в начале первого отрезка пути.





10.6. По наклонной доске пустили шарик катиться снизу вверх с постоянным ускорением. На расстоянии $l = 30$ см от начала движения шарик побывал дважды: через промежутки времени $\Delta t_1 = 1,0$ с и $\Delta t_2 = 2,0$ с после начала движения. Определите модули начальной скорости и ускорения шарика.



Занятие

11

Графики равноускоренного прямолинейного движения

11.1. Отметьте верные утверждения.

- 1) Точка A пересечения графиков, изображенных на рисунке 9, обозначает место встречи тел.
- 2) Графиком проекции перемещения при равноускоренном прямолинейном движении является парабола.
- 3) Площадь фигуры, ограниченной графиком проекции скорости и осью времени при равноускоренном прямолинейном движении (с учетом знака) численно равна проекции перемещения.
- 4) По графику движения, построенному для равноускоренного прямолинейного движения, без дополнительных указаний невозможно однозначно определить путь тела.
- 5) По графику проекции ускорения, построенному для равноускоренного прямолинейного движения, без дополнительных указаний невозможно определить скорость в любой момент времени.
- 6) По углу наклона графиков зависимости модуля скорости от времени можно сравнивать модули ускорений тел.

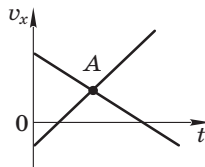


Рис. 9

11.2. Зависимость проекции скорости тела, движущегося вдоль оси Ox , задана уравнением $v_x = A + Bt$, где

$$A = 8,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}, B = -4,0 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

- а) Чему равны проекция начальной скорости и проекция ускорения тела?
- б) Постройте графики проекции скорости $v_x(t)$ и проекции ускорения $a_x(t)$.
- в) Запишите уравнение движения $x(t)$ и уравнение проекции перемещения $\Delta r_x(t)$. Начальная координата тела $x_0 = 10$ м.

- г) Определите координату тела в момент времени $t = 5,0$ с.
д) Определите проекцию перемещения и путь, пройденные телом за промежуток времени $\Delta t = 6,0$ с.
е) Постройте графики координаты $x(t)$, проекции перемещения $\Delta r_x(t)$ и пути $l(t)$.



11.3. Материальная точка движется вдоль оси Ox так, что ее проекция скорости v_x изменяется со временем t , как показано на рисунке 10. Постройте график проекции ускорения $a_x(t)$.

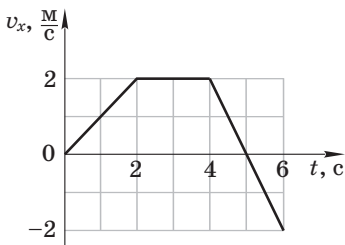


Рис. 10



11.4. Материальная точка движется вдоль оси Ox так, что проекция ускорения a_x точки изменяется со временем t , как показано на рисунке 11. Постройте график проекции скорости $v_x(t)$. В начальный момент времени скорость точки равна нулю.

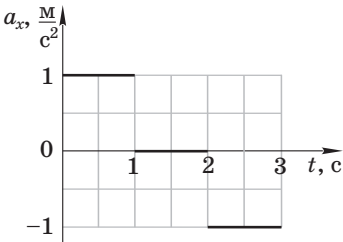
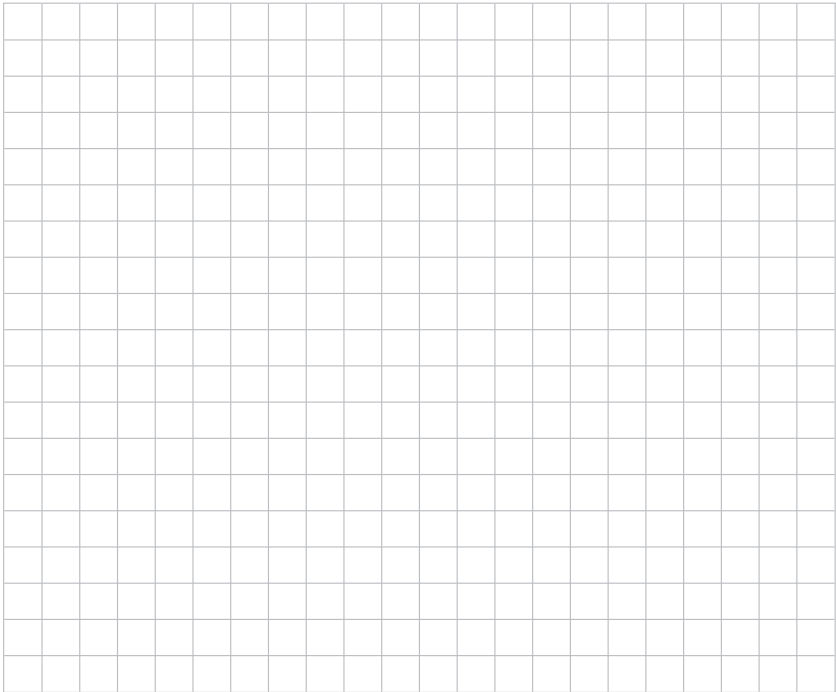


Рис. 11



Занятие

12

Вращательное движение

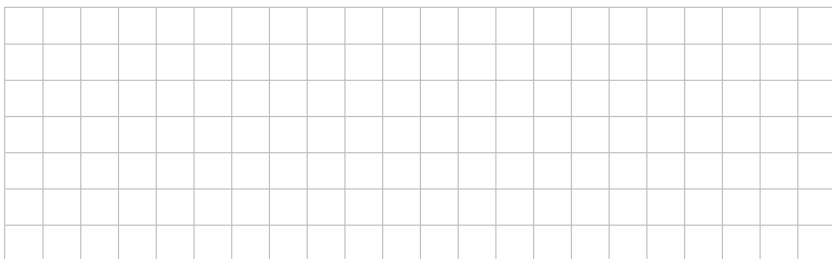
12.1. Отметьте верные утверждения.

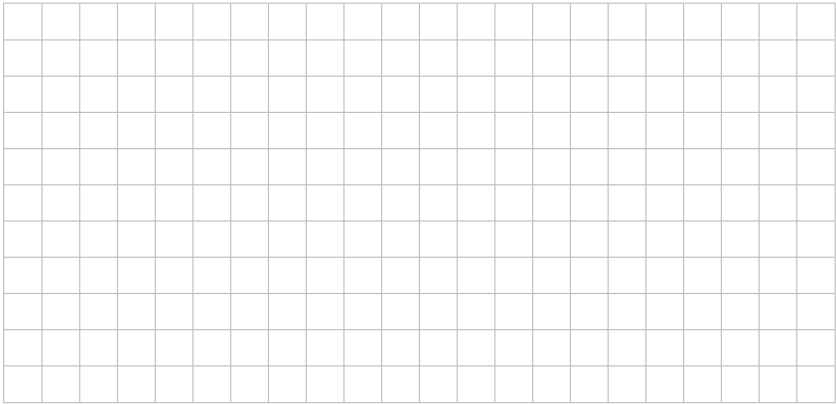
- 1) При движении тела по окружности линейная скорость направлена по касательной к этой окружности.
- 2) Угловая скорость секундной стрелки равна $\frac{\pi}{30} \left(\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right)$.
- 3) Периодом называется время, за которое Луна совершает один оборот вокруг Земли.
- 4) Частотой вращения называется физическая величина, численно равная числу оборотов, совершенных телом за единицу времени.
- 5) Чем больше радиус окружности, по которой вращается тело, тем больше его период вращения.
- 6) Если первая материальная точка движется по окружности радиусом R , а вторая — $3R$, то при одинаковой линейной скорости угловая скорость первой точки в 3 раза больше угловой скорости второй точки.
- 7) Частота вращения часовой стрелки в 60 раз больше частоты вращения минутной стрелки.
- 8) При равномерном вращении центростремительное ускорение тела в любой момент времени направлено по радиусу к центру окружности.
- 9) Если первая материальная точка движется по окружности радиусом R , а вторая — $2R$, то при одинаковой линейной скорости центростремительное ускорение второй точки в 2 раза больше центростремительного ускорения первой точки.
- 10) Если велосипедист равномерно движется по дороге со скоростью, модуль которой равен v , то все точки на ободе колеса относительно дороги также движутся со скоростью, по модулю равной v .

12.2. Модуль линейной скорости крайних точек равномерно вращающегося диска в $n = 2,5$ раза больше модуля линейной скорости точек, расположенных на расстоянии $l = 15$ см ближе к оси диска. Определите радиус диска. Ось диска проходит через его центр.



12.3. Радиус равномерно вращающегося колеса трактора в 2 раза больше, а частота вращения — в 8 раз меньше, чем колеса автомобиля. Сравните модули линейных скоростей и модули центростремительных ускорений крайних точек колес относительно осей этих колес.





12.4. Два велосипедиста движутся в противоположных направлениях по кольцевой дороге. При этом модули линейных скоростей движения велосипедистов не изменяются. Через какой минимальный промежуток времени велосипедисты встретятся, если период движения одного из них $T_1 = 6,0$ мин, другого — $T_2 = 9,0$ мин?



12.5. Стержень длиной $l = 2,5$ м равномерно вращается вокруг перпендикулярной ему оси. Модуль угловой скорости вращения стержня $\omega = 4,0 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите модуль центростремительного ускорения одного конца стержня, если модуль центростремительного ускорения другого его конца $a_1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.



Занятие

13

Задачи от Незнайки

13.1. Вернувшись с вечерней прогулки, Незнайка построил график своего движения, изображенный на рисунке 12.

- 1) На каком расстоянии от тела отсчета Незнайка начал движение?
- 2) Определите проекцию перемещения Незнайки за промежуток времени $\Delta t = 400$ с.
- 3) Определите путь, пройденный Незнайкой за промежуток времени $\Delta t = 400$ с.
- 4) Определите проекцию скорости Незнайки за промежуток времени от 0 с до 80 с.
- 5) В какой промежуток времени модуль скорости Незнайки был наибольшим?
- 6) Определите модуль средней скорости перемещения Незнайки.
- 7) Запишите кинематический закон движения Незнайки на первом участке движения.

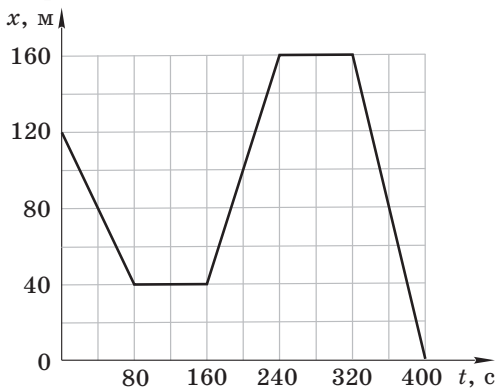
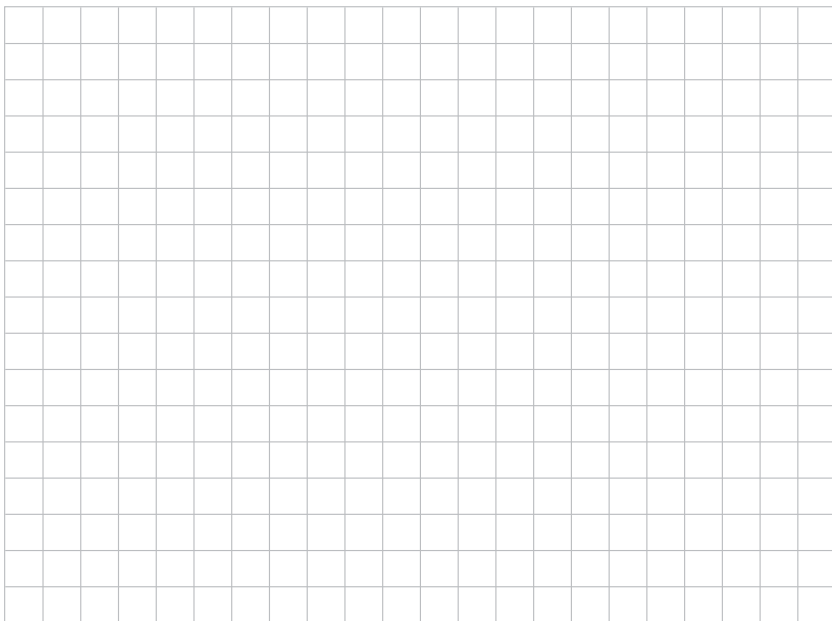


Рис. 12

13.2. Незнайка составил задачу: автомобиль, имея перед торможением скорость, модуль которой $v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, начал

равноускоренно и прямолинейно тормозить до остановки. Определите модуль ускорения автомобиля, если он за промежуток времени $\Delta t = 2,0$ с совершил перемещение, модуль которого $\Delta r = 8,0$ м. Докажите, что Незнайка составил задачу неверно, и исправьте ее.



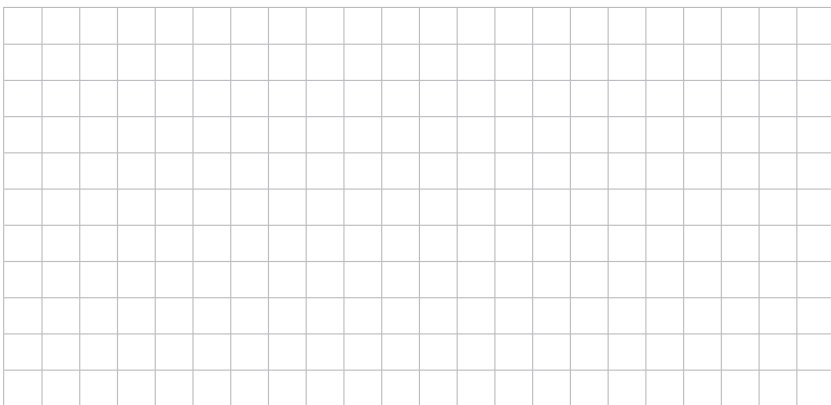
13.3. Изучая равномерное движение по окружности, Незнайка обратил внимание, что центростремительное ускорение можно определять по уравнениям:

$$\text{а) } a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{R}; \quad \text{б) } a_{\text{ц}} = \omega^2 R.$$

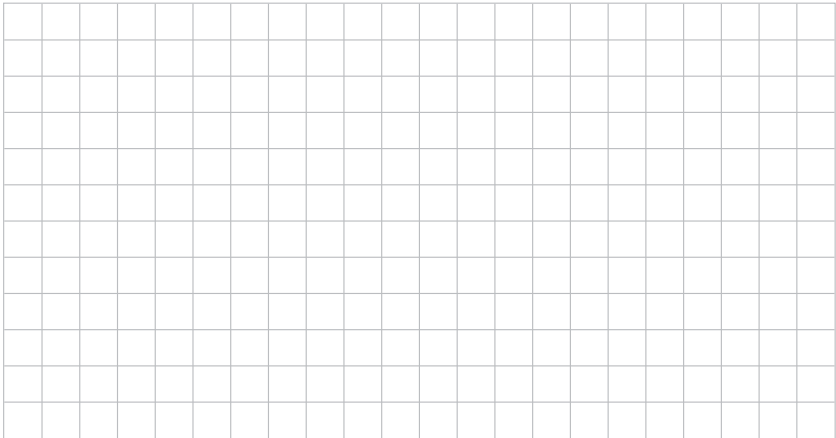
Из первого равенства имеем, что центростремительное ускорение обратно пропорционально расстоянию R движущейся точки от оси вращения, а из второго — наоборот, зависимость между ускорением и радиусом вращения R — прямая. Незнайка задумался, где же ошибка в этих уравнениях. А вы как думаете, верны ли указанные уравнения? Ответ поясните.



13.4. Незнайка отправился на моторной лодке в водное путешествие и захватил с собой секундомер. Сначала он проехал одно и то же расстояние туда и обратно по озеру, а затем — по реке. И обнаружил, что время движения оказалось разным, хотя мотор лодки работал одинаково. По озеру или реке Незнайка плыл дольше?



13.5. Незнайка считает, что если тело прямолинейно прошло 1 м за первую секунду, 2 м — за вторую, 3 м — за третью и т. д., то такое движение является равноускоренным. А вы как считаете?



- 13.6.** Однажды Незнайке приснился «страшный» сон. Незнайка видел себя во сне бегущим со скоростью, модуль которой $8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а своего друга — со скоростью, модуль которой $4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. И несмотря на то что их скорости были сонаправлены, расстояние между ними не изменилось. Возможно ли в реальности такое движение?



14.3. На тело действуют две силы, модули которых $F_1 = 15$ Н и $F_2 = 8$ Н. На рисунках 13, 14, 15 изображены направления этих сил в трех случаях. Определите:

- проекцию каждой силы на оси Ox и Oy ;
- проекцию результирующей силы на оси Ox и Oy ;
- модуль результирующей силы.

