Домашняя работа по физике
за 9 класс

к учебнику «Физика. 9 класс»
И.К. Кикоин, А.К.Кикоин. М.: Просвещение, 1999 г.

учебно-практическое пособие

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА 1

§ 1. Вопросы.

Тело является материальной точкой (т.е. телом, размерами которого в данных условиях движения можно пренебречь) в следующих случаях:

1. Диск после броска спортсмена пролетает расстояние 55 м;
2. Конькобежец проходит дистанцию соревнований;
3. За движением космического корабля следят из центра управления полетом на Земле;
4. Земля движется по орбите вокруг Солнца.

§ 2. Вопросы.

1. Положение точки (тела) в пространстве определяется тремя координатами.
2. Система отсчета образована из тела (точки) отсчета, системы координат, связанной с ним, и прибора для измерения времени.
3. Может.
4. Может.

§ 3. Вопросы.

1. Пройденный путь;
2. Длина перемещения;
3. Пройденный путь.

§ 4. Вопросы.

1. Векторная величина, в отличие от скалярной, имеет направление.
2. Скалярную (т.к. он измеряет величину пройденного пути).
3. Нет, т.к. должны быть равны еще и направления.
4. Длина вектора остается прежней, а направление меняется на противоположное.

Задания

Дано:

$|\vec{a}| = |\vec{b}|$

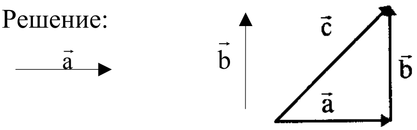
$\vec{a} \perp \vec{b}$

Построить:

а) $\vec{a} + \vec{b}$

б) $\vec{a} - \vec{b}$

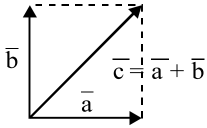
Решение:



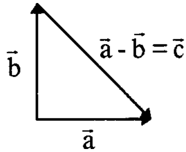
а) $\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$

Правило треугольника:

Правило параллелограмма:



б) $\vec{a} - \vec{b} = \vec{c}$



§ 5. Вопросы

1. Проекцией вектора а на координатную ось называют длину отрезка между проекциями начала и конца вектора $\vec{a}$ (перпендикулярами, опущенными из этих точек на ось) на эту координатную ось.

2. Проекции вектора перемещения $\vec{s}$ на оси координат равны изменению соответствующих координат тела.

3. Если координата точки с течением времени увеличивается, то проекция вектора перемещения на координатную ось будет положительной, т.к. в этом случае мы будем идти от проекции начала к проекции конца вектора по направлению самой оси.

Если координата точки с течением времени будет уменьшаться, то проекция вектора перемещения на координатную ось будет отрицательной, т.к. в этом случае мы будем идти от проекции начала к проекции конца вектора против направляющей самой оси.

4. Если вектор перемещения параллелен оси X, то модуль проекции вектора на эту ось равен модулю самого вектора, а его проекция на ось Y равна нулю.

5. Во всех нижеследующих случаях координата Y тела не изменяется, а координата X тела будет изменяться следующим образом:

a) $\vec{s}_1$;

проекция вектора $\vec{s}_1$, на ось X отрицательна и по модулю равна длине вектора $\vec{s}_1$. При таком перемещении координата X тела уменьшится на длину вектора $\vec{s}_1$.

b) $\vec{s}_2$;

проекция вектора $\vec{s}_2$ на ось X положительна и равна по модулю длине вектора $\vec{s}_1$. При таком перемещении координата X тела увеличится на длину вектора $\vec{s}_2$.

c) $\vec{s}_3$;

проекция вектора $\vec{s}_3$ на ось X отрицательна и равна по модулю длине вектора $\vec{s}_3$. При таком перемещении координата X тела уменьшится на длину вектора $\vec{s}_3$.

d) $\vec{s}_4$;

проекция вектора $\vec{s}_4$ на ось X положительна и равна по модулю длине вектора $\vec{s}_4$. При таком перемещении координата X тела увеличится на длину вектора $\vec{s}_4$.

e) $\vec{s}_5$;

проекция вектора $\vec{s}_5$ на ось X отрицательна и равна по модулю длине вектора $\vec{s}_5$. При таком перемещении координата X тела уменьшится на длину вектора $\vec{s}_5$.

6. Может. Это связано с тем, что перемещение (вектор перемещения) является векторной величиной, т.е. представляет собой направленный отрезок прямой, соединяющий начальное положение тела с его последующими положениями. А конечное положение тела (вне зависимости от величины пройденного пути) может находиться как угодно близко к первоначальному положению тела. В случае совпадения конечного и начального положений тела, модуль перемещения будет равен нулю.

7. Основной задачей механики является определение положения тела в любой момент времени. Зная вектор перемещения тела мы можем определить координаты тела, т.е. положение тела в любой момент времени, а зная только пройденный путь мы не можем определить координаты тела, т.к. мы не имеем сведений о направлении движения, а можем только судить о длине пройденного пути на данный момент времени.

Упражнение 1

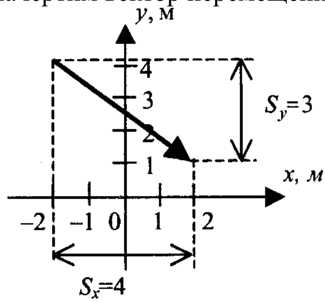
№ 1

Дано:	Решение:
x_0=–2 м	
y_0=4 м	Проекцию вектора перемещения на ось
x=2 м	X найдем из формулы:
y=1 м	
Найти: S_x, S_y.	$S_x=x-x_0$
	$Sx=2м-(-2м)=4м$

Проекцию вектора перемещения на ось Y найдем из формулы:

$S_y = y - y_0 = 1м - 4м = -3м$

Начертим вектор перемещения



$$\vec{S} = \overline{(M_0 M)}$$

№ 2

Дано:
$x_0 = -3$ м
$y_0 = 1$ м
$S_x = 5{,}2$ м
$S_y = 1$ м

Найти: x, y, $|\vec{S}|$

Решение:

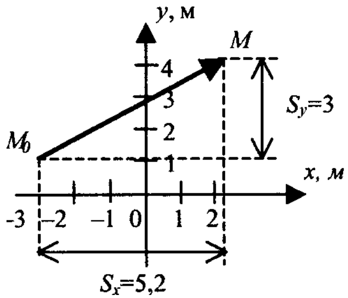
Координату тела x находим из формулы:

$x = x_0 + S_x = -3$ м$+5{,}2$ м$=2{,}2$ м

Координату тела y находим из формулы:

$y = y_0 + S_y = 1$ м$+3$ м$=4$ м.

Начертим вектор перемещения:



$$\vec{S} = \overline{(M_0 M)}$$

Модуль вектора перемещения S (длина вектора) может быть найден по теореме Пифагора из прямоугольного треугольника $\Delta M_0 M M_1$.

$$|\vec{S}| = |\overline{M_0 M}| = \sqrt{(|M_0 M_1|)^2 + (|M_1 M|)^2} = (M_0 M_1 = S_x; M_1 M = S_y) =$$

$$= \sqrt{S_x^2 + S_y^2} = \sqrt{(5{,}2\,м)^2 + (3\,м)^2} = \sqrt{36{,}04\,м^2} \approx 6\,м.$$

Ответ: x=2,2 м, y=4 м, $|\vec{S}| \approx 6$ м.

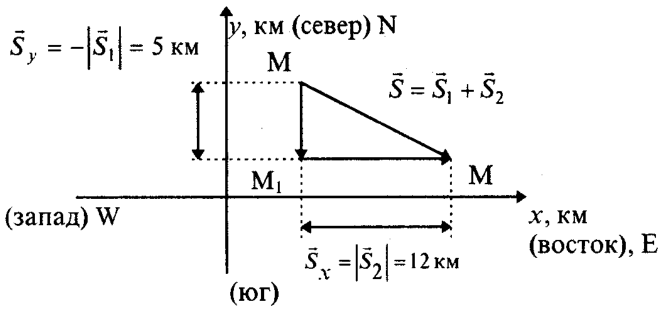
№ 3

Дано:	Решение:
$S_1 = 5$ км $S_2 = 12$ км $\lvert\vec{S}\rvert - ?$	Примем систему координат, ось Y которой указывает на север, а ось X на восток. Тогда перемещение пешехода в южном направлении будет соответствовать перемещению его вдоль оси Y, но в обратном направлении, а перемещение пешехода затем в восточном направлении будет соответствовать перемещению вдоль направления оси X, параллельно ей. Вектор перемещения $\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2$ будет иметь следующие проекции на оси X, Y: $\vec{S}_y = -\lvert\vec{S}_1\rvert$, т.к. пешеход двигался параллельно оси Y, но в обратном направлении. $\vec{S}_x = -\lvert\vec{S}_2\rvert$, т.к. пешеход двигался вдоль оси X, по направлению с ней.

Вектор перемещения пешехода $\overline{S}$ представляет собой сумму двух векторов перемещений $\vec{S}_1 + \vec{S}_2$. Модуль совершенного пешеходом перемещения найдем по теореме Пифагора из прямоугольного треугольника ΔM_0M_1M. С учетом вышесказанного и используя введенные обозначения, можно записать:

$$\lvert\vec{S}\rvert = \lvert\overline{M_0M}\rvert = \sqrt{\left(\lvert M_0M_1\rvert\right)^2 + \left(\lvert M_1M\rvert\right)^2} =$$

$$= \sqrt{\left(\lvert S_1\rvert\right)^2 + \left(\lvert S_2\rvert\right)^2} = \sqrt{25\,км^2 + 144\,км^2} = 13\,км \quad \vec{S}_y = -\lvert\vec{S}_1\rvert = 5\,км$$

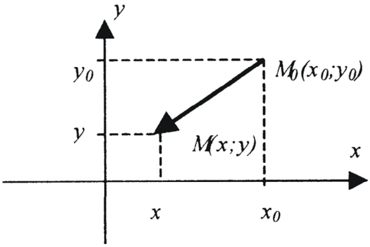


Ответ: $\lvert\vec{S}\rvert = 13$ км.

Задание

Рассмотрим различные расположения вектора $\vec{S}$:

а)



Sx=x–x0, Sy=y–y0, следовательно: x=Sx–x0, y=Sy–y0.

Аналогично можно получить такие выражения для любых расположений вектора перемещения $\vec{S}$.

§ 6. Вопросы

1. Нет, т.к. скорости движения автомобилей равны по модулю но разные по направлению.
2. Нет, т.к. неизвестно направление вектора перемещения.
3. Скорость показывает, как быстро изменяются при движении координаты тела.

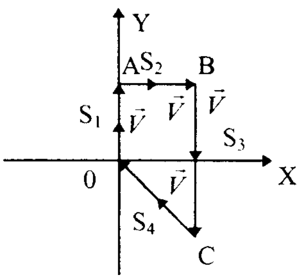
Упражнения.

№ 1.

За начало отсчета координат примем точку отправления группы туристов. Оси координат направим вдоль сторон света.
На рис. 1 изобразим траекторию движения туристов. Весь путь разобьем на четыре участка, на которых движение группы определяете: векторами перемещения $\vec{S}_1, \vec{S}_2, \vec{S}_3, \vec{S}_4$ соответственно в направлении на север, восток, юг и обратно в исходную точку. На каждом из них укажем скорость движения $\vec{V}$ и отметим время движения t_1, t_2, t_3, t_4.

Дано:
t_1=1 ч
t_2=0,5 ч
t_3=1,5 ч
V=5 км/ч
$\vec{S}_4$ – ?
t_4 – ?

Решение:



Определим длину перемещения группы на участках OA; AB; BC:

$\vec{S}_1 V \cdot t = 5 \cdot 1 = 5$ км; $\vec{S}_2 = 2{,}5$ км; $\vec{S}_3 = 7{,}5$ км

Определим координаты группы в (·) A:

$x_A = x_0 + S_{X1}$

$y_A = y_0 + S_{Y1}$

Т.к. $\vec{S}$ направлен вдоль оси Y, следовательно $x_A = 0 + 0 = 0$; $y_A = 0 + \vec{S}_1 = 0 + 5 = 5$ км.

Координаты группы, в (·) B:

$x_B = x_A + S_{X2}$

$y_B = y_A + S_{Y2}$

Т.к. $\vec{S}_2$ направлен вдоль оси X, следовательно

$x_B = 0 + |\vec{S}_2| = 0 + 2{,}5$ км$= 2{,}5$ км;

$y_b = y_a + 0 = 5$ км$+0$ км$=5$ км.

Аналогичным путем определяем координаты группы в точке C:

$x_c = 2{,}5$ км, $y_c = -1{,}5$ км.

Длину вектора $\vec{S}_4$ определим по теореме Пифагора:

$$|\vec{S}_4| = \sqrt{|\vec{S}_{4X}|^2 + |\vec{S}_{4Y}|^2};$$

т.к. $S_{4X} = -x_c$ и $S_{4Y} = -y_c$, то

$$\vec{S}_4 = \sqrt{2{,}5^2 + 2{,}5^2} = 3{,}54 \text{ км}.$$

Т.к. точка C находится в IV четверти координатной плоскости и лежит на прямой являющейся биссектрисой угла YOX (т.к. $|y_C| = |y_C|$), то можно сделать вывод, что преодолев три участка OA, AB, BC, группа оказалась на расстоянии 3,5 км к юго-востоку от исходного пункта. Время, требуемое на возвращение в исходную точку по прямой: $t_4 = S_{4X}/V_X$; по теореме Пифагора $V_x = \frac{-\sqrt{2 \cdot V}}{2}$; отсюда

$$t_4 = \frac{-2{,}5}{\frac{-\sqrt{2-5}}{2}} = 0{,}7 \text{ (ч)} = 42 \text{ (мин)}.$$

Ответ: 42 мин.

№ 2

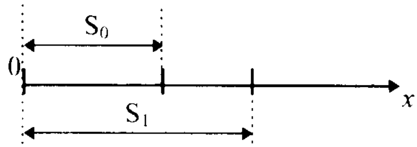
За начало координат примем место отправления автомобилиста. Координатную ось X направим по направлению движения автомобилиста.

Дано:

$\underline{V_1=30\text{ км/ч}}$

V_2–?

Решение:



Допустим, что за некоторое время t автомобилист проехал расстояние S_0 равное половине пути S_1, двигаясь со скоростью V_1=30 км/ч, тогда уравнение движения можно записать в виде: $S_0=0{,}5\cdot S_1=V_1\cdot t$.

Отсюда: $t=\frac{1S_1}{2S_1}$ (1).

По условию задачи за это же время автомобилист должен проехать оставшуюся половину пути и вернуться обратно, т.е. пройти путь $S=0{,}5S_1+S_1=1{,}5S_1$. Для выполнения этого условия автомобилисту необходимо двигаться со скоростью $V_2=S/t$, подставив значения S и t получим:

$$V_2=\frac{\frac{3}{2}S_1}{\frac{1S_1}{2V_1}}3V_1$$

$$V_2=3\cdot 30=90\ (\text{км/4})$$

№ 3

За начало отсчета примем место, где произошел грозовой разряд. Координатную ось X направим по направлению распространения звука вдоль прямой, соединяющей точки грозового разряда и точку расположения путника.

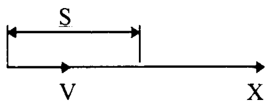
Дано:

$\vec{V}=340$ м/с

$\underline{t=10\text{ с}}$

S – ?

Решение:



Расстояние S можно определить из уравнения:

$\vec{S}=\vec{V}\cdot t$

$S=340\cdot 10=3400$ (м)=3,4 (км)

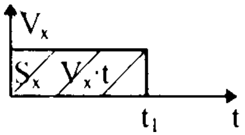
Ответ: S=3,4 км.

§ 7 Вопросы

1. График соответствует движению, при котором координаты тела с течением времени не изменяются (т.е. V=0). Движение, соответствующее графику 2 идет в положительном направлении оси X, а движение, соответствующее графику 4 идет в противоположном направлении.

2. На рис. 29 график 1 соответствует движению в сторону положительного направления оси X, а график 2 соответствует движению противоположного направления.

3. Перемещение за данный промежуток времени в случае прямолинейного равномерного движения численно равно площади заштрихованного прямоугольника.



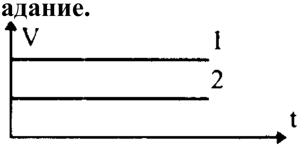
Упражнение 3.

1. График 2 показывает, что тело 1 движется равномерно и прямолинейно вдоль оси X со скоростью 1,5 м/с. Из графика 4 ясно, что тело 2 движется в противоположную сторону со скоростью 1 м/с. Через промежуток времени t=3 с два тела находятся на расстоянии 7,5 м друг от друга.

2. По графику на рисунке 27 скорость движения тела направлена в сторону положительного направления оси X. Модуль скорости

$$\left|\vec{V}\right| = \frac{1(м)}{10(с)} = 0{,}1(м/с).$$

Задание.



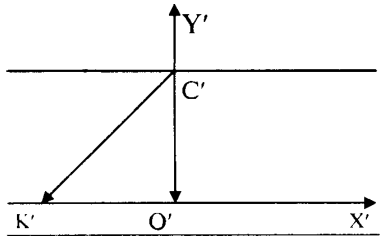
По определению модуля отрицательные значения меняются на противоположные по знаку, т.е. модуль числа V_x:

$$|V_x| = \begin{cases} V_x, \text{ если } V_x \succ 0 \\ -V_x, \text{ если } V_x \le 0. \end{cases}$$

§ 8 Вопросы

1. Относительность движения состоит в том, что при изучении движения в системах отсчета, движущихся равномерно и прямолинейно относительно принятой неподвижной системы отсчета, все расчеты можно проводить по тем же формулам и уравнениям, как если бы движение подвижной системы отсчета относительно неподвижной отсутствовало.

2. Представим, что наблюдатель расположился в лодке в точке O'. Проведем через эту точку систему координат X'O'Y'. Ось X' направим вдоль берега, ось Y' – перпендикулярно течению реки. Наблюдатель в лодке видит, что берег относительно его системы координат совершает перемещение $\vec{S} = \overline{C'K'}$, двигаясь в направлении противоположном положительному направлению оси O'Y', а вода движется относительно лодки совершая перемещение $\vec{S} = \overline{C'O'}$.



3. Относительно комбайна автомашина покоится, а относительно земли движется со скоростью комбайна.

4. Относительно воды и берега баржа движется, а относительно буксира покоится.

Упражнение 4.

№ 1

Дано:
V_1=900 км/ч
V_2=50 км/ч
$\vec{V}$ – ?

Решение:
Относительно системы координат связанный с воздухом самолет движется со скоростью V_1=900 км/ч. Скорость самолета относительно Земли складывается из его скорости относительно воздуха и скорости воздуха относительно Земли V_2=50 км/ч.

$$\vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2$$

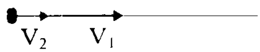


рис. 1

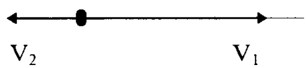


рис. 2

В случае попутного ветра (рис. 1) вектор скорости движения воздуха совпадает по направлению с вектором скорости движения самолета $V=V_1+V_2$.

Подставив сюда приведенные в условии задачи значения V_1 и V_2, получим: V = 900 км/ч + 50 км/ч = 950 км/ч.

В случае встречного ветра (рис. 2) вектор скорости движения воздуха противоположен по направлению с вектором скорости движения самолета:

Складывая вектора $\vec{V}_1$, и $\vec{V}_2$, получим что скорость самолета:

$V = V_1 - V_2$

$V = 900$ км/ч – 50 км/ч = 850 км/ч.

№ 2

Отсчет времени начнем с момента, когда автомобили находились на расстоянии 1 друг от друга. Первый автомобиль движется в западном направлении со скоростью $\vec{V}_1$. Второй автомобиль движется в противоположном направлении со скоростью $\vec{V}_2$. Через определенный промежуток времени t автомобили встретятся в точке К.

Дано:

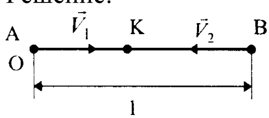
$V_1 = 80$ км/ч

$V_2 = 80$ км/ч

<u>1=10 км</u>

t – ?

Решение:



Время, через которое автомобили достигнут место встречи в точке К можно определить из равенства:

$t = \frac{OK}{V_1}$, или из равенства $t = \frac{1 - OK}{V_2}$.

Решая совместно эти уравнения получим:

$OK = \frac{1(V_1)}{V_2 + V_1}$.

Используя условие равенства абсолютных значений V_1 и V_2 получим:

$OK = \frac{1}{2}1$.

Подставив приведенные в условии задачи значения 1, V_1, определим

$OK = \frac{1}{2}10\,\text{км} = 5\,\text{км}$ и

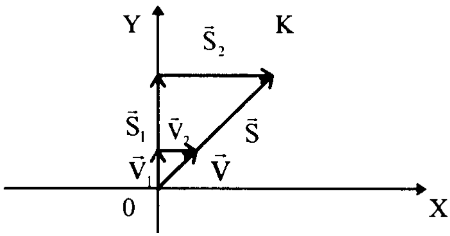
время $t = \frac{5\,\text{км}}{80\,\text{км/ч}}$ = 0,063 ч = 3,75 мин = 225 с.

№ 3

Начало отсчета координат выберем в точке, откуда стартовал самолет (точка О). Для решения задачи используем трехмерную систему координат. Ось ОХ направлена с запада на восток, ось OY – с юга на север, ось OZ – вертикально вверх. Самолет держит курс на север, летя на высоте h со скоростью V_1. Во время полета дует западный ветер со скоростью V_2. Через определенный промежуток времени t самолет переместится в точку K с координатами X, Y, Z.

Дано:
h=8 км
V_1=720 км/ч
V2=10 м/с
t=2 ч
X – ?, Y – ?, Z – ?

Решение:
Перемещение самолета $\vec{S}$ складывается из его перемещения относительно воздуха $\vec{S}_1$ и перемещения самого воздуха $\vec{S}_2$. Модули векторов найдем из равенств: $S_1=V_1 \cdot t$ и $S_2=V_2 \cdot t$.



Координаты точки K найдем из следующих соотношений:

$x=S_2=V_2 \cdot t$ $\quad\quad$ $z=h$

$y=S_1=V_1 \cdot t$.

Подставив приведенные в условии задачи значения h, V_1, V_2, t, получаем:

$$x=10\ \text{м/с} \cdot \frac{3600\text{с}}{1000\text{м}} \cdot 2 = 72\,\text{км}$$

y=720 км/ч·2ч=1440 км

z=8 км.

ГЛАВА 2

§ 10 Вопросы.

1. Средней скоростью тела называют физическую величину, характеризующую изменение положения точки в пространстве за единицу времени.

Средняя скорость равна перемещению тела $\vec{S}$ деленному на промежуток времени t в течении которого оно совершено. Вектор средней скорости совпадает с направлением вектора перемещения.

2. Нет, мы можем только определить перемещение для всего заданного промежутка времени, а не за любую его часть.

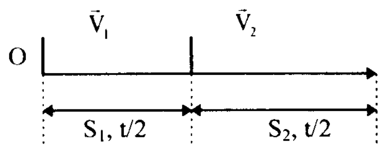
3. Мгновенная скорость - скорость тела в данный момент времени или в данной точке траектории. Вектор мгновенной скорости в каждой точке совпадает с направлением движения в данной точке.

4. В случае равномерного прямолинейного движения мгновенная скорость в любой точке и в любой момент времени одинакова; в случае неравномерного прямолинейного движения мгновенная скорость различна.

Упражнение 5.

№ 1.

Дано:	Решение:
V_1=60 км/ч	Разделим весь путь на два участка: S_1, S_2, где точка O
$V_{ср}$=65 км/ч	обозначает начало отсчета движения.
V_2 – ?	



Из условия задачи следует, что на весь путь, состоящий из суммы участков S_1, S_2 автомобиль затратил время t, причем на прохождение каждого из участков автомобиль тратил t/2 (половину времени). Уравнение движения для каждого из отрезков пути будут следующие:

$$S_1=V_1\cdot t/2; \qquad S_2=V_2\cdot t/2 \qquad (1)$$

Записывая дополнительные условия задачи:

$$V_{ср} = \frac{S_1 + S_2}{t} \qquad (2)$$

подставляя числовые значения известных величин видно, что мы имеем три уравнения и три неизвестных:

$$(S_1,\ S_2,\ V_2)\ t = \frac{2S_2}{V_2}.$$

Решим эту систему относительно V_2.

$$V_2 = \frac{2S_2}{t} \qquad (3).$$

Из уравнения (2): $S_2 = V_{ср} \cdot t - S_1$, где S_1 определяем из первого уравнения. Подставляя найденные выражения в уравнение (3), получим:

$$V_2 = \frac{2 \cdot (V_{ср} \cdot t - V_1 \cdot t)}{t} = 2V_{ср} - 65 \text{ км/ч} - 60 \text{ км/ч} =$$

$$= 130 \text{ км/ч} - 60 \text{ км/ч} = 70 \text{ км/ч}.$$

Ответ: $V_2 = 70$ км/ч.

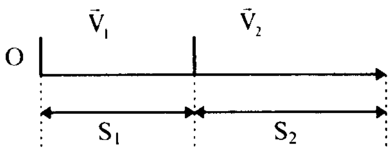
№ 2

Дано:

$V_1 = 50$ км/ч
$V_2 = 60$ км/ч
$S_1 = S_2 = 0{,}5 - S$

Решение:

Разделим путь автомобиля на два участка S_1, S_2. За начало отсчета движения вы берем точку О. На каждом из участков укажем скорости $\vec{V}_1, \vec{V}_2$ и время движения t_1, t_2.



Время движения на первом участке:

$$t_1 = \frac{\vec{S}_1}{\vec{V}_1} = \frac{\vec{S}}{2\vec{V}_1}.$$

Время движения на втором участке:

$$t_2 = \frac{\vec{S}_2}{\vec{V}_2} = \frac{\vec{S}}{2\vec{V}_2}.$$

Среднюю скорость определим из уравнения

$$V_{ср}=\frac{S}{t}.$$

Учитывая, что $t=t_1+t_2$ запишем:

$$V_{ср}=\frac{S}{t_1+t_2}.$$

Подставив значение t_1 и t_2 получим

$$\vec{V}_{ср}=\frac{\vec{S}}{\frac{\vec{S}}{2\vec{V}_1}+\frac{\vec{S}}{2\vec{V}_2}}=\frac{\vec{V}_1\cdot\vec{V}_2}{2\cdot(\vec{V}_1+\vec{V}_2)}=\frac{50\,{}^{км}\!/_{ч}\cdot 60\,{}^{км}\!/_{ч}}{2\cdot(50\,{}^{км}\!/_{ч}+60\,{}^{км}\!/_{ч})}\approx 55\,{}^{км}\!/_{ч}.$$

Ответ: 55 км/ч.

§ 11 Вопросы.

1. Ускорением называют величину, характеризующую изменение скорости в единицу времени. Зная ускорение тела и его начальную скорость, можно найти скорость тела в любой момент времени.

2. Если ускорение тела по модулю велико, это значит, что тело быстро набирает скорость (когда оно разгоняется) или быстро теряет ее (при торможении).

3. Движение с возрастающей по модулю скоростью называют «ускоренным» движением. Движение с убывающей скоростью «замедленным» движением.

4. Движение тела, при котором его скорость за любые промежутки времени изменяется одинаково, называется равноускоренным движением.

5. Может. Так как ускорение не зависит от значения скорости, а характеризует только ее изменение.

6. При прямолинейном неравномерном движении вектор ускорения $\vec{a}$ лежит на одной прямой с векторами $\vec{V}_0$ и $\vec{V}$.

7. Модуль скорости. Так как векторы $\vec{V}$ и $\vec{a}$ лежат на одной прямой и знаки их проекций совпадают.

8. Может. Если скорость равна нулю, а ускорение не равно нулю это означает, что после того, как скорость тела станет равной нулю, оно начнет двигаться в противоположном направлении.

Упражнение 6.

№ 1

Троллейбус, трогаясь с места движется равноускоренно с ускорением $\vec{a}$. Через некоторое время t он приобретает скорость $\vec{V}$.

Дано:

$V_0=0$

$a=1,5$ м/с^2

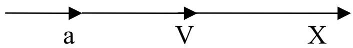
$V=54$ км/ч

Решение:

Воспользуемся формулой:

$V_x=V_{x0}+a_xt$

Где V_x , V_{x0}, a_x – соответственно проекции конечной скорости $\vec{V}$, начальной скорости $\vec{V}_0$ и ускорения $\vec{a}$ на ось X.



Так как троллейбус движется прямолинейно и скорость его возрастает, то вектора $\vec{V}$ и $\vec{a}$ сонаправлены с осью OX. В момент начала движения $V_0=0$. Следовательно, $V=0+at$.

Откуда найдем $t=\dfrac{V}{a}$.

Подставив значения V и a, получим

$$t=\frac{54\,{}^{\text{км}}\!/\!_{\text{ч}}\cdot 1000\,{}^{\text{м}}\!/\!_{\text{с}}}{1{,}5\,{}^{\text{м}}\!/\!_{\text{с2}}\cdot 3600\,{}^{\text{с}}\!/\!_{\text{ч}}}=10\ \text{с}.$$

Ответ: t= 10 с.

№ 2

Выберем за начало отсчета координат место, откуда автомобилист начал торможение. Координатную ось X направим в сторону движения автомобиля. Обозначим его скорость до начала торможения за $\vec{V}_0$, а его ускорение после включения тормоза через $\vec{a}$. Время движения автомобиля после включения тормоза до момента остановки обозначим через t.

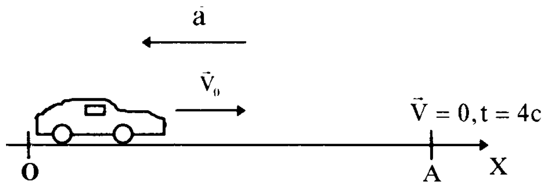
Воспользуемся формулой:

$$V_x=V_{0x}+a_xt \qquad (1),$$

где V_x, V_{0x} и a_x – проекции конечной скорости $\vec{V}$, начальной скорости (в момент торможения) $\vec{V}_0$, и ускорения автомобиля $\vec{a}$ после включения тормоза на ось X.

В момент остановки V_0=0, т.к. скорость автомобиля сонаправлена с осью X, то V_{0x} =V_0, а так как его скорость уменьшается, то:

$$a_x = -a$$



Следовательно, $0=V_0-at$, отсюда:

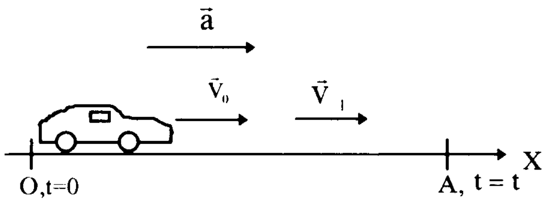
$$a=V_0/t=\frac{36\,{}^{\text{км}}\!/_{\text{ч}}}{4c}=\frac{10\,{}^{\text{км}}\!/_{\text{ч}}}{4c}=2{,}5\,{}^{\text{м}}\!/_{c^2}.$$

Ответ: $a=2{,}5$ м/с^2.

№ 3

Выберем за начало отсчета координат и времени местоположение автомобиля, когда его скорость равнялась 15 м/с. Направим ось X по ходу движения автомобиля. Воспользуемся формулой для определения скорости при равноускоренном прямолинейном движении для любого момента времени t:

$\vec{V}=\vec{V}_0+\vec{a}t$ или в проекциях на ось X: $V_x=V_{0x}+a_xt$.



В нашем случае автомобиль разгоняется и $a_x=+a$; $V_{0x}=V_0$ и равна скорости в момент разгона, т.е. V_{0x}=15 м/с.

$V_x=V_1$ – скорость равна из условия задачи 25 м/с.

Подставляя численные значения в формулу, получим: 25 м/с = 15 м/с + 1,6 м/с$^2\cdot$t, отсюда:

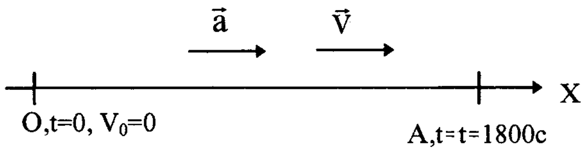
$$t=\frac{25\,{}^{\text{м}}\!/_{\text{с}}-15\,{}^{\text{м}}\!/_{\text{с}}}{1{,}6\,{}^{\text{м}}\!/_{\text{с}}}\approx 6{,}3\text{с}.$$

Ответ: t= 6,3 с.

№ 4

Дано:
$t=0{,}5ч=30мин==1800с$
$a=10м/с^2$
$V_0=0$
$V–?$

Решение:
Выберем за начало отсчета координат и времени местоположение тела, когда его скорость была нулевой. Ось X направим вдоль движения тела.



Воспользуемся формулой для определения мгновенной скорости тела в любой момент времени t при равноускоренном движении:
$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{a}t$ или в проекциях на ось X:

$$V_x=V_{0x}+a_xt.$$

В нашей задаче тело движется с ускорением, т.е.

$$a_x=a=10\ м/с^2;\ V_{0x}=0;\ t=1800с.$$

Подставляя численные значения в формулу, получим значение достигнутой скорости движения:
$V = 0 + 10\ м/с^2 \cdot 1800\ с = 18000\ м/с = 18\ км/с$ (переводя км/с в км/ч, учитывая, что 1с = 14/3600) = 64800 км/ч.

Ответ: V = 64800 км/ч.

§ 12 Вопросы.

1. График скорости равномерного прямолинейного движения представляет собой прямую, параллельную оси времени t.

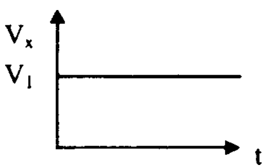
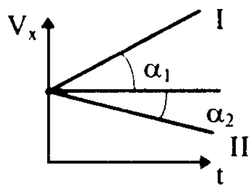


график скорости при равномерном прямолинейном движении.

График скорости равноускоренного прямолинейного движения представляет собой линию, идущую под наклоном к оси времени t. Угол наклона α будет определяться значением проекции ускорения.



Графики скорости при равноускоренном прямолинейном движении (I – для движения с положительной проекцией ускорения на ось X. II – для движения с отрицательной проекцией ускорения на ось X (замедленное движение).

2. Для определения по графику проекции скорости равноускоренного движения проекции перемещения тела необходимо определить площадь под графиком проекции скорости в интересующие нас моменты времени.

3. В отличие от зависимости перемещения от времени при равномерном движении ($S=V\cdot t$), к перемещению при равноускоренном движении добавляется еще квадратичная зависимость от времени

$$(S_x = V_{0x}\cdot t + \frac{a_x\cdot t^2}{2}).$$

Упражнение 7.

№ 1

Дано

$V_{01} = 1$ м/с

$a_1 = 0{,}5$ м/с

$V_{02}=9$ м/с

$a_2 = 1{,}5$ м/с^2

S_{x2} (когда $V_{x2}=0$)–?

t(когда $V_1=V_2$) –?

S_{x2} – ?

Решение:

Построим графики скорости в координатных для первого и второго тела. Примем за начало времени момент, когда тела стали двигаться со скоростями V_{01} и V_{02}.

Т.к. графики скорости при равноускоренном движении – прямые линии, то достаточно двух точек для построения графиков скорости. Первые точки у нас уже есть.

Для первого тела: А(1 м/с, 0).

Для второго тела: В(9 м/с, 0).

Для вычисления вторых точек воспользуемся формулой для определения скорости при равноускоренном движении в момент времени t:

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{a}t.$$

Приняв направление движения двух тел вдоль оси X мы можем записать векторное уравнение для определения скорости в проекциях на ось X:

$$V_x=V_{0x}+a_xt.$$

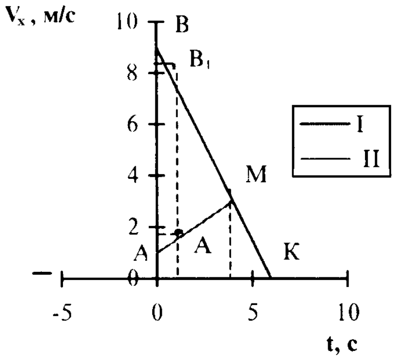
Для первого тела: т.к. движение ускоренное: $a_x=a_1$; $V_{0x}=V_{01}$. Пусть. t=lс, тогда: V_{x1}=1 м/с + 0,5 м/с^2 · 1 с=1,5 м/с. На координатной плоскости обозначим эту точку за A_1.

Для второго тела: т.к. движение замедленное:

$a_x=-a_2$; $V_{0x}=V_{02}$.

Пусть t=lс, тогда: V_{x2}=9 м/с–1,5 м/с^2·1с=7,5м/с.

На координатной плоскости обозначим эту точку за B_1. Теперь проводя прямые через точки A и A_1; B и B_1 соответственно получим графики скоростей для первого тела и для второго (I – для первого тела, II – для второго тела):



(·) К соответствует значению времени, когда второе тело остановится. (·) М – точка равенства скоростей I-го и II-го тел.

Момент времени, когда II-ое тело остановится, найдем из формулы для определения скорости при равноускоренном движении:

$V_{x2}=V_{0x2}+a_{x2}t$.

Т.к. движение замедленное, то $a_{x2}=-a_2$; $V_{x2}=0$. Подставляя, получим:

0=9м/с–1,5м/с^2·t, отсюда: t= $\frac{9\,м/с}{1{,}5\,м/с}$ 6 с.

Путь за это время t определим по формуле для равноускоренного движения II-ого тела:

$$S_{2x} = V_{0x2} \cdot t + \frac{a_{x2} \cdot t^2}{2} \quad (a_x=-a_2;\ V_{0x}=V_{02}).$$

Итак, S_{2x}=9м/с·6с–1,5м/с^2·36с^2/2=27м.

Скорости обоих тел будут одинаковыми в (·)М на координатной плоскости (V_x, t). Скорость в (·)М для первого тела определяется по формуле:

$$V_{x1}=V_{0x1}+a_{x1}t.$$

В нашей задаче: $a_x=+a_1$; $V_{0x1}=V_{01}$.
Скорость в (·)М для второго тела определяется по формуле:

$$V_{x2}=V_{0x2}+a_{x2}t.$$

В нашей задаче: $a_{x2}=-a_2$; $V_{0x2}=V_{02}$.
Приравнивая друг другу значения V_{x1} и V_{x2} и решая полученное уравнение относительно времени t, получим:
$1 м/с + 0,5 м/с^2 \cdot t = 9 м/с - 1,5 м/с^2 \cdot t$
$2 м/с^2 \cdot t = 8 м/с$
t = 4с – за это время скорости первого и второго тел сравняются. Путь пройденный первым телом за это время определим по формуле: $S_{1x} = V_{0x1} \cdot t + \frac{a_{x1} \cdot t^2}{2}$.
В нашей задаче: $a_{x1}=a_1$; $V_{0x1}=V_{01}$.
Итак, $S_{1x} = 1 м/с \cdot 4 с + \frac{0,5 м/с^2 \cdot 4^2 с}{2} = 8$ м.

Ответ: $S_{2x}=27$ м; t=4 с; $S_{1x}=8$ м.

№ 2

а) 1-ое тело движется с постоянной скоростью $V_x=2$ м/с не меняющейся со временем. Следовательно тело движется равномерно.

б) 2-ое тело движется равноускоренно, причем в начальный момент времени (t=0) скорость равнялась нулю ($V_{02}=0$). Движение ускоренное (тело разгоняется).

в) 3-е тело движется равноускоренно, также как и у второго тела начальная скорость была нулевая ($V_{03}=0$), но ускорение (скорость разгона) больше у 2-ого тела, чем у 3-его.

г) В точке А скорости 1-ого и 2-ого тела совпадают $V_{x1}=V_{x2}=2$м/с; $V_{x3}=0,5$ м/с.

д) В точке В скорости i-ого и 3-его тела совпадают: $V_{x1}=V_{x3}=2$м/с; $V_{x2}=8$ м/с.
$V_{x1}=const=2$ м/с.
$S_{1x}=2t$
$V_{2x}=a \cdot t=2 м/с^2 \cdot t$

$S_{2x}=0+\frac{2м/с^2 \cdot t^2}{2}=1 м/с^2 \cdot t^2$

$V_{3x}=a \cdot t=0,5 м/с^2 \cdot t$

$S_{3x}=0+\frac{0,5м/с^2 \cdot t^2}{2}=0,25 м/с^2 \cdot t$

е) Ускорение будем определять по формуле:

$$V_x=V_{0x}+a_xt,$$

тогда
для первого тела:

$$a_x=0, \text{ т.к. } V_{x1}=const.$$

для второго тела:

$$a_{x2}=a_2;\ V_{0x2}=0; \text{ при } t=2с\ V_x=4м/с \text{ (из графика)}$$

следовательно:

$$a_{x2}=\frac{V_{ч2}-V_{0x2}}{t}=\frac{4м/с-0}{2с}=2м/с^2$$

для третьего тела:

$$a_{x3}=a_3;\ V_{0x3}=0; \text{ при } t=4с;\ V=2м/с,$$

следовательно:

$$a,=\frac{V_{x3}-V_{0x3}}{t}=\frac{2м/с-0}{4с}=0,5м/с^2.$$

Ответ: $a_1=0$; $a_2=2м/с2$; $a_3=0,5м/с^2$.

№ 3

а) Ускорение тела определяем по формуле:

$$V_x=V_{0x}+a_xt,$$

отсюда:

$$a_x=\frac{V_x-V_{0x}}{t}.$$

для первого тела:
$a_{x1}=a_1$; $V_{0x1}=V_1=1$ м/с; $V_x=3$ м/с, при t=2с и

$a_{1x}=\dfrac{3м/с-1м/с}{2с}=1$м/с.

для второго тела:

$a_{x2}=a_2$; $V_{0x2}=V_2=4$ м/с; $V_{x2}=6$ м/с, при t=4с и

$a_{2x}=\dfrac{6м/с-4м/с}{4с}=0{,}5$ м/с^2.

для третьего тела: $V_{0x3}=V_3=4$ м/с; $V_{x3}=2$ м/с, при t=4с;

$a_{3x}=\dfrac{2м/с-4м/с}{4с}=-0{,}5$ м/с .

б) Формула зависимости скорости от времени:

$$V_x=V_{0x}+a_x t.$$

Для первого тела:

$V_{x1}=1$ м/с$+1$м/с$^2\cdot t$.

Для второго тела:

$V_{x2}=4$м/с$+0{,}5$м/с2$\cdot t$.

Для третьего тела:

$V_{x3}=1$м/с$-0{,}5$м/с$^2\cdot t$.

в) Сходство движений, обозначенных графиками 2 и 3 в том, что они оба относятся к типу равноускоренного прямолинейного движения, но график 2 соответствует ускоренному движению, а график 3 – замедленному.

№ 4

а) OA= V_{0x3} – начальная скорость движения 3-его тела =10м/с

OB=V_{0x2} – начальная скорость движения 2-ого тела =10м/с

OC= V_{0x1} – начальная скорость движения 1-ого тела =10м/с.

б) Ускорения тел находим из формулы:

$$V_x=V_{0x}+a_x t,\ \text{или}\ a_x=\frac{V_x-V_{0x}}{t}.$$

для 1-ого тела:

$V_{x1}=6$ м/с, при t=6 с $V_{0x1}=0$ м/с

$a_{x1}=\dfrac{6м/с-0м/с}{6с}=1$м /с^2.

для 2-ого тела:

$V_{x2}=5$ м/с, при t=2 с $V_{0x2}=3$ м/с

$a_{x2}=\dfrac{5м/с-3м/с}{2с}=1$ м/с^2.

для 3-его тела:

V_{x3}= 6 м/с, при t=2 с V_{0x3}=10 м/с

$a_{x3}=\dfrac{6м/с-10м/с}{2с}=-2$ м/с^2.

в) Выражение для скорости тела пишем по формуле:

$$V_x=V_{0x}+a_xt;$$

для перемещения:

$$S_x = V_{0x}\cdot t+\frac{a_x\cdot t^2}{2}.$$

Для первого тела:

V_{x1}=l м/с^2·t; $S_{x1}=\dfrac{1м/с^2\cdot t^2}{2}$.

Для второго тела:

V_{x2}=3 м/с+1 м/с^2·t;

S_{x2}=3 м/с·t+$\dfrac{1м/с^2\cdot t^2}{2}$.

Для третьего тела:

V_{x3}=10 м/с–2 м/с^2·t;

Sx3=10 м/с·t–$\dfrac{2м\,с^2\cdot t^2}{2}$.

№ 5

Дано:

t=15 с

V_0=0

V_1=100 м/с

a, S–?

Решение:

Примем за начало отсчета времени время начала разгона самолета, а за начало координат – местоположение самолета при разгоне. Направим ось X вдоль движения самолета, тогда скорость самолета в момент отрыва определяется по формуле: $V_{1x}=V_{0x}+a_x\cdot t$, т.к. движение ускоренное, то a_x=a, а длина взлетной полосы определяется из формулы:

$$S_x=V_{0x}\cdot t+\frac{a_x\cdot t^2}{2}.$$

Подставляя численные значения, получим: $100м/с=0+a_x \cdot 15$ с, отсюда $a_x=\frac{100м/с}{15с}\approx 6{,}7$ м/с^2,

$$S_x=0\cdot t-\frac{6{,}7м/с^2\cdot(15с)^2}{2}\approx 750м.$$

Ответ: a=6,7 м/с^2, S=750 м.

№ 6

Дано:
V_0=1000 м/с
t=0,001 с
V1=200 м/с
S–?

Решение:
Толщину стенки, исходя из того, что внутри стенки снаряд двигался равноускоренно найдем по формуле

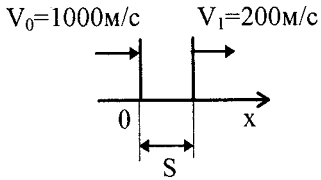
$$S=S_x=V_{0x}\cdot t+\frac{a_x\cdot t^2}{2},\ \text{где } a_x=\frac{V_x-V_{0x}}{t}.$$

Ось X направляем по движению снаряда в стенке. За начало отсчета времени и координат принимаем момент времени, когда снаряд достигает стенки со скоростью $V=V_0$=1000 м/с. $a_x=-a$; $V_{0x}=V_0$; $V_x=V_1$.
Подставляя численные значения из условия задачи, получим:

$$a_x=\frac{200м/с-1000м/с}{0{,}001с}=-800\cdot 10^3м/с^2$$

$S=Sx=1000$ м/с$\cdot 0{,}001$с –

$$-\frac{800\cdot 10^3 м/с^2\cdot(0{,}001с)^2}{2}=0{,}6м$$



Ответ: S=0,6 м.

№ 7

Дано:
a=45 м/с^2
V_0=900 м/с
t=2,5 с
S–?

Решение:
Ось X направим вдоль движения ракеты. За начало отсчета времени и координат примем точку, когда ракета имела скорость У=900 м/с. Тогда путь, пройденный ракетой в следующие 2,5 с определим по формуле:

$S=S_x=V_{0x}\cdot t+\frac{a_x\cdot t^2}{2}$,

т.к. движение ускоренное, то $a_x=a$. Подставляя численные значения из условия задачи, получим:

$$S=900\ м/с\cdot 2{,}5\ с+\frac{45 м/с^2\cdot(2{,}5с)^2}{2}=$$

$$=2250м+\frac{282{,}25м}{2}\approx 2{,}4км.$$

Ответ: 2,4 км.

№ 8

Дано:

$a=g=9.8$ м/с^2
$t=30$ мин=
=1800 с
$V_0=0$
Найти: S

Решение:

Ось x направим в сторону движения ракеты. За начало отсчета координат примем Землю. За начало отсчета времени - момент когда космический корабль запускался с Земли. В момент запуска космического корабля его скорость была нулевой ($V_{0x}=0$). Расстояние от земли определим по формуле:

$S=S_x=V_{0x}\cdot t+\frac{a_x\cdot t^2}{2}$,

т.к. движение ускоренное, то $a_x=a=g$.

$$S=0\ {}^{м}\!/_{с}\cdot t+\frac{9{,}8\ {}^{м}\!/_{с^2}\cdot(1800с)^2}{2}\approx 1{,}6\cdot 10^7\ м=1{,}6\cdot 10^4\ км.$$

Ответ: $S=1{,}6\cdot 10^4$ км.

№ 9

Дано:

$V_0=0$
$S=30$ м
$V_1=15$ м/с
a–?

Решение:

За начало отсчета времени примем момент старта лошади. За начало отсчета координат примем точку старта. Ось X направим вдоль движения лошади.

Тогда путь за время t лошади может быть записан следующей формулой:

$S_x=V_{0x}\cdot t+\frac{a_x\cdot t^2}{2}$ в свою очередь:

$V_x=V_{0x}+a_x\cdot t$,

отсюда $t=\frac{V_x - V_{0x}}{a_x}$.

Следовательно подставляя в формулу для пути пройденного лошадью получим: $S_x=\frac{V_x^2}{2a_x}$

т.к. движение лошади ускоренное, то a_x – положительно.

Подставляя численные значения из условия задачи, получим:

$$30\ \text{м}=\frac{(15\ ^{\text{м}}/_{\text{с}})^2}{2\cdot a_x}.$$

$$\text{Откуда } a_x=\frac{(15\ ^{\text{м}}/_{\text{с}})^2}{2\cdot 30\text{м}}\approx 3{,}8\ ^{\text{м}}/_{\text{с}^2}.$$

Ответ: a_x=3,8 м/с^2.

№ 10

Дано:

V_i= 180 км/ч
a=2,5 м/с$_2$
$\underline{V_0=0}$
S–?

Решение:

За начало отсчета времени примем момент времени, когда самолет начинает старт. За начало отсчета координат примем точку старта самолета. Ось X направлена вдоль движения самолета. Тогда самолет достигнет значения скорости V_1=180 м/с на следующем расстоянии S от места старта на взлетной полосе:

$S=S_x=\frac{V_x^2}{2a_x}$ (a_x=a, т.к. движение прямолинейное и ускоренное $V_x=V_1$)=

$$=\frac{(180\ ^{\text{км}}/_{\text{ч}}-\frac{1000\ ^{\text{м}}/_{\text{км}}}{3600\ ^{\text{с}}/_{\text{ч}}}}{2\cdot 2{,}5\ ^{\text{м}}/_{\text{с}^2}}=500\text{м}.$$

Ответ: S=500 м.

№ 11

Дано:

$a=0{,}15$ м/с^2

$V_1=3.87$ м/с

$V_0=54$ км/ч

S–?

Решение:

За начало отсчета времени примем момент, когда поезд начал торможение. Выберем начало отсчета координаты X в точке, где поезд начал торможение. Ось X направлена вдоль движения поезда. Начальная скорость $\vec{V}_0$ сонаправлена с осью X, а ускорение a направлено в противоположную сторону, так что проекция начальной скорости $V_{0x}=V$, а проекция ускорения ax=-a.

После того, как поезд пройдет расстояние S его скорость уменьшится до некоторого значения Vi. Пройденное расстояние определим по формуле:

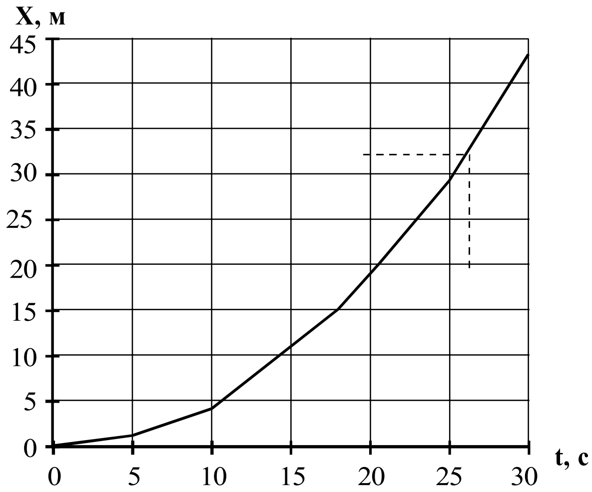
$$S=\frac{V_{1x}^2-V_{0x}^2}{2a_x},$$

$$S=\frac{(3{,}87\ ^{м}/_{с})^2-\left(54\ ^{км}/_{ч}\cdot\frac{1000\ ^{м}/_{км}}{3600\ ^{с}/_{ч}}\right)^2}{-2\cdot 0{,}15\ ^{м}/_{с^2}}=700\text{м}.$$

Ответ: S=700 м.

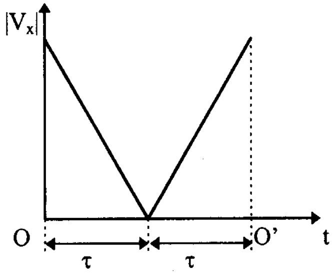
Задания

№ 1



Проведя сравнения построенного графика зависимости x от t и графика для равномерного движения на рис. 27 можно заметить, что координата X не линейно зависит от t. То есть можно сделать вывод, что рассматриваемое тело не движется прямолинейно и равномерно.

№ 2



$$\left|V_x\right| = \begin{cases} V_x, \text{ если} \geq 0 \\ -V_x, \text{ если} \prec 0 \end{cases}$$

№ 3

Запишем формулу для перемещения $S_x = \dfrac{V_x^2 - V_{0x}^2}{2a_x}$.

Из выражения $V_x = V_{0x} + a_x t$ получим выражение для ускорения $a_x = \dfrac{V_x - V_{0x}}{t}$ и подставив его в формулу для перемещения получим:

$$S = \frac{V_x^2 - V_{0x}^2}{2 \cdot \dfrac{V_x - V_{0x}}{t}} = \frac{(V_x + V_{0x})(V_x - V_{0x})}{2 \cdot \dfrac{V_x - V_{0x}}{t}} = \frac{(V_x + V_{0x}) \cdot t}{2}.$$

Запишем формулу для определения средней скорости за промежуток времени t $V_{ср} = \dfrac{S_x}{t}$, подставив значение S_x получим:

$$V_{ср} = \frac{(V_x + V_{0x}) \cdot t}{2 \cdot t} = \frac{(V_x + V_{0x})}{2} \text{ ч. т.д.}$$

ГЛАВА 3

§ 14 Вопросы

1. Мгновенная скорость тела в любой точке криволинейной траектории направлена по касательной к траектории в этой точке.

2. В отличии от прямолинейного движения при криволинейном движении непрерывно изменяется не только модуль скорости но и направление вектора скорости.

3. Нет. Так как вектор ускорения $\vec{a}$ направлен в сторону вектора изменения направления скорости $\Delta\vec{V}$, а не в сторону направления самого вектора скорости $\vec{V}$.

4. Нет. При криволинейном движении непрерывно меняется направление вектора скорости, тело движется с ускорением.

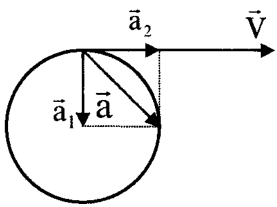
5. Движение по любой криволинейной траектории можно приближенно представить как движение по дугам некоторых окружностей.

§ 15 Вопросы

1. Ускорение тела направлено по радиусу окружности к ее центру.

2. Нет. При равномерном движении по окружности во всех ее точках ускорение по модулю одно и то же, но направление вектора ускорения изменяется.

3. Нет. Если при движении по окружности модуль скорости изменяется, то вектор ускорения будет представлять собой сумму векторов центростремительного ускорения и вектора ускорения направленного в сторону изменения модуля скорости.



4. Модуль скорости спортсмена и катера можно определить из соотношений

$$V1=\frac{S_1}{t},\ V_2=\frac{S_2}{t} \qquad (1)$$

Где V_1, V_2, S_1, S_2, t – скорость движения, пройденное расстояние и время движения соответственно для спортсмена и катера.
За один и тот же промежуток времени t они совершают полный оборот по окружности и пройдут расстояния $S_1 = 2\pi r_1$ и .$S_2=2\pi r_2$ (r_1, r_2 – радиусы окружностей по которым двигается спортсмен и катер).
Подставив значения S_1 и S_2 в соотношения (1) получим:

$$V_1=\frac{2\pi r_1}{t},\ V_2=\frac{2\pi r_2}{t}.$$

Откуда следует, что при $r_1=r_2$, $V_1=V_2$,
при $r_1>r_2$, $V_1>V_2$,
при $r_1<r_2$, $V_1< V_2$.

§ 16 Вопросы

1. Периодом обращения называется промежуток времени за который тело совершает один полный оборот по окружности.
2. Частотой обращения называется число оборотов по окружности в единицу времени.
3. Частота обращения величина обратная периоду обращения.
4. $a=\frac{4\pi^2 r}{T^2}$.
5. $a=4\pi^2n^2r$.

Упражнение 8.

№ 1

Дано:
r= 10 см
T=0,2 с
V–?

Решение:
Определим скорость по формуле

$$V=\frac{2\pi r}{t}=\frac{2\partial \cdot 10см}{0,2с}\approx 314\,см/с \approx 3,1\,м/с.$$

Ответ: V=3,1 м/с

№ 2.

Дано:
r=100 м
V=54 км/ч
a–?

Решение:
Модуль центростремительного ускорения связан со скоростью и радиусом соответствующей окружности соотношением $a=\frac{V^2}{r}$. Подставив из условия задачи значения V и r, получим:

$$a=\frac{\left(54\,{}^{км}\!/_{ч}\cdot\frac{1000\,{}^{м}\!/_{км}}{3600\,{}^{с}\!/_{ч}}\right)^2}{100м}\approx 2{,}3\,{}^{м}\!/_{с^2}.$$

Ответ: $a=2{,}3$ м/с^2.

№ 3.

Космический корабль летит над Землей на высоте h и имеет период обращения вокруг земли T.

Дано:

T=90 мин
h=320 км
R_2=64000 км

Решение:

Скорость движения корабля вычислим по формуле

$$V=\frac{2\pi\cdot r}{T}.$$

Радиус орбиты корабля $r=R_3+h$, отсюда

$$V=\frac{2\pi(R_3+h)}{T}.$$

Подставив значения R_3, h, T, получим:

$$V=\frac{2\pi(6400км+320км)}{90мин\cdot 60}\approx 7{,}8\,{}^{км}\!/_{с}.$$

Ответ: V≈7,8 км/с.