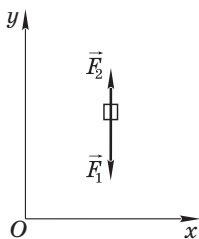


Рис. 13

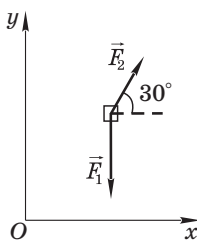


Рис. 14

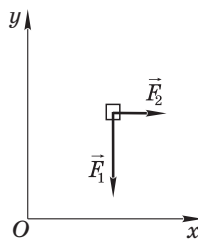
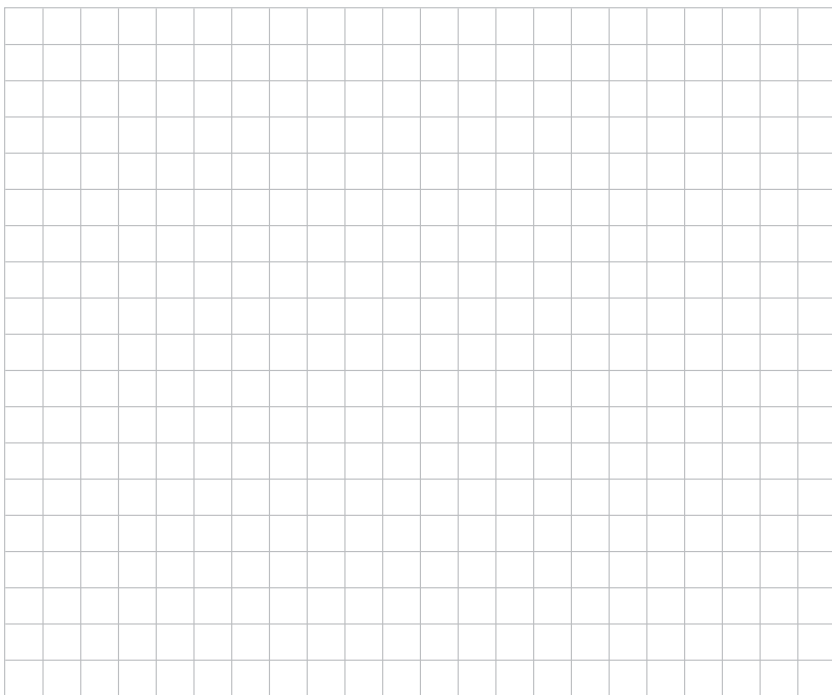


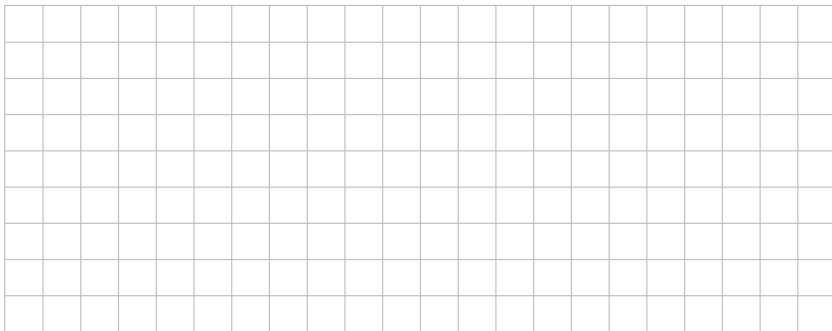
Рис. 15

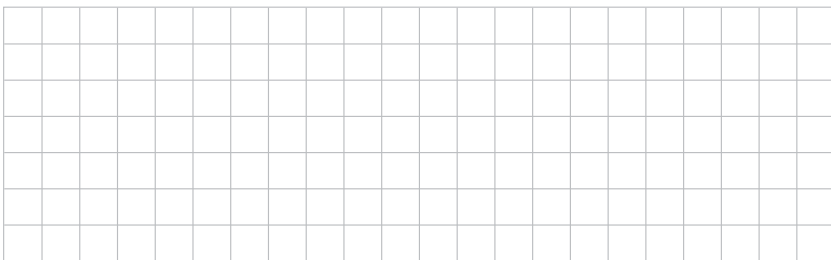


- 14.4.** Тело массой $m = 6,0$ кг, начавшее прямолинейно двигаться из состояния покоя под действием постоянной равнодействующей силы, прошло за промежуток времени $\Delta t = 3,0$ с путь $l = 15$ м. Определите модуль равнодействующей силы.



- 14.5.** Камень, скользящий прямолинейно по горизонтальной поверхности, остановился, пройдя расстояние $s = 20$ м. Найдите модуль скорости камня до начала торможения, если модуль силы трения между камнем и поверхностью составляет 4 % от модуля силы тяжести, действующей на камень.





14.6. На горизонтальной поверхности стола покоится брусок, который стремятся сдвинуть с места с помощью горизонтально расположенной проволоки. Покажите на рисунке все силы, действующие на брусок. В соответствии с третьим законом Ньютона для каждой силы укажите противодействующую силу, возникающую при взаимодействии тел.



Занятие

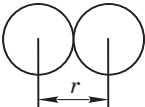

15

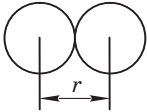
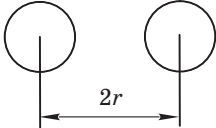
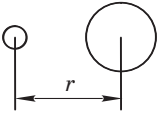
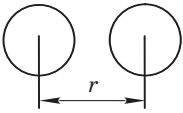
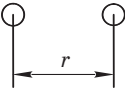
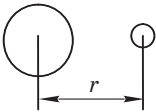
Гравитационная сила

15.1. Отметьте верные утверждения.

- 1) Сила всемирного тяготения действует только между материальными точками.
- 2) Закон всемирного тяготения в формуле $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ справедлив не только для материальных точек, но и для однородных шарообразных тел, центры которых расположены на расстоянии r друг от друга.
- 3) Сила тяготения действует только между телами огромной массы — планетами, спутниками планет, звездами.
- 4) Сила тяжести тела, находящегося вблизи поверхности Земли, зависит от силы гравитационного притяжения тела к Земле и суточного вращения Земли вокруг собственной оси.
- 5) Модуль скорости искусственного спутника Земли не зависит от высоты спутника над поверхностью Земли и определяется по формуле $v = \sqrt{G \frac{M_3}{R_3}}$, где M_3, R_3 — соответственно масса и радиус Земли.

15.2. Укажите, между какой парой однородных свинцовых шариков в каждом варианте модуль силы гравитационного притяжения больше.

Номер варианта	Первая пара	Вторая пара	Ответ
1			

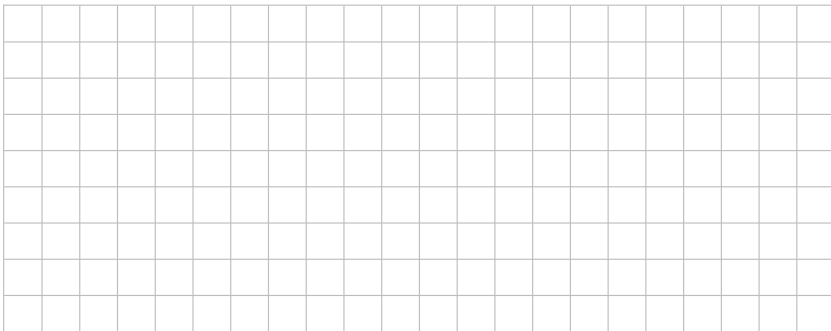
Номер варианта	Первая пара	Вторая пара	Ответ
2			
3			
4			

15.3. На каком расстоянии должны находиться два одинаковых однородных алюминиевых шара, чтобы они притягивались друг к другу с такими же силами, как два однородных латунных шара таких же размеров, расположенных на расстоянии $r_1 = 17$ м? Плотность латуни $\rho_1 = 8,5 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$, плотность алюминия $\rho_2 = 2,7 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$.



15.4. Расстояние между планетой Нептун и Солнцем в 30 раз больше, чем расстояние между Землей и Солнцем, а масса Нептуна в 15 раз больше массы Земли. Во сколько раз модуль силы притяжения Земли к Солнцу больше модуля силы притяжения Нептуна к Солнцу?

15.5. Тело, находясь на полюсе некоторой планеты, действует на опору с силой, вдвое большей, чем на экваторе. Определите период обращения планеты вокруг собственной оси, считая среднюю плотность вещества планеты $\langle \rho \rangle = 3,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$. Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$.



15.6. Масса некоторой планеты в $n = 4,5$ раза больше массы Земли, а ее радиус в $k = 2$ раза больше, чем радиус Земли. Найдите модуль первой космической скорости для планеты, если модуль первой космической скорости для Земли

$$v = 8,0 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$



Занятие

16

Ускорение свободного падения

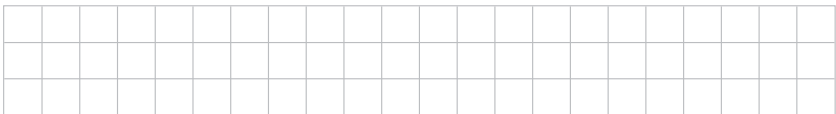
16.1. Отметьте верные утверждения.

- 1) Если начальная скорость тела равна нулю, а тело движется под действием только силы тяжести, то такое движение называется свободным падением.
- 2) Направление ускорения свободного падения всегда совпадает с направлением скорости тела.
- 3) На модуль ускорения свободного падения тел, находящихся вблизи поверхности Земли, влияет вращение Земли, форма Земли и плотность пород, залегающих в недрах Земли.
- 4) Зная модуль ускорения свободного падения g вблизи поверхности Земли, радиус Земли R_3 , можно найти массу Земли M_3 по формуле $g = G \frac{M_3}{R_3^2}$, где

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$

- 5) По мере удаления тела от поверхности планеты ускорение свободного падения возрастает.
- 6) Для описания свободного падения тел вблизи поверхности Земли можно применять формулы равноускоренного движения: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$ и $\Delta\vec{r} = \vec{v}_0t + \frac{\vec{g}t^2}{2}$.

16.2. Постройте график зависимости модуля ускорения свободного падения g от высоты h тела над поверхностью Земли. Определите модуль ускорения тела на высоте $h_1 = \frac{1}{4}R$ и $h_2 = R$ над Землей (R — радиус Земли).





16.3. Радиус планеты Сатурн в 9,2 раза больше радиуса Земли, а масса — в 95 раз больше массы Земли. Определите модуль ускорения свободного падения вблизи поверхности Сатурна, считая модуль ускорения свободного падения вблизи поверхности Земли равным $9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.



16.4. Тело, брошенное вертикально вверх из точки, находящейся над Землей на высоте $h = 8,0$ м, падает на Землю через промежуток времени $\Delta t = 2,0$ с после броска. Определите модуль начальной скорости тела.

16.5. Тело свободно падает с высоты $h = 80$ м. Какой путь оно пройдет в последнюю секунду падения?

Занятие

17

Движение тела, брошенного горизонтально

17.1. Отметьте верные утверждения.

- 1) Траектория тела, брошенного горизонтально, является параболой, если сопротивлением воздуха пренебречь.
- 2) Время t полета тела, брошенного горизонтально с высоты h , можно определить из уравнения проекции перемещения тела на ось Oy (рис. 16): $\Delta r_y = v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}$. Сопротивлением воздуха пренебречь.
- 3) Дальность полета l тела, брошенного горизонтально со скоростью \vec{v}_0 , можно определить из уравнения проекции перемещения тела на ось Ox (рис. 16): $\Delta r_x = v_{0x}t + \frac{g_x t^2}{2}$. Сопротивлением воздуха пренебречь.
- 4) Модуль скорости v тела, брошенного горизонтально со скоростью \vec{v}_0 , в любой момент времени равен модулю проекции скорости \vec{v} на ось Oy (рис. 17): $v = |v_y| = |v_{0y} + g_y t|$. Сопротивлением воздуха пренебречь.

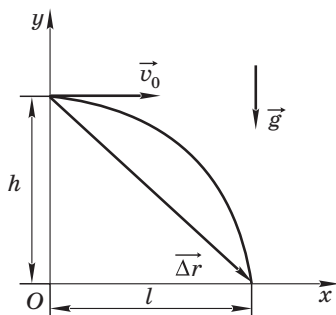


Рис. 16

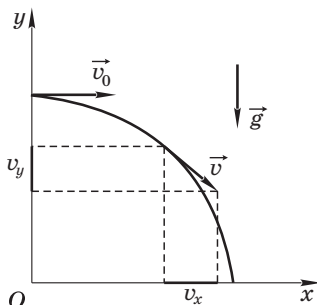
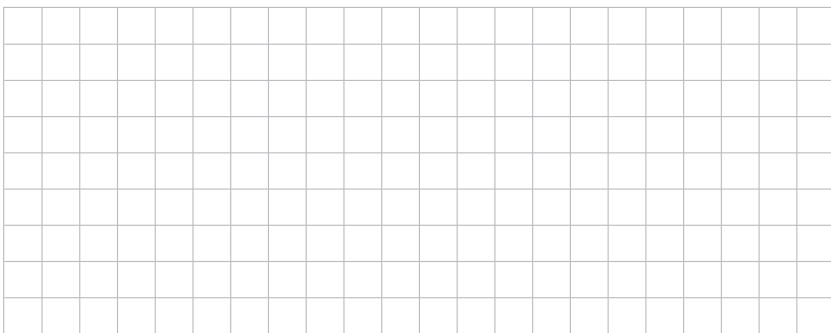


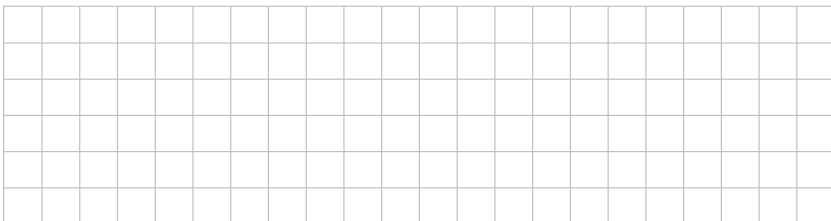
Рис. 17

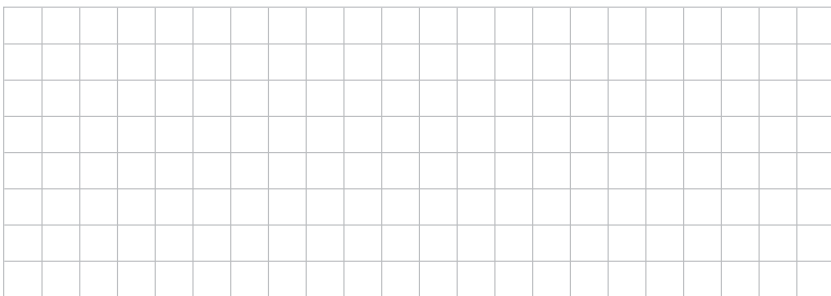
- 5) Проекция скорости \vec{v} на ось Ox тела, брошенного горизонтально со скоростью \vec{v}_0 , в любой момент времени равна модулю начальной скорости (рис. 17): $v_x = v_0$.
- 6) Модуль скорости тела, брошенного горизонтально со скоростью \vec{v}_0 , в любой момент времени может быть определен через проекции скорости \vec{v} на оси Ox и Oy по теореме Пифагора: $v^2 = v_x^2 + v_y^2$, где $v_x = v_{0x} + g_x t$, $v_y = v_{0y} + g_y t$. Сопротивление воздуха не учитывается.

17.2. Дальность полета тела, брошенного в горизонтальном направлении со скоростью, модуль которой $v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, равна высоте бросания. С какой высоты брошено тело? Сопротивлением воздуха пренебречь.

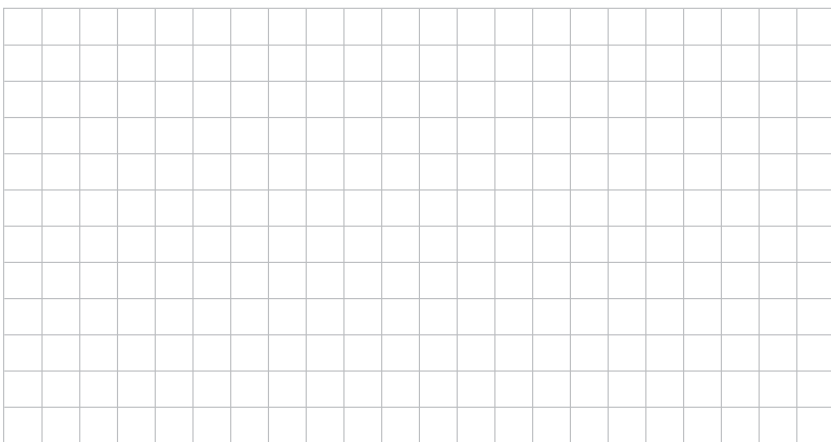


17.3. Из окна, расположенного на высоте $h = 5$ м от Земли, горизонтально был брошен камень, который упал на расстоянии $l = 8$ м от дома. Определите модуль скорости, с которой брошен камень. Сопротивлением воздуха пренебречь.