№ 4.

Автомобиль движется со скоростью V. Колеса этого автомобиля совершают обороты с частотой n и имеют радиус r.

Дано:

r=30 см
n=6001/мин
V–?

Решение:

Период обращения колес автомобиля $T=\frac{1}{n}$.

Скорость движения автомобиля $V=\frac{2\pi r}{T}=2\pi rn$.

Подставив значения r и п получим:

$$V=2\pi\cdot\frac{30см}{100\,{}^{см}\!/_{м}}:\frac{600\,{}^{1}\!/_{мин}}{60\,{}^{с}\!/_{мин}}\approx 19\,{}^{м}\!/_{с}.$$

Ответ: V≈ 19 м/с.

№ 5.

Луна движется вокруг Земли на расстоянии h от нее и периодом обращения Т.

Дано:

$h=380000$ км
$T=27{,}3$ сут.
$R_З=6400$ км
а–?

Решение:

Центростремительное ускорение Луны $a=\frac{4\pi^2 r}{T^2}$.

Радиус орбиты Луны $r=h+R_З$, отсюда $a=\frac{4\pi^2(h+R_З)}{T^2}$.

Подставив значения $R_З$, h, T, получим:

$$a=\frac{4\pi^2(380000\text{км}\cdot 1000\,{}^{\text{м}}\!/\!_{\text{км}}+6400\text{км}\cdot 1000\,{}^{\text{м}}\!/\!_{\text{км}})}{27{,}3\text{сут}\cdot 24\,{}^{\text{ч}}\!/\!_{\text{сут}}\cdot 3600\,{}^{\text{с}}\!/\!_{\text{ч}}}=$$

$=2{,}7\cdot 10^{-3}$ м/с^2.

Ответ: $a=2{,}7\cdot 10^{-3}$ м/с^2.

§ 17 Вопросы

1. Предположим, что точка движется по окружности радиусом r. По ходу движения она занимает следующие координаты:

1) $x= r$; $y = 0$ 3) $x =–r$; $y = 0$
2) $x = 0$; $y =–r$ 4) $x = 0$; $y = r$

2. Через промежуток времени $t = \frac{3}{4}T$.

3. Координаты меняют свои значения на противоположные по знаку.

ГЛАВА 4

§ 19 Вопросы

1. При этом компенсируются действия воды и гребцов.
2. Явление инерции состоит в том, что при компенсации действий на тело других тел или при отсутствии воздействий на тело оно может сохранять свою скорость постоянной.
3. Существуют такие системы отсчета, относительно которых поступательно движущееся тело сохраняет свою скорость постоянной, если на него не действуют другие тела.
4. Тело может двигаться прямолинейно и равномерно в условиях скомпенсированного воздействия на него других тел.
5. Инерциальные системы отсчета.
6. Нет. Тело совершает криволинейное и неравномерное движение. При этом значение и направление вектора скорости во время движения меняется. Это значит, что воздействия на него других тел не скомпенсированы.

§ 20 Вопросы

1. Причиной ускорения движения тел является действие на них других тел.
2. Отношение модулей ускорений двух данных взаимодействующих тел всегда одно и то же.
3. Скорость второго тела уменьшилась, так как при взаимодействии двух тел оба тела получают ускорения направленные в противоположные стороны.
4. Нет. Действия одних тел на другие являются причиной изменения их движений. А не причиной самого движения.

Упражнения

№ 1

Стальная тележка двигалась со скоростью $\vec{V}_1$ навстречу алюминиевой тележке находящейся в состоянии покоя. После столкновения стальная тележка имела скорость $\vec{V}_2$, а алюминиевая тележка получила скорость $\vec{V}$.

Дано:

$V_1=4$ м/с

$V_2=2$ м/с

$\frac{a_2}{a_1}=3$

V–?

Решение:

Первая тележка получила ускорение $a_1=\frac{V_2-V_1}{t}$.

Вторая тележка за это же время получила ускорение

$a_2=\frac{V-0}{t}$.

Зная отношение модулей и ускорений при взаимодействии двух одинаковых по размерам тел, одно из которых выполнено из алюминия, а другое из стали, можно определить скорость из равенства: $V=(V_2-V_1)\cdot\frac{a_2}{a_1}$,

V = (4–2)·3 = 6%.

Ответ: = 6 м/с.

№ 2

Дано:

$\frac{r_2}{r_1}=3$

l=8 см

r_1–?

r_2–?

Решение:

Длина нити l равна сумме радиусов окружностей по которым будут вращаться цилиндры $l=r_1+r_2$. Используя дополнительное условие $\frac{r_2}{r_1}=3$ можно определить радиусы, решив совместно эти уравнения $r_2=\frac{1}{4}$, $r_1=1-r_2$,

$r_2=\frac{8см}{4}=2$ см, $r_1=8$ см–2 см=6 см.

Ответ: $r_1=6$ см, $r_2=2$ см.

№ 3

Дано:

$\frac{r_1}{r_2}=3$

$r_1=9$ см

l–?

Решение:

$l=r_1+r_2$,

$l=r_1+\frac{r_1}{3}$,

l=9 см+3 см=12 см.

Ответ: l= 12 см.

§ 21 Вопросы.

1. Нет, нельзя из-за свойства инертности тел.
2. Свойство инертности состоит в том, что для изменения скорости тела требуется некоторое время.
3. Инертность тела характеризуется массой.
4. Отношение модулей ускорений двух тел равно обратному отношению их масс.

Для определения массы отдельного тела нужно выбрать тело, масса которого условно принимается за единицу – эталон массы.

Упражнение 10.

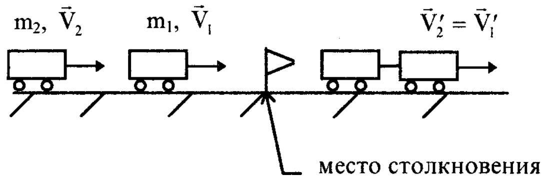
№ 1

Дано:

$V_1=0{,}5$ м/с
$V_1<V_2$
$V_2=1{,}5$м/с
$V_2' = V_1' = 1$ м/с

$\frac{m_2}{m_1}$ – ?

Решение:



Первая тележка получила ускорение: $a_1 = \frac{V_1' - V_1}{t}$.

Вторая тележка получила ускорение: $a_2 = \frac{V_2' - V_2}{t} = \frac{V_1' - V_1}{t}$ (из условия задачи $V_2' = V_1'$).

Отношение ускорений взаимодействующих тел равно обратному отношению их масс, следовательно:

$$\left|\frac{a_1}{a_2}\right| = \frac{m_2}{m_1},$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{|V_1' - V_1|}{V_1' - V_2} = \frac{|1\text{м/с} - 1{,}5\text{м/с}|}{1\text{м/с} - 0{,}5\text{м/с}} = 1,$$

т.е. $m_1=m_2$.

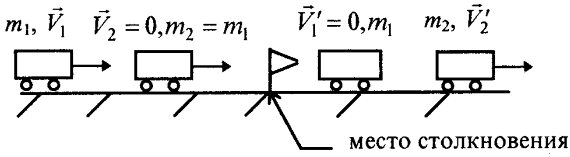
Ответ: $\frac{m_2}{m_1} = 1$.

№ 2

Дано:

V_1=30 см/с
m_1=m_2
$V_1'=0$
V_2=0
$\vec{V}_2'$ –?

Решение:



Первая тележка получила ускорение:

$$a_1=\frac{V_1'-V_1}{t}=\frac{0-V_1}{t}=-\frac{V_1}{t}.$$

Вторая тележка получила ускорение:

$$a_2=\frac{V_2'-V_1}{t}=\frac{V_2'-0}{t}=\frac{V_2'}{t}.$$

Отношение ускорений взаимодействующих тел равно обратному отношению их масс, следовательно:

$$\left|\frac{a_1}{a_2}\right|=\frac{m_2}{m_1}=1,$$

$\left|-\frac{V_1}{V_2'}\right|=1$, отсюда $V_2'=30$ см/с.

Ответ: V_2'=30 см/с.

§ 22 Вопросы

1. Сила – действие одного тела на другое, вследствие чего возникает ускорение. Т.е. сила является мерой взаимодействия сил, в результате которого тела деформируются или приобретают ускорение. Сила – величина векторная; она характеризуется числовым значением, направлением действия и точкой приложения к телу.
2. Нет, нельзя.
3. Нет, нельзя.
4. Да. Только для инерциальных систем отсчета.
5. Существуют такие системы отсчета, относительно которых поступательно движущееся тело сохраняет свою скорость постоянной, если результирующая всех сил, приложенных к телу, равна нулю.

6. Сила, равная геометрической сумме всех приложенных к телу (точке) сил, называется равнодействующей или результирующей силой.
7. Приложенная к телу сила при движении его по окружности направлена к центру и равна произведению центростремительного ускорения на массу тела.

§ 23 Вопросы.

1. Все тела действуют друг на друга с силами, равными по модулю и противоположными по направлению. Равенство сил при взаимодействии имеет место всегда, независимо от того, находятся ли взаимодействующие тела в относительном покое или они движутся.
2. Нет, так как силы, возникающие при взаимодействии двух тел, приложены к разным телам.
3. «Действие» Ньютона это сила, действующая на одно тело со стороны другого. «Противодействие» – это сила той же природы, что и первая сила, но действующая со стороны второго тела на первое.
4. Т.к. согласно III закону Ньютона при взаимодействии тел силы, с которыми тела действуют друг на друга равны по модулю, а в свою очередь, сила равна произведению массы на ускорение, то т.к. масса груженого грузового автомобиля гораздо больше, чем масса легкового автомобиля, то, соответственно, он приобретет гораздо меньшее ускорение после столкновения.

§ 24 Вопросы.

1. Направление ускорения всегда совпадает с направлением силы ($\vec{F} = m \cdot \vec{a}$) действующей на тело и вызывающей это ускорение.
2. Если действует на тело какая-нибудь одна сила, то тело не может двигаться с постоянной скоростью или находится в покое, т.к. для этого необходимо, чтобы сила или сумма приложенных к телу сил равнялась нулю.
3. Нет, не скорость тела, а изменение скорости тела.
4. Нет, т.к. направление скорости движения не всегда совпадает с направлением приложенной силы.
5. Не перемещение (движение), а изменение движения.
6. К центру окружности.
7. Равнодействующая трех сил равна нулю, т.к. тело находится в покое. Равнодействующая $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ равна $\vec{F}_3$.

Упражнение 11.

№ 1

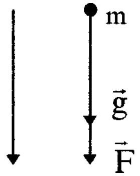
Дано:

$m=1$ кг

$g=9{,}8$ м/с^2

F–?

Решение:



Направим ось X по направлению падения камня, тогда

$F_x=F$; $g_x=g=a$ и

$F=ma=mg=1$ кг$\cdot 9{,}8$ м/с$^2=9{,}8$ Н

Ответ: F=9,8 НХ

№ 2

Дано:

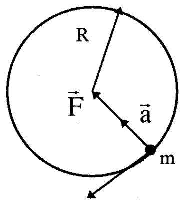
$m= 1000$ кг

$R=100$ м

$V=20$ м/с

F–?

Решение:



При равномерном движении по окружности тело имеет центростремительное ускорение, которое по модулю во всех точках траектории одинаково и равно $\frac{V^2}{R}$. Сила, соответственно, также будет направлена к центру (она называется центробежной) и по II закону Ньютона равна:

$$F=\frac{m\cdot V^2}{R}=\frac{1000\text{кг}\cdot(20\text{м}/\text{с})^2}{100\text{м}}=4000\text{Н}=4\text{кН}.$$

Ответ: F=4 кН.

№ 3

Дано:

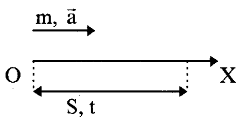
$m=2160$кг

$t=30$ с

$S=500$ м

F–?

Решение:



За начало отсчета времени примем момент времени, когда автомобиль начал ускорение. За начало отсчета координат примем точку с которой автомобиль начал ускоряться.

При равноускоренном прямолинейном движении пройденный путь определяется формулой:

$$S_x = \frac{a_x \cdot t^2}{2}$$

(с учетом того, что движение началось с нулевой начальной скоростью).
Отсюда:

$$a_x = \frac{2 \cdot S_x}{t^2} = \frac{2 \cdot 500м}{(30c)^2} = 1{,}1\, м/c^2.$$

По II закону Ньютона находим силу, действующую на автомобиль в течении времени t: $F = a \cdot m = 1{,}1$ м/с$^2 \cdot 2160$ кг $= 2376$ Н ≈ 2400 Н.
Ответ: $F \approx 2400$ Н.

№ 4

Дано:
F, t, S, m_1
$m2 = 1/2\, m_1$
Доказать:
$t_2 = t_1/2$

Решение:
Проверим утверждение.
Время, необходимое для перемещения тела на расстояние S найдем из уравнения движения для равноускоренного движения (считаем $V_{0x}=0$)

$S_x = \frac{a_x \cdot t^2}{2}$, отсюда:

$t = \sqrt{\frac{2 \cdot S_x}{a_x}}$ из II закона Ньютона: $a_x = F/m$,

следовательно, $t = \sqrt{\frac{2 \cdot S_x \cdot m}{F}}$.

В первом случае: $t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot S \cdot m_1}{F}}$.

Во втором случае: $t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot S \cdot m_1}{2 \cdot F}} = \sqrt{\frac{S \cdot m_1}{F}}$,

$\frac{t_1}{t_2} = \sqrt{2}.$

Таким образом утверждение не верно, не за вдвое меньшее время, а за $\sqrt{2}$ раза меньшее.

№ 5

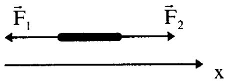
Дано:

$\vec{F}_1 = \vec{F}_2 = 50$Н

Fнач.=80 Н

Найти:

Решение:



Ответ: Нет. Веревка порвется, если каждый человек будет тянут ее с силой большей 80 Н.

№ 6

Дано:

F_1=10 Н

m_1=40 кг

m_2=50 кг

$\vec{a}_1, \vec{a}_2 - ?$

Решение:

Согласно III закону Ньютона все тела при взаимодействии друг с другом испытывают действие сил равных по модулю и противоположных по направлению. Т.к. действие первого мальчика на второго определяется силой $\vec{F}_1$=10 Н, то со стороны второго мальчика на первого будет действовать точно такая же сила равная по модулю F_1, но противоположная ей по направлению.

Т.е. $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$; F_2 = 10 Н.

По II закону Ньютона определим ускорения, приобретенные мальчиками.

$a_1 = F_1/m_1$ = 10 Н/40 кг = 0,25 м/с^2

$a_2 = F_2/m_2$ = 10 Н/50 кг = 0,2 м/с^2

$\vec{a}_1 = -\vec{a}_2$

Ответ: a_1 = 0,25 м/с^2; a_2 = 0,2 м/с^2.

ГЛАВА 5

§ 26 Вопросы

1. Сила упругости возникает при любом виде деформации на упругое тело, если она не велика по сравнению с размерами тела.
2. Коэффициент пропорциональности, связывающий силу упругости и удлинение.
3. Сила упругости, возникающая при деформации тела, пропорциональна его удлинению и направлена противоположно направлению перемещения частиц при деформации.
4. Деформация тела возникает при перемещении одних частиц тела относительно других.
5. Сила упругости вызвана деформацией лука. Эта сила упругости заставляет тетиву вернуться в исходное положение.
6. Да, действует. За счет деформации наклонной плоскости (опоры).
7. Сила упругости, действующая на тело со стороны опоры или подвеса называется силой реакции опоры.

§ 27 Вопросы.

1. Тело будет совершать колебательные движения вдоль направления действия силы.
2. Тело будет двигаться по окружности.
3. Колебательные движения тела под действием силы упругости относится к прямолинейному виду движения тела.
4. Ускорение также будет менять направление в соответствии с направлением силы, т.к. направление ускорения всегда совпадает с направлением силы, вызвавшей это ускорение. Также будет изменяться и величина ускорения (его модуль), т.к. F прямо пропорционально a (II закон Ньютона).
5. На груз действует центростремительная. Она направлена к центру окружности, по которой движется груз.

Задание

Нет, тело будет совершать некоторое время колебательные движения под действием силы упругости, которая стремится вернуть тело в состояние покоя.

§ 28 Вопросы.

1. Сила уменьшится в два раза, т.к. сила притяжения прямо пропорциональна произведению масс обоих тел.

2. Уменьшится в 4 раза, т.к. сила притяжения между двумя телами обратно пропорциональна квадратам расстояний между ними.

3. Т.к. значение гравитационной постоянной G, входящей в закон всемирного тяготения очень мало (порядка 10^{-11}), то поэтому мы не замечаем притяжения окружающих тел друг к другу.

4. Сила тяготения направлена к Солнцу. Ускорение в любой точке на орбите планеты также направлено к центру. Скорость планеты направлена по касательной к орбите планеты.

Упражнение 12.

№ 1

Дано:

$m_1=50000$ Т= $50000\cdot10^3$ кг

$m_2=50000$ т= $50000\cdot10^3$ кг

$R=1$ км$=10^3$ м

Найти: F.

Решение:

$$F=G\cdot\frac{m_1\cdot m_2}{R^2}=\frac{6{,}67\cdot10^{-11}\frac{Н\cdot м^2}{кг^2}\cdot(50000\cdot10^3\,кг)^2}{(10^3\,м)^2}=$$

$$=16675\cdot10^{-5}\ Н\approx0{,}17\ Н$$

Ответ: $F\approx0{,}17$ Н.

№ 2

Дано:

$m_л=7\cdot10^{22}$ кг

$m_з=6{,}67\ 10^{24}$ кг

$R=384000$ км= $=384\ 10^6$ м

Найти: F.

Решение:

$$F=G\cdot\frac{m\cdot m}{R^2}=\frac{6{,}67\cdot10^{-11}\frac{Н\cdot м^2}{кг^2}\cdot(5000010^3\,кг)^2}{(10^3\,м)^2}=$$

$$=1{,}9\cdot10^{20}\,Н.$$

Ответ: $F=1{,}9\cdot10^{20}$ Н.

№ 3

Дано:

$m_л=7\cdot10^{22}$ кг

$m_з=6\cdot1024$ кг

$R=384000$ км= $=384\cdot10^6$ м

$(F_л/F_з)$–?

Решение:

Сила притяжения космонавта к Луне $F_л$:

$$F_л=G\cdot\frac{m_1\cdot m_л}{R_л^2},$$

где m_1 – масса космонавта; $R_л$ – радиус Луны.

Сила притяжения космонавта к Земле Fз:

$$F_з=G\cdot \frac{m_1\cdot m_з}{R_1^2}.$$

Расстояние между космонавтом и Землей: $R_1=R-R_л$.

Отношение сил притяжения к Луне и к Земле:

$$\frac{m_л\cdot(R-R_1)^2}{m_з\cdot R_л^2}=\frac{7\cdot 10^{22}\,кг\cdot(384000\,км-1730\,км)^2}{6\cdot 10^{24}\,кг\cdot(1730\,км)^2}\approx 570\,раз.$$

Ответ: ≈ 570 раз.

№ 4

Дано:	Решение:
$R=150$ млн. км $m_{Солнца}=2\cdot 10^{30}$ кг $m_{Земли}=6\cdot 10^{24}$ кг $G=6{,}67\cdot 10{-}11$ Н·м/кг^2	Сила притяжения Солнца и Земли $F=G\cdot \frac{m_C\cdot m_З}{R_0^2}$
$V_{Земли}$ – ?	

Центростремительное ускорение Земли (a) определим из второго закона Ньютона:

$$a=\frac{F}{m_з}.$$

Из выражения $a=\frac{V^2}{R_0}$ выразим скорость движения Земли на орбите:

$V=\sqrt{a\cdot R_0}$; подставив значения a и F получим:

$$V=\sqrt{\frac{m_C}{R_0}\cdot G}.$$

$$V=\sqrt{\frac{2\cdot 10^{30}\,кг\cdot 6{,}67\cdot 10^{-11}\,Н\cdot м^2/кг^2}{150\cdot 10^6\,км\cdot 1000\,м/км}}\approx 3\cdot 10^4\,м/с.$$

Ответ: $V\approx 3\cdot 10^4$ м/с.

§ 29 Вопросы.

1. Сила притяжения тела к Земле называется силой тяжести.

2. Потому, что сила тяжести пропорциональна массам тел, на которые она действует.

3. Зависит, так как $F=m\cdot g$.

4. Изменяется, но при удалении тела от Земли на небольшие расстояния по сравнению с ее радиусом; этим изменением можно пренебречь.

5. Да. Потому что при определении ускорения свободного падения и силы тяжести мы отсчитываем расстояние от центра Земли.

Упражнение 13.

№ 1.

На тело массой т, находящееся вблизи поверхности Земли действует сила тяготения F.

Дано:

$F=49$ Н

$g=9{,}8$ м/с^2

m–?

Решение:

Из равенства $F=mg$ выразим $m=F/g$.

Подставив из условия задачи значения F, g, получим: $m=\dfrac{49\text{м}}{9{,}8\text{м}/\text{с}^2}=5$ кг.

Ответ: $m=5$ кг.

№ 2.

На высоте h над Землей сила тяжести F_1 уменьшается в два раза до значения F_2.

Дано:

$g=9{,}8$ м/с^2

$\dfrac{F_1}{F_2}=2$

Решение:

Сила тяжести $F=m\cdot g$. Т.к. остается постоянной, то для изменения F необходимо, чтобы g изменилось на эту же величину.

Ускорение свободного падения определяется равенством $g=G\dfrac{M^3}{(R_3+h)^2}$ Отсюда отношение

$$\frac{F_1}{F_2}=\frac{G\dfrac{M^3}{(R_3+0)^2}}{G\dfrac{M^3}{(R_3+h)^2}}.$$

Преобразовав полученное выражение, выразим h:

$h = \left(\sqrt{\frac{F_1}{F_2}} - 1\right) \cdot R_з$, подставив значения $\frac{F_1}{F_2}$ и $R_з$ получим:

h=($(\sqrt{2}-1) \cdot$ 6400 км=2651 (км).

Ответ: h=2651 м.

№ 3

Сила притяжения вблизи поверхности Луны $\vec{F}л$, радиус Луны – Rл. $\vec{F}_з$ – сила притяжения (тяжести) вблизи поверхности Земли.

Дано:	Решение:
m=1 кг	Сила притяжения вблизи поверхности Луны:
Rл=1730 км;	$Fл = G \cdot \frac{M_л \cdot m}{R_л^2} =$
Мл=$7 \cdot 10^{22}$ кг	
$R_з$=6400 км;	
$M_з$=$6 \cdot 10^{24}$ кг	$= \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{Н \cdot м^2}{кг^2} \cdot 1 кг \cdot 7 \cdot 10^{22} кг}{(1730 \cdot 10^3 м)^2} \approx 1{,}56 Н.$

Сила притяжения вблизи поверхности Земли: $F_з = G \cdot \frac{M_з \cdot m}{R_з^2}$.

Их отношение:

$$\frac{F_Л}{F_з} = \frac{M_л \cdot R_з^2}{R_л^2 \cdot M_з} = \left(\frac{M_л}{M_з}\right) \cdot \left(\frac{R_з}{R_л}\right)^2 = \left(\frac{7 \cdot 10^{22} кг}{6 \cdot 10^{24} кг}\right) \cdot \left(\frac{6400 км}{1730 км}\right)^2 = 0{,}16$$

или Fз=Fл/0,16=6,25 Fл.

Таким образом, сила тяжести, действующая на тело у поверхности Луны в 6,25 раза меньше, чем у поверхности Земли.

№ 4

Пусть масса Марса будет равна $M_м$=$6 \cdot 10^{23}$ кг, радиус Марса обозначим $R_м$. Ускорение свободного падения вблизи поверхности Марса обозначим $g_м$.

Дано:	Решение:
Мм=$6 \cdot 10^{23}$ кг	Воспользовавшись II законом Ньютона и законом
Км=3300 км=	всемирного тяготения, получим формулу для оп-
=$3300 \cdot 10^3$ м	ределения $g_м$.
$g_м$–?	

$$g_м = G \frac{M_м}{R_м^2} = \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{Н \cdot м^2}{кг^2} \cdot 6 \cdot 10^{22} кг}{(33 \cdot 10^5 м)^2} = 3{,}68 м/с.$$

§ 30 Вопросы.

1. Вес тела – сила, с которой тело, вследствие его притяжения к Земле, действует на опору или подвес.

2. Сила тяжести – это гравитационная сила, приложенная к телу. Вес тела – сила упругости, приложенная к подвесу.

3. На тело действует сила тяжести; на опору – вес тела.

4. Всякое тело, на которое действует только сила тяжести или вообще сила всемирного тяготения, находится в состоянии невесомости.

5. Состояние невесомости состоит в том, что сила всемирного тяготения (следовательно и сила тяжести) сообщают всем телам одинаковое ускорение $\vec{g}$.

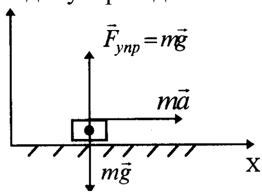
6. Нет. Сила тяжести (притяжения) остается и именно она является причиной свободного падения.

7. Тело также будет находиться в состоянии невесомости.

§ 31 Вопросы

1. При ускоренном движении тела вниз буде наблюдаться уменьшение веса тела. Если тело движется ускоренно вверх, то будет увеличение веса.

2. Нет. В этом случае вес тела будет равен силе тяжести. Это можно доказать, составляя проекции векторов сил на ось Y (направленную перпендикулярно движению тела).



$(F_{упр})_y - mg_y = 0$

$(F_{упр})_y = +-mg$

3. Космонавт будет испытывать перегрузку и его вес увеличится.

4. Космонавт будет испытывать уменьшение веса.

5. В нижней точке «мертвой петли» вес летчика увеличится, а в верхней – уменьшится.

6. Нет. Т.к. масса – это постоянная величина, которая характеризует свойство инертности тела.

Упражнение 14.

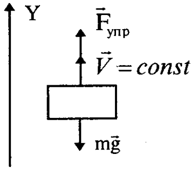
№ 1

Дано: Решение:

m=500 кг

FT, P–?

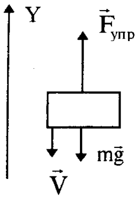
а) при перемещении плиты равномерно вверх ($\vec{a} = 0$).



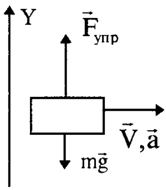
Уравнение, выражающее второй закон Ньютона в векторной форме:
$m\vec{g} = \vec{F}_{упр} = 0$, или в проекциях на ось Y:

$$mg_y + F_{упр.y} = 0,\ g_y = -g;\ F_{упр.y} = F_{упр.}.$$

Итак,
$F_{упр.} = F_T = mg = 500$ кг · 9,8 м/с$_2$=4900 Н;
$P = F_{упр.} = 4900$ Н.



б) при перемещении плиты равномерно вниз $\vec{a} = 0$. Рассуждая аналогично первому случаю, получим:
$F_{упр.} = F_T = 4900$ Н; $P = F_{упр.} = 4900$ Н.



в) горизонтальное перемещение. Второй закон Ньютона в проекциях на ось Y:
$mg_y + F_{упр.y} = 0$.
$F_{упр.} = 4900$ Н; $P = F_{упр.} = 4900$ Н,
т.к. проекция силы $\vec{F} = m\vec{a}$ на ось Y равна нулю, т.к. ускорение $\vec{a}$, следовательно и сила $\vec{F}$ перпендикулярны оси Y.

№ 2

Дано: Решение:

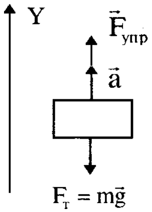
m = 100кг

P–?

а) при поднятии вверх с ускорением a=0,3м/с^2.
Второй закон Ньютона в векторной форме:

$$\vec{F} = m\vec{a} = \vec{F}_{упр.} + \vec{F}_т$$

в проекциях на ось Y:



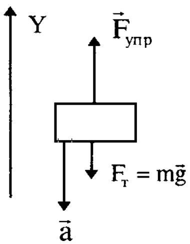
$\vec{F}_{упр.Y} + \vec{F}_{тY} = ma_Y$

$a_Y = a; F_{тY} = -mg; F_{упр.Y} = F_{упр}$

$F_{упр} = mg + ma = m(g + a) =$

$=100$ кг$\cdot(9{,}8$ м/с^2$+0{,}3$ м/с^2$) = 1010$ Н.

Ответ: $P=F_{упр}=1010$ Н.



б) при опускании с ускорением $a=0{,}4$ м/с^2

II закон Ньютона в векторной форме:

$\vec{F} = m\vec{a} = \vec{F}_{упр.} + \vec{F}_т$ в проекциях на ось Y:

$\vec{F}_{упр.Y} + \vec{F}_{тY} = ma_Y$

$a_Y = a; mg_Y = -mg; F_{упр.Y} = F_{упр}$

$F_{упр} - mg = -ma$

$F_{упр} = -ma + mg = m(g - a) =$

$=100$ кг $\cdot(9{,}8$ м/с^2$-0{,}4$ м/с^2$) = 880$ Н.