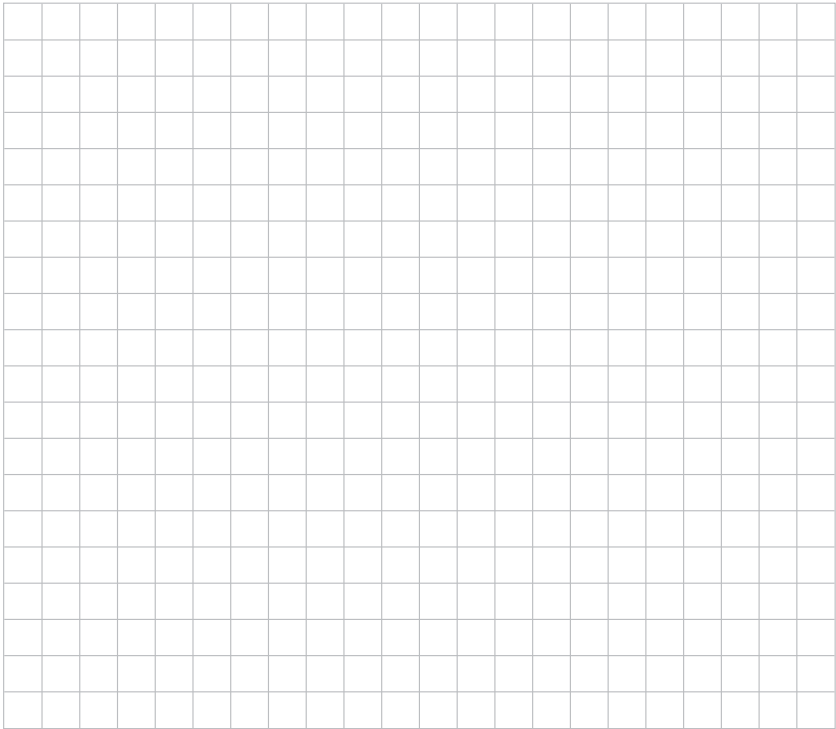




17.4. Камень, брошенный горизонтально с некоторой высоты со скоростью, модуль которой $v_0 = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, упал на Землю со скоростью, модуль которой $v = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. В течение какого промежутка времени длился полет камня? Сопротивлением воздуха пренебречь.



17.5. Тело бросили горизонтально со скоростью, модуль которой $v_0 = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, с высоты $h = 100$ м над Землей. Определите его модуль скорости через промежуток времени $\Delta t_1 = 3,0$ с и в момент падения на Землю. Сопротивлением воздуха пренебречь.



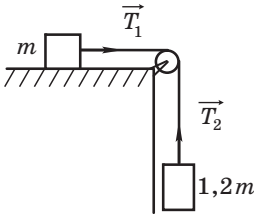
Занятие

18

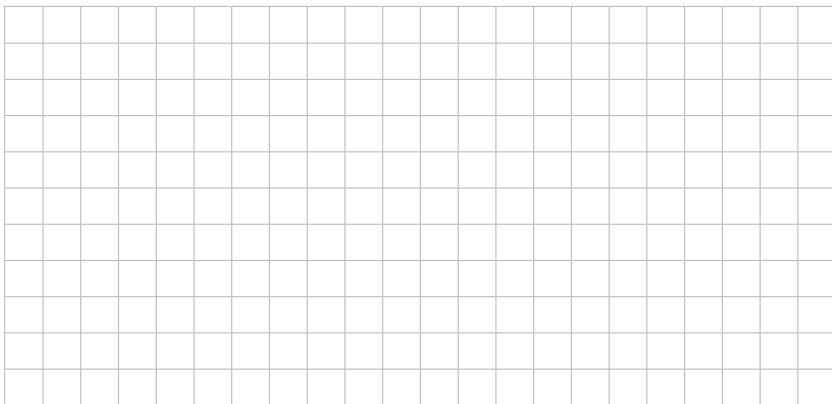
Движение связанных тел

18.1. Ответьте на вопросы в таблице.

№	Вопрос	Схематический рисунок	Ответ
1	Два бруска, связанные невесомой упругой нитью, движутся по гладкой горизонтальной поверхности под действием силы \vec{F} . Равны ли модули сил \vec{T}_1 и \vec{T}_2 ?		
2	Изменится ли модуль ускорения брусков, указанных в предыдущем вопросе, если силу \vec{F} приложить в горизонтальном направлении к бруску m ?		
3	Через неподвижный легкий блок перекинута невесомая упругая нить, на концах которой подвешены грузы m и $2m$. Верно ли на рисунке показаны ускорения тел? Силами трения пренебречь.		
4	Покажите на предыдущем рисунке силы, действующие на блок.		

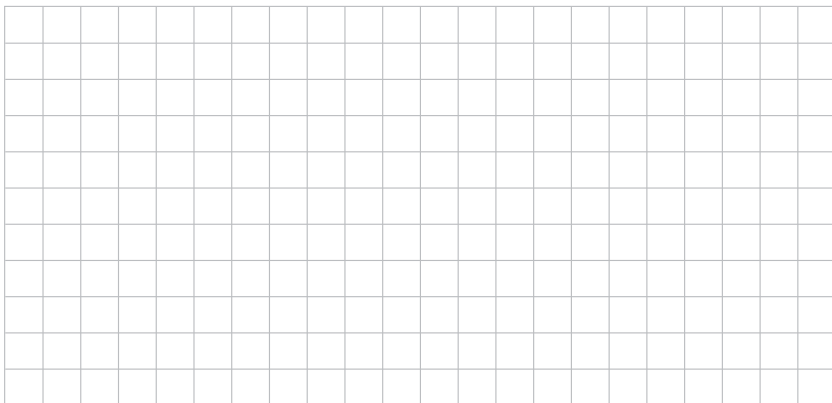
№	Вопрос	Схематический рисунок	Ответ
5	Брусок массой m находится на гладком горизонтальном столе и связан невесомой нитью с грузом массой $1,2m$. Нить перекинута через легкий невесомый блок, укрепленный на краю стола. Равны ли силы \vec{T}_1 и \vec{T}_2 ? Трением в блоке пренебречь.	 A schematic diagram of a physics experiment. On the left, a rectangular block of mass m sits on a horizontal table. A string is attached to the block and extends horizontally to the right, passing over a pulley at the edge of the table. From the pulley, the string hangs vertically down to a second rectangular block of mass $1,2m$. At the pulley, two tension vectors are shown: \vec{T}_1 pointing horizontally to the right and \vec{T}_2 pointing vertically upwards.	

- 18.2.** Два тела, массы которых $m_1 = 2$ кг и $m_2 = 6$ кг, связанные легкой нерастяжимой нитью, движутся по гладкой горизонтальной поверхности под действием горизонтальной силы, модуль которой $F = 8$ Н, приложенной ко второму телу. Определите: а) модуль ускорения грузов; б) модуль силы натяжения нити.



- 18.3.** Два груза одинаковыми массами $m = 0,50$ кг связаны легкой нитью и могут двигаться вертикально вверх под действием силы \vec{F} , приложенной к одному из грузов. Нить обрывается при минимальной силе, модуль кото-

рой $F = 16$ Н. Определите модуль минимальной силы, при которой оборвется нить, если нижний груз закрепить.



18.4. Через неподвижный легкий блок перекинута легкая нерастяжимая нить. К одному ее концу прикреплен груз массой $m_1 = m$. Груз поднимается один раз под действием постоянной вертикально направленной силы \vec{F} , модуль которой $F = 2mg$ (рис. 18, а), а другой раз — под действием привязанной к нити гири массой $m_2 = 2m$ (рис. 18, б). Во сколько раз модуль ускорения движения груза в первом случае больше, чем во втором? Трением пренебречь.

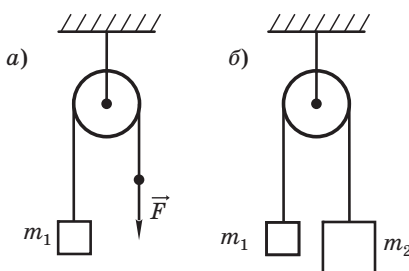
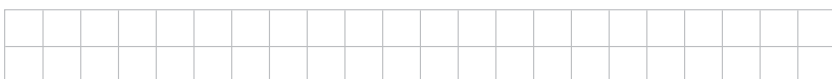
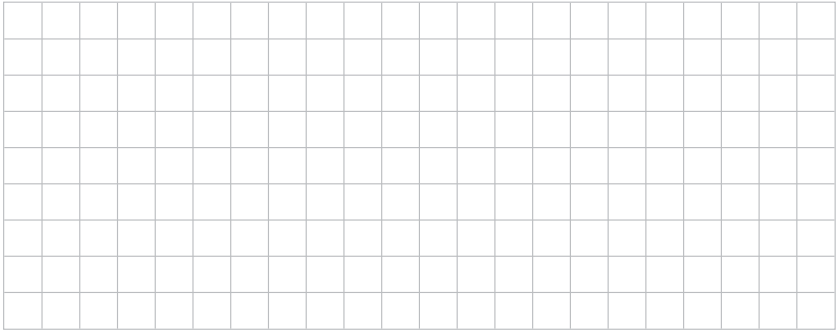


Рис. 18





18.5. Брусок массой $m_1 = 400$ г, находящийся на горизонтальном столе, связан легкой нерастяжимой нитью с грузом массой $m_2 = 100$ г, который свешивается со стола (рис. 19). Под действием груза брусок проходит из состояния покоя путь $l = 80$ см за промежуток времени $\Delta t = 2,0$ с. Найдите модуль силы трения, действующей на брусок, скользящий по столу. Массой блока и трением в нем пренебречь.

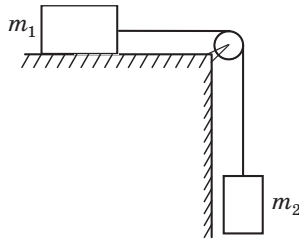
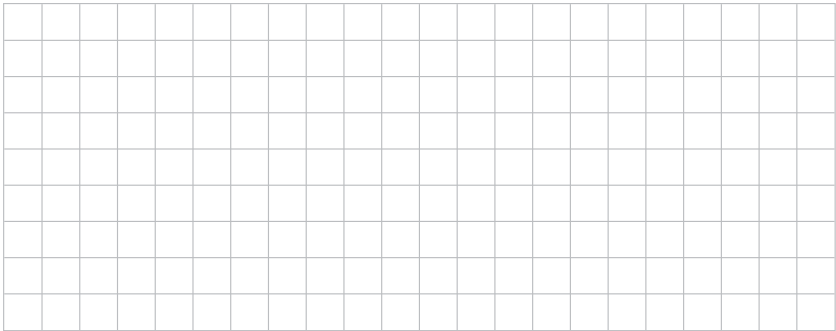


Рис. 19



Занятие

19

Динамика движения по окружности

19.1. С каким вектором — \vec{a}_1 или \vec{a}_2 — совпадает по направлению центростремительное ускорение шарика в задачах, данных в таблице?

№	Задача	Схематический рисунок	Ответ
1	Шарик находится на диске, расположенном горизонтально, и с помощью упругой пружины прикреплен к оси O_1O_2 диска. Шарик вместе с диском вращается вокруг оси со скоростью, модуль которой не изменяется.		
2	Шарик вращается на упругой нити в горизонтальной плоскости со скоростью, модуль которой не изменяется.		
3	Шарик подвешен на упругой нити и колеблется в вертикальной плоскости.		

№	Задача	Схематический рисунок	Ответ
4	Шарик находится внутри сферы и не смещается относительно стенок при вращении сферы со скоростью, модуль которой не изменяется.		
5	Шарику сообщили скорость, и он поднимается вверх по выпуклой горке.		

19.2. Маленький шарик, прикрепленный к нити длиной l , равномерно движется по окружности в горизонтальной плоскости (рис. 20). При этом нить при движении образует с вертикалью угол α (конический маятник). Найдите частоту вращения шарика.

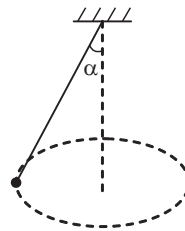
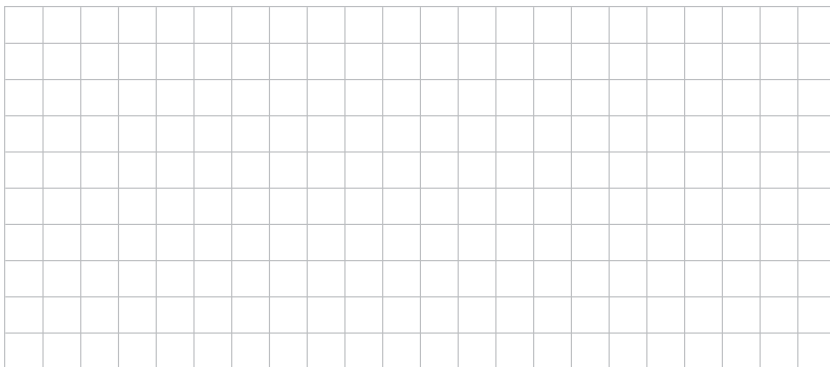


Рис. 20



- 19.3. Шарик массой $m = 1,0$ кг подвешен на нити длиной $l = 2,0$ м (рис. 21). В момент, когда нить образует угол $\alpha = 60^\circ$ с вертикалью, модуль скорости шарика $v = 1,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите в этот момент модуль силы натяжения нити.

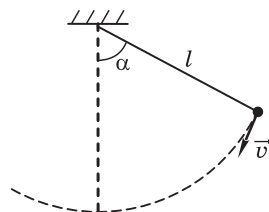
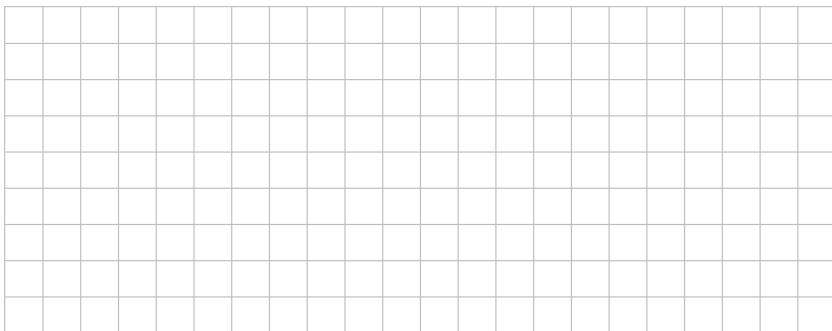


Рис. 21



- 19.4. Чаша в форме полусферы вращается с угловой скоростью, модуль которой $\omega = 5,0 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, вокруг вертикальной оси (рис. 22). Вместе с чашей вращается шарик, лежащий на ее гладкой внутренней поверхности. Модуль силы реакции чаши, действующей на шарик, в два раза превышает модуль его силы тяжести. Чему равен радиус чаши?

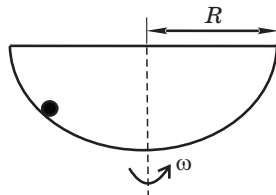
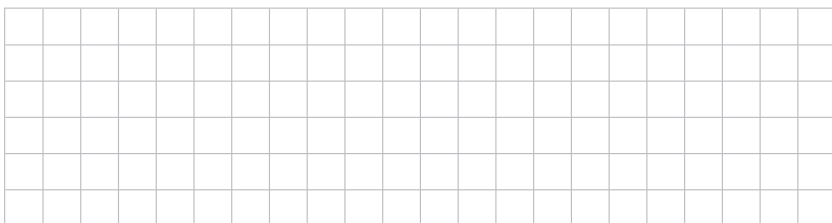
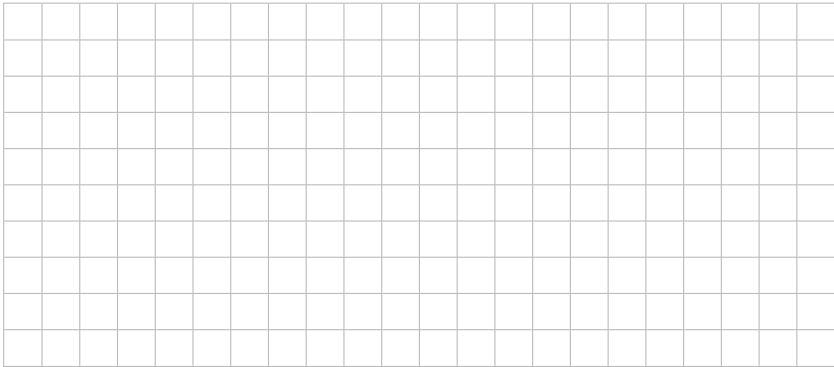


Рис. 22





- 19.5.** Определите модуль максимальной скорости, с которой может ехать по горизонтальной плоскости мотоциклист, описывая дугу радиусом $R = 30$ м, если модуль силы трения резины о дорогу $F = 1,92$ кН. Сила F направлена к центру окружности, по которой движется мотоциклист. На какой угол от вертикали он должен при этом отклониться? Определите модуль силы взаимодействия мотоциклиста с сиденьем мотоцикла. Масса мотоцикла $m_1 = 200$ кг, масса мотоциклиста $m_2 = 56$ кг.



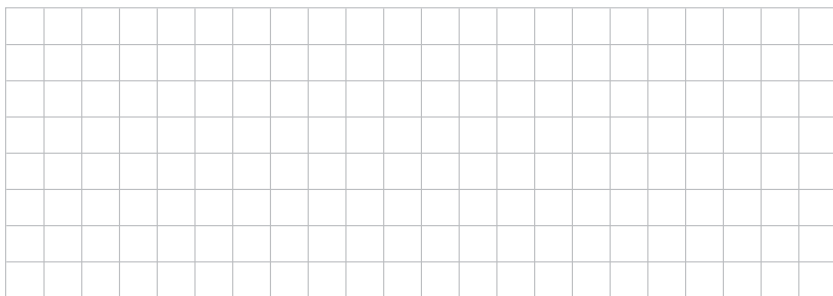
Занятие

20

Исправьте ошибки ученика

20.1. На упругой пружине подвешен груз массой m . Система находится в покое. Чему равна равнодействующая всех сил, действующих на пружину?