Ответ: $P=880$ Н

в) при равномерном движении. Как было показано в первой задаче этого упражнения, когда $a = 0$ мы имеем случай, что $F_{Т.}=F_{упр}=mg=980$ Н$=P$

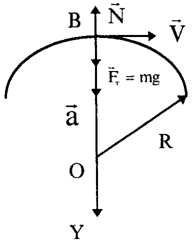
г) при свободном падении. Согласно 2-ому случаю этой задачи при опускании тела с ускорением а вес равен $P=m(g-a)$.

При свободном падении $\vec{g} = \vec{a} = 9{,}8$ м/с^2 и подставляя в выражение для P, получим:

$$P=m(g-g)=0.$$

№ 3

Дано:	Решение:
R=100 м	II закон Ньютона в векторном виде (ось Y
m=2000 кг	направляем вниз, к центру моста).
<u>V=60 км/ч</u>	
P в (·) B–?	$-\vec{N} + \vec{F}_т = m\vec{a} = \dfrac{m\vec{V}^2}{R}$



$\vec{F} = m\vec{a}$, т.к. движение происходит по окружности. В проекция х на ось Y: $N_y + F_{ту} = ma_y$

$N_y=-N$; $F_{ту} = mg_y=mg$;

$a_y=a=\frac{V^2}{R}$.

По условию задачи V=60 км/ч≈16,7 м/с.

Итак:

$-N+mg=\frac{mV^2}{R}$. отсюда:

$$N=mg-\frac{mV^2}{R}=m\cdot\left(g-\frac{V^2}{R}\right)=2000кг\cdot\left(9{,}8\,м/с^2-\frac{(16{,}7\,м/с)^2}{100м}\right)=$$

2000 кг $\cdot$(9,8 м/с^2–2,79 м/с^2)= 14022,2 Н≈14022 Н

N=P=14022 Н

вес автомобиля в высшей точке выпуклого моста уменьшится на величину, равную

$$\frac{mV^2}{R}=\frac{2000кг\cdot(16{,}7\,м/с)^2}{100м}=5578Н\approx5600Н.$$

Ответ: Р в (·) В примерно равен 5600 Н.

№ 4

Дано:

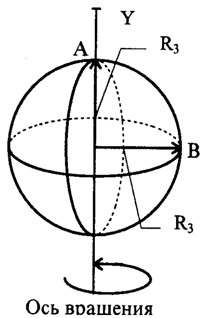
$m=1000$ г$=1$ кг

$R_з=6400$ км=

$=6400\cdot10^3$ м

$P_{на\ экваторе}$ – ?

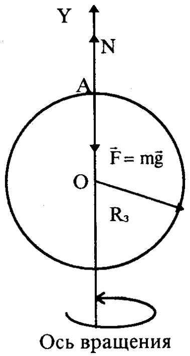
$P_{на\ полюсе}$ – ?



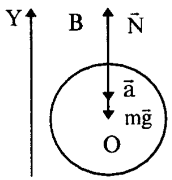
Решение:

а) Найдем ось вращения на полюсе ((·) А). Земля вертится вокруг своей оси, которая проходит через полюса земли. Проведем ось Y по этой оси. На тело будут действовать силы: сила тяжести $\vec{F}_т$; сила реакции опоры $\vec{N}$ Земли.

Ускорение в (·) А равно нулю, т.к. она находится на оси вращения.



II закон Ньютона в векторном виде:
$\vec{N} + \vec{F}_т = 0$
или в проекциях на ось Y:
$N_y + F_{ту} = 0$, $N_y = N$; $F_{ту} = -F_т = -mg$.
Подставляя получим:
$N = mg = 1$ кг $\cdot$ 9,8 м/с^2 = 9,8 Н.



б) Определим вес тела на экваторе ((·)В). При нахождении веса тела на экваторе ((·) В) на тело действуют реакция опоры $\vec{N}$, сила тяжести $\vec{F}_т = m\vec{g}$, а также центростремительная сила $\vec{F} = m\vec{g}$, где $\vec{a}$ центростремительное ускорение, приобретаемое телом за счет вращения Земли вокруг оси.

Ось вращения направлена перпендикулярно плоскости вращения и проходит через (·) О. II-ой закон Ньютона в векторном виде:
$\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$.
В проекциях на ось Y: $N_y + mg_y = ma_y$. $N_y = N$;
$mg_y = -mg$; $ma_y = -ma$. Итак, $N = m(g - a)$.
Ускорение а тела при вращение Земли вокруг оси определим следующим образом:

$$a = \frac{V^2}{R} = \frac{4\pi^2 \cdot R_з}{T^2},$$

где T – период обращения Земли вокруг оси;
$R_з$ – радиус Земли. T=24 ч=86400 с. Подставляя в формулу для вычисления N, получим:

$$N = m \cdot \left(g - \frac{4\pi^2 R_з}{T^2} \right) = 1\,кг \cdot \left(9{,}8\, м/с^2 - \frac{4 \cdot (3{,}14)^2 \cdot 6400 \cdot 10^3\, м}{(86400 с)^2} \right) =$$

= 1кг .(9,8 м/с^2 – 0,034 м/с^2) = 9,766 Н

Ответ: Вес тела P=N=9,766 Н≈9,77 Н.

§ 32 Вопросы.

1. Свободно падающее тело движется с ускорением $g=9{,}81$ м/с^2. Тело брошенное вверх движется равнозамедленно с тем же ускорением $g=9{,}81$ м/с^2.

2. Ускорение, сообщаемое телам силой тяжести, постоянно и не зависит от его массы.

3. Ускорение постоянно, так как постоянна действующая на тело сила. Ускорение не зависит от массы тела потому, что сама сила пропорциональна массе.

4. В данном случае ускорение от массы тела не зависит т.к. оно двигается с ускорением свободного падения. Но движение не будет равноускоренным, так как ускорение свободного падения зависит от расстояния до земли и на высоте в сотни и тысячи километров его изменение будет существенным.

Упражнение 15

№1

Дано:
$t=4$ с
$g=9{,}8$ м/с^2
h – ?

Решение:
Направим координатную ось Y вниз, а начало отсчета O выберем в точке на поверхности Земли. Камень падал на дно ущелья глубиной h в течении времени t. В начальный момент скорость тела равнялась нулю. Глубину ущелья найдем используя формулу:

$$y=h=0+0+g\frac{t^2}{2}.$$

Подставив значения g и t из условия задачи получим:

$$h = 9{,}8\ \text{м/с}^2\frac{4\text{с}^2}{2} \approx 78\ \text{м}.$$

Ответ: $h\approx 78$ м.

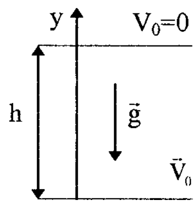
№ 2

Дано:
$V_0=0$
$h=540$ м
$g=9{,}8$ м/с^2
t–?
V–?

Решение:
Направим координатную ось Y вверх, а начало отсчета O выберем на поверхности Земли. Тогда $g_y=-g$; $V_y=-V$; $V_{0y}=0$. В момент приземления тела $h=0$. Время падения тела найдем из формулы:

$$0=h_0+0-g\frac{t^2}{2},\ \text{откуда}\ t=\sqrt{\frac{2h_0}{g}}.$$

Подставив сюда данные задачи, найдем



$$t=\sqrt{\frac{2\cdot 540м}{9{,}8\ м/с^2}}\approx 10{,}5с.$$

Скорость вычислим по формуле:
– V = -0 – gt, отсюда V=gt.
Подставив данные задачи и полученное значение времени, найдем -
V = 9,8 м/с2 · 10,5 с ≈ 103 м/с.

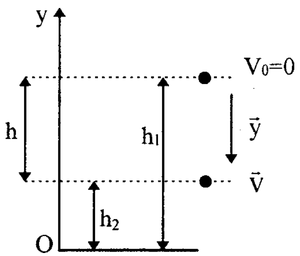
№ 3

Дано:
$V_0=0$
h=4,9 м
t–?
V–?

Решение:
Направим координатную ось Y вверх, а начало отсчета O выберем на поверхности Земли.
Тогда $g_y=-g$, $V_y=-V$, $V_{0y}=0$. Время, за которое тело пройдет путь $h=h_1–h_2$ определим из формулы:

$$h_2–h_1=0–g\frac{t^2}{2},\quad откуда\quad –h=–g\frac{t^2}{2},\quad откуда\quad t=\sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Подставив сюда h, g из условия задачи, получим:
$$\sqrt{\frac{2\cdot 4{,}9м}{9{,}8\ м/с^2}}\approx 1с.$$



Скорость в момент прохождения пути h вычислим по формуле $V_y=V_{0y}+g_yt$. В нашем случае эта формула примет вид:
–V=–gt. Отсюда V=gt.
Подставив сюда данные задачи и полученное значение t, найдем: V = 9,8 м/с^2 · 1 с= 9,8 м/с.
Ответ: t=1 с, V=9,8 м/с.

№ 4

Дано:

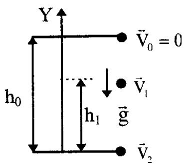
$V_{10}=0$

$\Delta t_0=1$ с

$h_0=180$ м

$\Delta t=0$

V_{20}–?



Решение:

Направим координатную ось Y вверх, а начало отсчета О выберем на поверхности Земли. Время падения первого камня определим используя формулу из предыдущей задачи: $t=\sqrt{\dfrac{2h_0}{g}}$.

Подставив сюда данные задачи, получим $t_1=\sqrt{\dfrac{2\cdot 180\text{м}}{9{,}8\,\text{м}/\text{с}^2}}\approx 6\text{с}.$

Т.к. оба камня приземлились одновременно, а второй камень был брошен на одну секунду позже, то время падения второго камня:

$t_2=t_1-1$ с,

подставив значение t_1 получим: $t_2=6$ с – 1 с=5 с.

Начальную скорость сообщенную второму камню, определим по формуле:

$$h = h_{0y} + V_{0y}\cdot t + \frac{g_y t^2}{2}.$$

В нашем случае эта формула примет вид:

$$0= h_0+V_{0y}\, t+ \frac{g_y t^2}{2}.,\text{ откуда}$$

$$V_0=\frac{h_0-g\dfrac{t^2}{2}}{t}=\frac{h_0}{t}-g\frac{t}{2}.$$

Подставив сюда данные задачи и полученное значение, найдем: $V_0=\dfrac{180\text{м}}{5\text{с}}-\dfrac{9{,}8\,\text{м}/\text{с}^2\cdot 5\text{с}}{2}\approx 11\text{м}/\text{с}.$

Ответ: $V_0\approx 11$ м/с.

№ 5

Дано:

$h_0=20$ м

$g=9{,}8$ м/с^2

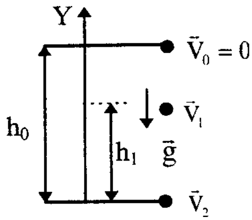
$\dfrac{V_2}{V_1}=2$

h_1–?

Решение: .

Направим координатную ось Y вверх, а начало отсчета О выберем на поверхности Земли.

Время падения тела найдем из формулы: $0=h_0+0-g\dfrac{t_2^2}{2}$, откуда $t_2=\sqrt{\dfrac{2h_0}{g}}$.



Подставив сюда данные задачи, найдем: $t_2=\sqrt{\dfrac{2\cdot 20м}{9{,}8\, ^{м}/_{с^2}}}$.

Скорость в момент приземления вычислим по формуле $-V_2=0-g_2$. Отсюда $V_2=g_2$. Подставив сюда данные задачи и найденное время падения t_2, получим: $V_2=9{,}8$ м/с$^2\cdot$ 2с ≈ 20 м/с. Время, через которое скорость падающего тела будет вдвое меньше скорости в момент приземления определим из равенства:

$$\frac{V_2}{V_1}=\frac{gt_2}{gt_1},$$

откуда: $t_1=t_2\dfrac{V_1}{V_2}$.

Подставив значение $\dfrac{V_2}{V_1}$, получим:

$t_1=2$ с$\cdot$l/2=l с.

Высоту, на которой тело имело скорость $V_1=\dfrac{V_2}{2}$, найдем используя формулу:

$$h_1=h_0-g\frac{t_1^2}{2}.$$

Подставив в формулу h_0, g, t_1, получим:

$h_1=20\text{ м}-\dfrac{9{,}8\, ^{м}/_{с^2}\cdot(1с)^2}{2}\approx 15м.$

Ответ: $h_1=15$ м.

№ 6

Дано:	Решение:
$V_0=30$ м/с	Координатную ось Y направим вверх, а начало отсчета О выберем на поверхности Земли. В этом случае $V_{0y}=V_0$, $g_y=-g$. В высшей точке подъема V=0.
$g=9{,}8$ м/с^2	
h – ?	

Время подъема тела определим из уравнения:

$$0 = V_0 - gt,$$

откуда

$$t=-\frac{V_0}{g}.$$

Отсюда $t=\frac{30м/с}{9{,}8\,{}^{м}\!/_{с^2}}\approx 3с.$

Высоту подъема вычислим по формуле:

$$h = h_{0y} + V_{0y}\cdot t-g_y\frac{t^2}{2}.$$

В нашем случае эта формула примет вид:

$$h=0+30\ м/с\cdot{}^3-9{,}8м/с^2\frac{(3с)^2}{2}\approx 46\ м.$$

Ответ: $h\approx46$ м.

№ 7

Дано:
$t=8с$
$g=9{,}8\ м/с^2$
h_n–?
V_0–?

Решение:

Координатную ось Y направим вверх, а начало координат O выберем на поверхности Земли. Так как на тело кроме силы тяжести другие силы не действуют то время его полета до высшей точки подъема равно времени его падения, $t_1=t_2=t/2$.

Подставив значение t, получим:

$t_1=t_2=8с/2=4с$.

Т.к. точка наивысшего подъема совпадает с точкой начала падения этого тела, то высота подъема $h_n=h_0$. Высоту h_0 вычислим по формуле:

$$h=h_0-V_0t-g\frac{t^2}{2}.$$

В момент приземления $h=0$, а на высоте h_0 скорость $V_0=0$. Таким об разом формула примет вид:

$$0=h_0-g\frac{t^2}{2},$$

отсюда

$$h_0=g\frac{t^2}{2}.$$

Подставив значения g и t, получим:

$$h_n=h_0=9{,}8\ м/с^2\frac{(4с)^2}{2}\approx 78\ м.$$

Учитывая то, что начальная скорость брошенного тела на высоту h равна конечной скорости падающего тела с этой же высоты, то начальную скорость вычислим по формуле:

$$V_0=V_n;\ V_к$$

можно вычислить по формуле

$$-V_к=0-gt;\ Vк=gt.$$

Отсюда $V_0=V_к=9{,}8м/с^2-4с\approx39м/с$.

Ответ: $h_n\approx78$ м, $V_0\approx39$ м/с.

№ 8

Дано:	Решение:
$V_0=40$ м/с	Как и в предыдущей задаче, направим координатную ось Y вверх. В этом случае
$t_1=3$ с	$V_{0y}=V_0,\ g_y=-g$.
$t_2=5$ с	
h_1,V_1,h_2,V_2–?	В высшей точке подъема V=0. Время, за которое тело достигнет высшей точки подъема вычислим по формуле:

$V_y=V_{0y}+g_yt$,

которая в нашем случае примет вид:

$0=V_0-gt$, или $t=\dfrac{V_0}{g}$.

Отсюда $t=\dfrac{40с/м}{9{,}8\,^{м}\!/_{с^2}}\approx 4с$ полное время.

Через промежуток времени движения тела 2t(t=4c) тело будет совершать падение. Время падения этого тела до точки времени t_2 определим как: $t_{пад1}=t_2-t$. Далее до момента приземления это тело будет совершать падение в течении времени $t_{пад2}=t\cdot t_{пад1}=2t-t_2$. Отсюда $t_{пад2}=2\cdot4с-5с=3с$. Скорость, которую имело тело в момент времени t_2 определим по формуле:

$$V_y=V_{0y}+g_yt,$$

которая примет вид:

$$-V=-V_2-gt_{пад2},$$

откуда

$$V_2=V-gt_{пад2}.$$

V – скорость в момент приземления, которая равна скорости в момент броска. Т.о. $V=V_0=40$ м/с.

Подставив значение V и $t_{пад2}$, получим:

$$V_2=+40м/с-9{,}8м/с^2\cdot 3с\approx 10м/с.$$

Высоту тела h_2 в момент времени t_2 определим по формуле:

$$h=h_{0y}+V_{0y}t+g_y\frac{t^2}{2}.$$

В нашем случае уравнение примет вид:

$$0 = h_2-V_1t_{пад2}-\frac{gt^2_{пад\,2}}{2},$$

откуда

$$h_2 - V_2t_{пад2}+\frac{gt^2_{пад\,2}}{2}.$$

Отсюда

$$h_2=10м/с-3с+\frac{9{,}8\,{}^{м}\!/_{с^2}\cdot(3с)^2}{2}\approx 75м.$$

Координата тела в и его скорость в точках соответствующих моментам времени t_1=3с и t_2=5с совпадают, так как время полета от момента времени t_1 до времени когда тело достигнет максимальной точки подъема и время падения от этой точки до момента времени t_2 одинаково.

§ 33 Вопросы.

1. На тело, брошенное вертикально, горизонтально и под углом к горизонту действует только сила тяжести. Эта сила сообщает движущемуся телу ускорение $\vec{g}$, направленное вниз. Этим определяется и траектория движения тела и характер его движения.

2. Тело, брошенное под углом к горизонту движется по параболе.

3. Тело, брошенное горизонтально движется по правой ветви параболы.

4. Да можно, так как в обоих случаях тело движется с ускорением свободного падения.

5. Угол вектора скорости тела, брошенного под углом а к горизонту, в момент падения на землю будет равен углу вектора начальной скорости с обратным знаком ($-\alpha$).

Упражнение 16.

№ 1

Дано:	Решение:
$\alpha=30°$ $V_0=10$ м/с	Движение тела, брошенного под углом к горизонту, описывается формулами:
h–? t–? l–?	

$$x=V_{0x}\cdot t$$

$$y=V_{0y}-t+g_y\frac{t^2}{2}.$$

Так как $V_{0к}=V_0\cdot\cos\alpha$, $V_{0y}=V_0\cdot\sin\alpha$ и $g_y=-g$, то

$$x=V_0\cdot t\cdot\cos\alpha,$$

$$y=V_0\cdot t\cdot\sin\alpha--g\frac{t^2}{2}.$$

а) В конце полета тела координата y=0. Время t полета найдем по формуле для y:

$$0 = V_0\cdot t\cdot\sin\alpha - g\frac{t^2}{2}.$$

Решив это квадратное уравнение для t, найдем

$$t_1=0;\qquad t_2=\frac{2V_0\sin\alpha}{g}.$$

t_2 – искомое время полета:

$$t_{полета}=\frac{2\cdot 10\cdot\sin 30°}{9{,}8}\approx 1с.$$

б) Время движения до высшей точки траектории вдвое меньше всего времени движения, т.е. $t_{подьем}=t_{пол}/2$, отсюда $t_{подъема}=1с/2=0{,}5с$. Максимальную высоту подъема найдем из равенства:

$$h_{max}=V_0\cdot\sin\alpha\cdot t_{под.}-\frac{g(t_{max})^2}{2},$$

отсюда

$$h_{max}=10м/с\cdot\sin 30°\cdot 0{,}5\ с-\frac{9{,}8\ {}^{м}\!/_{с^2}\,(0{,}5с)^2}{2}\approx 1{,}3\ м.$$

в) Дальность полета l – это максимальное значение координаты x. Его можно определить по формуле:

$l=x_{max}=V_0\cdot t_{пол}\cdot\cos\alpha$, $l=10м/с\cdot 1с\cdot\cos 30°\approx 8{,}7м$.

Ответ: $h\approx 1{,}3$ м, $t\approx 1$ с, $l\approx 8{,}7$ м.

№ 2

Дано:	Решение:
$V_{ср}$=800 м/с 1=600м	За начало отсчета координат примем точку, откуда вылетает пуля, а за начало отсчета времени – момент сбрасывания. Ось X направим горизонтально, а ось Y- вертикально вверх.
h – ?	Движение пули описывается уравнениями:

$$x=V_0 \cdot t \cdot \cos\alpha \quad (1) \qquad y=V_0 \cdot t \cdot \sin\alpha - g\frac{t^2}{2} \quad (2)$$

Через время t пуля преодолеет расстояние 1. Из уравнения (1) вычислим время

$$t=\frac{1}{V_0 \cdot \cos\alpha}.$$

Откуда

$$t=\frac{600м}{800м/с \cdot \cos 0^\circ}=0{,}75с.$$

Подставив время t в уравнение (2) получим расстояние, на которое снизится пуля в отвесном направлении достигнув цели:

$$h=800м/с \cdot \sin 0^\circ \cdot 0{,}75\ с - \frac{9{,}8\ ^{м}\!/_{с^2}\,(0{,}75с)^2}{2} \approx 2{,}8м.$$

Ответ: h≈2,8 м.

§ 34 Вопросы.

1. Скорость должна быть сообщена телу в горизонтальном направлении на высоте h над землей, причем ее величина должна быть определена по формуле:

$$V=\sqrt{G' \cdot \frac{M_з}{R_з+h}}.$$

2. Ускорение должно быть направлено к центру Земли.

3. Да, т.к. сила всемирного тяготения сообщает ему одинаковое ускорение.

4. Да, т.к. он находился только под действием силы всемирного тяготения.

Упражнение 17.

Дано:
h=300 км
$R_з$=6400 км

T–?

Решение:
При равноускоренном движении по окружности, каким является движение спутника вокруг Земли, период обращения может быть вычислен по формуле:

$$T = \frac{2\pi\pi}{V}$$

где

$$V=\sqrt{G\cdot\frac{M_з}{R_з+h}}=\sqrt{\frac{G\cdot M_з}{R_з^2}\cdot\frac{R_з^2}{R_з+h}}=\left(\frac{G\cdot M_з}{R_з^2}=g'\right)=\sqrt{g'\cdot\frac{R_з^2}{R_з+h}}.$$

В нашей задаче: R=$R_з$+h, где $R_з$ – радиус Земли, g=9,8 м/с^2

$$T=\frac{2\pi\cdot(R_з+h)^{3/2}}{\sqrt{g\cdot R_з}}=\frac{2\cdot 3{,}14\cdot\left((6400+300)\cdot 10^3\right)^{3/2}}{\sqrt{9{,}8\,м/с^2}\cdot(6400\cdot 10^3)м}\approx 5435с\approx 90 мин.$$

Ответ: T≈90 мин.

№ 2

Дано:
h=$R_з$=6400 км

V–?

Решение:
Первая космическая скорость определяется по формуле:

$$V=\sqrt{G\cdot\frac{M_з}{R_з+h}}, т.к. \frac{G\cdot M_з}{R_з^2}=g, то$$

$$V=\sqrt{\frac{G\cdot M_з}{R_з^2}\cdot\frac{R_з^2}{R_з+h}}=\sqrt{g\cdot\frac{R_з^2}{R_з+h}},$$

где $R_з$ – радиус Земли.

$$V=\sqrt{9{,}8\,м/с^2\cdot\frac{((6400\cdot 10^3)м)^2}{(6400+6400)\cdot 10^3 м}}=5{,}6 км/с.$$

Ответ: V=5,6 км/с.

№ 3

Дано:
У=6 км/с

h – ?

Решение:
Первая космическая скорость V на высоте h над Землей может быть определена по формуле:

$$V=\sqrt{G\cdot\frac{M_з}{R_з+h}}=\left(\frac{G\cdot M_з}{R_з^2}=g\right)=\sqrt{g\cdot\frac{R_з^2}{R_з+h}},$$

откуда

$$h=\frac{R_з^2\cdot g}{V^2}-R_з=\frac{((6400\cdot 10^3)м)^2\cdot 9{,}8\,^{м}\!/_{с^2}}{6000\,^{м}\!/_{с}}-6400\cdot 10^3\,м=4750\ км.$$

Ответ: h=4750 км.

№ 4

Дано:	Решение:
T=24 ч= = 24-3600 с	Период обращения спутника вокруг Земли вычислим по формуле для равноускоренного движения по окружности: $T=\frac{2\pi R}{V}$;
h–?	

$$V=\sqrt{g\cdot\frac{R_з^2}{R_з+h}}.$$

В нашей задаче: $R=R_з+h$,
где $R_з$ – радиус Земли; 9,8 м/с^2=g.

Подставляя, получим: $T=\frac{2\pi\cdot(R_з+h)^{3/2}}{\sqrt{g\cdot R_з}}$, откуда

$$h=\left(\frac{T\cdot\sqrt{g\cdot R_з}}{2\pi}\right)^{2/3}-R_з=\left(\frac{24\cdot 3600с\cdot\sqrt{9{,}8\,^{м}\!/_{с^2}\cdot 6400\cdot 10^3\,м}}{2\cdot 3{,}14}\right)^{2/3}-$$

$$-6400\cdot 10^3\ м = 35945\ км \approx 36000\ км/$$

Ответ: h ≈ 36000 км.

№ 5

Дано:	Решение:
T_1=90 мин T_2=24 ч= =1 сут	Частота обращения для спутника из 1-ой задачи: $\upsilon_1=\frac{1}{T_1}=\frac{1}{90\ мин}=\frac{1}{0{,}0625\ сут}=16\ об/сут.$
υ_1 – ? υ_2 – ?	Частота обращения для спутника из задачи № 4: $\upsilon_2=\frac{1}{T_2}$=1 об/сут.

Ответ: υ_1 = 16 об/сут; υ^2= 1 об/сут.

§ 35 Вопросы.

1. Сила трения возникает при непосредственном соприкосновении тел и всегда направлена вдоль поверхности соприкосновения. Сила трения покоя возникает когда к покоящемуся телу прикладываем некоторую силу $\vec{F}$ не приводящую тело в движение. По модулю сила трения покоя равна приложенной силе $\vec{F}$ и направлена противоположно силе, приложенной к покоящемуся телу параллельно поверхности соприкосновения его с другим телом.

2. Нет, пока мы не прикладываем к нему силу $\vec{F}$, с помощью которой хотим его сдвинуть.

3. Сила давления это сила реакции опоры, а она не всегда совпадает с силой тяжести.

4. Коэффициент трения – коэффициент пропорциональности между силой трения покоя и силой нормального давления.

5. Нет, т.к. в законе Ньютона под силой $\vec{F}$ подразумевается равнодействующая всех сил действующих на тело. В данном случае сила, действующая на шкаф уравновешивается силой трения покоя и равнодействующая равна нулю, следовательно, и ускорение и перемещение шкафа равны нулю.

§3 6 Вопросы.

1. Если сила $\vec{F}$, действующая на тело, приводит его в движение, то на движущееся тело начинает действовать сила трения скольжения (сила трения), которая направлена против направления движения тела.

2. Потому что сила трения в этом случае малая величина (коэффициент трения мал) и тормозной путь автомобиля будет большим.

3. «Жидкое трение» возникает при движении твердого тела сквозь жидкость или газ.

4. Сила трения между колесами велосипеда и дорогой почти не зависит от скорости, зато зависит от скорости сила сопротивления (сила жидкого трения), возникающая при движении велосипедиста сквозь воздух.

5. Т.к. в космосе воздух сильно разряжен (почти что вакуум), то влияние жидкого трения на движение космического корабля будет незначительным. Поэтому нет необходимости придавать обтекаемую форму космическим кораблям. А ракетам, выводящим корабль в космос, нужно придавать обтекаемую форму для того, чтобы снизить ее сопротивление в слоях земной атмосферы.

6. Не имеет смысла, т.к. скорости их очень малы.

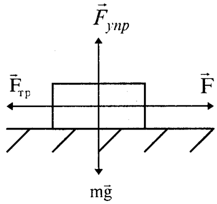
Упражнение 18.

№ 1

Дано:
m=20 кг
V=const

Найти:$F_{тр}$

Решение:



Для вычисления силы воспользуемся формулой $F_{тр}=\mu N$.
Коэффициент трения μ при движении дерева по дереву равен: μ=0,25. Т.к. поверхность горизонтальная, то $N=mg$. Подставляя численные значения получим:
$F=F_{тр}=0{,}25\cdot 20\text{ кг}\cdot 9{,}8\text{ м/с}^2=49$ Н.
Ответ: F=49 Н.

№ 2

Дано:
F=600 Н
μ=0,05
m_1=100 кг

m–?

Решение:
Максимальный груз, который может сдвинуть лошадь определяется равенством: $F=F_{тр}$. Вычислим силу трения возникающую при движении саней с грузом по снегу по формуле: $F_{тр}=\mu–N$, т.к. дорога горизонтальна, то $N=mg$, где
m – это масса груза и самих саней m_1. Таким образом:
$F_{тр}=\mu\cdot(m+m_1)g$, отсюда:

$$m=\frac{F}{g\cdot\mu}-m_1=\frac{600\text{Н}}{9{,}8\,{}^{\text{м}}\!/\!{}_{\text{с}^2}\cdot 0605}-100\text{ кг}=1124{,}5\text{ кг}.$$

Ответ: m= 1124,5 кг.