Ответ ученика: модуль равнодействующей всех сил, действующих на пружину, равен модулю силы тяжести mg груза, так как груз подвешен к пружине и тянет ее вниз.



20.2. На рисунке 23 показаны три силы, модуль каждой из которых равен F . Определите модуль равнодействующей этих сил.

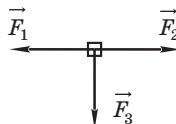
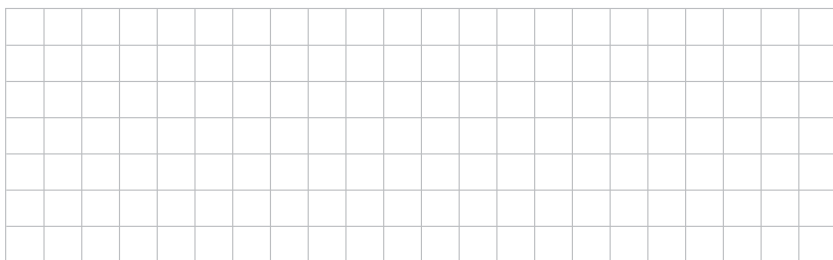


Рис. 23

Ответ ученика: модуль равнодействующей трех сил равен $3F$, поскольку модуль каждой из них равен F .



- 20.3. Шайба, брошенная вверх вдоль наклонной плоскости, скользит по ней с постоянным ускорением (рис. 24). Покажите на рисунке направление вектора ускорения.

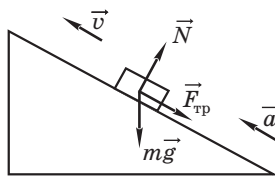


Рис. 24

Ответ ученика: так как шайба скользит вверх, то вектор ускорения направлен также вверх вдоль наклонной плоскости.



- 20.4. Материальная точка движется вдоль оси Ox . На рисунке 25 изображен график зависимости проекции скорости v_x от времени t . В течение какого промежутка времени проекция равнодействующей всех сил, приложенных к точке, является положительной?

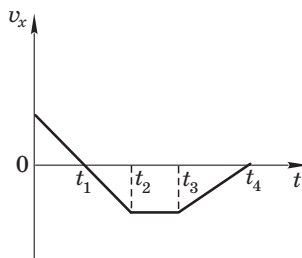


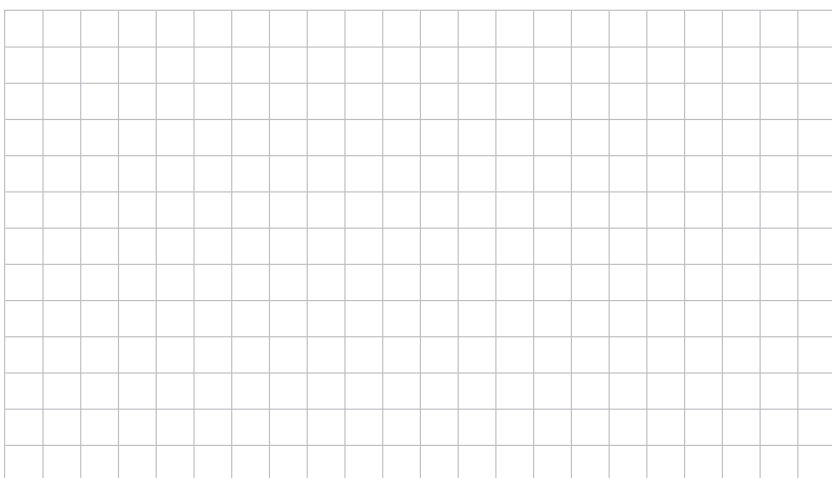
Рис. 25

Ответ ученика: в течение промежутка времени $0 - t_1$ проекция равнодействующей сил, приложенных к точке, положительна, так как только в этом промежутке времени проекция скорости является положительной.



20.5. Чему численно равен вес тела массой m , на которое действует только сила тяжести?

Ответ ученика: вес тела P численно равен силе тяжести: $P = mg$.



20.6. Два соприкасающихся бруска массами m_1 и m_2 находятся на горизонтальной идеально гладкой поверхности. К бруску m_1 приложена горизонтально направленная сила \vec{F} (рис. 26). С каким ускорением движутся бруски?

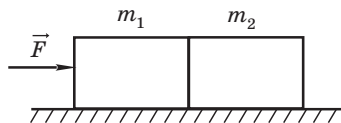


Рис. 26

Ответ ученика: на первый брусок действует сила \vec{F} , которая на идеально гладкой поверхности при соприкосновении передается второму бруску. По третьему закону Ньютона второй брусок действует на первый с равной по модулю и противоположной по направлению силой $(-\vec{F})$. Результирующая сила \vec{F}_p , действующая на первый брусок, равна сумме приложенной силы \vec{F} и силы реакции $(-\vec{F})$ второго бруска: $\vec{F}_p = \vec{F} - \vec{F} = \vec{0}$. По второму закону Ньютона при результирующей силе, равной нулю, ускорение также равно нулю. Следовательно, оба бруска не имеют ускорения.



- 20.7.** Тело массой $m_1 = 2,0$ кг лежит на горизонтальном гладком столе. К телу привязана упругая невесомая нить, перекинутая через неподвижный блок, укрепленный на краю стола. К другому концу нити приложена сила, модуль которой $F = 10$ Н (рис. 27). Груз какой массы нужно подвесить к нити, перекинутой через блок, чтобы тело m_1 получило то же ускорение, что и под действием силы \vec{F} в первом случае? Трением в блоке пренебречь.

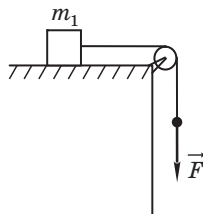


Рис. 27

Ответ ученика: к свободному концу нити надо подвесить груз массой $m_2 = 1,0$ кг. В этом случае модуль силы тяжести груза $m_2g = 10$ Н совпадет с модулем силы F . По второму закону Ньютона равные равнодействующие силы вызывают равное ускорение.



Занятие

21

Сила упругости

21.1. По графику (рис. 28) зависимости модуля силы упругости пружины $F_{\text{упр}}$ от ее длины l определите:

- длину недеформированной пружины;
- длину пружины и ее абсолютное удлинение, если к пружине приложить силу 6 Н;
- силу, которую нужно приложить к пружине, чтобы ее длина увеличилась в 2 раза;
- жесткость пружины.

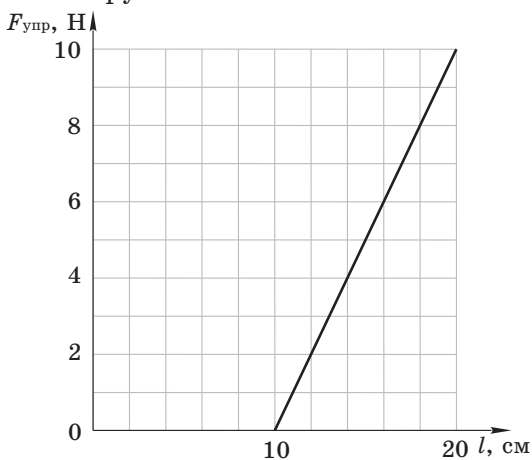
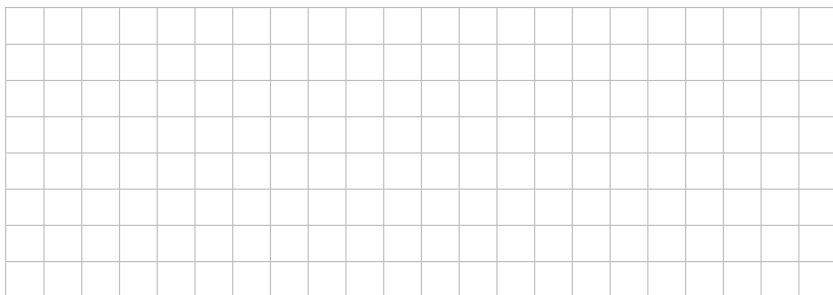
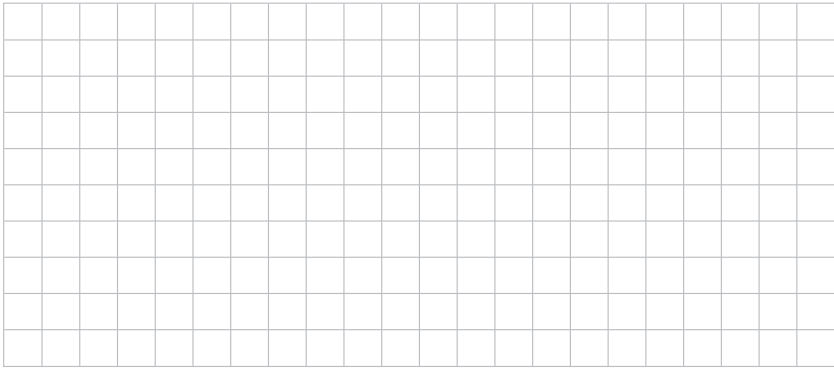
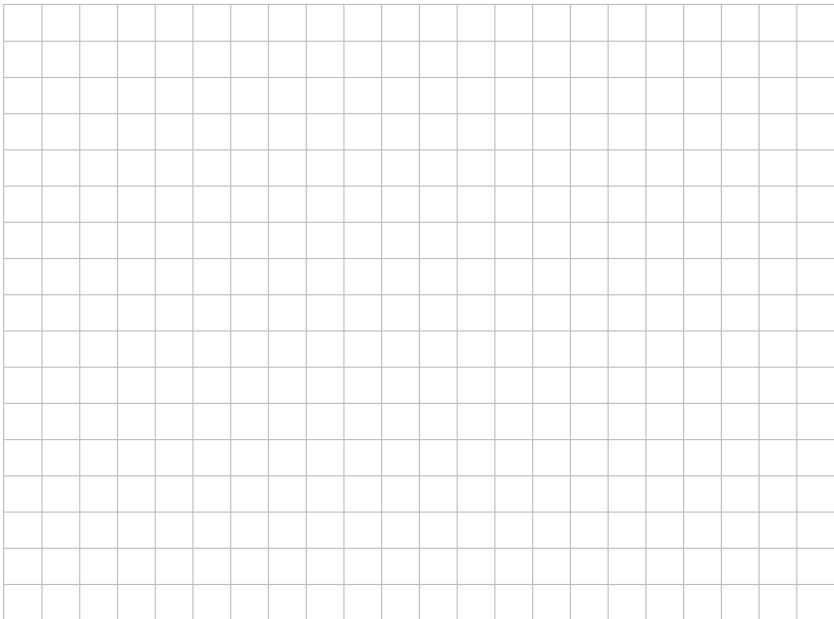


Рис. 28





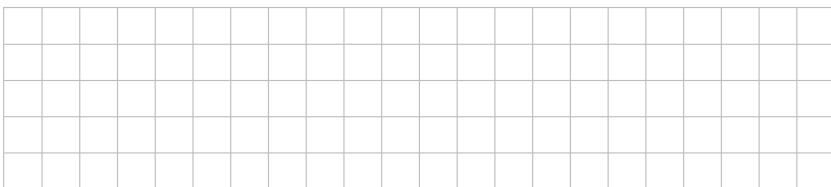
21.2. Груз массой $m = 10$ кг с помощью троса поднимают вертикально вверх на высоту $h = 8,0$ м за промежуток времени $\Delta t = 4,0$ с. Определите модуль силы упругости троса и его удлинение. Жесткость троса $k = 2,2 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$.
Начальная скорость груза равна нулю.

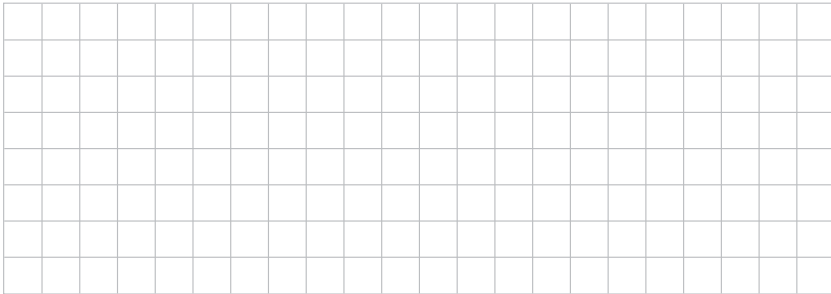


21.3. Груз поднимают на легком резиновом шнуре вертикально вверх с ускорением, модуль которого $a = 6 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$, а затем опускают вниз с тем же по модулю ускорением. Определите отношение удлинений шнура.



21.4. Легкая пружина соединяет два груза массами m_1 и m_2 . Когда система подвешена за верхний груз m_1 , длина пружины равна l_1 , а когда система поставлена на нижний груз m_2 , то длина пружины равна l_2 . Определите длину недеформированной пружины.





- 21.5.** Брусок движется по горизонтальной поверхности под действием упругой пружины жесткостью $k = 40 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$, расположенной горизонтально. Пружина при этом растянута на длину $\Delta l_1 = 36$ мм. Сила трения составляет 20 % от модуля силы тяжести бруска. При движении проекция скорости бруска изменяется со временем по закону $v_x = A + Bt$, где $A = 0,20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $B = 0,40 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Каким будет удлинение пружины, если к этой пружине подвесить данный брусок и удерживать систему в вертикальном положении?



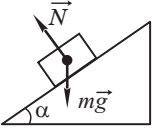
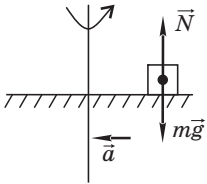
Занятие

22

Сила трения

22.1. В таблице даны условия задач и соответствующие им схематические рисунки. На рисунках показаны все силы, действующие на тело (брусек), за исключением силы трения. Покажите направление силы трения (если она не равна нулю) и определите ее модуль.

№	Условие задачи	Схематический рисунок	Модуль силы трения $F_{\text{тр}}$, Н
1	Брусек покоится на горизонтальной поверхности.		
2	Брусек покоится на горизонтальной поверхности. Модуль силы $F = 2$ Н.		
3	Брусек равномерно движется по горизонтальной поверхности. Модуль силы $F = 3$ Н.		
4	Брусек равномерно движется по горизонтальной поверхности. Модуль силы $F = 6$ Н, угол $\alpha = 60^\circ$.		
5	Брусек массой $m = 1$ кг движется по горизонтальной поверхности с ускорением, модуль которого $a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, модуль силы $F = 5$ Н.		

№	Условие задачи	Схематический рисунок	Модуль силы трения $F_{\text{тр}}$, Н
6	Брусок покоится на наклонной плоскости. Модуль силы тяжести $mg = 4$ Н, угол $\alpha = 30^\circ$.		
7	Брусок массой $m = 1$ кг покоится относительно равномерно вращающегося горизонтального диска. Модуль центростремительного ускорения бруска $a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.		

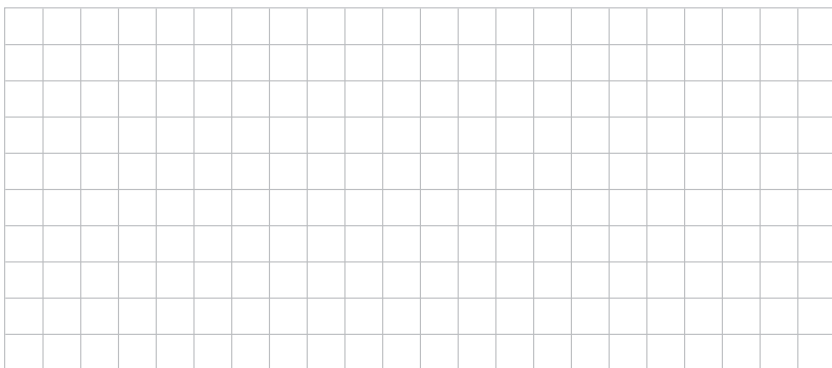
22.2. Брусок массой $m = 2,0$ кг находится на горизонтальной плоскости. Коэффициент трения $\mu = 0,20$. Постройте график зависимости модуля силы трения $F_{\text{тр}}$ и модуля ускорения a бруска от модуля горизонтальной силы F , приложенной к бруску. Модуль максимальной силы $F = 8$ Н.



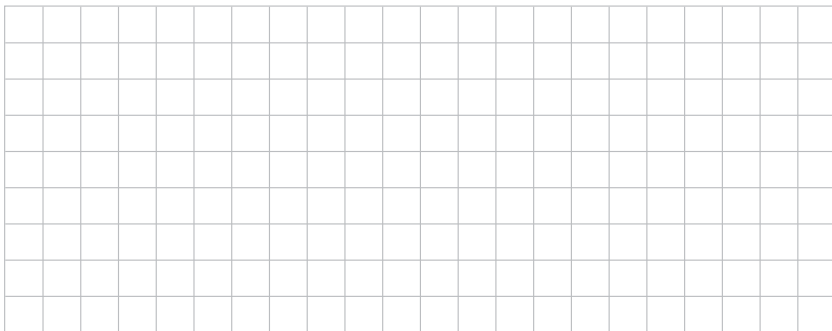
- 22.3.** Брусок массой $m = 3,0$ кг с помощью горизонтальной невесомой пружины тянут равномерно по закрепленной доске, расположенной горизонтально. Какова жесткость пружины, если она удлинилась на $\Delta x = 50$ мм? Коэффициент трения между бруском и доской $\mu = 0,25$.