№ 3

Дано:
N=100 Н

F – ?

Решение:
Чтобы брусок сдвинуть с места к нему надо приложить силу большую или равную силе трения. Силу трения вычислим по формуле: $F_{тр}=\mu\cdot N$, в данном случае в качестве силы реакции опоры N выступает сила упругости пружины. Коэффициент трения резины по бетону равен: 0,75. $F_{тр}=0{,}75\cdot 100=75$ Н.
Ответ: $F_{тр}$=75 Н.

§ 37 Вопросы.

1. Ускорение, сообщаемое телу силой трения направлено в сторону силы трения.

2. Нет, так как движение под действием силы трения может быть только равнозамедленным.

3. Движение в безвоздушном пространстве.

4. Время и тормозной путь зависят от массы тела, его начальной скорости и силы трения.

5. Уменьшить скорость, т.к. тормозной путь прямо пропорционален квадрату скорости.

Упражнение 19.

№ 1

Дано:	Решение:
S=250 м	Тормозной путь аэросаней определяется по форму-
μ=0,02	ле: $l=\frac{mV_0^2}{F_{тр}}$; сила реакции опоры, т.к. движение го-
V–?	ризонтально, равна силе тяжести

$$l=\frac{mV_0^2}{2\cdot\mu N}=\frac{mV_0^2}{2\cdot\mu\cdot mg}, \text{отсюда:}$$

$$V_0=\sqrt{\frac{l\cdot\mu\cdot mg\cdot 2}{m}}=\sqrt{l\cdot\mu\cdot g\cdot 2}=\sqrt{250\text{м}\cdot 0{,}02\cdot 9{,}8\,{}^{\text{м}}\!/_{\text{с}^2}\cdot 2}\approx$$

$$\approx 9{,}9 \text{ м/с} \approx 10 \text{ м/с}.$$

Ответ: $V_0 \approx 10$ м/с.

№ 2

Дано:	Решение:
V_0=72 км/ч	Тормозной путь l определяется по формуле:
μ=0,6	$l=\frac{mV_0^2}{F_{тр}}$,
t – ?	
l – ?	

а время: $t=\frac{mV_0}{F_{тр}}$; сила трения: $F=\mu\cdot N$,

где N – сила реакции опоры. Т.к. движение горизонтально, то N=mg.

$$\text{Итак, } l=\frac{mV_0^2}{2\cdot\mu\cdot mg}=\frac{V_0^2}{2\cdot\mu\cdot g}=\frac{\left(\dfrac{72\cdot10^3\,\text{м}}{3600\text{с}}\right)^2}{2\cdot0{,}6\cdot9{,}8\,{}^{\text{м}}\!/_{\text{с}^2}}\approx 34\ \text{м};$$

$$t=\frac{mV_0}{\mu mg}=\frac{V_0}{\mu g}=\frac{20\text{м}/\text{с}}{0{,}6\cdot9{,}8\,{}^{\text{м}}\!/_{\text{с}^2}}\approx 34\ \text{м}.$$

Ответ: $t\approx 3{,}4$ с; $l\approx 34$ м.

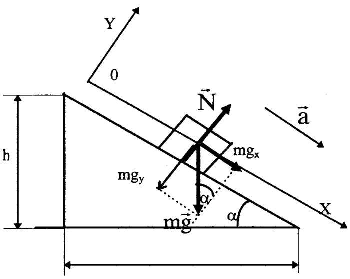
§ 38 Вопросы

1. Векторная сумма всех сил, приложенных к телу, (равнодействующая всех сил) равна произведению массы тела на сообщаемое этой равнодействующей силой ускорение.

2. Тело находится в равновесии, если сумма проекций всех сил на любую ось равна нулю.

3. Уравнения второго закона Ньютона выписываются для каждого из тел системы в отдельности. Сначала они выписываются в векторной форме, а затем в скалярной (для проекций) и решают совместно полученные уравнения.

Упражнение 20.



Дано:	Решение
h=20 см=0,2 м	Оси координат направим, как показано на рисунке. Движение будет происходить вдоль оси X. Начало координат совпадает с вершиной наклонной плоскости.
$F_{тр}$=0	
V_A–?	

Второй закон Ньютона в векторной форме записывается так:

$$m\vec{g}+\vec{N}=m\vec{a}.$$

Запишем проекцию этого уравнения на ось X:

$mg_x+N_x=ma_x$; $g_x = g \cdot \sin\alpha$; $N_x = 0$; $a_x = a$; $mg \cdot \sin\alpha = m \cdot a$, $a=g\cdot\sin\alpha$,

где $\sin\alpha=\frac{h}{S}$,

где S – длина пути, пройденного бруском от начала до конца наклонной плоскости,

$$a = \frac{g \cdot h}{S}.$$

Т.к. у нас равноускоренное движение вдоль оси X и начальная скорость равнялась нулю, то можно воспользоваться формулой:

$$S_x = \frac{V_x^2}{2 \cdot a_x};$$

у нас $S_x = S$; $V_x=V$; $a_x=a$.

Отсюда:

$$a = \frac{V^2}{2 \cdot S}.$$

Подставляя в выражение полученное ранее для a:

$$\frac{V^2}{2 \cdot S} = \frac{g \cdot h}{S},$$

отсюда

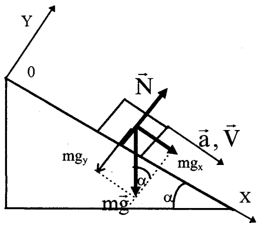
$$V=\sqrt{g \cdot 2 \cdot h} = \sqrt{9{,}8\ ^{м}\!/_{с^2} \cdot 0{,}2м \cdot 2} \approx 2\ м/с.$$

Ответ: $V\approx 2$ м/с.

№ 2

Дано:	Решение:
$F_{тр}=0$	Оси координат направим, как показано на рисунке.
$S= 10$ м	Начало отсчета координат совпадает с вершиной
$t=2$ с	горы. II закон Ньютона в векторной форме:

$m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}.$



Т.к. движение происходит вдоль оси X, то проектируем уравнение на ось X: $N_x + mg_x = ma_x$;

$$N_x = 0;\ g_x = g \cdot \sin\alpha;\ a_x = a$$
$$mg \cdot \sin\alpha = m \cdot a;\ g \cdot \sin\alpha = a$$

$\sin\alpha = \frac{a}{g}$; Для определения а воспользуемся тем, что у нас движение прямолинейное равноускоренное.

Тогда $S_x = S_{0x} + V_{0x}t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}$;

$S_x=S;\ S_{0x}=0;\ V_{0x}=0;\ a_x=a$;

$S = \frac{a \cdot t^2}{2}$, отсюда $a = \frac{2S}{t^2}$.

Подставляя выражение для а в выражение для $\sin\alpha$ получим:

$$\sin\alpha = \frac{2S}{gt^2} = \frac{2 \cdot 10м}{(2с)^2 \cdot 9{,}8\ м/с^2} \approx 0{,}5;\ \alpha = 30^\circ.$$

Ответ: $\alpha = 30^\circ$.

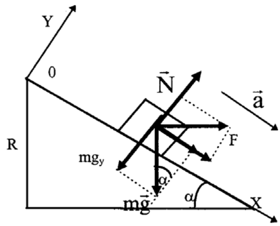
№ 3

Дано:	Решение:
h=5 м	Оси координат направим, как показано на рисунке.
S=10 м	Начало отсчета координат совпадает с вершиной
m=50 кг	наклонной плоскости.
F=300 Н	II закон Ньютона в векторной форме:
$F_{тр}=0$	$\vec{N} + \vec{F} + m\vec{g} = m\vec{a}$ (1)

Запишем его в проекциях на ось X:

$N_x+F_x+ mg_x = ma_x$

$N_x = 0;\ F_x = F \cdot \cos\alpha;\ mg_x = mg \cdot \sin\alpha;\ a_x = a$.



Получим: F · cos α+ mg · sin α= a · m

$\sin\alpha = \frac{h}{S}$, где S – длина наклонной площадки.

$$\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \sqrt{1-\left(\frac{h}{S}\right)^2},$$

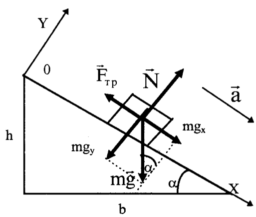
$$m\cdot a = F\cdot m\cdot a\cdot F\sqrt{1-\left(\frac{h}{S}\right)^2} + m\cdot g\cdot\frac{h}{S} =$$

$$= 300н\cdot\sqrt{1-\left(\frac{5м}{10м}\right)^2} + 50кг\cdot 9{,}8\,{}^{м}\!/\!_{с^2}\cdot\frac{5м}{10м} \approx 510кг\cdot м/с^2,$$

$$a = \frac{510кг\cdot м/с^2}{50кг} = 10{,}2м/с^2.$$

Ответ: a=10,2 м/с^2.

№ 4



Дано:	Решение:
h=b	Оси координат направим, как показано на рисунке. Начало отсчета координат совпадает с вершиной наклонной плоскости.
μ=0,2	
Найти: a.	II закон Ньютона в векторной форме:

$$\vec{N} + \vec{F}_{тр} + m\vec{g} = m\vec{a} \qquad (1)$$

Запишем его в проекциях на ось X и Y:

$N_x + F_{тр.x} + mg_x = ma_x$

$N_y + P_{тр.y} + mg_y = ma_y$

$N_x = 0;\ F_{тр.x} = -F_{тр};\ mg_x = mg \cdot \sin\alpha;\ a_x = a$

$N_y = N;\ F_{тр.y} = 0;\ mg_y = -mg \cdot \cos\alpha;\ a_y = 0$

Получим: $-F_{тр} + mg \cdot \sin\alpha = ma$ (2)

$N - mg \cdot \cos\alpha = 0$ (3)

Из (2) уравнения: $a = \dfrac{-F_{тр} + mg \cdot \sin\alpha}{m}$ (4)

$F_{тр} = \mu \cdot N$ (5)

Подставляя (5) в (4) с учетом уравнения (3) получим:

$$a = \frac{-\mu mg \cdot \cos\alpha + mg \cdot \sin\alpha}{m} = \frac{mg(-\mu + tg\,\alpha) \cdot \cos\alpha}{m} =$$

$$= g(-\mu + tg\,\alpha) \cdot \cos\alpha, \qquad (6)$$

$tg\,\alpha = \dfrac{h}{b}$, где b – длина основания наклонной плоскости, т.к.

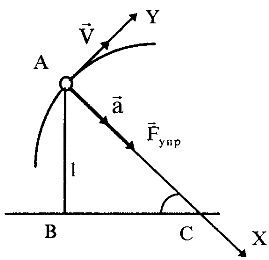
$tg\,\alpha = 1$ (по условию задачи), то $\alpha = 45°$ и $\cos\alpha = \cos 45° = \dfrac{\sqrt{2}}{2}$.

Подставляя в (6) получим:

$$a = \frac{\sqrt{2} \cdot g\left(-\mu + \frac{h}{b}\right)}{2} = \frac{\sqrt{2} \cdot 9{,}8\ {}^{м}\!/\!_{с^2} \cdot (-0{,}2 + 1)}{2} = 5{,}49\ м/с^2 \approx 5{,}5\ м/с^2.$$

Ответ: $a \approx 5{,}5$ м/с^2.

№ 5



Сила тяжести $m\vec{g}$ перпендикулярна плоскости рисунка.

Дано:
m=0,2 кг
l=0,5 м
T=0,5 с

Решение:

Оси координат направим, как показано на рисунке. В горизонтальной плоскости на шарик будут действовать только сила натяжения нити $\vec{F}_{упр}$.

II закон Ньютона в векторной форме:

$$\vec{F}_{упр} + m\vec{g} = m\vec{a} \qquad (1)$$

В проекциях на ось X:

$F_{упр.x} + mg_x = ma_x$

$F_{упр.x} = F_{упр}$; $mg_x = 0$; $a_x = a$

$$F_{упр} = ma \qquad (2)$$

Сила натяжения нити $\vec{F}$ сообщает шарику центростремительное ускорение: $a=\frac{4\pi^2 \cdot r}{T^2}$.

В нашей задаче r = l – длине нити, за которую привязан шарик.

$a=\frac{4\pi^2 \cdot 0{,}5м}{(0{,}5с)^2} \approx 79$ м/с^2.

Сила, с которой шарик действует на нить:

F = a·m = 79 м/с^2 · 0,2 кг = 16 Н.

Ответ: F=16 Н.

§ 39 Вопросы.

1. Чтобы движение было поступательным, линия действия силы должна проходить через центр тяжести.

2. Центр масс тела (центр тяжести) – точка тела, которой мы «заменяем» все тело при описании его движения.

3. Тело будет совершать поворот или вращение.

ГЛАВА 6

§ 40 Вопросы.

1. Импульсом тела называется величина, равная произведению массы тела на его скорость.
2. Нет, так как под действием силы происходит только изменение импульса, который имело тело до воздействия этой силы.
3. Импульсом силы называется величина, равная произведению силы, приложенной к телу, на время ее действия. Модуль импульса силы равен модулю изменения импульса тела. Вектор импульса силы направлен так же как вектор силы.
4. Может, когда его скорость V=0.
5. Изменение импульса равно импульсу действующей силы.
6. Импульс тела останется без изменений.
7. Одинаковы. (Н·с)=(кг·м/с^2)·с=кг·м/с.

Упражнение 21.

№ 1

Дано:	Решение:
m=5 кг	
V=5 кг	$m\vec{V} = 5кг \cdot 2м/с=10(кг\cdot м/с)$
V=2 м/с	
$m\vec{V} - ?$	

Ответ: $m\vec{V} = 10$ (кг·м/с).

№ 2

Дано:	Решение:
m_1=4т	Импульс машины, когда она движется к месту полива: $\vec{p}_1 = m \cdot \vec{V}_1$ (1), где $m=m_1+m_2$,
$V_{воды}$=4 м^3	m_2–масса воды.
V_1=18 км/ч	Импульс машины, когда она возвращается, израсходовав всю воду:
V_2=54 км/ч	$\vec{p}_2 = m_2 - \vec{V}_2$ (2).
	$m_2=v_{воды}\cdot\rho_{воды}$.
	Откуда m_2=4·1000=4000 кг.

Подставив значения m_1, m_2 и $\vec{V}_1$ (1), получим

$$\vec{p}_1 = (4000кг + 4000кг) \cdot 18км/ч = 144000кг \cdot км/ч = 4 \cdot 10^4 (кг \cdot м/с).$$

Подставив значения m_2 и $\vec{V}_2$ в (2), получим

$\vec{P}_2$ = 4000 кг·54 км/ч=216000 кг·км/ч=$6\cdot10^4$ (кг·м/с).

Ответ: $\vec{p}_1 = 4\cdot10^4$(кг·м/с), $\vec{P}_2 = 6\cdot10^4$ (кг·м/с).

№ 3

Дано:	Решение:
m_1=20 г	Изменение импульса:
V_1=5 м/с	$\Delta p = m_1V_1 - m_1V_2$
$V_2 = -V_1$	Подставив значения m_1, V_1, V_2, получим:
t=0,1 с	$\Delta p = \dfrac{20г}{1000\, г/кг} \cdot (5м/с + 5м/с) = 0{,}2(кг \cdot м/с).$
F–?	
Δp–?	

Силу, вызвавшую изменение импульса определим по формуле:

$$F\cdot t = \Delta p.$$

Откуда

$$F = \frac{\Delta p}{t}.$$

Подставив значения Δp и t, получим: $F = \dfrac{0{,}2}{0{,}1} = 2$ Н.

Ответ: F=2 Н.

№ 4

Дано:	Решение:
V_0=72 км/ч	Импульс найдем из формулы:
t=3,4 с	$\vec{P}t = m\vec{V} - m\vec{V}_0$ (1)
$F_{тр}$=5800 Н	Ось X направим по движению автомобиля.
V=0	Тогда (1)в проекциях на ось X:
p–?	$F_x \cdot t = mV_x - mV_{0x}$
m–?	$F_x = F$; $V_x = V$; $V_{0x} = V_0$
	$F\cdot t = mV - mV_0$ (2)

Выразим из (2) mV_0:

$p_0 = mV_0 = F\cdot t - mV$=5880 Н·3,4 с=19720 кг·м/с≈20000 кг·м/с.

$$m=\frac{p_0}{V_0}=\frac{20000кг\cdot м/с}{20м/с}=1000\ кг.$$

Ответ: $p_0 \approx 20000$ кг-м/с; m=1000 кг.

№ 5

Дано:	Решение:
m=2т=2000кг V_0=36 км/ч= 10 м/с	Изменение импульса до полной остановки: $mV-mV_0=\Delta p$. Подставив значения m, V и V_0 найдем Δp:
$F_{тр}$=5800 Н V=0	Δp=2000кг·10м/с=20000 кг·м/с. t выразим из формулы:

$$Ft=\Delta p.$$

$$t=\frac{\Delta p}{F}=\frac{20000\,{}^{кг\cdot м}\!/_{с}}{5880Н}\approx 3{,}4с.$$

Ответ: t=3,4 с.

Задание.

Анализируя решение задачи 4 и 5 можно сделать вывод, что тормозное время обратно пропорционально действующей силе трения и прямо пропорционально импульсу движущегося тела в момент начала торможения. Этот результат совпадает с формулой в § 37.

§ 41 Вопросы

1. Замкнутая система тел – это совокупность тел, взаимодействующих между собой, но не взаимодействующих с другими телами.
2. Геометрическая сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, остается постоянной при любых движениях и взаимодействиях тел системы.
3. Если насос установлен на борту самой лодки, то она не сдвинется с места, т.к. в данном случае мы имеем дело с замкнутой системой и из закона сохранения импульса следует, что действие насоса импульса не изменит. Если же насос находится на другой лодке, то система тел перестает быть замкнутой и общий импульс системы не сохраняется и лодка может быть сдвинута с места.
4. Нет, т.к. из закона сохранения импульса следует, что если граната покоилась, то суммарный импульс после взрыва должен равняться импульсу до взрыва, т.е. нулю. Если же граната двигалась, то может

так получиться, что осколки полетят в одном направлении, но это маловероятно, т.к. для этого потребуется, чтобы скорость полета снаряда превосходила скорость осколков после взрыва.

Упражнение 22.

№ 1

Дано:	Решение:
V_1=7 м/с	
V_2=2 м/с	Воспользуемся законом сохранения импульса.
m_1=70 кг	Обозначим:
m_1=30 кг	$\vec{V}_1$ – скорость человека до прыжка на тележку;
V–?	$\vec{V}_2$ – скорость тележки до того, как человек прыгнул на нее.
	$\vec{V}$ – скорость тележки и человека после того, как человек вспрыгнул на тележку.

Ось X направим по ходу движения человека и тележки.
Закон сохранения импульса в векторном виде:

$$m_1 - \vec{V}_1 + m_2 \cdot \vec{V}_2 = (m_1+m_2) \cdot \vec{V}\ .$$

В Проекциях на ось X:

$$m_1 \cdot V_{1x} + m_2 \cdot V_{2x} = (m_1+m_2)\ V_x,\cdot$$
$$V_{1x}=V_1;\ V_{2x}=V_2;\ V_x=V.$$

Итак, $V=\dfrac{m_1 \cdot V_1 + m_2 \cdot V_2}{m_1 + m_2} = \dfrac{70кг \cdot 7м/с + 30кг \cdot 2м/с}{70кг + 30кг}$ = 5,5 м/с.

Ответ: 5,5 м/с.

№ 2

Дано:	Решение:
$m_1=m_2=m_3=$ $=m_4$	Воспользуемся законом сохранения импульса. Обозначим:
$V_1=V_2=V_3=$ =0,4 м/с	$\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, $\vec{V}_3$, $\vec{V}_4$, m_1, m_2, m_3, m_4 – скорости и массы первого, второго, третьего и четвертого вагонов соответственно до момента столкновения.
V_4=0	
V–?	$\vec{V}$ – скорость всех вагонов после столкновения.

Ось X направим по ходу движения вагонов. Закон сохранения импульса в векторном виде:

$$m_1 \cdot \vec{V}_1 + m_2 \cdot \vec{V}_2 + m_3 \cdot \vec{V}_3 + m_4 \cdot \vec{V}_4 = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4)\ \vec{V},$$

т.к. $m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = m$, то

$$m_1 \cdot (\vec{V}_1 + \vec{V}_2 + \vec{V}_3 + \vec{V}_4) = 4m \cdot \vec{V}.$$

Отсюда

$$\vec{V} = \frac{\vec{V}_1 + \vec{V}_2 + \vec{V}_3 + \vec{V}_4}{4} \qquad (1).$$

Запишем уравнение (1) в проекциях на ось X:

$$V = V_x = \frac{V_{1x} + V_{2x} + V_{3x} + V_{4x}}{4} = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}{4} =$$

$$= \frac{0{,}4\text{м/с} + 0{,}4\text{м/с} + 0{,}4\text{м/с}}{4} = 0{,}3\text{м/с}.$$

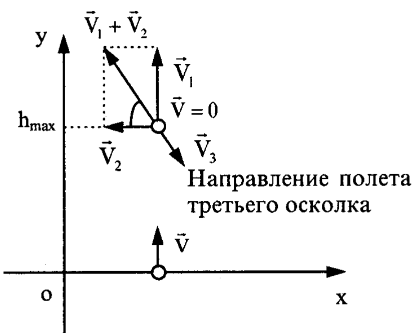
Ответ: 0,3 м/с.

№ 3

Дано:
$m_1 = 9$кг
$V_1 = 60$ м/с
$V_2 = 40$ м/с
$m_2 = 18$кг
$V_3 = 200$ м/с
m–?

Решение:

Обозначим: $\vec{V}$– скорость полета снаряда в вертикальном направлении до взрыва. $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, $\vec{V}_3$– скорости полета осколков снаряда после взрыва. Изобразим графически направление полета третьего осколка.



Т. к. в точке максимального полета скорость снаряда равна нулю, то импульс до взрыва равнялся нулю. Следовательно и после взрыва он должен равняться нулю. Чтобы узнать направление полета третьего осколка необходимо найти геометрическую сумму скоростей первого и второго осколков. Направление третьего осколка будет противоположным направлению этой геометрической суммы. Для определения массы третьего осколка воспользуемся законом сохранения импульса. В проекции на ось Y он будет выглядеть так:

$$0=m_1-V_{1y}+m_2\cdot V_{2y}+m_3\cdot V_{3y} \qquad (1),$$

отсюда:

$$V_{1y}=+V_1;\ V_{2y}=0;$$

$$V_{3y}=-V_3\cdot\cos 45°=\frac{-V_3\cdot\sqrt{2}}{2}.$$

Подставляя в (1) получим:

$$0=m_1\cdot V_1-\frac{m_3\cdot V_3\cdot\sqrt{2}}{2},$$

отсюда:

$$m_3=\frac{2\cdot m_1\cdot V_1}{V_3\cdot\sqrt{2}}=\frac{2\cdot 9кг\cdot 60м/с}{200м/с}=5{,}4\ кг$$

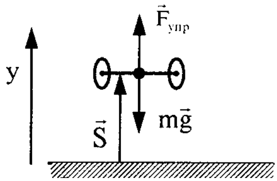
Ответ: 5,4 кг.

§42

1. Да, это следует из определения реактивного движения.
2. Да, т.к. здесь мы имеем дело с замкнутой системой, если рассматривать систему ружье-пуля.
3. За счет отделяемой части ракеты – газа, который вырывается наружу с некоторым импульсом за счет его взаимодействия в камере сгорания (хим. реакции) и со всеми остальными частями ракеты.
4. От скорости выбрасываемого газа, отношения массы газа к массе оболочки.
5. Газ из сопла вылетает в ту же сторону, куда движется ракета.

§43

1.



Работа силы тяжести: A=–mg–S.

Работа силы упругости мышц штангиста:

$A=F_{упр}\cdot S$

2. В случае работы силы тяжести мы имеем отрицательную работу, а в случае работы силы упругости мышц – положительную.

3. Когда направление силы, приложенной к телу перпендикулярно перемещению тела.

4. а) при подъеме тела – отрицательный;

б) при падении – положительный.

5. Работа сил $\vec{F}_5$ и $\vec{F}_1 = 0$, т.к. $\vec{F}_5 \perp \vec{V}$ и, следовательно, $\vec{S}$ и $\vec{F}_1 \perp \vec{V}$.

Работа сил $\vec{F}_6$, $\vec{F}_7 > 0$, а работа сил $\vec{F}_4$, $\vec{F}_3$, $\vec{F}_2 < 0$.

Упражнение 23.

Дано:

$\vec{a}=0$

F=200 Н

$\alpha=60°$

S=5 м

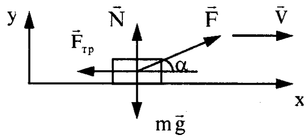
m=31 кг

μ–?

A–?

Решение:

Изобразим силы, действующие на тело:



Работа силы $\vec{F}$ F определяется формулой:

A = F · S · cos α = 200 Н · 5 м · cos 60° = 500 Дж.

$$F_{тр}= \mu \cdot N;$$

Запишем уравнения II закона Ньютона в проекциях на оси X и Y:

на ось X: $F \cdot \cos\alpha - F_{тр} = 0$ (т.к. $\vec{a} = 0$)

на ось Y: $N - mg + F \cdot \sin\alpha = 0$

Решая систему, получим:

$$F \cdot \cos\alpha - \mu(mg \cdot F \bullet \sin\alpha) = 0,$$

отсюда:

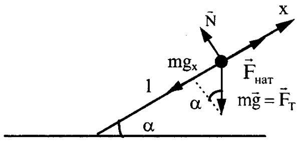
$$\mu=\frac{F\cdot\cos\alpha}{mg - F\cdot\sin\alpha} = \frac{200\text{Н}\cdot\frac{1}{2}}{31\text{кг}\cdot 9{,}8\,{}^{м}/_{с^2} - 200\text{Н}\cdot\sin 60^\circ} \approx 0{,}66.$$

Ответ: ≈ 0,66.

№2

Дано:
m=70 кг
α=60°
V=const
<u>a=0</u>
A–?

Решение:
Изобразим силы, действующие на лыжника



Работу силы тяжести $\vec{F}_T$ найдем по формуле: $A = \vec{F}_T \cdot \vec{S}$.

Или в проекциях на ось X:

$A = F_{тх} \cdot S_x$; $F_{тх} = -F_T \cdot \sin\alpha$; $S_x = S = 1$

$A = -F_T \cdot \sin\alpha \cdot 1 = -mg \cdot \sin\alpha \cdot 1 =$

$= -70\text{ кг} \cdot 9{,}8\text{м/с}^2 \cdot \sin 60° \cdot 180\text{ м} \approx -1{,}1 \cdot 10^5$ Дж.

Работа силы натяжения каната подъемника.

$F_{нат}$ получим воспользовавшись вторым законом Ньютона. В проекциях на ось X он записывается следующим образом:

$-mg_x + F_{нат} = 0 \Rightarrow +mg \cdot \sin\alpha = F_{нат}$.

Работа $F_{нат}$ равна: в проекциях на ось X:

$A = F_{нат} \cdot S = mg \cdot \sin\alpha \cdot S = 70\text{ кг} \cdot 9{,}8\text{м/с}^2 \cdot \sin 60° \cdot 180\text{ м} \approx$

$\approx 1{,}1 \cdot 10^5$ Дж.

Ответ: $\approx 1{,}1 \cdot 10^5$ Дж.

Задание

а) В случае движения вниз, работа силы упругости отрицательна, т.к. $S_x<0$; $F_{упр.x}>0$ (если ось X направить вниз).

В случае движения вверх, работа силы упругости положительна, т.к. $S_x<0$; $F_{упр.x}<0$ (если ось X направлена вниз).

б) В случае движения вниз, работа силы тяжести положительна, т.к. $S_x>0$; $F_{т.x}>0$ (ось X направлена вниз).

В случае движения вверх, работа силы тяжести отрицательна, т.к. $S_x<0$; $P_{т.x}>0$ (X направлена вниз).

§44 Вопросы

1. Кинетическая энергия тела равна произведению массы тела на квадрат его скорости, деленному пополам.

2. Работа силы (равнодействующей сил) равна изменению кинетической энергии тела.

3. Кинетическая энергия тела растет, если сила, приложенная к телу совершает положительную работу и уменьшается, если сила совершает отрицательную работу.

4. Не меняется, т.к. в формуле у нас V^2.

5. Общая кинетическая энергия до столкновения:

$E_{к1} = \dfrac{m_1 \cdot V_1^2}{2} + \dfrac{m_1 \cdot V_1^2}{2} = m_1 \cdot V_1^2$ в момент столкновения $V_1=V_2=0$, следовательно: $E_к=0$.

После столкновения $E_{к2}=\dfrac{m_1 \cdot V_1^2}{2} + \dfrac{m_1 \cdot V_1^2}{2} = m_1 \cdot V_1^2$.

Упражнение 24

№ 1

Дано:
$m=3$ кг
$F_1=40$ Н
$V_0=0$
$F_{тр}=0$
$S_1=3$ м
$F_2=20$ Н
$S_2=3$ м
$E-?$
$V-?$

Решение:

$A=E_{к1} - E_{к0}$, где A – работа равнодействующей сил. Пусть $E_{к0}$ – кинетическая энергия тела в момент времени, когда тело покоилось, тогда $E_{к0}=0$. $E_{к1}$ – кинетическая энергия тела в конце первого участка. A_1 – работа силы в конце первого участка. Сила приложена параллельно движению тела и по направлению с перемещением

$$E_{к1}=\frac{m \cdot V_1^2}{2}.$$

где V_1 – скорость тела в конце первого участка. $A_1 = F_1 \cdot S_1$, подставляя в теорему о кинетической энергии, получим:

$$F_1 \cdot S_1 = \frac{m \cdot V_1^2}{2} = E_{к1}.$$

В конце второго участка тело будет обладать энергией

$$E_{к2} = \frac{m \cdot V_2^2}{2}$$

где V_2 – скорость тела в конце второго участка; A_2 – работа силы после прохождения второго участка равна:

$$A_2= F_1 \cdot S_1 + F_2 \cdot S_2.$$

Изменение кинетической энергии после прохождения второго участка равно A_2, т.е.

$$E_{к2} - 0=A_2= F_1 \cdot S_1 +F_2 \cdot S_2,$$

отсюда

$$E_{к2} = 40\ Н \cdot 3\ м + 20\ Н \cdot 3\ м = 180\ Н.$$

Скорость в конце второго участка определим так :

$$E_{к2} = \frac{m \cdot V_2^2}{2} = 180\ Н,$$

отсюда:

$$V_2 = \sqrt{\frac{180Н \cdot 2}{3кг}} \approx 11\,м/с.$$

Ответ: «11 м/с.

№ 2

Дано:
m=100 т =
=10^6 кг
V = 108 км/ч=
$= \frac{108 \cdot 10^3\ м}{3600\ с}$

A – ?

Решение:
Работу найдем из т. о кинетической энергии:

$$A = \frac{m \cdot V_2^2}{2} - \frac{m \cdot V_1^2}{2}, \text{ где}$$

V_1 – скорость поезда до начала остановки,

V_2 – скорость в момент остановки поезда, т.е. V_2=0.

$$A = -\frac{m \cdot V_1^2}{2} = -\frac{10^6\,кг \cdot \left(\frac{108 \cdot 10^3\,м}{3600с}\right)^2}{2} \approx -4{,}5 \cdot 10^8\ Дж.$$

Ответ: ≈ – 4,5 · 10^8 Дж.

№ 3

Дано:
m=1300 кг
h = 100 км
$R_з$ = 6400 км
Ек – ?

Решение:

$E_к = \frac{m \cdot V^2}{2}$, скорость вращения спутника вокруг Земли найдем по формуле:

$$V = \sqrt{G \cdot \frac{M_з}{R_з + h}},$$

учитывая, что: $G \cdot \frac{M_з}{R_з^2} = g$, получим:

$$V=\sqrt{G\cdot\frac{M_з}{R_з^2}\cdot\frac{R_з^2}{R_з+h}}=\sqrt{\frac{g\cdot R_з^2}{R_з+h}}.$$

Подставляя в формулу для кинетической энергии, получим:

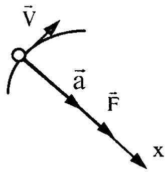
$$E_к=\frac{m\cdot g\cdot R_з^2}{(R_з+h)\cdot 2}=\frac{1300кг\cdot 9{,}8\,м/с^2\cdot(6400\cdot 10^3\,м)^2}{(6400\cdot 10^3+100\cdot 10^3)м\cdot 2}\approx 4\cdot 10^{10}\,Дж.$$

Ответ: $\approx 4\cdot 10^{10}$ Дж.

№ 4

Дано:
$R = 0{,}5$ м
$E_к=10$ Дж
F – ?
A – ?

Решение:



$E_к=\frac{m\cdot V^2}{2}$. Сила. действующая на тело при равномерном движении тела по окружности по модулю равна $\frac{m\cdot V^2}{r}$ и направлена к центру окружности. Это следует из II закона Ньютона: $\vec{F}=m\vec{a}$, где $a=\frac{V^2}{R}$.

Таким образом, сила, действующая на тело, равна $E_к$ кинетической энергии тела $F=\frac{E_к\cdot 2}{R}$; $F=\frac{10Дж\cdot 2}{0{,}5м}=40Н$.

Сила направлена к центру по радиусу, также как и центростремительное ускорение $\vec{a}$.

Работа силы $\vec{F}$ равна:

$A=\vec{F}\cdot\vec{S}=0$, т.к. $\vec{F}$ перпендикулярна $\vec{V}$, а, следовательно, и $\vec{S}$.

Ответ: 40 Н; 0 Дж.

№ 5

Дано:
Vi=72 км/ч
S=34 м
$V_2=0$
$F_{тр}=5880$ Н
Ек – ?
m – ?

Решение:

$E_{к1}$ – кинетическая энергия автомобиля в момент выключения двигателя.

$E_{к2}$ – кинетическая энергия автомобиля в момент остановки.

$E_{к1}=\frac{m\cdot V_1^2}{2}$; $E_{к2}=0$; $\Delta E_к = A$, где $A=\vec{F}_{тр}\cdot\vec{S}$.

Направив ось X вдоль движения автомобиля запишем уравнение для работы силы трения в проекциях на эту ось:

$$A = -F_{тр} \cdot S;$$

$\Delta E_к = E_{к2} - E_{к1} = -E_{к1}$, подставляя в теорему о кинетической энергии, получим:

$$-E_{кl} = -\frac{m \cdot V_1^2}{2} = -F_{тр} \cdot S;$$

$E_{кl} = F_{тр} \cdot S = 5880\ Н \cdot 34\ м \approx 200$ кДж;

$$m = \frac{2 \cdot F_{тр} \cdot S}{V_1^2} = \frac{2 \cdot 5880Н \cdot 34м}{(20\,м/с)^2} = 1000\ кг = 1\ т.$$

Ответ: ≈ 200 кДж; 1 т.

№ 6

Дано:

$m = 4\ т = 4000$ кг

$V_1 = 36$ км/ч $= 10$ м/с

$F_{тр} = 5880$ Н

s – ?

Решение:

Воспользовавшись результатами за- дачи № 5, получим выражение для вычисления кинетической энергии тела в момент торможения:

$$E_{к1} = F_{тр} \cdot S = \frac{m \cdot V_1^2}{2}$$, отсюда:

$$S = \frac{m \cdot V_1^2}{2F_{тр}} = \frac{4000кг \cdot (10\,м/с)^2}{2 \cdot 5880Н} \approx 34\ м.$$

Ответ: ≈ 34 м.

Задание

Анализируя результаты задач 5 и 6, видно, что тормозной путь зависит от кинетической энергии тела в момент начала торможения и от модуля тормозящей силы. Эта формула аналогична формулам, полученным в § 37.

§ 45 Вопросы

1. От массы тела, ускорения свободного падения и перепада высот $(h_2 - h_1)$.

2. Не зависит.

3. Равна нулю.

4. Работу совершает сила тяжести, которая по модулю равна $mg \cdot \sin \alpha$. Длина наклонной плоскости не влияет на работу силы тяжести, а влияет высота подъема по наклонной плоскости.

§ 40 вопросы

1. Потенциальная энергия тела, поднятого на некоторую высоту над нулевым уровнем равна работе силы тяжести при падении тела с этой высоты до нулевого уровня.
2. Будет увеличиваться.
3. Нет.
4. Нулевой уровень – произвольно выбранный уровень, от которого отсчитывают координату тела.

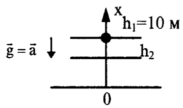
Упражнение 25.

№ 1

Дано:
$m=2{,}5$ кг
$h=10$ м
$t=1$ с
$\underline{V_0=0}$
$\Delta E_{п.}$ – ?

Решение:
$\Delta_{Eп.} = E_{п2} - E_{п1}$, где $E_{п2}$, $E_{п1}$ – потенциальные энергии тела на высотах $h_1 = 10$ м и на высоте h_2 через 1 с после падения тела.
$E_п = mgh$
$\Delta_{Eп.} = mgh_2 - mgh_1$;
Высоту h_2 найдем из уравнения падения тела под действием силы тяжести (равноускоренное движение).

$$h_2 = h_1 - \frac{gt^2}{2}$$



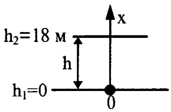
$$h_2 = 10\text{ м} - \frac{gt^2}{2} = -\frac{9{,}8\ {}^{м}\!/\!{}_{с^2} \cdot (1с)^2}{2} + 10м \approx 5м;$$

$\Delta E_{п.} = 2{,}5$ кг $\cdot$ $9{,}8м / с^2 \cdot 5$ м – $2{,}5$ кг $\cdot$ $9{,}8м / с^2 \cdot 10м \approx -120$ Дж.
Ответ: ≈ – 120 Дж.

№ 2

Дано:
$m_1 = 75$ кг
$\underline{h = 6 \cdot 3\text{ м} = 18м}$
A – ?

Решение:



Работу силы тяжести вычислим по формуле (приняв за нулевой уровень отсчета высоты вход в дом)

$$A = -\Delta E_п = -(mgh_2 - mgh_1) =$$
$$= -(75\text{ кг} \cdot 9{,}8\text{ м/с}^2) \cdot (18\text{ м} - 0\text{ м}) \approx -1{,}1 \cdot 10^4\text{ Дж}.$$

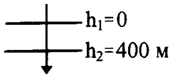
Ответ: $\approx -1{,}1 \cdot 10^4$ Дж.

№ 3

Дано:
$h=400$ м
$m=70$ кг
A – ?

Решение:

За нулевой отсчет высоты примем место слаломиста в начале старта. Тогда работа силы тяжести может быть вычислена:



$A = -\Delta E_п = -(mgh_2 - mgh_1) =$
$= -70$ кг $\cdot$ 9,8 м/с^2 $\cdot$ (400 м – 0 м) ≈
≈ – 2,74 $\cdot$ 10^5 Дж.

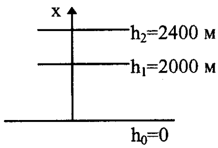
Если принять за нулевой отсчет место слаломиста на финише ($h_2=0$), то знак работы силы тяжести будет положителен.

Ответ: ≈ – 2,74 $\cdot$ 10^5 Дж.

№ 4

Дано:
$h_2=2000$ м
$h_1=2400$ м+
+400 м=2400 м
$m=70$ кг
$h_0=0$
$E_{п1}$; $E_{п2}$ – ?

Решение:



h_2 – местоположение точки старта.
h_1 – местоположение точки финиша.
h_0 – -уровень моря

$E_п$ – потенциальная энергия лыжника на старте.
$E_{п1}$ – относительно уровня моря:
$Eп_1 = mgh_2$ = 70 кг $\cdot$ 9,8 м/с^2 $\cdot$ 2400 м = 1,6 $\cdot$ 10^6 Дж
$E_{п2}$ относительно уровня точки финиша (h_1):
$E_{п2} = mg\cdot(h_2 - h_1)$ = 70 кг $\cdot$ 9,8 м/с^2 $\cdot$ 400 м = 2,7 $\cdot$ 10^5 Дж.
Ответ: $1{,}6\cdot10^6$ Дж; $2{,}7\cdot10^5$ Дж.

§ 47 Вопросы.

1. Среднее значение силы упругости равно полусумме начального и конечного ее значений.

$$F_{ср} = \frac{kx_1 + kx_2}{2} = k\frac{x_1 + x_2}{2}.$$

2. Работа силы упругости, как и работа силы тяжести, зависит только от начальной и конечной координаты свободного конца, например, пружины (от x_1 до x_2.

3. Так как работа силы упругости не зависит от формы траектории, то ее работа в данном случае равна нулю.

4. Может, так как потенциальная энергия тела зависит только от его координат, и не зависит от суммы действующих на него сил.
5. Нет, так как потенциальная энергия равна работе силы при переходе тела из одного его положения в другое, в котором его координаты считаем нулевыми. Если же на тело не действуют никакие силы, то и потенциальная энергия этого тела отсутствует.
6. Потенциальная энергия деформированного тела равна работе силы упругости при переходе тела в состояние, в котором его деформация равна нулю.
7. Потенциальная энергия деформированного тела и тела, на которое действует сила тяжести, являются энергиями взаимодействия.

Упражнение 26.

№ 1

Дано:	Решение:
F=400 Н k= 10000 Н/м А – ?	Работу, совершаемую мальчиком при растяжении пружины жесткостью k определим из равенства А = – $A_{упр}$, а $A_{упр}$ определим из соотношения: $A_{упр}$ = $F(x_1 - x_2)$ (1)

Т. к. сила была приложена к недеформированной пружине, то начальная координата конца пружины динамометра $x_1 = 0$.

$$F_{упр.ср.} = + F_{ср}.$$

Где $F_{ср} = \frac{F_{min} + F_{max}}{2} = \frac{0 + 400Н}{2} = 200$ Н.

Координату x_2 выразим из соотношения

$$F_{упр} = kx_2.$$

Откуда

$$x_2 = \frac{F_{упр}}{k} = +\frac{F}{k}.$$

Подставив значение x_2 в формулу (1), получим значение работы, которую совершит сила упругости для возврата пружины в недеформированное состояние:
$A_{упр}$ = 200 Н(0,04 м) = 8 Дж.
А = $A_{упр}$ = 8 Дж.
Ответ: 8 Дж.

№ 2

Дано:	Решение:
m1=18 кг l_1=10 см=0,1 м m_2= 30 кг l_1=12 см= =0,12м l_1=15 см= =0,15 м . Fан – ? Fупр – ?	Тела находятся в равновесии под действием двух сил: силы упругости и силы тяжести. То есть $F_{упр}=F_т$. Запишем это уравнение для тела массой m_1: $k=(l_1 - l)=m_1g,$ (1) (где l – длина недеформированной пружины, l_2 – длина деформированной пружины); для тела массой m_2: $k=(l_2 - l)=m_2g$ (2) Решая совместно уравнения (1), (2), определим жесткость пружины $k=\frac{g(m_2-m_1)}{l_2-l_1}$ и длину $l=l_1-\frac{m_1g}{k}$.

Подставив из условия задачи m_1, m_2, l_1, l_2, получим:

$$k=\frac{9{,}8\ ^{м}\!/_{с^2}\cdot(30кг-18кг)}{0{,}12м-0{,}1м}=5880\ Н/м;$$

$$l=0{,}1м-\frac{18кг\cdot 9{,}8\ ^{м}\!/_{с^2}}{5880Н/м}=0{,}07м.$$

Работу, которую совершит внешняя сила определим по формуле:

$$A=-A_{упр}=-\left(\frac{kx_1^2-kx_3^2}{2}\right)=\frac{kx_3^2-kx_1^2}{2}.$$

Начало отсчета координаты x возьмем в точке, где деформация пружины равна нулю.

x_1, x_3 – координаты конца пружины при ее растяжении от длины l до длины l_1, 1_2.

$x_1=l_1 - l = 0{,}1–0{,}07 = 0{,}03$ м

$x_3=l_3 - l = 0{,}15–0{,}07 = 0{,}08$ м.

Подставив значения x_1, x_3, k, получим

$$A=\frac{5880\ ^{Н}\!/_{м}\cdot(0{,}08м)^2-5880\ ^{Н}\!/_{м}\cdot(0{,}03м)^2}{2}\approx 16Дж;$$

$A_{упр} = - A= - 16$ Дж.

Ответ: – 16 Дж.

№ 3

Работа внешней силы при сжатии пружины на Δx численно равна работе силы упругости пружины для возврата пружины в недеформированное состояние.

$$A = F_{ср.упр} \cdot \Delta x.$$

Откуда

$$A = \frac{F_{x\,min} + F_{x\,max}}{2} \cdot (x_2 - x_1), \qquad (1)$$

подставив значения F_{min}, F_{max}, x_2, x_1, получим:

$A = \frac{0 + 8{,}3Н}{2} \cdot (0{,}02 \text{ м} - 0) = 0{,}083$ Дж.

Площадь треугольника OAB вычислим по формуле:

$$A = \frac{AB \cdot OB}{2} = \frac{(F_{x\,min} + F_{x\,max}) \cdot (x_2 - x_1)}{2}.$$

Сравнивая полученное выражение с формулой (1), можно сделать вывод, что работа внешней силы численно равна площади треугольника AOB, так как эти формулы идентичны.

Ответ: 0,083 Дж.

№ 4

Направим координатную ось X в сторону растяжения пружины. Начало отсчета выберем в точке свободного конца недеформированной пружины. При растяжении и сжатии пружины ее удлинение Δx вычислим по формуле: $\Delta x = x_2 – x_1$; x_2, x_1 – координаты свободного конца пружины соответственно в начальном и конечном состоянии.

В случае растяжения пружины при выбранной системе координат:

$\Delta x = 5–0 = 5$ см.

В случае сжатия $\Delta x = 0–5 = – 5$ см.

Потенциальную энергию вычислим по формуле:

$$E = \frac{kx^2}{2}.$$

При растяжении

$$E = \frac{k \cdot 5^2}{2}.$$

При сжатии

$$E = \frac{k \cdot (-5)^2}{2} = \frac{k \cdot 5^2}{2}.$$

Оценивая полученные результаты, можно сказать, что удлинения имеют противоположные знаки, а потенциальная энергия деформации осталась неизменной.

Ответ: 5 см.

№ 5

Дано:
$F_т$=3 Н
x_2=15 мм= =0,015 м
ΔE – ?

Решение:
Изменение потенциальной энергии пружины равно работе силы упругости взятой с противоположным знаком.

$\Delta E = - A = F_{ср}(x_1 - x_2)$ (1).

$x_1=0$, x_2 – начальная и конечная координаты свободного конца пружины.

$$F_{ср} = \frac{F_{min} + F_{max}}{2} = \frac{kx_1 + kx_2}{2} = \frac{kx_2}{2} = \frac{3Н}{2} = 1{,}5Н.$$

Подставив значения $F_{ср}$, ч$_2$, x_1 в формулу (1), получим:
$A=1{,}5$ Н · (– 0,015 м) = – 0,0225 Дж ≈ –0,02 Дж.
ΔE = – A = – (– 0,02)Дж = 0,02 Дж.
Ответ: 0,02 Дж.

№ 6

Дано:
k-10000 Н/м
F=400 Н
E – ?
$A_{вн}$ – ?
Aупр – ?

Решение:
Удлинение пружины вычислим из формулы

F=kΔx. Откуда $\Delta x = \frac{F}{k} = \frac{400Н}{10000\,Н/м} = 0{,}04м.$

Так как по условию происходит сжатие, то берем удлинение пружины с отрицательным знаком. Т.е. $\Delta x = x_1 - x_2 = 0 - x_2 = -0{,}04$ м.

Потенциальную энергию пружины вычислим по формуле:

$$E = \frac{kx^2}{2};\ E = \frac{10000\,Н/м \cdot (-0{,}04)^2}{2} = 8Дж.$$

Работа внешней силы, затраченная на сжатие этой пружины, равняется работе, которую совершит пружина, если дать ей возможность восстановить первоначальную форму. Эта работа равна потенциальной энергии пружины. $A_{вн} = A_{упр}$ = E = 8 Дж.
Ответ: 8 Дж.

§ 48 Вопросы

1. Сумму кинетической и потенциальной энергии тел в какой-то момент времени называют полной механической энергией.

2. Закон сохранения механической энергии состоит в том, что полная механическая энергия замкнутой системы остается неизменной.

3. Выполняется, так как работа, совершенная этими силами равна изменению потенциальной энергии системы.

4. Под воздействием внешней силы изменяется энергия системы. Закон сохранения полной механической энергии не выполняется, так как при наличии внешней силы система не является замкнутой.
5. Изменится за счет изменения немеханической энергии горючего.

Упражнение 27.

№ 1

Дано:
V_0=30 м/с
h – ?

Решение:
Примем за начало отсчета точку на поверхности Земли. В этой точке потенциальная энергия тела равна 0, а кинетическая энергия равна $\frac{mV^2}{2}$.

Полная энергия в этой точке равна $0 + \frac{mV^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2}$. В точке, откуда упало тело на высоте h, кинетическая энергия тела равна нулю, а потенциальная mgh. Полная энергия равна 0+mgh=mgh. По закону сохранения энергии $\frac{mV_0^2}{2} = mgh$. Отсюда $h = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{(30\,м/с)^2}{2 \cdot 9{,}8\,м/с^2} \approx 46м$.

Ответ: ≈ 46 м.

№ 2

Дано:
V_0=280 м/с
$E_к = E_п$
h1–?

Решение:
Примем за начало отсчета точку, откуда был произведен выстрел. Полная энергия в этой точке $0 + \frac{mV^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2}$.

Полная энергия на высоте h равна 0+mgh=mgh, h – максимальная высота подъема. По закону сохранения полной энергии $mgh = \frac{mV_0^2}{2}$.

Отсюда $h = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{(280\,м/с)^2}{2 \cdot 9{,}8\,м/с^2} = 4000м$.

Отсюда полная энергия системы на высоте, где его кинетическая энергия равна потенциальной энергии, по закону сохранения полной энергии равна

$\frac{mV^2}{2} = mgh_1 = \frac{mgh}{2}$. Отсюда $h_1 = \frac{h}{2} = \frac{4000м}{2} = 2000$ м.

Ответ: 2000 м.

№ 3

Дано:
$E=18000$ Дж
$h=8$ м
m – ?

Решение:
По закону сохранения энергии в момент удара когда его кинетическая энергия равна потенциальной энергии в момент падения на высоте h.

$$E_K=E_п=mgh.$$

$$\text{Отсюда } m=\frac{E_п}{gh}=\frac{18000Дж}{9{,}8\,{}^{м}\!/_{с^2}\cdot 8м}\approx 230\text{ кг.}$$

Ответ: ≈ 230 кг.

№ 4

Дано:
$m=2$ кг
$h=30$ м
$h_1=15$ м
$h_1=0$ м
E_{k1}–?
$E_{к2}$–?

Решение:
На высоте h потенциальная энергия тела равна mgh, а кинетическая энергия равна нулю. Полная энергия равна 0+mgh=mgh. На высоте h_1 потенциальная энергия равна mgh_1, а кинетическая энергия равна $E_{полн}$ – $mgh_1=mgh-mgh_1$.

Отсюда $E_{к1}=2кг\cdot 9{,}8м/с^2\cdot 30м - 2кг\cdot 9{,}8м/с^2\cdot 15м=294$ Дж.

В момент падения на землю кинетическая энергия $E_{к2}=E_{полн}=mgh=2кг\cdot 9{,}8м/с2\cdot 30м=588$ Дж.

№ 5

Дано:
$m=50$ кг
$V_0=5$ м/с
$k=10000$ Н/м

Решение:
Так как движение происходит в горизонтальной плоскости, то при движении этого тела мы наблюдаем превращение потенциальной энергии пружины в кинетическую. То есть $\frac{kx^2}{2}+\frac{mV^2}{2}=E_{полн}$. В начальный момент движения его кинетическая энергия равна 0, а потенциальная равна $\frac{k\Delta l^2}{2}$. Полная энергия тела равна $0+\frac{k\Delta l^2}{2}=\frac{k\Delta l^2}{2}$. В момент, когда пружина приходит в недеформированное состояние потенциальная энергия тела равна нулю, а его кинетическая энергия равна $\frac{mV_0^2}{2}$.

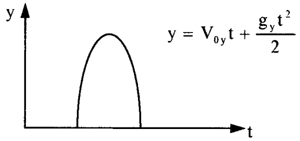
Полная энергия в этот момент равна $0+\frac{mV^2}{2}=\frac{mV^2}{2}$. По закону сохранения полной энергии $\frac{k\Delta l^2}{2} = \frac{mV^2}{2}$. Отсюда

$$\Delta l = \sqrt{\frac{mV_0^2}{k}} = \sqrt{\frac{50кг \cdot (5\ м/с)^2}{10000\ Н/м}} = 0{,}35м.$$

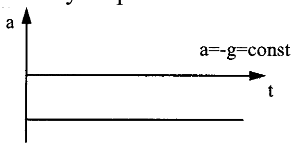
Ответ: 0,35 м.

Задание

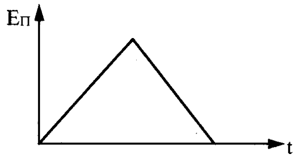
1) Изменение координаты тела.



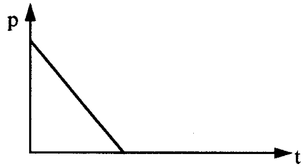
2) Изменение ускорения.



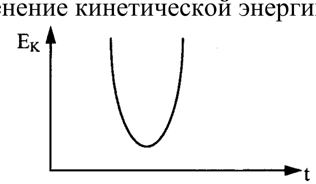
3) Изменение потенциальной энергии.



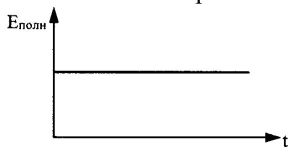
4) Изменение импульса.



5) Изменение кинетической энергии.



6) Изменение полной энергии.



§ 49 Вопросы

1. Не может, так как под действием этой силы кинетическая энергия тела необратимо преобразуется во внутреннюю энергию в зависимости от пройденного расстояния.

2. Нет.

3. Внутренней энергией тела называют энергию движения молекул этого тела.

4. Часть полной механической энергии преобразуется в немеханическую (внутреннюю) энергию.

5. Не всегда. Закон не выполняется при наличии сил трения.

6. Нет, так как потенциальная энергия зависит только от разности координат местоположения тела.

Упражнение 28

№ 1

Дано:	Решение:
$m=60$ кг	$A=F_{тр} \cdot S$ (1)
$S=20$ м	Сила трения равна $F_{тр}=\mu \cdot N=\mu \cdot mg$.
$\mu_{тр}=0{,}02$	Подставив значения μ, m, g, получим:
$A-?$	$F_{тр}=0{,}02 \cdot 60кг \cdot 9{,}8м/с^2=11{,}76Н \approx 12Н$.
	Подставив это значение в формулу (1), получим:
	$A=12Н \cdot (-20Н)=240Дж$.

Ответ: 240 Дж.

№ 2

Дано:	Решение:
$r=20$ см$=0{,}2$ м	Двигатель выполняет энергию, потерянную под
$F=20$ Н	действием силы трения точильного камня о де-
$t=2мин=120с$	таль. Поэтому работа двигателя равна работе сил
$v=180$ об/мин$=$	трения.
$=3$ об/с	$A_{да}=A_{тр}=A_{тр} \cdot S$
$\mu=0{,}3$	Сила трения равна
$A-?$	$F_{тр}=N \cdot \mu=F \cdot \mu=20\ Н \cdot 0{,}3=6\ Н$.

За время 1=2 мин. S будет равно

$S=V\cdot t=2\pi\cdot r\cdot v\cdot t=2\cdot 3{,}14\cdot 0{,}2м\cdot 3об/с\cdot 120с=452$ м.

И окончательно: $A=6Н\cdot 452м=2712Дж=2{,}7$ кДж.

Ответ: 2,7 кДж.

№ 3

Дано:
$F_{тр}=4000Н$
$l=20$ м
$m=1.6т=$
$=1600кг$
V_{max}–?

Решение:
Максимальную скорость автомобиля определим по формуле тормозного пути:

$$l=S=\frac{mV_0^2}{2\cdot F_{тр}},$$ отсюда:

$$V_0=\sqrt{\frac{1\cdot 2\cdot F_{тр}}{m}}=\sqrt{\frac{20м\cdot 2\cdot 4000Н}{1600кг}}=10 \text{ м/с} = 36 \text{ км/ч}.$$

Ответ: 36 км/ч.

№ 4

Дано:
$1=15$ м
$F_{тр}=100$ Н
E-?

Решение:
Механическая (кинетическая) энергия уменьшится на величину:

$\Delta E=F_{тр}\cdot 1=15м\cdot 100Н=1500$ Дж.

Ответ: 1500 Дж.

№ 5

Дано:
$m=70$ кг
$h= 1000м$
A–?

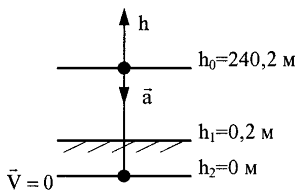
Решение:
$A=-mg(h)=70кг\cdot 9{,}8м/с^2(-1000м)=-686кДж\approx$
≈ -700 кДж.

Ответ: ≈–700 кДж.

№ 6

Дано:
$m=2$ кг
$h_1=0{,}2м$
$h_0=240{,}2$ м
$F_{тр}=10000$ Н

Решение:



Должен сохраняться закон сохранения полной энергии, т.е.:

$$E_{п1}+E_{к1}=E_{к2}+E_{п2}+\Delta E \quad (1)$$

ΔE – это потери кинетической энергии за счет сил трения при прохождении тела сквозь землю.

$E_{п1}$, $E_{к1}$ – потенциальная и кинетическая энергия тела на высоте $h_1=0{,}2$ м;

$E_{п2}$, $E_{к2}$ – потенциальная и кинетическая энергия тела на высоте $h_2=0$ м.