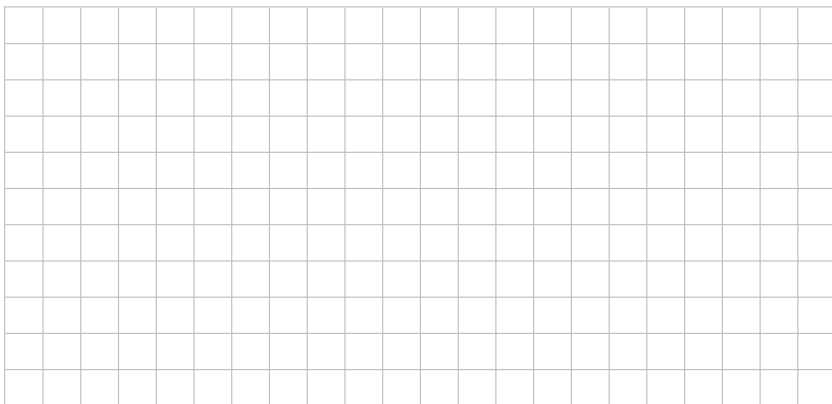
- 22.4.** Автомобиль массой $m = 4 \cdot 10^3$ кг, двигавшийся по горизонтальному прямолинейному участку дороги, начал тормозить так, что его координата x с течением времени t изменялась в соответствии с уравнением $x = A + Bt + Ct^2$, где $A = 800$ м, $B = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $C = -0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Определите модуль силы трения, действующей на автомобиль, коэффициент трения и промежуток времени торможения.



- 22.5.** Ящик массой $m = 1,5$ кг лежит на полу кабины лифта, движущегося вертикально вниз с ускорением, модуль которого $a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Ускорение направлено вертикально вниз. Найдите модуль минимальной силы, направленной горизонтально, которую надо приложить к ящику, чтобы сдвинуть его с места, если коэффициент трения скольжения ящика по полу лифта $\mu = 0,1$.



- 22.6.** Тело скользит вверх вдоль наклонной плоскости под действием горизонтальной силы \vec{F} , приложенной к телу. Высота наклонной плоскости $h = 30$ см, ее длина $l = 50$ см. Определите модуль ускорения, если коэффициент трения $\mu = 0,20$. Модуль силы $F = 1,5mg$, где m — масса тела.



Занятие

23

Статика

23.1. Однородный стержень AC массой m , подвешенный на упругой нити, находится в равновесии. К стержню приложены силы, показанные на рисунке 29. Ответьте на вопросы в таблице.

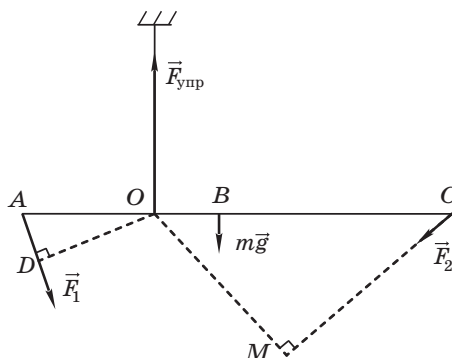


Рис. 29

№	Вопрос	Ответ
1	Длина какого отрезка является плечом силы \vec{F}_1 относительно точки O подвеса стержня?	
2	Чему равен модуль момента силы $m\vec{g}$ относительно точки O подвеса стержня?	
3	Момент какой силы относительно точки O вращения стержня равен нулю?	
4	Равны ли модули моментов сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 относительно точки O ?	

23.2. Отметьте верные утверждения.

- 1) Рычаг всегда находится в равновесии, если равнодействующая приложенных к нему сил равна нулю.
- 2) Подвижный легкий блок с пренебрежимо малым трением дает выигрыш в силе в 2 раза.
- 3) КПД наклонной плоскости указывает, на сколько процентов можно выиграть в работе с помощью наклонной плоскости.
- 4) Координата x_c центра масс тела определяется по формуле:

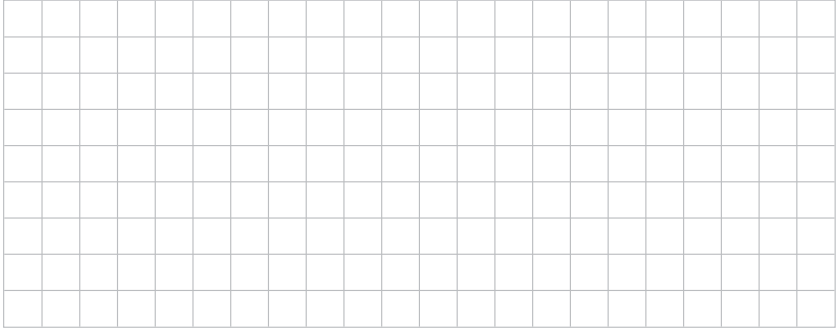
$$x_c = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + \dots + x_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n},$$

где m_1, m_2, \dots, m_n и x_1, x_2, \dots, x_n — соответственно массы и координаты частей тела.

23.3. Два груза уравновешены на концах невесомого стержня, расположенного горизонтально, причем точка опоры делит стержень в отношении 5:7. Найдите модуль веса груза большей массы, если модуль силы давления стержня на опору $F = 72$ Н.



23.4. На какую высоту с помощью подвижного блока массой $m_1 = 5,0$ кг был равномерно поднят груз массой $m_2 = 95$ кг, если при этом совершена работа $A = 200$ Дж? Чему равен КПД блока? Силами сопротивления пренебречь.



23.5. Колесо радиусом $R = 50$ см и массой $m = 10$ кг стоит перед ступенькой высотой $h = 10$ см (рис. 30).

- а) Найдите модуль минимальной горизонтальной силы, которую надо приложить к оси колеса, чтобы поднять его на ступеньку.
- б) Найдите модуль минимальной силы, которую надо приложить к оси колеса, чтобы поднять его на ступеньку.
- в) Найдите модуль минимальной силы, которую надо приложить к ободу колеса, чтобы поднять его на ступеньку.

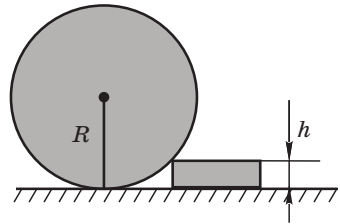
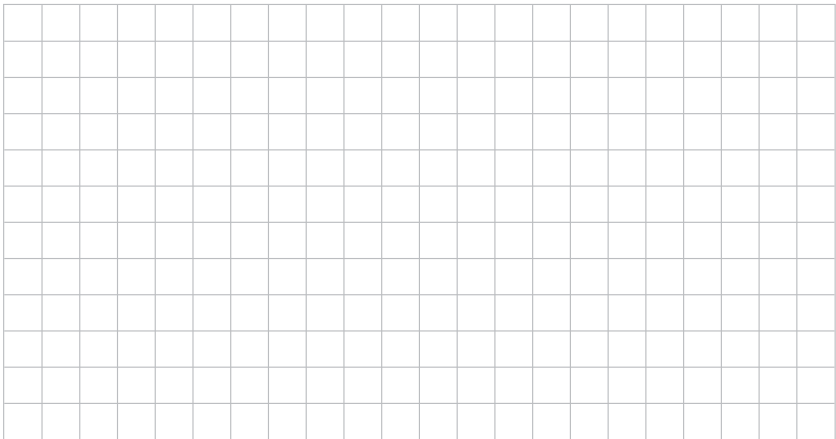


Рис. 30



Занятие

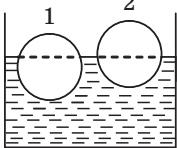
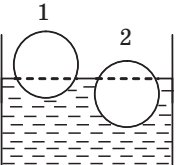
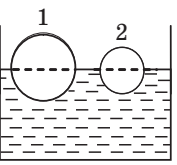
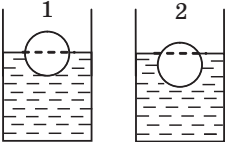
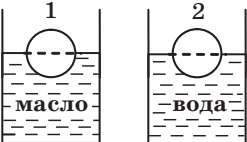
24

Сила Архимеда

24.1. Отметьте верные утверждения.

- 1) Сила Архимеда, действующая на тело, зависит от плотности жидкости, в которую оно погружено.
- 2) Сила Архимеда, действующая на тело, погруженное в жидкость, обратно пропорциональна плотности тела.
- 3) Сила Архимеда, действующая на тело, погруженное в жидкость, прямо пропорциональна массе тела.
- 4) Сила Архимеда, действующая на тело, полностью погруженное в однородную жидкость, не зависит от глубины его дальнейшего погружения.
- 5) Сила Архимеда возрастает по мере увеличения объема части тела, которое погружают в жидкость.
- 6) Сила Архимеда зависит от объема жидкости, в которую погружают тело.
- 7) Если на тело, плавающее на поверхности керосина, действует сила Архимеда, модуль которой равен F_{A1} , то на то же тело, плавающее на поверхности воды, действует сила Архимеда, модуль которой равен F_{A2} , причем $F_{A2} > F_{A1}$. Плотность керосина меньше плотности воды.
- 8) Если тело плавает на поверхности жидкости плотностью ρ , то оно будет плавать и на поверхности жидкости плотностью $1,2 \rho$.
- 9) Если тело тонет в жидкости плотностью ρ , то оно утонет и в жидкости плотностью $0,8 \rho$.
- 10) Сила Архимеда всегда приложена к геометрическому центру тела, погруженного в жидкость или газ, и направлена вертикально вверх.

24.2. Два однородных деревянных шарика плавают в жидкостях в равновесном состоянии. Ответьте на вопросы в таблице.

№	Вопрос	Положение шариков в жидкостях	Ответ
1	Какой шарик имеет большую массу, если их объемы одинаковы?		
2	Какой шарик изготовлен из дерева большей плотности, если их объемы одинаковы?		
3	На какой шарик, наполовину погруженный в жидкость, действует большая сила Архимеда?		
4	Плотность какой жидкости больше, если в них погружены одинаковые шарики?		
5	<p>На какой из двух одинаковых по объему шариков действует большая сила тяжести? Плотность масла $\rho_m = 0,9 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$, плотность воды $\rho_v = 1,0 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$.</p>		

24.3. Один конец невесомой нити закреплен на дне водоема, а второй прикреплен к пробковому поплавку. При этом 75 % всего объема поплавка погружено в воду. Опреде-

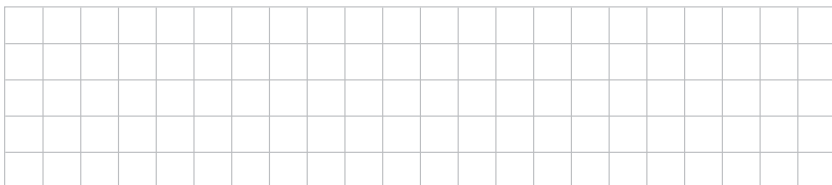
лите модуль силы натяжения нити, если масса попла-
ка $m = 0,20$ кг. Плотность воды $\rho_v = 1,0 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$, плотность
пробки $\rho_{\text{п}} = 0,30 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$.

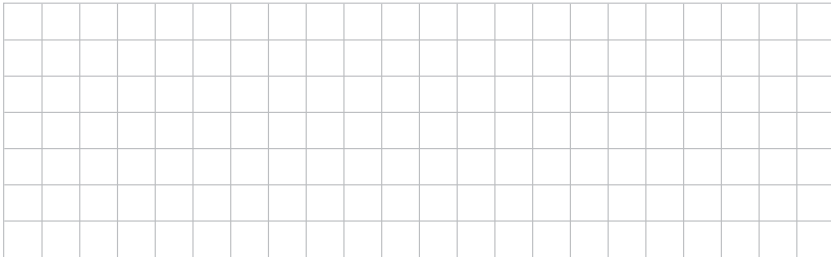


24.4. Шар, модуль веса которого $P = 8$ Н, лежит на дне сосу-
да с водой так, что половина его находится в воде. Опре-
делите модуль силы давления шара на дно сосуда.

Плотность материала шара $\rho = 0,8 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$, плотность воды

$$\rho_v = 1,0 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}.$$





24.5. Плоская льдина, площадь основания которой $S = 5,0 \text{ дм}^2$, плавает в воде, выступая над ее поверхностью на высоту $h = 2,0 \text{ см}$. Плотность льда $\rho_1 = 0,90 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, плотность воды $\rho_2 = 1,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

- а) Найдите массу льдины.
- б) Какая часть льдины находится в воде?
- в) На каком расстоянии от поверхности воды находятся точки приложения силы Архимеда и силы тяжести?
- г) Найдите модуль минимальной силы, которую необходимо приложить к льдине, чтобы, погрузив, удерживать ее под водой.



Занятие

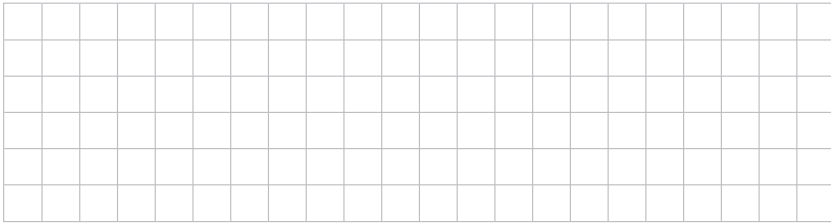


«Карьерная лестница»

Пояснение. Чтобы пройти по «карьерной лестнице» от «ученика» до «профессора», необходимо последовательно решить 6 задач (25.1—25.6). Решив первую задачу, вы становитесь «студентом», вторую — «магистрантом», третью — «аспирантом», четвертую — «научным сотрудником», пятую — «доцентом», шестую — «профессором».

25.1. За какой промежуток времени после начала аварийного торможения по горизонтальной дороге остановится автомобиль, движущийся со скоростью, модуль которой $v_0 = 12 \frac{\text{М}}{\text{с}}$, если коэффициент трения при аварийном торможении $\mu = 0,6$?





- 25.4.** В аттракционе «гонки по вертикали» трек представляет собой вертикальный цилиндр радиусом $R = 9,0$ м. Определите модуль минимальной скорости, с которой должен ехать мотоциклист, чтобы не соскользнуть со стенки. Коэффициент трения $\mu = 0,45$, модуль ускорения свободного падения $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.



- 25.5.** Чебурашка потянул санки массой $m = 10$ кг в горизонтальном направлении, приложив силу, модуль которой $F_1 = 5,0$ Н. Крокодил Гена потянул те же санки силой, модуль которой $F_2 = 50,0$ Н, направленной вверх под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Во сколько раз отличаются модули сил трения, действующие на санки, если они находятся на горизонтальной поверхности? Коэффициент трения $\mu = 0,10$.



25.6. Период обращения искусственного спутника вокруг Земли равен периоду вращения Земли вокруг своей оси. Во сколько раз высота этого спутника над поверхностью Земли больше ее радиуса, если известно, что период обращения другого спутника, вращающегося вокруг Земли на пренебрежительно малой высоте, в 8 раз меньше периода вращения Земли вокруг своей оси?

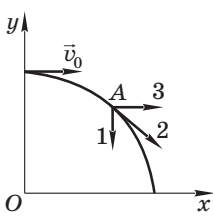


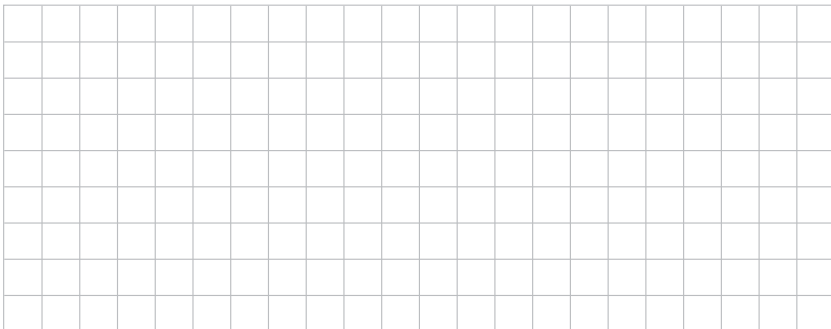
Занятие

26

Импульс тела. Импульс силы

26.1. Ответьте на вопросы.

Вопрос	Ответ
Могут ли быть равными модули импульсов различных по массе тел?	
Могут ли быть равными модули импульсов двух тел, скорости которых направлены перпендикулярно друг другу, а массы тел равны?	
Могут ли быть равными импульсы двух тел, скорости которых направлены противоположно друг другу, а массы равны?	
Могут ли быть равными модули импульсов сил, если модули сил различны?	
Тело, брошенное горизонтально, свободно падает на поверхность Земли. С каким по направлению вектором, показанным на рисунке, совпадает импульс тела, а с каким — импульс силы в момент времени, когда тело находилось в точке A ?	



26.3. Координата x тела, движущегося вдоль оси Ox , зависит от времени t по закону $x = A + Bt + Ct^2$, где $A = 4$ м, $B = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $C = -1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Определите проекцию импульса тела в момент времени $t_0 = 0$ с и $t = 2$ с, если масса тела $m = 0,2$ кг. Найдите проекцию изменения импульса тела за промежуток времени $\Delta t = 2$ с.



26.4. Шарик массой $m = 40$ г летел со скоростью, модуль которой $v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. После удара о стенку он отскочил со скоростью, модуль которой $v = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, под углом $\alpha = 90^\circ$ к прежнему направлению. Найдите модуль изменения импульса шарика при ударе.