$E_{п1}=mgh_1$; $E_{к2}=\frac{mV_1^2}{2}$; $E_{п1}=2кг\cdot 9{,}8м/с^2\cdot 0{,}2=3{,}92$ Дж

$E_{п2}=mgh_2=0$; $Eк_2=\frac{mV_2^2}{2}=0$

$\Delta E=-F_{тр}(h_2-h_1)=+10000Н\cdot 0{,}2м=+2000Дж$.

Скорость V_0 найдем из закона сохранения полной механической **энергии** между началом падения тела и попаданием его на землю. Уровень высоты $h_0=240{,}2$ м соответствует положению тела перед началом падения относительно места остановки тела в земле. Если бы тело свободно падало, то:

$E_{п0}+E_{к0}=E_{к1}+E_{п1}$

$E_{п0}=mgh_0$; $E_{к0}=_0$; $E_{п1}=mgh_1$, отсюда: $E_{к1}=E_{п0}+E_{к0}-E_{п1}=$

$= mgh_0-mgh_1=mg(h_0-h_1)=2кг\cdot 9{,}8м/с^2(240{,}2м-0{,}2м)=4704$ Дж.

Если подставить найденные величины $E_{п1}$, $E_{к1}$, $E_{к2}$, $E_{п2}$, ΔE в (1), то видно, что равенство (1) не выполняется, т.е.

3,92 Дж+4704Дж≠2000 Дж.

Следовательно, тело не свободно падало в воздухе, а «летело» в нем, испытывая на себе силу сопротивления воздуха, которая уменьшала скорость тела, тем самым уменьшая кинетическую энергию тела.

§ 50 Вопросы.

1. Мощность тела – величина, равная отношению совершенной работы к промежутку времени, за который она совершена. Единицы измерения – [N] = Вт = Дж / с .

2. Мощность – скалярная величина.

3. Скорость пропорциональна мощности двигателя.

4. $N=F\cdot V$

5. Работы, а, следовательно и энергии.

6. Нет, оно уменьшается.

Упражнение 29

№ 1

Дано:
V=900 км/ч= =250м/с
N=1800 кВт
$F_{сопр.}$ – ?

Решение:
Силу сопротивления воздуха вычислим по формуле:

$$F=\frac{N}{V}=\frac{1800\cdot 10^3\,Вт}{250\,м/с}=7{,}2кН$$

Ответ: 7,2 кН.

№ 2

Дано:
M=8кВт=8·10^3 Вт
V=6 м/мин =0,1 м/с
m–?

Решение:
Силу сопротивления движению вычислим по формуле:

$$F=\frac{N}{V}=\frac{8\cdot 10^3\,Вт}{0{,}1\,м/с}=80кН$$

Сила сопротивления движению – это сила тяжести, т. е. F=mg, отсюда: $m=\frac{F}{g}=\frac{80\cdot 10^3\,Н}{9{,}8\,м/с^2}\approx 8000кг=8т.$

Ответ: 8 т.

№ 3

Дано:
N=3 кВт= =3·10^3 Вт
t=2 мин= =120с
A–?

Решение:
Работу определим по формуле:
A=N·t=3·10^3Вт·120с=360·10^3Вт·с=360 кДж.

Ответ: 360 кДж.

№ 4

Дано:
$N_{ср}$=2,5 МВт= =2,5·10^6 Вт
t=365 сут= =8760 ч
A–?

Решение:
Работу определим по формуле:
A = N · t = 2,5 МВт · 87604 = 21900 МВт · ч =
= 21900·3,6·10^9 Дж = 78840·10^9 Дж ≈7,9·10^{13} Дж.

Ответ: ≈ 7,9 · 10^{13} Дж.

№ 5

Дано:
$m=2000$ кг
$V=72$ км/ч= $=20$ м/с
$F_{сопр.}=0{,}05p=$ $=0{,}05mg$

N–?

Решение:
Мощность двигателя определим по формуле:
$N = F_{сопр.} \cdot V = 0{,}05 \cdot m \cdot g \cdot V =$
$=0{,}05 \cdot 2000$ кг$\cdot 9{,}8$м/с$^2 \cdot 20$м/с$=19600$ Вт≈ 20 кВт.

Ответ: ≈ 20 кВт.

§ 51 Вопросы

1. Чтобы с помощью каких-то сил совершать механическую работу.

2. Двигатели передают энергию, а в генераторах она преобразуется из одного вида энергии в другой.

3. Идея состоит в том, чтобы совершить больше работы, чем тратится энергии. Невозможность создания такой машины доказывается на основании закона сохранения энергии.

4. Коэффициент полезного действия – величина, равная отношению полезной работы ко всей совершенной работе.

5. Механическая энергия перешла в механическую (деформация изделия) и тепловую (потери энергии) за счет сил трения.

Упражнение 30

№ 1

Дано:
$N=7{,}36$ кВт= $=7{,}36\text{-}10з$Вт
$V=6$ м/мин= $=0{,}1$ м/с
$\eta=80\%$

m–?

Решение:

Т.к. $\eta = \frac{A_п}{A_с}$; где $A_п$ определяется по формуле:

$A_п=mgV$;

Мощность $\eta \cdot N = \frac{A_п}{t} = F \cdot V = m \cdot g \cdot V$;

отсюда: $m=\frac{N \cdot \eta}{gV} = \frac{7{,}36 \cdot 10^3\,Вт \cdot 0{,}8}{9{,}8\,м/с^2 \cdot 0{,}1\,м/с} = 6008кг \approx 6т.$

Ответ: ≈ 6 т.

№ 2

Дано:
$V=800$ км/ч= =222м/с
$N= 1800\cdot 10^3$ Вт
$\eta=70\%$
Fт–?

Решение:
$\eta\cdot N=F\cdot V$, отсюда:

$$F=\frac{\eta\cdot N}{V}=\frac{0{,}7\cdot 1800\cdot 10^3\,\text{Вт}}{222\,\text{м}/\text{с}}=5{,}67\text{кН}\approx 5700\text{Н}.$$

Ответ: ≈5700 Н.

№ 3

Дано:
$N=3\cdot 10^3$ Вт
$h=20$ м
$t=2\text{ч}=7200\text{с}$
$\eta=70\%$
m–?

Решение:

$$\eta\cdot N=F\cdot V=\frac{A_п}{t}=\frac{mgh}{t},\ \text{отсюда:}$$

$$m=\frac{N\cdot\eta\cdot t}{gh}=\frac{0{,}7\cdot 3\cdot 10^3\,\text{Вт}\cdot 7200\text{с}}{9{,}8\,\text{м}/\text{с}^2\cdot 20\text{м}}=77143\text{кг}\approx 77\text{т}.$$

Ответ: ≈77 т.

№ 4

Дано:
$h=30$ м
$m=170$ т
$N_{зп.}=10$ МВт
$t=1$ с
η–?

Решение:
Мощность падающей воды, т.к. работа равна потенциальной энергии и совершается силой тяжести:
$N_в=$

$$\frac{A_с}{t}=\frac{mgh}{t}=\frac{170\cdot 10^3\,\text{кг}\cdot 9{,}8\,\text{м}/\text{с}^2\cdot 30\text{м}}{1\text{с}}\approx 50\cdot 10^6\,\text{Вт}=5\text{МВт},$$

т.к. $N_{эл.}=A_{п/t}$, то:

$$\eta=\frac{A_п}{A_с}=\frac{A_п}{t}\cdot\frac{t}{A_с}=\frac{N_{эл.}}{N_в}=\frac{10\text{Мвт}}{50\text{Мвт}}=0{,}2=20\%.$$

Ответ: 20%.

§ 53 Вопросы

1. Движение называется колебательным, если при движении происходит частичная или полная повторяемость состояния системы по времени. Если значения физических величин, характеризующих данное колебательное движение, повторяются через равные промежутки времени, колебания называют периодическими.

2. Периодом называют время, в течение которого совершается одно полное колебание. Частота колебаний – число колебаний в единицу времени. Частота колебаний обратно пропорциональна периоду колебаний.

3. $T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{1 Гц} = 1 с.$

4. В точках максимального отклонения от положения равновесия скорость равна нулю. Ускорение равно нулю в точках равновесия.

5. Скорость, ускорение и координата в колебательном движении изменяются периодически.

6. Сила должна изменяться с течением времени по гармоническому закону. Эта сила должна быть пропорциональна смещению и направлена противоположно смещению к положению равновесия.

7. За один период времени перемещение тела будет равно нулю, т.к. тело вернется в исходную точку; путь же совершенный телом будет равен удвоенной амплитуде колебания.

§ 54 Вопросы.

1. Тело обладает только потенциальной энергией в точках максимального отклонения от положения равновесия.

2. Колеблющееся тело будет обладать только кинетической энергией только в точках равновесия.

3. Нет, т.к. величины кинетической и потенциальной энергии изменяются от нуля до их максимальных значений в соответствии с изменениями скорости и координаты.

4. Полная энергия колеблющегося тела не зависит от массы тела, т.к. энергия пропорциональна квадрату амплитуды колебаний.

5. Полная энергия колеблющегося тела постоянна и равна кинетической энергии тела в точке равновесия или его потенциальной энергии в точке его максимального отклонения от положения равновесия.

§ 55 Вопросы

1. Движение проекции тела, равномерно вращающегося по окружности сходно с движением тела скрепленного с пружиной тем, что оно представляет точную геометрическую модель колебательного движения тела.

Т.к.: амплитуда колебания проекции точки на ось X равна радиусу окружности; период колебания равен периоду обращения шарика по окружности; скорость движения проекции тоже аналогична скорости тела, прикрепленного к пружине; в качестве центра (точки) равновесия при движении проекции выступает центр окружности, по которой движется тело.

2. Период колебаний тела на пружине зависит от массы тела и жесткости пружины.

3. Период колебаний прямо пропорционален корню квадратному из массы тела. Поэтому при увеличении массы тела в 4 раза период возрастет в 2 раза.

4. Период колебаний обратно пропорционален корню квадратному из жесткости пружины. Поэтому при увеличении в 4 раза жесткости пружины период колебаний уменьшится в 2 раза.

Задание.

1. Частота обращения шарика по окружности – число оборотов по окружности в единицу времени.

$\upsilon=\frac{1}{T}$, т.к. $T=\frac{2\pi A}{V_{xm}}$, то $\upsilon=\frac{V_{xm}}{2\pi A}$.

Для соотношения между максимальной скоростью и амплитудой колебания справедливо:

$\frac{A}{V_m}=\sqrt{\frac{m}{k}}$, т.к. колебания проекции тела, движущегося по окружности, сходны с колебаниями тела скрепленного с пружиной, то:

$\upsilon=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$.

2. $\upsilon=\frac{1}{T}$; $\upsilon=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$.

Упражнение 31.

№ 1

Дано:	Решение:
m=100 г k=40 Н/м v–?	Частоту колебаний тела, прикрепленного к пружине найдем по формуле: $\upsilon=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}=\frac{1}{2\cdot 3?14}\cdot\sqrt{\frac{40\,Н/м}{0{,}1кг}}=3\,\frac{1}{c}=3Гц$.

Ответ: 3 Гц.

№ 2

Дано:
m=30 г
v=300 кол/мин=5 Гц

k – ?

Решение:
Жесткость пружины k найдем из формулы: $\upsilon = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$, отсюда:
$k=(2\pi v)^2 \cdot m=(2\cdot 3{,}14\cdot 5\ \text{Гц})2\cdot 0{,}03\ \text{кг}=$
$=29{,}6\ \text{Н/м} \approx 30\ \text{Н/м}$.

Ответ: ≈ 30 Н/м.

№ 3

Дано:
T_1; m_1
$m_2=m_1+0{,}06$ кг
$T_2=2\cdot T_1$;
$\frac{T_2}{T_1}=2$

m_1–?

Решение:
Период колебаний может быть вычислен по формуле: $T_1 = 2\pi\cdot\sqrt{\frac{m_1}{k}}$; $T_2 = 2\pi\cdot\sqrt{\frac{m_2}{k}}$.
Найдем отношение периодов T_1 и T_2:
$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$, отсюда:

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_1+0{,}06\text{кг}}{m_1}} = \sqrt{1+\frac{0{,}06\text{кг}}{m_1}};$$ отсюда:

$$m_1 = \frac{0{,}06\text{кг}}{\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 - 1} = \frac{0{,}06\text{кг}}{2^2-1} = \frac{0{,}06\text{кг}}{3} = 0{,}02\text{кг}.$$

Ответ: 0,02 кг.

§ 56 Вопросы

1. При движении математического маятника действуют сила тяжести $\vec{F}_T = m\vec{g}$ и сила упругости $\vec{F}_{\text{упр.}}$ натянутой нити.

2. Математическим маятником называется подвешенный к тонкой нити груз, размеры которого много меньше длины нити, а его масса много больше массы нити. То есть тело и нить должны быть такими, чтобы груз можно было считать материальной точкой, а нить невесомой.

3. Колебания математического маятника будут гармоническими при малых углах отклонения.

4. $T= 2\pi\cdot\sqrt{\frac{1\text{м}}{9{,}8\ \text{м}/\text{с}^2}} \approx 2\text{с}.$

5. Период колебаний математического маятника не изменится, так как он не зависит от массы подвешенного груза и амплитуды колебаний.

6. Период колебаний уменьшится в два раза, так как $T \sim \sqrt{1}$.

7. Справедлива, так как она описывает любые гармонические колебания.

Упражнение 32

№ 1

Дано:
N=24 колеб.
t=30 сек.

T – ?
v – ?

Решение:

Так как период колебаний – это время, за которое совершается одно колебательное движение, то период T вычислим из отношения:

$$T = \frac{t}{N} = \frac{30\text{сек.}}{24\text{кол.}} = 1{,}25\text{с.}$$

$$\upsilon = \frac{1}{T} = \frac{1}{1{,}25\text{с}} = 0{,}8\text{с}^{-1} = 0{,}8\text{Гц.}$$

Ответ: 1,25 с; 0,8 Гц.

№ 2

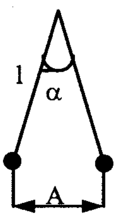
Дано:
1=98 м
α=5°

v – ?
A – ?

Решение:

Период колебаний маятника $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{1}{g}}$.

Частоту колебания маятника вычислим из соотношения $\upsilon = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{1}{g}}} = \frac{\sqrt{g}}{2\pi l}$.



Откуда v=0,05 Гц.
Из треугольника:
$A = l \cdot \sin\alpha$.
Откуда A = 98м · sin 5° ≈ 8,5 м.

Ответ: ≈ 8,5 м.

№ 3

Дано:
v_1=0,5 Гц
g_1=9,8 м/с^2
n=6
v1 – ?

Решение:
Частоту колебания можно вычислить по формуле из предыдущей задачи:

$$\upsilon = \frac{\sqrt{g}}{2\pi}.$$

Из формулы видно, что $v \sim \sqrt{g}$.

Таким образом при уменьшении g в п раз, частота уменьшится в $\sqrt{n}$ раз.

$\upsilon = \upsilon 1 \cdot \sqrt{n}$ = 0,5 Гц/ $\sqrt{6} \approx$ 0,2 Гц.

Ответ: ≈ 0,2 Гц.

№ 4

Дано:
l_1=4 м
N_1=15 кол.
N_2=10 кол.
l_2 –?

Решение:
Период колебания первого маятника

$$T_1 = \frac{t}{N_1}.$$

Период колебания для второго маятника

$$T_2 = \frac{t}{N_2}.$$

Отношение $\frac{T_2}{T_1} = \frac{N_1}{N_2}$.

Подставив значения N_1, N_2, получим: $\frac{T_2}{T_1} = \frac{15\text{кол.}}{10\text{кол.}} = 1{,}5.$

Так как T~ $\sqrt{l}$, то при увеличении периода в n раз длина увеличится в n^2 раз. Отсюда получим: $l_2 = n^2 \cdot l_1$. Подставив значения l_1 и n, получим: $l_2 = 1{,}5^2 \cdot 4$ м=9 м.

Ответ: 9 м.

§ 57 Вопросы.

1. Колебания, которые совершает колебательная система при воздействии внешней периодической силы, называются вынужденными колебаниями.

2. Явление резонанса состоит в том, что при равенстве частот вынуждающей силы и собственной частоты колебательной системы, резко возрастает амплитуда вынужденных колебаний.

3. Амплитуда вынужденных колебаний зависит от частоты вынуждающей силы.

4. Сила трения сильно влияет на резкость максимума возрастания амплитуды в зависимости от частоты вынуждающей силы. Меньшей силе трения соответствует более резкое возрастание амплитуды при приближении частоты вынужденных колебаний к резонансной частоте.

Сила трения не приводит к затуханию колебаний, так как потеря энергии из-за трения выполняется за счет работы вынуждающей силы.

Упражнение 33.

№ 1

Дано:

$m = 1$ кг

$k = 400$ Н/м

$v_2 = 16$ Гц

Решение:

Вычислим частоту собственных колебаний:

$$\text{õ}_1 = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}.$$

Подставив значения m и k, получим:

$$\text{õ}_1 = \frac{1}{2\text{ð}\sqrt{\frac{1\text{кг}}{400\,\text{Н}/\text{м}}}} \approx 3\text{Гц}.$$

Резонанс будет наблюдаться, когда частота v_2 приложенной переменной силы будет совпадать с собственной частотой колебаний v_1. Так как $v_1 \neq v_2$, то резонанса наблюдаться не будет.

№ 2

Дано:

$T_1 = 1{,}25$ с

$l = 25$ м

$V_{\text{поезда}}$ – ?

Решение:

Условие резонанса: $v_1 = v_2$, или $\frac{1}{T_1} = \frac{1}{T_2}$,

откуда $T_1 = T_2$.

Для выполнения условия резонанса вагон должен получать удары через период $T_2 = T_1$. Для этого он должен двигаться со скоростью

$$V = \frac{l}{T_2} = \frac{25\text{м}}{1{,}25\text{с}} = 20\,\text{м}/\text{с} = 72\,\text{км}/\text{ч}.$$

§ 59 Вопросы

1. Волна – распространение колебаний от точки к точке от частицы к частице. Для возникновения волны в среде необходима деформация, так как без нее не будет силы упругости.

2. Скорость волны – скорость распространения колебаний в пространстве.

3. Скорость волны равна произведению длины волны на частоту колебаний частиц в волне.

4. Скорость волны равна длине волны поделенной на период колебаний в волне.

5. Поперечная волна – волна, распространяющаяся в направлении, перпендикулярном направлению колебаний частиц в волне; продольная волна – волна, распространяющаяся в направлении совпадающем с направлением колебаний частиц в волне.

6. Поперечные волны могут возникать и распространяться только в твердых средах, так как для возникновения поперечной волны требуется деформация сдвига, а она возможна только в твердых телах. Продольные волны могут возникать и распространяться в любой среде (твердой, жидкой, газообразной), так как для возникновения продольной волны необходима деформация сжатия или растяжения.

Упражнение 34

№ 1

Дано:	Решение:
T=6 с	Из формулы связи между длиной волны, пе-
=20 м	риодом колебаний и скоростью волны (1)
у – ?	получим: $\lambda = V \cdot T$, отсюда:

$$V = \frac{\lambda}{T} = \frac{20м}{6с} \approx 3{,}3 \text{ м/с}.$$

Ответ: V=3,3 м/с.

№ 2

Дано:	Решение:
v=165 Гц	Из формулы связи между длиной волны, час-
V=330 м/с	тотой колебаний и скоростью волны (2) по-
λ – ?	лучим: $V = \lambda \cdot v$, отсюда:

$$\lambda = \frac{V}{\upsilon} = \frac{330 \, м/с}{165Гц} = 2м.$$

Ответ: 2 м.

№ 3

Дано:
$V=20$ м/с
$T=0.5$ с
λ – ?

Решение:
Из формулы (1) получим длину волны:
$\lambda=V\cdot T=20$ м/с$\cdot 0,5$ с$=10$ м.

Ответ: $\lambda=10$м.

§ 60 Вопросы

1. Источником звука может быть любое тело, совершающее колебания.
2. Звук распространяется в виде продольных волн в воздухе.
3. В пространстве, лишенном вещества, звук распространяться не будет. Так как звуковая волна не сможет распространиться.
4. Нет, все зависит от частоты колебаний в волне.
5. Волны, вызываемые биениями сердца и объема легких при дыхании не воспринимаются как звуки, так как их частота очень мала (меньше чем 20 Гц). Например в случае биений сердца, если учесть, что средний пульс человека 100 ударов в минуту, получим, что частота биений сердца равна $\nu \approx 1{,}67$ Гц, что гораздо ниже 20 Гц. То же самое получается и в случае колебаний объема легких при дыхании.
6. Это исключено, так как в безвоздушном пространстве распространение звука не происходит.

§ 61 Вопросы

1. Громкость звука связана с энергией колебаний в источнике и в волне, а именно, от амплитуды колебаний.
2. Тон звука зависит от частоты колебаний в звуковой волне, а не от энергии колебаний.
3. В данной среде звуки низкого тона имеют меньшую частоту колебаний, и, соответственно, большую длину волны, чем звуки высокого тона. Так как из формулы $V = \lambda \cdot \nu$ следует, что если скорость одинакова, то чем больше частота колебаний, тем меньше длина волны и наоборот.

Упражнение 35.

№ 1

Дано:
ν_1=80 Гц
ν_2= 1400 Гц
λ_1 – ?
λ_2 – ?

Решение:
Из таблицы, помещенной в § 61 находим скорость звука в воздухе:
V = 343,1 м/с

V=$\lambda\cdot\nu$, отсюда $\lambda = \frac{V}{\upsilon}$.

а) $\lambda_1 = \frac{343{,}1\,м/с}{80Гц} \approx 4{,}29м$ б) $\lambda_2 = \frac{343{,}1\,м/с}{1400Гц} \approx 0{,}245м.$

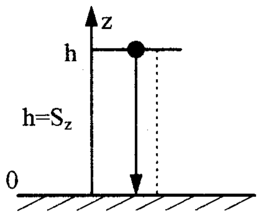
Ответ: а) $\lambda_1 \approx 4{,}29$ м; б) $\lambda_2 \approx 0{,}245$ м.

№ 2

Дано:
h= 1000м
t – ?

Решение:
За начало отсчета времени примем момент времени, когда был брошен камень с вершины горы. Он совершает вниз свободное падение с ускорением свободного падения g=9,8 м/с^2 Согласно уравнению движения при прямолинейном равноускоренном движении пройденный путь S определяется формулой:

$S_Z = \frac{a_Z \cdot t_1^2}{2}$, где $a_Z = g = 9{,}8$ м/с^2, ось Z направлена по траектории движения камня (падение вниз), но в противоположном направлении.



Отсюда время, затраченное на прохождение камнем от момента броска до момента падения на землю будет равно:

$$t_1 = \sqrt{\frac{2\cdot S_z}{a_z}} = \sqrt{\frac{2\cdot h}{g}} = \sqrt{\frac{2\cdot 1000м}{9{,}8\,м/с^2}} \approx 14{,}29с.$$

Время, необходимое для дохождения звука от падения камня до наблюдателя на скале, найдем из формулы: $S_z=V\cdot t_2$ (так как здесь мы имеем дело с равномерным движением): $t_2 = \frac{S_z}{V}$, где V – скорость звука в воздухе.

$$t_2 = \frac{1000м}{343{,}1\,м/с} = 2{,}91с.$$

И время, за которое до наблюдателя дойдет звук от падения камня, определится, как сумма двух промежутков времени:
$t=t_1+t_2=14{,}29$ с$+2{,}91$ с$=17{,}2$ с.
Ответ: $t=17{,}2$ с.

№ 3

Дано:	Решение:
$t=8$ с	$S=V\cdot t$,
$S-?$	где V – скорость распространения звука в воздухе.

$$S=343{,}1\ \text{м/с}\cdot 8\ \text{с}=2744{,}8\text{м}\approx 2{,}7\ \text{км}.$$

Ответ: $S\approx 2{,}7$ км.

№ 4

Дано:
$v_1 = 20$Гц
$v2 = 20000$ Гц
$V=343{,}1$ м/с

$\lambda_1 - ?$
$\lambda_2 - ?$

Решение:

$$\lambda_1=\frac{V}{\nu_1}=\frac{343{,}1\,\text{м}/\text{с}}{20\text{Гц}}=17{,}16\text{м}\approx 17\text{м};$$

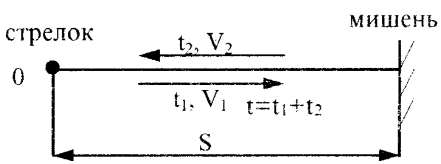
$$\lambda_2=\frac{V}{\nu_2}=\frac{343{,}1\,\text{м}/\text{с}}{20000\text{Гц}}=0{,}017\text{м}\approx 17\text{м}.$$

Итак, граничные длины волн, воспринимаемые человеком, как звук, следующие: 17 см$<\lambda<$17 м.
Ответ: 17 см$<\lambda<$17 м.

№ 5

Дано:	Решение:
$V_1=600$ м/с	Разобьем время t на два промежутка t_1, t_2. Проме-
$t=4$ с	жуток времени t_1 соответствует времени, за кото-
$S-?$	рое пуля пролетела расстояние S между стрелком и мишенью.

Промежуток времени t_2 соответствует времени, за которое звук от попавшей в мишень пули дошел до стрелка. Приняв за начало отсчета точку местонахождения стрелка, изобразим графически условие задачи:



При прохождении пули до мишени мы имеем дело с прямолинейным движением пули. В этом случае пройденное расстояние определится следующим образом:

$S=t_1 \cdot V_1$, а время: $t_1 = \dfrac{S}{V_1}$.

Расстояние, пройденное звуком до стрелка со скоростью V_2 и за время t_2 равно (случай равномерного движения): $S=t_2 \cdot V_2$, а время: $t_2 = \dfrac{S}{V_1}$, где V_2 – скорость распространения звука в воздухе.

Так как известно, что $t_1+t_2=t=4$ с, то мы можем определить расстояние S от стрелка до мишени

$$\frac{S}{V_1}+\frac{S}{V_2}=t;\ S=\frac{t}{\dfrac{S}{V_1}+\dfrac{S}{V_2}}=\frac{t\cdot V_1\cdot V_2}{V_1+V_2}=\frac{4с\cdot 600\,м/с\cdot 343{,}1\,м/с}{600\,м/с+343{,}1\,м/с}=873{,}12м.$$

Ответ: S=873,12м.

§ 62 Вопросы.

1. Для того, чтобы произошло отражение звука на границе сред необходимо, чтобы среды состояли из различных частиц.

2. Эхо – это физическое явление, состоящее в том, что звук от источника доходит до какого-то препятствия (границы двух сред), отражается от него и возвращается к месту, где он возник.

3. Ультразвуковые волны не воспринимаются человеком как звук. Но природа ультразвуковых волн такая же, как и звуковых. Частота колебаний ультразвуковых волн больше, чем 20000 Гц, и поэтому они человеком не воспринимаются. Для звуколокации полезной оказывается та особенность ультразвуковых волн, что их можно сделать направленными, то есть распространяющимися по определенному направлению от источника.

4. Акустический резонанс – это резонанс, возникающий в системах, когда в качестве вынуждающей, периодически изменяющейся силы в колебательных системах выступают звуковые колебания.

Упражнение 36

№ 1

Дано:	Решение:
S=85 м	Для определения времени, когда звук, отразившись придет в обратную точку (эхо), воспользуемся формулой:
t – ?	

$t=\frac{2S}{V}$,

где V – скорость распространения звука в воздухе.

$$t=\frac{2\cdot 85м}{343{,}1\,м/с}=0{,}496\ с\approx 0{,}5\ с.$$

Ответ: $t\approx 0{,}5$ с.

№ 2

Дано:	Решение:
t=1,2 с	Для определения глубины моря воспользуемся формулой:
S – ?	$S=\frac{Vt}{2}$, где V – скорость распространения ультразвука в морской воде.

Ответ: 918 м.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Эта часть книги поможет вам при подготовке к лабораторным работам курса физики и при их выполнении. Она содержит некоторые рекомендации и комментарии к выполнению работ курса, а также образцы лабораторных работ, выполненных в соответствии с заданиями учебника. Следует, конечно, помнить, что учитель по своему усмотрению и возможностям кабинета может вносить изменения и дополнения в ход работ, описанных в учебнике, а также в обеспечение работы материалами и инструментами. Но, в общих чертах, цель работы и способ ее исполнения остается неизменным. Поэтому знакомство с приведенными образцами работ поможет подробнее познакомиться с предстоящими вам измерениями и вычислениями. Однако поученные в выполненных нами работах результаты могут сильно отличаться от тех, которые вы будете получать в ходе выполнения работ на уроках. Происходит это потому, что использованные оборудование и материалы, возможно, отличаются от предложенных вам учителем. Кроме того, даже при использовании одинакового оборудования результаты могут существенно разниться по различным причинам.

Лабораторная работа № 1
«Измерение ускорения тела при равноускоренном движении»

При прямолинейном равноускоренном движении без начальной скорости

$$S=\frac{at^2}{2};\ a=\frac{2S}{t^2},$$

где S – путь, пройденный телом, t – время прохождения пути.

Средства измерения: измерительная лента (линейка), метроном (секундомер).

Лабораторная установка и порядок выполнения работы подробно описаны в учебнике.

№ опыта	t, с	S, м	$a=\frac{2S}{t^2}, \frac{м}{с^2}$
1	6	0,5	0,028
2	5,5	0,5	0,033

3	5	0,49	0,039
4	5,5	0,49	0,032
5	6,5	0,51	0,024
среднее значение	5,7	0,5	0,031

Вычисления: 1) $\frac{2 \cdot 0{,}5\ м}{(6\ с)^2}$ =0,028 м/с^2

2) $\frac{2 \cdot 0{,}5\ м}{(5{,}5\ с)^2}$ =0,033 м/с^2

3) $\frac{2 \cdot 0{,}49\ м}{(5\ с)^2}$ =0,039 м/с^2

4) $\frac{2 \cdot 0{,}49\ м}{(5{,}5\ с)^2}$ =0,032 м/с^2

5) $\frac{2 \cdot 0{,}51\ м}{(6{,}5\ с)^2}$ =0,024 м/с^2

$$S_{ср} = \frac{0{,}5\ м + 0{,}5\ м + 0{,}49\ м + 0{,}49\ м + 0{,}51\ м}{5} = 0{,}5\ м$$

$$t_{ср} = \frac{6\ с + 5{,}5\ с + 5\ с + 5{,}5\ с + 6{,}5\ с}{5} = 5{,}7\ с$$

$$a_{ср} = \frac{0{,}028\ м/с^2 + 0{,}033\ м/с^2 + 0{,}039\ м/с^2 + 0{,}032\ м/с^2 + 0{,}024\ м/с^2}{5} =$$

$$= 0{,}031\ м/с^2$$

Вычисление погрешностей

Точность приборов: Измерительная лента: $\Delta S = \pm 0{,}005$ м

Секундомер: $\Delta t = \pm 0{,}5$ с

Вычислим абсолютные погрешности:

$\Delta S_1 = |S_1 - S_{ср}| = |0{,}5\ м - 0{,}5\ м| = 0$ м

$\Delta S_2 = |S_2 - S_{ср}| = |0{,}5\ м - 0{,}5\ м| = 0$ м

$\Delta S_3 = |S_3 - S_{ср}| = |0{,}49\ м - 0{,}5\ м| = 0{,}01$ м

$\Delta S_4 = |S_4 - S_{ср}| = |0{,}49\ м - 0{,}5\ м| = 0{,}01$ м

$\Delta S_5 = |S_5 - S_{ср}| = |0{,}5\ м - 0{,}5\ м| = 0{,}01$ м

$$\Delta S = \frac{\Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 + \Delta S_5}{5} = 0{,}006\ м$$

$\Delta t_1 = |t_1 - t_{ср}| = |6\ с - 5{,}7\ с| = 0{,}3$ с $\quad$ $\Delta t_2 = |t_2 - t_{ср}| = |5{,}5\ с - 5{,}7\ с| = 0{,}2$ с

$\Delta t_3 = |t_3 - t_{ср}| = |5\ с - 5{,}7\ с| = 0{,}7\ с$
$\Delta t_4 = |t_4 - t_{ср}| = |5{,}5\ с - 5{,}7\ с| = 0{,}2\ с$
$\Delta t_5 = |t_5 - t_{ср}| = |6{,}5\ с - 5{,}7\ с| = 0{,}8\ с$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5}{5} = 0{,}44\ с$$

Вычислим относительную погрешность:

$$\frac{\Delta a}{a_{ср}} = \frac{\Delta S}{S_{ср}} + 2\frac{\Delta t}{t_{ср}} \qquad \frac{\Delta a}{a_{ср}} = \frac{0{,}006}{0{,}5} + 2 \cdot \frac{0{,}44}{5{,}7} = \pm 0{,}17\ (17\%)$$

Абсолютная погрешность косвенного измерения:

$$\Delta a = \frac{\Delta a}{a_{ср}} \cdot a_{ср} = \pm 0{,}17 \cdot 0{,}031\ м/с^2 = \pm 0{,}005\ м/с^2$$

Найденное в результате работы ускорение можно записать как:

$$a = (0{,}031 \pm 0{,}005)\ м/с^2,$$

но при данной абсолютной погрешности последняя цифра в значении $a_{ср}$ значения не имеет, поэтому запишем как: $a = (0{,}03 \pm 0{,}005)\ м/с^2$.

Лабораторная работа № 2
«Измерение жесткости пружины»

Закон Гука: «Сила упругости, возникающая при деформации тела, пропорциональна его удлинению и направлена противоположно направлению перемещения частиц тела при деформации».

$$(F_{упр})_x = -kx - b \text{ Закон Гука}$$

Жесткостью называют коэффициент пропорциональности между силой упругости и изменением длины пружины под действием приложенной к ней силы. Согласно третьему закону Ньютона, приложенная к пружине сила по модулю равна возникшей в ней силе упругости. Таким образом жесткость пружины можно выразить как:

$$R = \frac{F}{x},$$

где F – приложенная к пружине сила, а x – изменение длины пружины под ее действием. Средства измерения: набор грузов, масса каждого равна $m_0 = (0{,}1 \pm 0{,}002)$ кг.

Линейка с миллиметровыми делениями ($\Delta x = \pm 0{,}5$ мм). Порядок выполнения работы описан в учебнике и комментариев не требует.

№ опыта	масса, кг	F=mg*, Н	удлинение $|x|$, м	К, Н/м
1	0,1	1	0,036	27,78
2	0,2	2	0,074	27,03

3	0,3	3	0,112	26,79
4	0,4	4	0,155	25,81

* Ускорение свободного падения примем равным 10 м/с^2.

Вычисления:

$$R = \frac{F}{x} = \frac{mg}{x}$$

$$R_1 = \frac{1\,\text{Н}}{0{,}036\,\text{м}} = 27{,}78$$

$$R_2 = \frac{2\,\text{Н}}{0{,}074\,\text{м}} = 27{,}03$$

$$R_3 = \frac{3\,\text{Н}}{0{,}112\,\text{м}} = 26{,}79$$

$$R_4 = \frac{4\,\text{Н}}{0{,}155\,\text{м}} = 25{,}81$$

$$R_{ср} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}{4} = \frac{27{,}78 + 27{,}03 + 26{,}79 + 25{,}81}{4} = 26{,}85\ \text{Н}/\text{м}.$$

Вычисление погрешности измерения:

$$R = \frac{mg}{x}$$

$$\varepsilon_k = \varepsilon_m + \varepsilon_g + \varepsilon_x$$

$$\varepsilon_m = \frac{\Delta m}{m};$$

$$\varepsilon_g = \frac{\Delta g}{g};$$

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta x}{x}$$

ε_x максимально когда x – наименьшее, т.е., в нашем случае, для опыта с одним грузом

$$\varepsilon_k = \frac{0{,}002\ \text{кг}}{0{,}1\ \text{кг}} + \frac{0{,}02\ \text{м/с}^2}{9{,}81\ \text{м/с}^2} + \frac{0{,}0005\ \text{м}}{0{,}036\ \text{м}} = 0{,}034$$

$$\Delta R = R_{ср} \cdot \varepsilon_k = (26{,}85 \cdot 0{,}034)\ \text{Н/м} \approx 0{,}9\ \text{Н/м}.$$

Можно записать результат измерений как: R = (26,85 ± 0,9) Н/м или округляя: R = (26,9 ± 0,9) Н/м; R = (27 ± 1) Н/м, т.к. в нашем случае отклонения вычисленных R_1; R_2; R_3; R_4 от $R_{ср}$ велики из-за разности условий опытов принимаем R = (27 ± 1) Н/м.

Лабораторная работа № 3
«Измерение коэффициента трения скольжения»

Требуется определить коэффициент трения скольжения деревянного бруска, скользящего по деревянной линейке.

Сила трения скольжения $F_{тр} = \mu N$, где N – реакция опоры; μ – коэффициент трения скольжения, откуда $\text{ì} = \frac{F_{тр}}{\text{ì}}$. Сила трения по модулю равна силе, направленной параллельно поверхности скольжения, которая требуется для равномерного перемещения бруска с грузом. Реакция опоры по модулю равна весу бруска с грузом. Измерения обоих сил проводятся при помощи школьного динамометра. При перемещении бруска по линейке важно добиться равномерного его движения, чтобы показания динамометра оставались постоянными и их можно было точнее определить.

Выполнение работы:

№ опыта	Вес бруска с грузом P, Н	Сила трения $F_{тр}$, Н	μ
1	1,35	0,4	0,30
2	2,35	0,8	0,34
3	3,35	1,3	0,38
4	4,35	1,7	0,39

Вычисления:

$$\text{ì} = \frac{F_{тр}}{N}$$

$$\text{ì}_1 = \frac{0{,}4\ \text{Н}}{1{,}35\ \text{Н}} = 0{,}30$$

$$\text{ì}_3 = \frac{1{,}3\ \text{Н}}{3{,}35\ \text{Н}} = 0{,}38$$

$$\text{ì}_2 = \frac{0{,}8\ \text{Н}}{2{,}35\ \text{Н}} = 0{,}34$$

$$\text{ì}_4 = \frac{1{,}7\ \text{Н}}{4{,}35\ \text{Н}} = 0{,}39$$

$$\text{ì}_{ср} = \frac{\text{ì}_1 + \text{ì}_2 + \text{ì}_3 + \text{ì}_4}{4} = \frac{0{,}30 + 0{,}34 + 0{,}38 + 0{,}39}{4} = 0{,}35.$$

Рассчитаем относительную погрешность:

Так как $\mu = \frac{F_{тр}}{P}$; $\quad \varepsilon_\mu = \varepsilon_{Fтр} + \varepsilon_p = \frac{\Delta F_{тр}}{F_{тр}} + \frac{\Delta P}{P}$.

Видно, что наибольшая относительная погрешность будет в опыте с наименьшим грузом, т.к. знаменатель меньше

$$\varepsilon_{\mu} = \frac{0{,}05\ \text{Н}}{0{,}4\ \text{Н}} + \frac{0{,}05\ \text{Н}}{1{,}35\ \text{Н}} = 0{,}125 + 0{,}04 = 0{,}129 \approx 0{,}13.$$

Рассчитаем абсолютную погрешность

Так как ì $= \dfrac{F_{\text{тр}}}{P}$ $\varepsilon_{\mu} = \varepsilon_{F\text{тр}} + \varepsilon_{P} = \dfrac{\Delta F_{\text{тр}}}{F_{\text{тр}}} + \dfrac{\Delta P}{P}$.

Видно, что наибольшая относительная погрешность будет в опыте с наименьшим грузом, т.к. знаменатель меньше.

$$\varepsilon_{\mu} = \frac{0{,}05\ \text{Н}}{0{,}4\ \text{Н}} + \frac{0{,}05\ \text{Н}}{1{,}35\ \text{Н}} = 0{,}125 + 0{,}04 = 0{,}129 \approx 0{,}13.$$

Рассчитаем абсолютную погрешность

$\Delta\mu = \mu_{\text{ср}} \cdot \varepsilon_{\mu} = 0{,}35 \cdot 0{,}13 = 0{,}0455 \approx 0{,}05.$

Полученный в результате опытов коэффициент трения скольжения можно записать как: $\mu = 0{,}35 \pm 0{,}05$.

Лабораторная работа № 4

«Изучение движения тела, брошенного горизонтально»

Первой целью работы является измерение начальной скорости, сообщенной телу в горизонтальном направлении при его движении под действием силы тяжести. Измерение производится при помощи установки описанной и изображенной в учебнике. Если не принимать в расчет сопротивление воздуха, то тело, брошенное горизонтально, движется по параболической траектории. Если выбрать за начало координат точку начала полета шарика, то координаты его с течением времени изменяются следующим образом: $x = V_0 t$, а $y = -\dfrac{gt^2}{2}$.

Расстояние, которое шарик пролетает до момента падения (l), это значение координаты x в момент, когда $y = -h$, где h – высота падения, отсюда можно получить в момент падения

$$-h = -\frac{gt^2}{2}; \qquad l = V_0 t;$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}; \qquad V_0 = l\sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Выполнение работы:

1. Определение начальной скорости:

№ опыта	h, м	l, м	$l_{ср}$, м	V_0 м/с	$V_{0ср}$ м/с
1	0,2	0,16		0,79	
2	0,2	0,14		0,69	
3	0,2	0,15	0,15	0,74	0,74
4	0,2	0,135		0,67	
5	0,2	0,165		0,82	
6	0,2	0,145		0,71	

Вычисления:

$$\frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6}{6} = 0{,}15 \text{ м}$$

$$V_0 = l_{ср} \cdot \sqrt{\frac{g}{2h}} = 0{,}15\sqrt{\frac{9{,}8м{,}8^2}{2 \cdot 0{,}2м}} = 0{,}74 \text{ м/с.}$$

2. Построение траектории движения тела:

t, с	0,5	1	1,5	2
x, м	0,037	0,074	0,111	0,148
y, м	–0,012	–0,049	–0,11	–0,19

Вычисления $x = V_0 \cdot t$; $y = -\frac{gt^2}{2}$

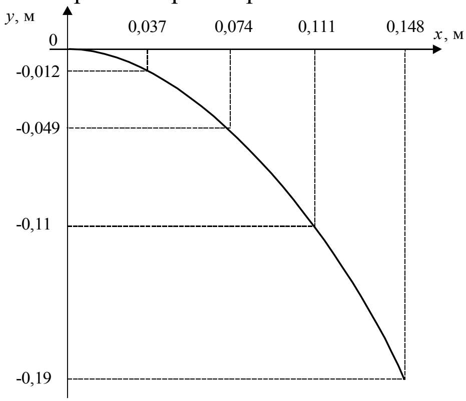
1. $x = 0{,}74 \cdot 0{,}05 = 0{,}037$ $\quad y = -\frac{9.81 \cdot (0{,}05)^2}{2} = -0{,}012$

2. $x = 0{,}74 \cdot 0{,}1 = 0{,}074$ $\quad y = -\frac{9.81 \cdot (0{,}1)^2}{2} = -0{,}049$

3. $x = 0{,}74 \cdot 0{,}15 = 0{,}111$ $\quad y = -\frac{9.81 \cdot (0{,}15)^2}{2} = -0{,}11$

4. $x = 0{,}74 \cdot 0{,}2 = 0{,}148$ $\quad y = -\frac{9.81 \cdot (0{,}2)^2}{2} = -0{,}19$

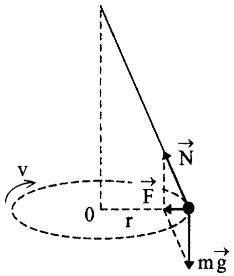
Построение траектории:



Траектория, построенная вами, несколько отличается от реальной, которую вы можете наблюдать во время опытов, так как не учитывает сопротивления воздуха.

Лабораторная работа № 5

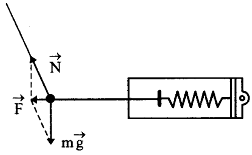
«Изучение движения тела по окружности под действием сил упругости и тяжести»



Груз из набора по механике, подвешенный на закрепленную в верхней точке нить, движется в горизонтальной плоскости по окружности радиуса r под действием двух сил: силы тяжести $\vec{F}_т = m\vec{g}$ и силы упругости $\vec{N}$.

Равнодействующая этих двух сил $\vec{F}$ направлена горизонтально к центру окружности и сообщает грузу центростремительное ускорение.

T – период обращения груза по окружности. Его можно вычислить подсчитав время, за которое груз совершает некоторое число полных оборотов $T = \frac{t}{h}$. Центростремительное ускорение рассчитаем по формуле $a = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$.



Теперь, если взять динамометр и прикрепить его к грузу, как показано на рисунке, можно определить силу $\vec{F}$ (равнодействующую сил $m\vec{g}$ и $\vec{N}$.

Если груз отклонен от вертикали на расстояние r, как и при движении по окружности, то сила $\vec{F}$ равна той силе, которая вызывала движение груза по окружности. Мы получаем возможность сравнить значение силы $\vec{F}$, полученное путем прямого измерения и силы $m\vec{a}$, рассчитанной по результатам косвенных измерений и сравнить отношение $\frac{\vec{F}}{m\vec{a}}$ с единицей. Для того, чтобы радиус окружности, по которой движется груз, изменялся вследствие влияния сопротивления воздуха медленнее и изменение это незначительно влияло на измерения, следует выбирать его небольшим (порядок 0,05÷0,1 м).

Выполнение работы

№ опыта	t, с	$t_{ср}$, с	n	m, кг	r, м	a, м/с^2	F, Н

Вычисления

$$t_{ср}=\frac{t_1+t_2+t_3+t_4}{4}=\frac{15с+12с+13с+14с}{4}=13{,}5\ с$$

$$T=\frac{t_{ср}}{n}=\frac{13{,}5}{10}=1{,}35\ с \quad a=\frac{4\cdot(13{,}4)^2\cdot 0{,}05м}{(13{,}5с)^2}=1{,}082\ м/с^2$$

$$ma = 0{,}1кг\cdot 1{,}082\ м/с^2 = 0{,}108 \quad F\approx 0{,}1Н\ \frac{F}{ma}=0{,}93$$

Оценка погрешностей.

Точность измерения: линейка – $\Delta r = \pm 0{,}0005$ м

секундомер – $\Delta t = \pm 0{,}5$ с

динамометр –$\Delta F = \pm 0{,}05$ Н

Подсчитаем погрешность определения периода (если считать, что число n определено точно):

$$\varepsilon_T=\frac{\Delta T}{T}=\frac{\Delta t}{t_{ср}}=\frac{0{,}5с}{13{,}5}=0{,}04\ (4\%)$$

Погрешность определения ускорения подсчитаем как:

$$\varepsilon_a=\frac{\Delta a}{a}=\frac{\Delta r}{r}+2\cdot\frac{\Delta T}{T}=\frac{0{,}0005м}{0{,}05м}+2\cdot 0{,}04=0{,}05\ (5\%)$$

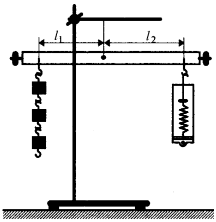
Погрешность определения ma $\varepsilon_{ma}=\varepsilon_m+\varepsilon_a=\frac{0{,}002}{0{,}1}+0{,}05=0{,}07$ (7%), то есть ma = (0,108±0,008) Н. С другой стороны, силу F мы измерили со следующей погрешностью: $\varepsilon_F=\frac{\Delta F}{F}=\frac{0{,}05Н}{0{,}1Н}=0{,}5\ (50\%)$

Такая погрешность измерения, конечно, очень велика. Измерения с такими погрешностями годны только для приблизительных оценок. Отсюда видно, что отклонение отношение $\frac{F}{ma}$ от единицы может быть существенным при использовании примененных нами способов измерения*.

Лабораторная работа № 6

«Изучение равновесия тел под действием нескольких сил»

Основной целью работы является установление соотношения между моментами сил, приложенных к телу с закрепленной осью вращения при его равновесии. В нашем случае в качестве такого тела мы используем рычаг. Согласно правилу моментов, чтобы такое тело находилось в равновесии, необходимо чтобы алгебраическая сумма моментов сил относительно оси вращения была равна нулю.



Рассмотрим такое тело (в нашем случае рычаг). На него действуют две силы: вес грузов $\vec{P}$ и сила $\vec{F}$ (упругости пружины динамометра), чтобы рычаг находился в равновесии и моменты этих сил должны быть равны по модулю меду собой. Абсолютные значения моментов сил $\vec{F}$ и $\vec{P}$ определим соответственно: $M_1 = Pl_1$; $M_2 = Fl_2$.

Выводы о погрешности экспериментальной проверки правила моментов можно сделать сравнив с единицей отношение: $\frac{M_1}{M_2}$.

Средства измерения: линейка ($\Delta l = \pm 0{,}0005$ м), динамометр ($\Delta F = \pm 0{,}05$ Н). Массу грузов из набора по механике полагаем равной ($0{,}1 \pm 0{,}002$) кг.

Выполнение работы

№ опыта	l_1, м	l_2, м	P=mg, Н	F, Н	M_1, нм	M_2, нм	M_1/M_2
1	0,1	0,35	4	1,1	0,4	0,385	1,04
2	0,2	0,15	2	2,7	0,4	0,405	0,99
3	0,3	0,1	1	3	0,3	0,3	1

[1*] Так что вам не следует смущаться, если в этой лабораторной работе отношение $\frac{F}{ma}$ будет отличным от единицы. Просто аккуратно оцените все погрешности измерений и сделайте соответствующий вывод.

Вычисления: $M_1 = P\,l1$, $M_2 = F\,l_2$

1) $M_1 = 4Н \cdot 0{,}1м = 0{,}4$ Н·м $\quad M_2 = 1{,}1Н \cdot 0{,}35м = 0{,}385$ Н·м

$\frac{M_1}{M_2} = 1{,}04$

2) $M_1 = 2Н \cdot 0{,}2м = 0{,}4$ Н·м $\quad M_2 = 2{,}7Н \cdot 0{,}1\ 5м = 0{,}405$ Н·м

$\frac{M_1}{M_2} = 0{,}99$

3) $M_1 = 1Н \cdot 0{,}3м = 0{,}3$ Н·м $\quad M_2 = 3Н \cdot 0{,}1$ м$= 0{,}3$ Н·м $\quad \frac{M_1}{M_2} = 1$

Оценим погрешности: $\varepsilon_{\frac{M_1}{M_2}} = \varepsilon_{M1} + \varepsilon_{M2} = \varepsilon_P + \varepsilon_l + \varepsilon_F + \varepsilon_l$

$$\varepsilon_P = \varepsilon_m + \varepsilon_g = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta g}{g} = \frac{0{,}002кг}{0{,}1кг} + \frac{0{,}2м/с^2}{10м/с^2} = 0{,}04$$

В 1-м опыте отклонение от единицы максимально и составляет $(1{,}04 - 1) \times 100\% = 4\%$. Для первого опыта:

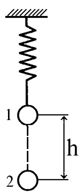
$$\varepsilon_{\frac{M_1}{M_2}} = 0{,}04 + \frac{0{,}0005м}{0{,}1м} + \frac{0{,}05н}{1{,}1н} + \frac{0{,}0005м}{0{,}35м} = \underline{0{,}04} + 0{,}005 + 0{,}045 + 0{,}001$$

Поскольку ε_p = const и не зависит от количества грузов, ясно, что $\varepsilon_{\frac{M_1}{M_2}}$ в любом опыте меньше, чем (относительная погрешность определения $\vec{P}$. Вывод. Во всех опытах отклонение $\frac{M_1}{M_2}$ от единицы лежит в пределах погрешности измерений.

Лабораторная работа № 7

«Изучение закона сохранения механической энергии»

Закон сохранения механической энергии. Полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих силами тяготения или силами упругости, остается неизменной при любых движениях тел системы $E_{p1} + E_{к1} = E_{p2} + E_{к2}$



Рассмотрим такое тело (в нашем случае рычаг). На него действуют две силы: вес грузов $\vec{P}$ и сила $\vec{F}$ (упругости пружины динамометра), чтобы рычаг находился в равновесии и моменты этих сил должны быть равны по модулю меду собой. Абсолютные значения моментов сил $\vec{F}$ и $\vec{P}$ определим соответственно: $M_1 = Pl_1$; $M_2 = Fl_2$.

Рассмотрим груз, прикрепленный к упругой пружине таким образом, как показано на рисунке. Вначале удерживаем тело в положении 1, пружина не натянута и сила упругости, действующая на тело равна нулю. Затем отпускаем тело и оно падает под действием силы тяжести до положения 2, в котором сила тяжести полностью компенсируется силой упругости пружины при удлинении ее на h (тело покоится в этот момент времени).

Рассмотрим изменение потенциальной энергии системы при переходе тела из положения 1 в положение 2. При переходе из положения 1 в положение 2 потенциальная энергия тела уменьшается на величину mgh, а потенциальная энергия пружины возрастает на величину $\frac{kh^2}{2}$.

Целью работы является сравнение этих двух величин. Средства измерения: динамометр с известной заранее жесткостью пружины 40 Н/м, линейка, груз из набора по механике.

Выполнение работы:

№ опыта	$h=x_{max}$, м	$h_{ср}=x_{ñð}$, м	$E_{1ср}$, Дж	$E_{2ср}$, Дж	$\frac{E_{1ср}}{E_{2ср}}$
1 2 3 4 5	0,054 0,052 0,048 0,050 0,052	0,051	0,050	0,052	0,96

Вычисления: $h_{ср} = x_{ср} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5}{5} =$

$$= \frac{0{,}054\ м + 0{,}052\ м + 0{,}048\ м + 0{,}05\ м + 0{,}052\ м}{5} = 0{,}051\,м$$

$E_{1ср} = mgh_{ср} = 0{,}1\ кг \cdot 9{,}81\ м/с^2 \cdot 0{,}051\ м = 0{,}050$ Дж

$$E_{2ср} = \frac{R(x_{cp})^2}{2} = \frac{40\ Н/м\cdot(0{,}051\ м)^2}{2} = 0{,}052\ Дж.$$

Оценим погрешности:

$$\varepsilon_{\frac{E_1}{E_2}} = \varepsilon_{E_1} + \varepsilon_{E_2} = 2\varepsilon_x + \varepsilon_m + \varepsilon_x = 3\varepsilon_x + \varepsilon_m$$

$$\varepsilon_{\frac{E_1}{E_2}} = 3\frac{\Delta x}{x_{cp}} + \frac{\Delta m}{m} = 3\cdot\frac{0{,}0005\ м}{0{,}051\ м} + \frac{0{,}002\ кг}{0{,}1\ кг} = 0{,}05\ (5\%)$$

$$\Delta\frac{E_1}{E_2} = \frac{E_1}{E_2}\cdot 0{,}05 = 0{,}96\cdot 0{,}05 \approx 0{,}05$$

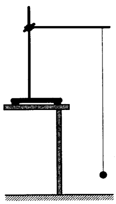
Отношение потенциальных энергий запишем как: $\frac{E_1}{E_2} = 0{,}96 \pm 0{,}05$,

откуда видно, что полученное отклонение от единицы лежит в пределах погрешности измерений.

Лабораторная работа № 8
«Измерение ускорения свободного падения с помощью маятника»

Изучая курс физики вам часто приходилось использовать в решении задач и других расчетах значение ускорения свободного падения на поверхности земли. Вы принимали значение g = 9,81 м/с^2, то есть с той точностью, которой вполне достаточно для производимых вами расчетов.

Целью данной лабораторной работы является экспериментальное установление ускорения свободного падения с помощью маятника. Зная формулу периода колебания математического маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ можно выразить значение g через величины, доступные простому установлению путем эксперимента и рассчитать g с некоторой точностью. Выразим $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$, где l – длина подвеса, а T – период колебаний маятника. Период колебаний маятника T легко определить, измерив время t, необходимое для совершения некоторого количества N полных колебаний маятника $T = \frac{t}{N}$. Математическим маятником называют груз, подвешенный к тонкой нерастяжимой нити, размеры которого много меньше длины нити, а масса – много больше массы нити. Отклонение этого груза от вертикали происходит на бесконечно малый угол, а трение отсутствует. В реальных условиях формула $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ имеет приблизительный характер.



Рассмотрим такое тело (в нашем случае рычаг). На него действуют две силы: вес грузов $\vec{P}$ и сила $\vec{F}$ (упругости пружины динамометра), чтобы рычаг находился в равновесии и моменты этих сил должны быть равны по модулю меду собой. Абсолютные значения моментов сил $\vec{F}$ и $\vec{P}$ определим соответственно:

$$M_1 = Pl_1; \; M_2 = Fl_2.$$

В лабораторных условиях для измерения с некоторой степенью точности можно использовать небольшой, но массивный металлический шарик, подвешенный на нити длиной 1–1,5 м (или большей, если есть возможность такой подвес разместить) и отклонять его на небольшой угол. Ход работы целиком понятен из описания ее в учебнике.

Средства измерения: секундомер ($\Delta t = \pm 0{,}5$ с); линейка или измерительная лента ($\Delta l = \pm 0{,}5$ см)

Выполнение работы:

№ опыта	l, м	N	t, с	$t_{ср}$, с	$T_{ср}$	$g_{ср}$, м/с^2
1	1,5	40	100			
2	1,5	40	98	99	2,475	9,657
3	1,5	40	99			

Вычисления:

$$t_{ср} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} = \frac{100\ с + 98\ с + 99\ с}{3} = 99\ с$$

$$T_{ср} = \frac{t_{ср}}{N} = \frac{99}{40} = 2{,}475 \qquad g_{ср} = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{4 \cdot (3{,}14)^2 \cdot 1{,}5\ м}{(2{,}475\ с)^2} = 9{,}657\ м/с^2.$$

Погрешность:

$$\varepsilon = \frac{|g_{ср} - g|}{g} \quad \frac{|9{,}657 - 9{,}81|}{9{,}81} = 0{,}015\ (1{,}5\%) \quad g = 9{,}81\ м/с^2.$$