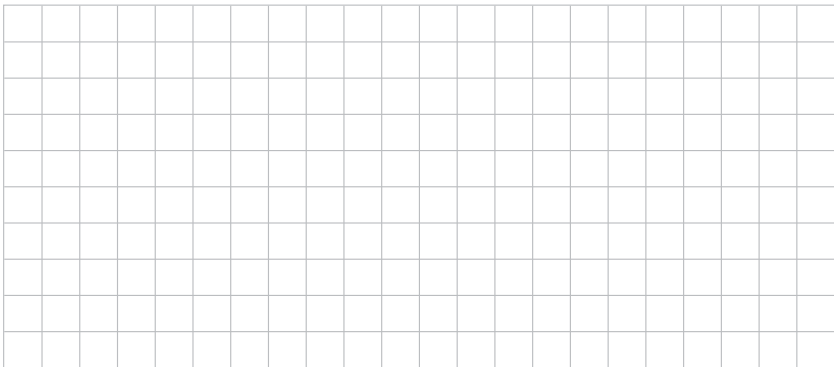


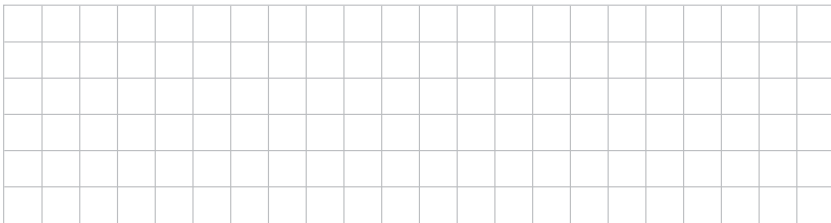
26.5. Резиновый шарик падает на горизонтальную поверхность стола с высоты $h_0 = 45$ см и, отскочив, поднимается на высоту $h = 20$ см. Масса шарика $m = 0,10$ кг. Каков модуль средней силы, с которой шарик действовал на стол при ударе, если соприкосновение со столом длилось $\Delta t = 0,050$ с? Сопротивлением воздуха при полете шарика пренебречь.



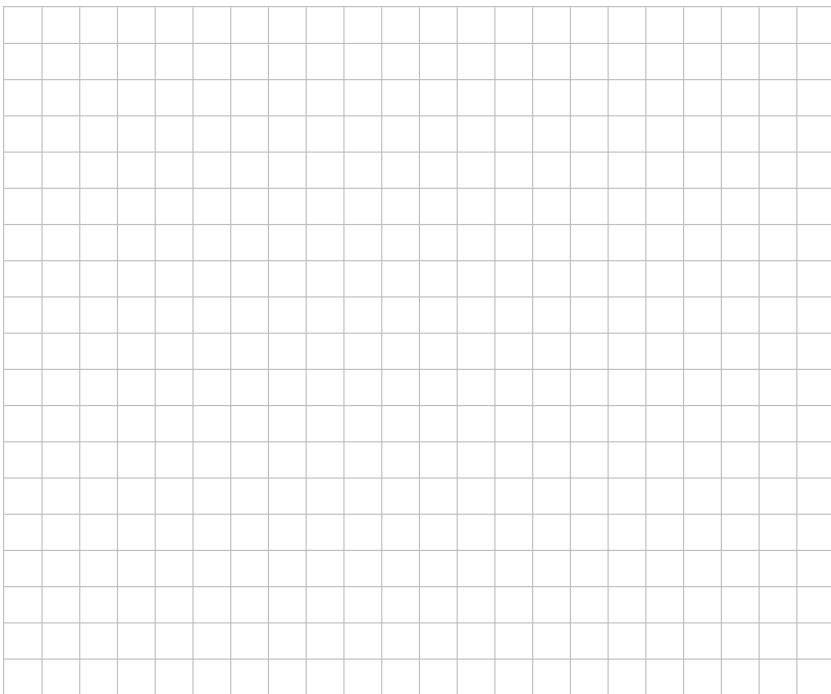


27.3. Артиллерийский снаряд, летевший горизонтально со скоростью, модуль которой $v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, разорвался на два осколка массами $m_1 = 5,0$ кг и $m_2 = 10$ кг. При этом скорость меньшего осколка оказалась направленной вертикально вниз. Определите модуль скорости большего осколка сразу после разрыва, если модуль скорости меньшего осколка сразу после разрыва $v_1 = 80 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.





27.4. Граната, летящая горизонтально со скоростью, модуль которой $v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, разорвалась на два осколка в отношении $1:2$. Скорость меньшего осколка направлена под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Определите модуль скорости большего осколка, если модуль скорости меньшего осколка после разрыва гранаты $v_1 = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.



27.5. По гладкой горизонтальной поверхности движется тележка с песком общей массой $m_1 = 5$ кг со скоростью, модуль которой $v_1 = 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. В песок попадает гиря массой $m_2 = 1$ кг, упавшая с некоторой высоты без начальной скорости. Определите модуль скорости тележки после попадания в нее гири.



Занятие

28

Механическая работа

28.1. Отметьте верные утверждения.

- 1) При равномерном движении тела работа равнодействующей силы равна нулю.
- 2) Работа силы является максимальной, когда угол между силой и перемещением тела равен 90° .
- 3) Работа силы является отрицательной, когда сила и перемещение составляют тупой угол.
- 4) Работа силы зависит от выбора системы отсчета.
- 5) По графику (рис. 31) зависимости проекции скорости v_y десантника, спускающегося на парашюте, от времени t следует, что работа равнодействующей сил, действующих на десантника, равна нулю в течение промежутка времени $0 - t_1$.

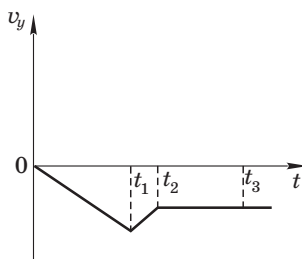


Рис. 31

- 6) Ящик равномерно перемещают вверх вдоль наклонной плоскости, угол наклона которой к горизонту α . Работа силы тяги \vec{F} , приложенной к ящику вдоль наклонной плоскости, определяется по формуле $A = F \cdot \Delta r \cos \alpha$, где Δr — модуль перемещения ящика.
- 7) Спутник движется по круговой орбите радиусом r . Сила \vec{F} притяжения спутника к Земле совершает работу, которая определяется по формуле $A = F \cdot 2\pi r$.

- 8) Площадь фигуры, ограниченной графиком зависимости проекции силы \vec{F}_x от координаты x тела, движущегося вдоль оси Ox , и осью Ox численно равна работе силы F при перемещении тела на расстояние l (рис. 32).

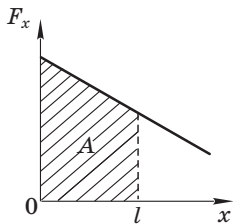


Рис. 32

- 28.2.** Тело массой $m = 8,0$ кг движется вдоль оси Ox по горизонтальной поверхности. Зависимость проекции скорости от времени описывается уравнением $v_x = A + Bt$, где $A = 5,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $B = 4,0 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Определите работу силы трения при перемещении тела на $\Delta r = 20$ м, если на тело действует горизонтально направленная сила тяги, модуль которой $F = 34$ Н.



- 28.3.** Тело массой $m = 6,0$ кг равномерно тянут по горизонтальной поверхности, прилагая к нему силу \vec{F} , направленную под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Коэффициент трения между телом и плоскостью $\mu = 0,30$. Определите работу, совершенную силой \vec{F} при перемещении тела на $\Delta r = 39$ м.



28.4. Какую работу совершит сила, модуль которой $F = 20$ Н, подняв по наклонной плоскости груз массой $m = 2$ кг на высоту $h = 2,5$ м с ускорением, модуль которого $a = 5 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$?

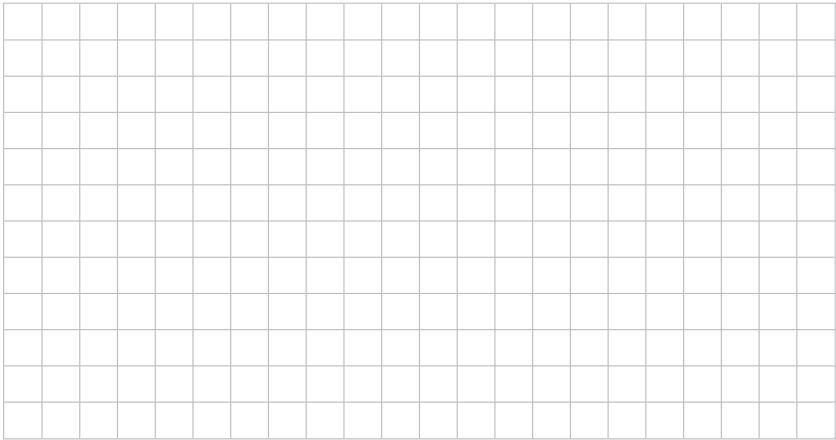
Сила действует параллельно наклонной плоскости. Трением пренебречь.



28.5. Цилиндрическая бочка диаметром $d = 0,7$ м плавает вертикально на поверхности воды. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы вынуть бочку из воды, если ее масса $m = 200$ кг? Плотность воды $\rho = 1,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

Силы сопротивления не учитывать.





29.3. Автомобиль массой $m = 1,0$ т трогается с места и, двигаясь равноускоренно и прямолинейно, проходит путь $l = 50$ м за промежуток времени $\Delta t = 5,0$ с. Какую мощность развивает автомобиль в конце пятой секунды движения? Силой сопротивления пренебречь.





29.6. Какую среднюю мощность необходимо развить, чтобы сжать пружину на $\Delta x_1 = 4$ см в течение промежутка времени $\Delta t = 0,5$ с, если для сжатия ее на $\Delta x_2 = 1$ см требуется сила, модуль которой $F = 25$ кН?



Занятие

30

Механическая энергия

30.1. Отметьте верные утверждения.

- 1) Если равнодействующая сил, действующих на тело, равна нулю, то кинетическая энергия тела не может изменяться.
- 2) Если равнодействующая сил, действующих на тело, равна нулю, то потенциальная энергия тела не может изменяться.
- 3) Если центр масс тела не перемещается, то потенциальная энергия тела не изменяется.
- 4) Кинетическая энергия тела не может одновременно быть равной 0 Дж и 100 Дж.
- 5) Потенциальная энергия тела может одновременно быть равной 0 Дж и 100 Дж.
- 6) Два тела могут обладать разной потенциальной энергией, даже если их массы равны и находятся они на одинаковой высоте относительно нулевого уровня.
- 7) Два легких жгута, абсолютные удлинения которых равны, обладают равной потенциальной энергией.
- 8) Алюминиевый $\left(\rho = 2,7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}\right)$ и медный $\left(\rho = 8,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}\right)$ шарики равного объема обладают равной кинетической энергией относительно одной и той же ИСО, если их скорости движения одинаковы.
- 9) Кинетическая и потенциальная энергии тела одновременно уменьшаться не могут.

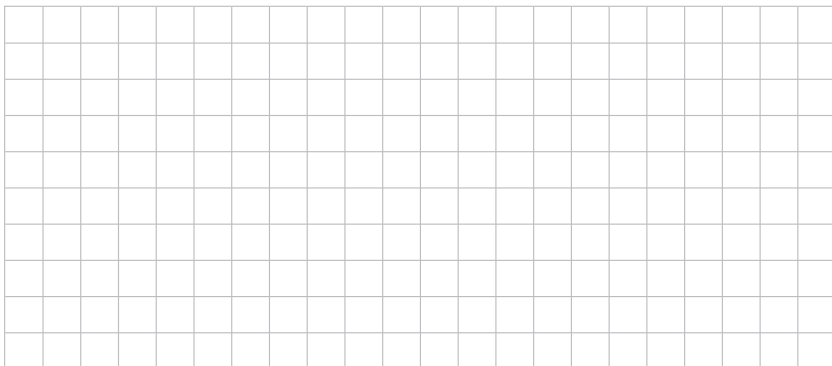
30.2. Пробковый шарик, плотность которого в 5 раз меньше плотности воды, начинает всплывать вверх со дна водоема. Определите кинетическую энергию шарика спустя промежуток времени $\Delta t = 0,4$ с, если модуль силы сопротивления воды, действующей на шарик, в 3,5 раза больше модуля силы тяжести. Масса шарика $m = 20$ г.



30.3. Пуля массой $m = 5,0$ г, летевшая горизонтально со скоростью, модуль которой $v_0 = 800 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, пробивает доску и вылетает из нее со скоростью, модуль которой $v = 400 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
Найдите работу силы сопротивления доски, считая ее при движении пули в доске постоянной.

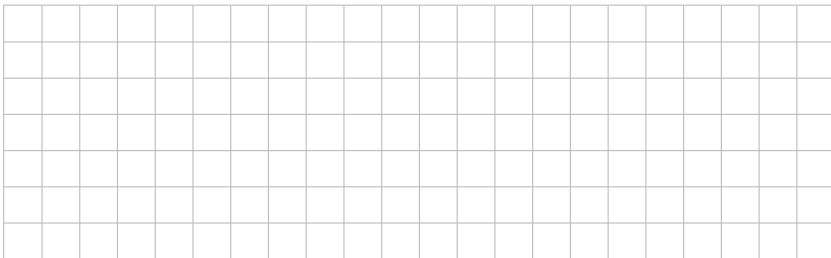


- 30.4.** Брусок массой $m = 2$ кг равномерно движется по горизонтальной поверхности под действием горизонтальной легкой пружины жесткостью $k = 40 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$. Определите потенциальную энергию пружины, если коэффициент трения бруска о плоскость $\mu = 0,2$.

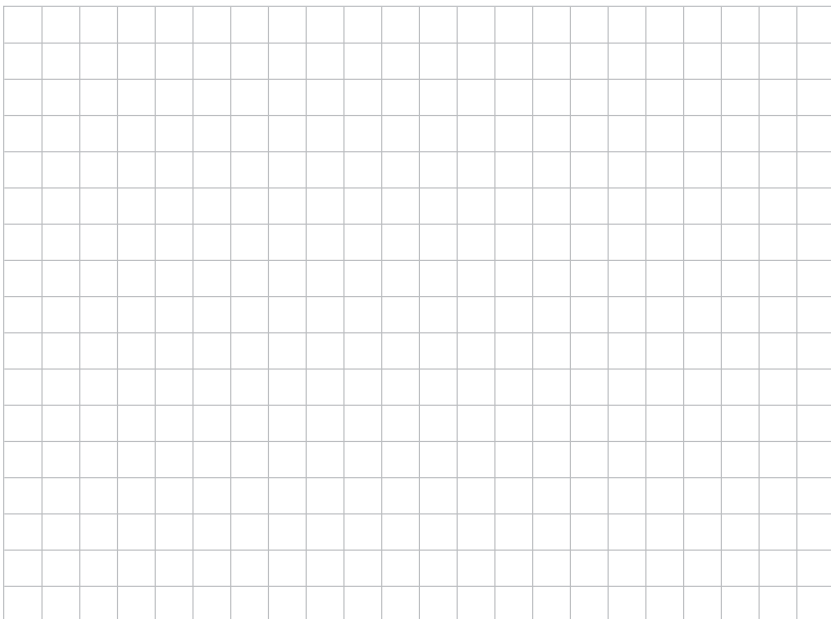


- 30.5.** На горизонтальной плоскости лежит тонкая цепочка длиной $l = 80$ см и массой $m = 25$ г. Чему равна минимальная работа по подъему цепочки, взятой за один конец, на высоту, при которой нижний ее конец будет находиться на расстоянии $2l$ от плоскости?





31.2. Определите модуль минимальной горизонтальной скорости, которую надо сообщить шарiku, чтобы он сделал полный оборот в вертикальной плоскости, если он висит: а) на жестком невесомом стержне длиной l ; б) на легкой нерастяжимой нити длиной l . Сопротивлением пренебречь.

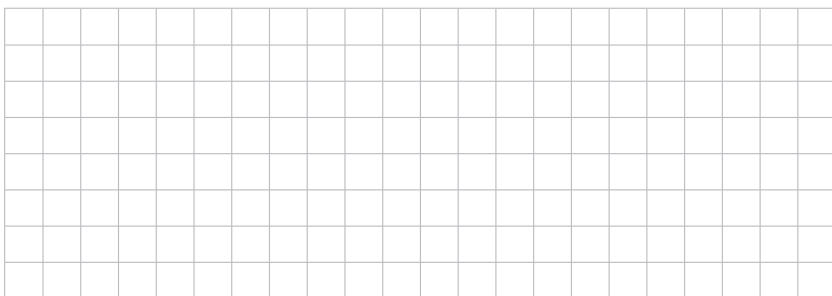


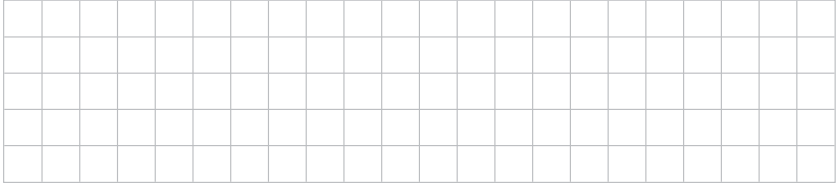
31.3. Легкий стержень длиной $l = 80$ см с закрепленными на его концах грузами массами $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 3$ кг может вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей

через середину стержня. Стержень приводят в горизонтальное положение и отпускают. Найдите модуль скорости грузов в тот момент, когда стержень проходит вертикальное положение. Трением пренебречь.



31.4. Груз массой $m = 1,0$ кг, подвешенный к легкой пружине жесткостью $k = 200 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$, приподнимают так, что пружина становится недеформированной, и отпускают без начальной скорости. Определите максимальную деформацию пружины. Сопротивлением пренебречь.





- 31.5.** Небольшая шайба скользит вниз по гладкому наклонному желобу, переходящему в «мертвую петлю» радиусом $R = 20$ см (рис. 34). Определите минимальную высоту h наклонного желоба, при которой шайба сможет совершить полный оборот в петле.

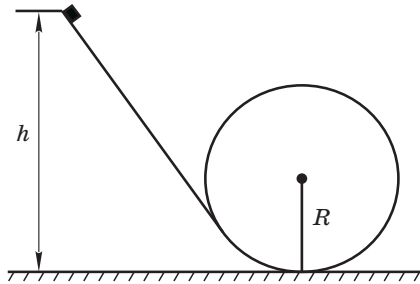


Рис. 34



Занятие

32

Закон сохранения энергии

32.1. Ответьте на вопросы.

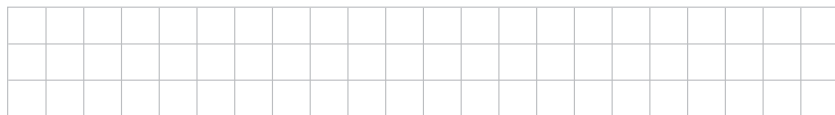
- а) В чем суть закона сохранения энергии?
- б) В какие виды энергии может превращаться механическая энергия замкнутой системы?
- в) Сохраняется ли механическая энергия спортсмена, соскальзывающего по гимнастическому канату?
- г) Может ли внутренняя энергия системы перейти в механическую энергию?
- д) Может ли уменьшиться механическая энергия замкнутой системы, если в ней действуют только потенциальные силы?

32.2. С верхней точки наклонной плоскости длиной $l = 1,8$ м, образующей с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$, скользит ящик массой $m = 2,0$ кг. Какое количество теплоты выделяется при трении ящика о плоскость, если начальная скорость движения ящика равна нулю, а модуль его скорости у основания наклонной плоскости $v = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$?



- 32.3.** Тело массой $m = 5$ кг, лежащее на горизонтальной плоскости, соединено со стеной недеформированной невесомой пружиной. Ось пружины горизонтальна, ее жесткость $k = 0,1 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$. Телу сообщают скорость, модуль которой $v_0 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, направленную вдоль оси пружины. Определите максимальную деформацию пружины, если от начального момента движения тела до момента, когда пружина максимально деформирована, выделилось количество теплоты $Q = 2$ Дж.





32.4. Маленькая шайба соскальзывает по наклонной плоскости с высоты $h = 1,2$ м (рис. 35). Наклонная плоскость переходит в полукольцо. Определите количество теплоты, которое выделяется при скольжении

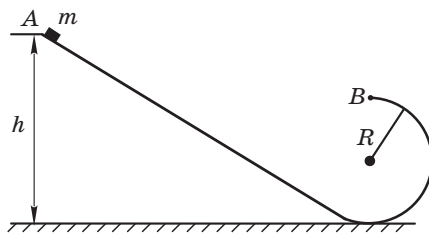


Рис. 35

шайбы от начальной точки A до верхней точки B полукольца. Известно, что сила, с которой шайба действует на полукольцо в верхней точке, равна нулю. Масса шайбы $m = 10$ г, радиус петли $R = 0,4$ м.



32.5. Кубик объемом $V = 20 \text{ см}^3$ соединен невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через легкий блок, с пружиной жесткостью $k = 5,0 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$, прикрепленной к полу (рис. 36). В начальный момент кубик удерживается на расстоянии $h = 80 \text{ мм}$ от пола так, что пружина растянута на $\Delta x = 10 \text{ мм}$. Какое количество теплоты выделится при абсолютно неупругом ударе кубика о пол, если кубик отпустить? Плотность материала кубика $\rho = 5,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$. Трением в блоке и сопротивлением воздуха пренебречь.

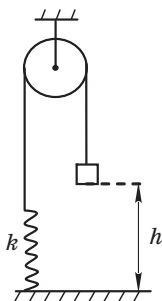
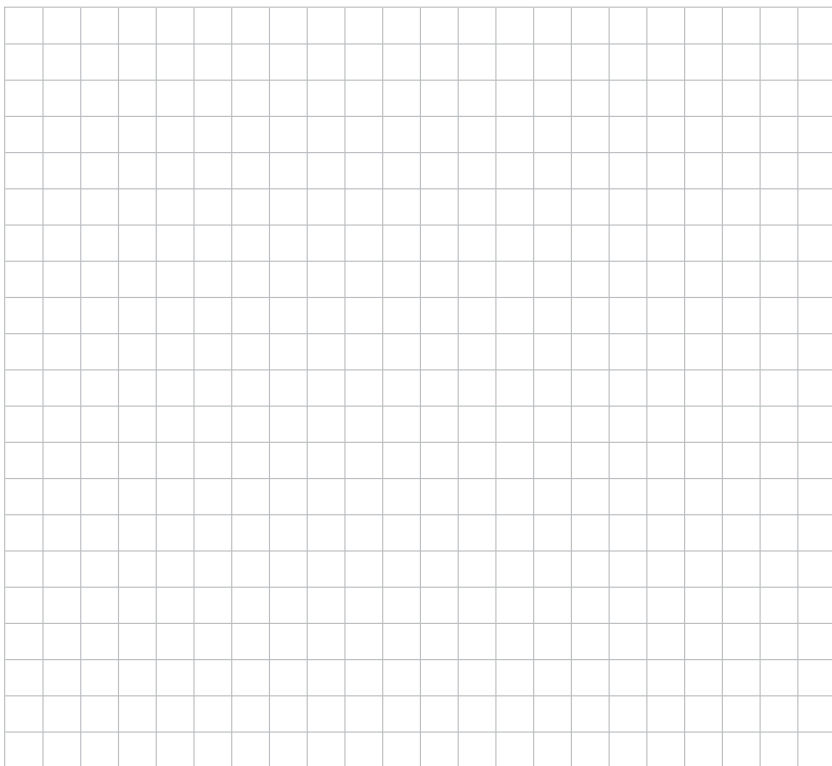


Рис. 36



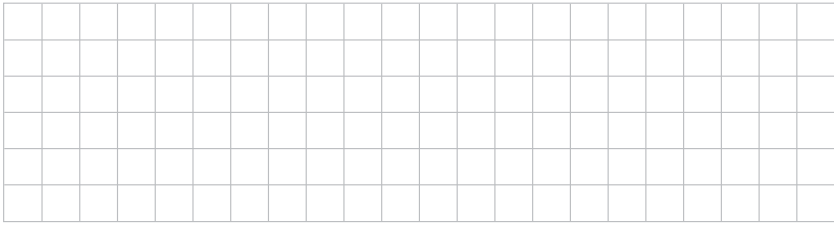
Занятие



Законы сохранения энергии и импульса

33.1. Укажите задачи, в которых следует применить закон сохранения механической энергии системы, закон сохранения полной энергии системы, закон сохранения импульса системы, закон сохранения импульса системы только в проекции на определенное направление.

- а) Санки массой m_1 движутся со скоростью \vec{v}_1 по горизонтальной поверхности льда. На них прыгает мальчик массой m_2 , имея в момент касания санок скорость \vec{v}_2 , направленную вертикально вниз. Определите выделившееся при этом количество теплоты, если мальчик после прыжка остается на санках неподвижным относительно них.
- б) Пуля массой m_1 , летящая горизонтально со скоростью \vec{v}_1 , попадает в неподвижный шар массой m_2 , подвешенный на невесомой и нерастяжимой нити, и отскакивает от него после упругого центрального удара. Определите модуль скорости шара после удара пули.
- в) Гладкий незакрепленный клин стоит на гладком горизонтальном столе. На какую максимальную высоту от поверхности стола поднимается льдинка, наезжающая на клин со скоростью \vec{v}_1 ? Масса льдинки m_1 , масса клина m_2 .
- г) Две шайбы массами m_1 и m_2 движутся по взаимно перпендикулярным направлениям соответственно со скоростями \vec{v}_1 и \vec{v}_2 . После столкновения шайба массой m_1 остановилась. Определите количество теплоты, выделившейся при столкновении.



33.2. Шар массой $m_1 = 2$ кг, движущийся со скоростью, модуль которой $v_1 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, абсолютно упруго сталкивается с неподвижным шаром массой $m_2 = 1$ кг. Найдите модуль скорости движения каждого шара после центрального удара.



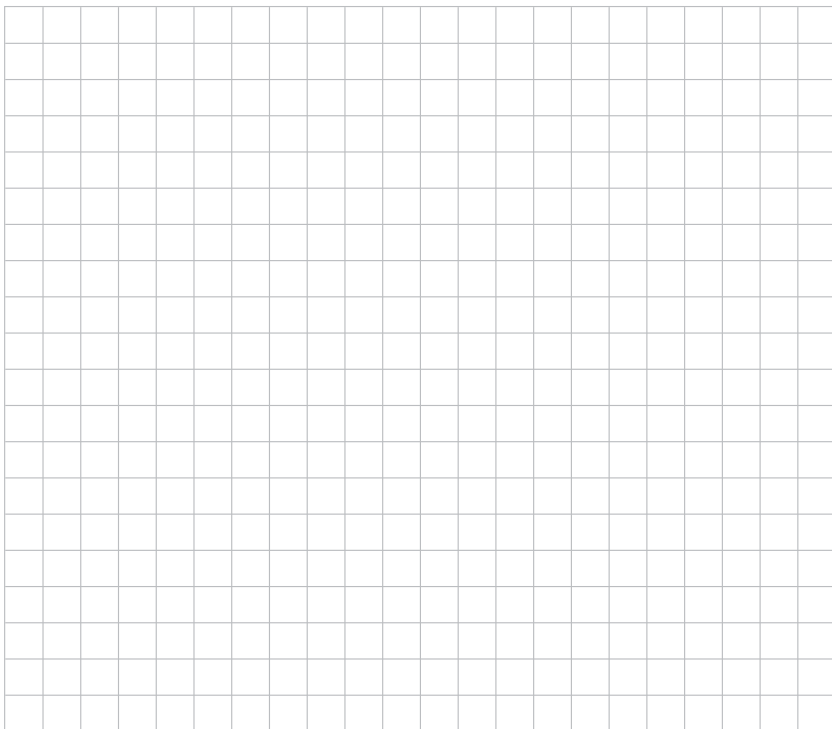
33.3. Летящий горизонтально шарик упруго ударяется о поверхность гладкого незакрепленного клина и отскакивает вертикально вверх. На какую высоту от точки удара поднимется шарик, если модуль скорости движения шарика до удара $v_1 = 2,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а масса клина в 10 раз больше массы шарика? Сопротивлением воздуха пренебречь.



33.4. Брусок массой $m = 90$ г лежит на гладкой поверхности и соединен со стеной недеформированной легкой пружиной жесткостью $k = 4 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$. Пуля массой $m_0 = 10$ г, летящая вдоль горизонтальной оси пружины со скоростью, модуль которой $v_0 = 0,1 \frac{\text{км}}{\text{с}}$, попадает в брусок и застревает в нем. Определите максимальную деформацию пружины.



33.5. Два бруска массами $m_1 = 0,9$ кг и $m_2 = 1,6$ кг, лежащие на гладком столе, соединены невесомой пружиной. Бруски удерживают так, что пружина сжата на $\Delta x = 10$ см. Сначала отпускают первый брусок, а в тот момент, когда пружина не деформирована, отпускают и второй. Определите максимальную деформацию пружины в процессе дальнейшего движения брусков.



Занятие

34

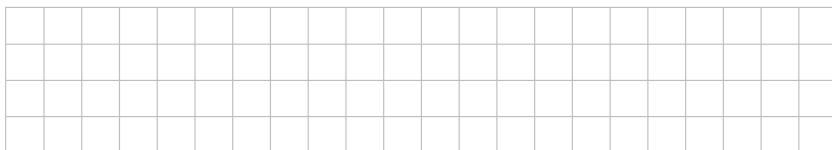
Изменение механической энергии

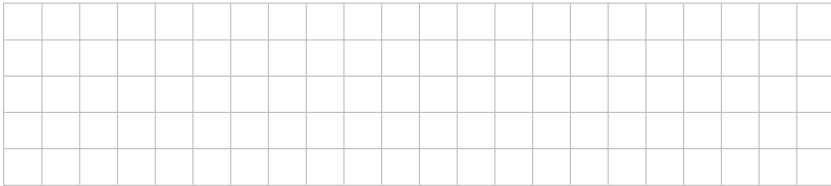
34.1. Изменяется ли механическая энергия ластика, если:

- 1) его сжимают;
- 2) он равномерно соскальзывает с вершины наклонной плоскости;
- 3) он падает с высоты h и, ударившись о пол, подскакивает на высоту $0,3h$;
- 4) он свободно падает в вакуумной трубке;
- 5) его, привязав к нити, равноускоренно тянут по горизонтальному столу?

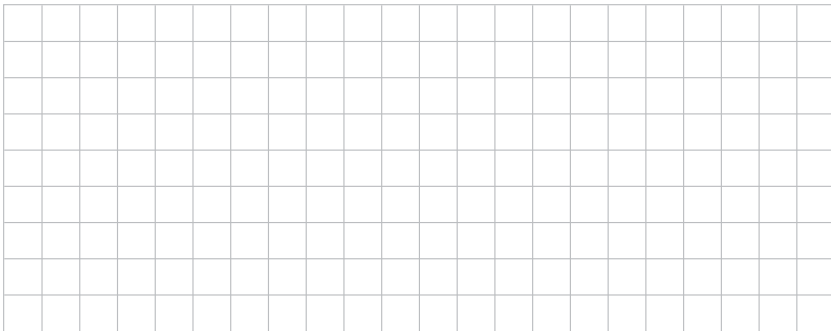


34.2. Бруску массой $m = 50$ г, находящемуся у основания наклонной плоскости, сообщили скорость, модуль которой $v_0 = 4,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, вверх вдоль наклонной плоскости. Определите работу силы трения, если брусок поднялся на высоту $h = 66$ см и остановился.





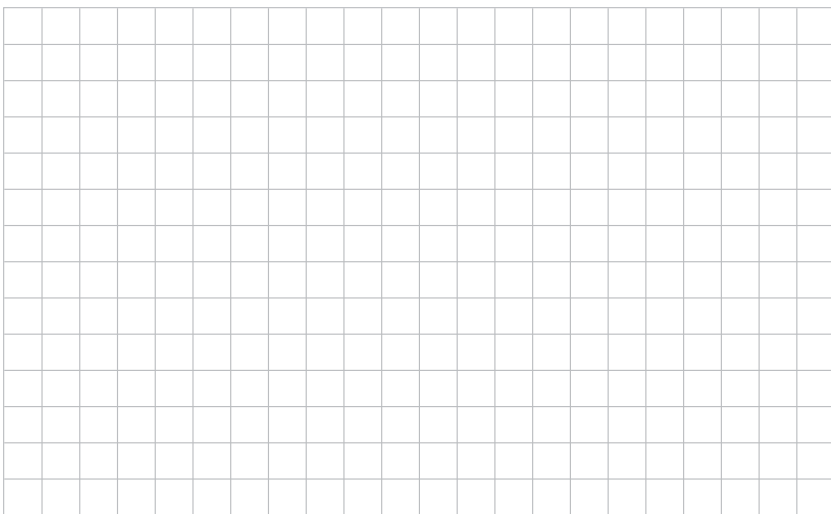
- 34.3.** Тело массой $m = 3,0$ кг, лежащее на горизонтальной плоскости, соединено с вертикальной стеной недеформированной невесомой пружиной. Ось пружины горизонтальна, ее жесткость $k = 54 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$, коэффициент трения между телом и плоскостью $\mu = 0,30$. Определите модуль минимальной скорости, которую надо сообщить телу вдоль оси пружины в направлении стены, чтобы оно вернулось в начальную точку.



- 34.4.** На полу лежит брусок массой $m = 0,25$ кг, соединенный с вертикальной стеной недеформированной легкой пружиной. Ось пружины горизонтальна, ее жесткость $k = 0,1 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$. На брусок начинает действовать постоянная сила, модуль которой $F = 3,0$ Н, направленная от стены вдоль оси пружины. Найдите максимальную деформацию пружины. Рассмотрите случаи:
- пол гладкий;
 - коэффициент трения бруска по полу $\mu = 0,4$.



34.5. Спортсмен катился на роликовых коньках с ядром в руках. Затем, толкнув ядро в направлении своего движения, он сразу остановился. Какую работу совершил спортсмен, если его масса $m_1 = 70$ кг, масса ядра $m_2 = 10$ кг? Модуль начальной скорости движения ядра, которая направлена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, $v_2 = 8,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.



Занятие

35

Игра «Дуэль»

Правила игры

Участники игры разбиваются на пары, чтобы «сразиться» на дуэли. По команде учителя все участники выполняют сначала первое задание в течение ограниченного промежутка времени. По истечении отведенного промежутка времени участники обмениваются тетрадями, проверяют выполненное задание соперника и выставляют ему баллы, а затем таким же образом выполняют все последующие задания. После выполнения последнего задания подводятся общий итог и по количеству набранных баллов определяется победитель дуэли в каждой паре.

35.1. «Единицы измерения». Запишите, в каких единицах СИ измеряется физическая величина, указанная в таблице. Каждый правильный ответ оценивается в 1 балл.

Физическая величина	Единица измерения в СИ	Физическая величина	Единица измерения в СИ
Скорость		Ускорение	
Мощность		Сила	
Угловая скорость		Энергия	
Работа		Импульс тела	
Частота		Импульс силы	

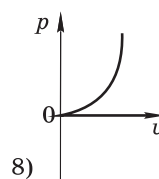
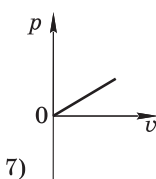
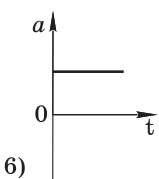
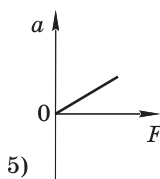
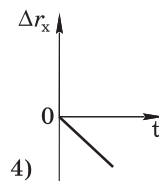
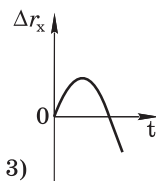
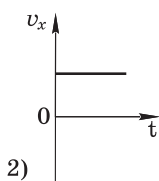
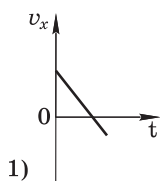
Количество баллов, полученных за первое задание:

35.2. «Физические приборы». Из слогов, указанных в таблице, составьте название измерительного прибора, используемого в школьном физическом эксперименте. Каждый правильный ответ оценивается в 1 балл.

Слоги	Название прибора	Слоги	Название прибора
СЫ ЧА		КА МЕН ЗУР	
СЫ ВЕ		ПЕР АМ МЕТР	
МЕТР МО ТЕР		МЕТР МО НА ДИ	
МЕТР РО БА		МЕТР ВОЛЬТ	
ДО КУН МЕР СЕ		НОМ МЕТ РО	

Количество баллов, полученных за второе задание:

35.3. «Графики». На рисунке представлено 8 различных графиков. Заполните таблицу, указывая в ней соответствующие номера графиков. Каждый правильный ответ оценивается в 2 балла.



Название графика	Номер графика на рисунке	Название графика	Номер графика на рисунке
График проекции скорости при равноускоренном движении тела		График зависимости модуля импульса тела от модуля скорости при равноускоренном движении тела	
График проекции перемещения при равноускоренном движении тела		График проекции скорости при равномерном движении тела	
График зависимости модуля ускорения от модуля равнодействующей сил, действующих на тело		График проекции перемещения при равномерном движении тела	

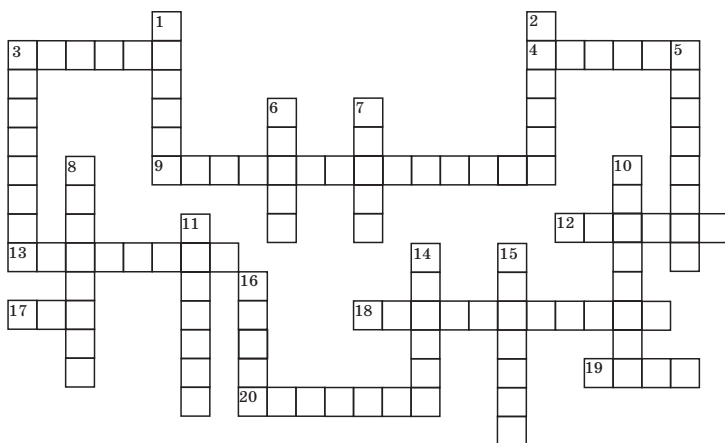
Количество баллов, полученных за третье задание:

35.4. «Кроссворд». Разгадайте кроссворд. Каждое разгаданное слово оценивается в 1 балл.

По горизонтали: **3.** Произведение модуля силы на плечо есть ... силы. **4.** Летательный аппарат. **9.** Действие тел друг на друга. **12.** Шестьдесят секунд. **13.** Воздушный шар, поднимающийся на большую высоту в атмосфере. **17.** Сила, с которой тело вследствие притяжения к Земле действует на опору или подвес. **18.** Вектор, соединяющий начальное положение тела с конечным. **19.** Единица измерения мощности. **20.** Древнегреческий ученый, открывший закон в гидростатике.

По вертикали: 1. Подставка для проведения физических опытов. 2. Взаимодействие двух соприкасающихся поверхностей, обусловленное их шероховатостью и притяжением между молекулами. 3. Прибор для определения объемов тел. 5. Прибор для определения плотности жидкости. 6. Планета Солнечной системы. 7. Величина, равная отношению пути, пройденного телом, к модулю его скорости. 8. Векторная величина, характеризующая быстроту изменения положения тела. 10. Раздел механики, в котором изучаются движения тел с учетом причин, их вызывающих. 11. Единица измерения давления в СИ. 14. Время одного полного оборота. 15. Свойство тела сохранять свою скорость неизменной при отсутствии действия на него других тел. 16. Физическая величина, измеряемая в килограммах.

Количество баллов, полученных за четвертое задание:



35.5. «Да — нет». Ответьте на вопросы в таблице. В случае утвердительного ответа укажите «да», в случае отрицательного — «нет». Каждый правильный ответ оценивается в 1 балл.

Номер вопроса	Вопрос	Ответ
1	Кинематический закон движения тела вдоль оси Ox имеет вид: $x = At + B$, где $A = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $B = -2$ м. Является ли движение данного тела равномерным?	
2	В некоторой инерциальной системе отсчета координата x тела с течением времени t остается неизменной. Обязательно ли тело неподвижно в этой системе отсчета?	
3	Велосипедист относительно поверхности Земли движется с запада на восток. Может ли он в какой-либо инерциальной системе отсчета двигаться на север?	
4	Равны ли средние скорости на первой и второй половинах пути дельфина, движущегося равноускоренно и прямолинейно?	
5	Кинематический закон движения тела вдоль оси Ox имеет вид: $x = At^2 + B$, где $A = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, $B = 3$ м. Является ли движение данного тела равноускоренным?	
6	Может ли тело вращаться по окружности без ускорения?	
7	Автомобиль движется по кольцевой дороге со скоростью, модуль которой не изменяется. Является ли связанная с автомобилем система отсчета инерциальной?	
8	Равно ли нулю ускорение тела, если равнодействующая сил, действующих на тело, равна нулю?	

Номер вопроса	Вопрос	Ответ
9	Притягивается ли Земля к яблоку, висящему на ветке дерева?	
10	Изменится ли ускорение свободного падения тела, если сообщить ему начальную скорость?	
11	Изменится ли жесткость резинового жгута, если его укоротить?	
12	На наклонном участке дороги неподвижно стоит автобус. Действует ли на него сила трения?	
13	Могут ли внутренние силы изменять импульс тел в замкнутой системе?	
14	Совершает ли работу сила тяжести, действующая на спортсмена, неподвижно стоящего на трамплине?	
15	Зависит ли работа силы тяжести от формы траектории?	
16	Увеличится ли КПД неподвижного блока при уменьшении силы трения?	
17	Обладает ли потенциальной энергией карандаш, лежащий на столе, относительно потолка комнаты?	
18	Два мальчика разной массы поднялись по лестнице на третий этаж школы за равный промежуток времени. Одинаковую ли среднюю мощность развили мальчики?	
19	Изменяется ли кинетическая энергия тела, если равнодействующая сил, действующих на него, совершает отрицательную работу?	

Номер вопроса	Вопрос	Ответ
20	Сохраняется ли механическая энергия листа бумаги, падающего на пол?	

Количество баллов, полученных за пятое задание:

Общее количество баллов:

ОТВЕТЫ

Занятие 1. 1.2. а) Да; б) нет; в) да; г) нет. 1.3. а) Квадрат или ромб; б) трапеция. 1.4. $\overline{BC} = \vec{x}$; $\overline{BB_1} = \vec{x} - \vec{y}$; $\overline{BA} = -\vec{y}$; $\overline{BC} = \vec{x} + \vec{x} - \vec{y}$.

1.5. $\overline{DC} + \overline{CB} = \vec{a} - \vec{b}$; $\overline{BO} + \overline{OC} = \vec{b}$; $\overline{BO} - \overline{OC} = -\vec{a}$; $\overline{BA} - \overline{DA} = \vec{b} - \vec{a}$.

Занятие 2. 2.2. $\overline{EC} = \vec{a} - \frac{1}{2}\vec{b}$; $\overline{GD} = -\left(\vec{a} + \frac{1}{2}\vec{b}\right)$. 2.3. $\vec{a} = 4\vec{j}$, $|\vec{a}| = 4$; $\vec{b} = -3\vec{j}$,

$|\vec{b}| = 3$; $\vec{c} = -3\vec{i} + 6\vec{j}$, $|\vec{c}| = 3\sqrt{5}$, $\vec{d} = -4\vec{i}$; $|\vec{d}| = 4$; $\vec{e} = 2\vec{i} + 4\vec{j}$, $|\vec{e}| = 2\sqrt{5}$; $\vec{F} = 3\vec{i}$,

$|\vec{F}| = 3$. 2.5. $f_x = -6$, $f_y = -4$, $g_x = -5$, $g_y = 3$, $p_x = 5$, $p_y = 2$, $e_x = 4$, $e_y = -3$.

Занятие 3. 3.4. $l = 1,4 \cdot 10^2$ м; $|\Delta\vec{r}| = 1,0 \cdot 10^2$ м. 3.5. 24%. 3.6. 0,6.

Занятие 4. 4.2. $20 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 4.3. 21 м; $\frac{3}{4}$. 4.4. 9,0 м, $2,0 \frac{\text{М}}{\text{с}}$; 10 м; 10 м. 4.5. $-5 \frac{\text{М}}{\text{с}}$.

Занятие 5. 5.2. а) $9,0 \frac{\text{М}}{\text{с}}$, $3,0 \frac{\text{М}}{\text{с}}$, $-4,0 \frac{\text{М}}{\text{с}}$; б) $x_1 = 12 + 9,0t$ (м); $x_2 = 36 + 3,0t$ (м); $x_3 = 12 - 4,0t$ (м); в) 36 м, 12 м.

Занятие 6. 6.2. $20 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 6.3. 5,3 мин. 6.4. 1,5 мин. 6.5. 5,0 с.

Занятие 7. 7.1. 20 мин; 36 км. 7.2. $30 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 7.3. $2,0 \frac{\text{М}}{\text{с}}$, 20 с, 24 м, 40 м.

7.4. $0,500 \frac{\text{М}}{\text{с}}$, 127° . 7.5. 9 мин.

Занятие 8. 8.2. а) $16 \frac{\text{М}}{\text{с}}$; б) $15 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 8.3. $14 \frac{\text{М}}{\text{с}}$, $2,0 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 8.4. $59 \frac{\text{КМ}}{\text{ч}}$. 8.5. 16 мин.

Занятие 9. 9.2. 10,0 с; $10,0 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$. 9.3. $2,0 \frac{\text{М}}{\text{с}}$; 12 с. 9.4. 54 м. 9.5. $5 \frac{\text{М}}{\text{с}}$.

9.6. $10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$; $3,0 \cdot 10^2 \frac{\text{М}}{\text{с}}$.

Занятие 10. 10.2. 46 м. 10.3. 0,30 м; 0,90 м; 1,5 м.

10.4. $2,0 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$. 10.5. $5,0 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$; $2,5 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 10.6. $0,45 \frac{\text{М}}{\text{с}}$; $0,30 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$.

Занятие 11. 11.2. а) $8,0 \frac{\text{М}}{\text{с}}$, $-4,0 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$; б) $x = 10 + 8,0t - 2,0t^2$ (м),
 $\Delta r_x = 8,0t - 2,0t^2$ (м); г) 0; д) -24 м, 40 м.

Занятие 12. 12.2. 25 см. 12.3. 4; 32. 12.4. $3,6$ мин. 12.5. $30 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$.

Занятие 14. 14.4. 20 Н. 14.5. $4,0 \frac{\text{М}}{\text{с}}$.

Занятие 15. 15.3. $5,4$ м. 15.4. 60 . 15.5. $9,7 \cdot 10^3$ с. 15.6. $12 \frac{\text{км}}{\text{с}}$.

Занятие 16. 16.3. $11 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$. 16.4. $6,0 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 16.5. 35 м.

Занятие 17. 17.2. 20 м. 17.3. $8 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 17.4. $2,0$ с. 17.5. $50 \frac{\text{М}}{\text{с}}$; $60 \frac{\text{М}}{\text{с}}$.

Занятие 18. 18.2. а) $1 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$; б) 2 Н. 18.3. 13 Н. 18.4. В 3 раза.

18.5. $0,80$ Н.

Занятие 19. 19.2. $v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l \cdot \cos \alpha}}$. 19.3. $5,5$ Н. 19.4. 80 см. 19.5. $15 \frac{\text{М}}{\text{с}}$;
 $\alpha = 37^\circ$; $0,70$ кН.

Занятие 21. 21.2. $0,11$ кН; $0,50$ мм. 21.3. 4. 21.4. $l_0 = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2}{m_1 + m_2}$.

21.5. 15 см.

Занятие 22. 22.3. $0,15 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$. 22.4. $4 \cdot 10^3$ Н; $0,1$; 8 с. 22.5. $0,9$ Н. 22.6. $2,6 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$.

Занятие 23. 23.3. 42 Н. 23.4. 20 см; 95% . 23.5. 75 Н; 60 Н; 30 Н.

Занятие 24. 24.3. $3,0$ Н. 24.4. 3 Н. 24.5. а) $9,0$ кГ; б) $0,90$; в) $9,0$ см; $8,0$ см; г) 10 Н.

Занятие 25. 25.1. 2 с. 25.2. $\frac{F}{2}$. 25.3. $1,5 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$. 25.4. $14 \frac{\text{М}}{\text{с}}$.

25.5. В $1,5$ раза. 25.6. В 3 раза.

Занятие 26. 26.2. $1,2 \cdot 10^2 \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}$; $1,3 \cdot 10^2 \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}$. 26.3. $0,6 \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}$;
 $-0,2 \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}$; $-0,8 \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}$. 26.4. $1,0 \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}$. 26.5. 11 Н.

Занятие 27. 27.2. $14 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 27.3. $50 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 27.4. $30 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 27.5. $0,5 \frac{\text{М}}{\text{с}}$.

Занятие 28. 28.2. -40 Дж. 28.3. 0,54 кДж. 28.4. 0,1 кДж. 28.5. 0,5 кДж.

Занятие 29. 29.2. 1,6 т. 29.3. 80 кВт. 29.4. 80 Вт.
29.5. 0,15 кВт. 29.6. 4 кВт.

Занятие 30. 30.2. 0,04 Дж. 30.3. -1,2 кДж. 30.4. 0,2 Дж. 30.5. 0,50 Дж.

Занятие 31. 31.2. $\sqrt{4gl}$; $\sqrt{5gl}$. 31.3. $2 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 31.4. 10 см. 31.5. 50 см.

Занятие 32. 32.2. 9 Дж. 32.3. 0,1 м. 32.4. 0,1 Дж.
32.5. 60 мДж.

Занятие 33. 33.2. $2 \frac{\text{М}}{\text{с}}$; $8 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 33.3. 18 см. 33.4. 5 см. 33.5. 8 см.

Занятие 34. 34.2. -70 мДж. 34.3. $2,0 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 34.4. а) 6 см; б) 4 см.
34.5. 0,29 кДж.

Содержание

<i>От авторов</i>	3
Занятие 1. Векторные величины.....	5
Занятие 2. Умножение вектора на скаляр. Координаты (проекции) вектора	8
Занятие 3. Материальная точка. Путь и перемещение	12
Занятие 4. Равномерное движение	16
Занятие 5. Графики равномерного движения	19
Занятие 6. Относительность движения	22
Занятие 7. Закон сложения скоростей	25
Занятие 8. Средняя скорость	29
Занятие 9. Равноускоренное прямолинейное движение	33
Занятие 10. Перемещение при равноускоренном прямолинейном движении	37
Занятие 11. Графики равноускоренного прямолинейного движения	41
Занятие 12. Вращательное движение	45
Занятие 13. Задачи от Незнайки	49
Занятие 14. Законы Ньютона	53
Занятие 15. Гравитационная сила	57
Занятие 16. Ускорение свободного падения	61
Занятие 17. Движение тела, брошенного горизонтально	64
Занятие 18. Движение связанных тел	68
Занятие 19. Динамика движения по окружности	72
Занятие 20. Исправьте ошибки ученика	76
Занятие 21. Сила упругости	81
Занятие 22. Сила трения	85
Занятие 23. Статика	89
Занятие 24. Сила Архимеда	92
Занятие 25. «Карьерная лестница»	96
Занятие 26. Импульс тела. Импульсы силы	100
Занятие 27. Закон сохранения импульса	104
Занятие 28. Механическая работа	108
Занятие 29. Мощность	112
Занятие 30. Механическая энергия	116
Занятие 31. Закон сохранения механической энергии	119
Занятие 32. Закон сохранения энергии	123
Занятие 33. Законы сохранения энергии и импульса	127
Занятие 34. Изменение механической энергии	131
Занятие 35. Игра «Дуэль»	134
Ответы	141