**Департамент образования и социально-правовой защиты детства администрации города Нижнего Новгорода**
**муниципальное образовательное учреждение Лицей № 40**

603006, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Варварская д. 15 а, тел.: 433-19-49 факс: 433-21-61,
e-mail: lycee40@sandy.ru http://www.lic40nn.edusite.ru/

Методическое объединение учителей физики, основ физического эксперимента и астрономии

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 7-Х КЛАССОВ

Издание третье, исправленное

Авторы: А.В. Беликович
В.Ю. Ковалев
Р.Н. Шилков

Нижний Новгород, 2024

**Беликович А.В., Ковалев В.Ю., Шилков Р.Н.**
**Методические рекомендации и сборник задач по физике для учащихся 7-х классов.–** Нижний Новгород: ЛИЦЕЙ 40, 2024. 81с.

В пособии приведены методические рекомендации по обучению физики в 7-м классе для школ с углубленным изучением предмета, приведены примеры решения задач и большое количество задач для самостоятельной работы, а также методические рекомендации по обработке результатов экспериментов при проведении лабораторных работ.

Авторы и издательство приносят свои извинения за неточности, ошибки, опечатки и пр., допущенные при наборе и верстке текста

Компьютерный набор, чертежи и рисунки: Беликович А.В., Коробейников А.В.

Компьютерная верстка: Беликович А.В., Шилков Р.Н.

# I. Строение вещества.

## §1. Основные положения МКТ.

***Молекула*** — это мельчайшая частица вещества, сохраняющая его химические свойства.

*Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ):*

1) Все тела состоят из структурных единиц—молекул, атомов и ионов.

   Размеры атомов (молекул) равны $10^{-10}$ - $10^{-9}$ м.

2) Все молекулы, атомы и ионы хаотично и непрерывно движутся.

   Наиболее яркое доказательство - ***броуновское движение*** (ботаник Р. Броун, 1827 г.)хаотичное непрерывное движение мелких частиц, взвешенных в жидкости, происходящее из-за непрерывных беспорядочных соударений этих частиц с молекулами жидкости.

   ***Бро́уновское движе́ние*** — беспорядочное движение микроскопических видимых взвешенных частиц твёрдого вещества в жидкости или газе, вызываемое тепловым движением частиц жидкости или газа.

   Другой простой экспериментальный факт, доказывающий тепловое движение атомов вещества, - ***диффузия***.

   ***Диффузия*** - это процесс проникновения молекул одного вещества между молекулами другого.

   Скорость молекулы- составляет от 500м/с до 1100м/с при комнатной температуре

3) Все структурные единицы взаимодействуют между собой: на больших расстояниях притягиваются, на малых отталкиваются.

## §2. Свойства агрегатных состояний вещества:

**Твердое тело** сохраняет и форму и объем

**Жидкость** сохраняет объем , но не сохраняет форму.

**Газы** не сохраняют ни форму, ни объем. Заполняют весь предоставленный им объем.

***Агрегатные превращения (фазовые переходы).***

Плавление-кристаллизация — превращение из твёрдого состояния в жидкое и из жидкого в твёрдое.

Испарение-конденсация —превращение из жидкого состояния в газообразное и из газообразного в жидкое.

Сублимация-десублимация— превращение из твёрдого состояния в газообразное и из газообразного в твёрдое.

## §3. Зависимость характера теплового движения от агрегатного состояния вещества.

Хаотическое непрерывное движение молекул ( и других структурных единиц) тела называют **тепловым движением**. Характер теплового движения молекул зависит от того, в каком *агрегатном состоянии* (твердом, жидком или газообразном) находится вещество.

***В твердом теле*** атомы или молекулы совершают беспорядочные колебания около фиксированных центров (положений равновесия).

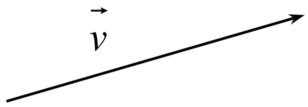
***В жидкости*** молекулы расположены достаточно близко друг к другу, Время, в течении которого молекула жидкости колеблется на одном месте называется **временем оседлой жизни.** Затем она делает скачок и меняет своё окружение. Это объясняет текучесть жидкостей.

***В газах*** расстояния между молекулами обычно значительно больше их размеров. Силы взаимодействия между молекулами на таких больших расстояниях малы, и каждая молекула движется вдоль прямой линии до очередного столкновения с другой молекулой или со стенкой сосуда.

# II. Элементы кинематики.

## §1. Скалярные и векторные физические величины. Сложение – вычитание векторов.

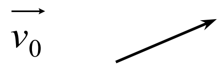
1. Физическая величина называется ***скалярной***, если она характеризуется только своим числовым значением. Есть скалярные величины, которые могут быть только положительными. Например, масса тела, давление. Есть скалярные величины, которые могут быть положительными и отрицательными. Например, электрический заряд, потенциальная энергия.

2. ***Вектор–*** <u>это направленный отрезок.</u> 

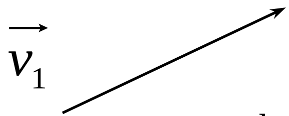
Физическая величина называется ***векторной***, если она имеет определённое направление и числовой значение. Числовое значение векторной величины ***называется модулем вектора***. Модуль вектора всегда положительная величина. На чертеже векторные величины принято изображать в виде стрелок, направление которых указывает направление вектора и длина пропорциональна модулю вектора. Векторные величины принято обозначать буквами со стрелкой вверху. Например, векторной величиной является скорость. Её обозначение – $\vec{v}$. На чертеже скорость обозначается в виде стрелочек:

Модуль вектора обозначается буквой без стрелочки. Например, $v = 5$ м/с.

3. Для умножения вектора на положительное число $k$ необходимо модуль вектора умножить на $k$. При этом направление вектора сохраняется, а длина изменяется в k раз. Например, дан вектор $\overrightarrow{v_0}$ :

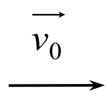



Для нахождения вектора $\overrightarrow{v_1} = 2 \cdot \overrightarrow{v_0}$ надо, сохраняя направление, длину стрелки увеличить в 2 раза:

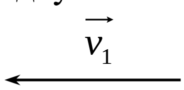



Для умножения вектора на отрицательное число -k надо модуль вектора умножить на k. При этом направление вектора меняется на противоположное, а длина вектора изменяется в k раз.

Например, дан вектор $\overrightarrow{v_0}$ :

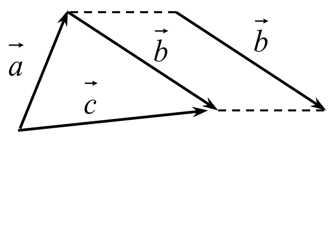



Для нахождения вектора $\overrightarrow{v_1} = -2 \cdot \overrightarrow{v_0}$ надо изменить направление стрелочки на противоположное и длину стрелочки увеличить в 2 раза:



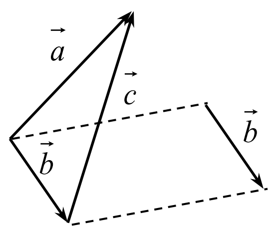

Рассмотрим правило сложения двух векторов. Пусть даны векторы $\vec{a}$ и $\vec{b}$.

Надо найти $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$.




Для сложения необходимо параллельным переносом совместить начало вектора $\vec{b}$ с концом вектора $\vec{a}$. Из начала вектора $\vec{a}$ проведём стрелочку к концу вектора $\vec{b}$. Это и будет искомый вектор $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$.

4. ***Правило вычитания векторов.***



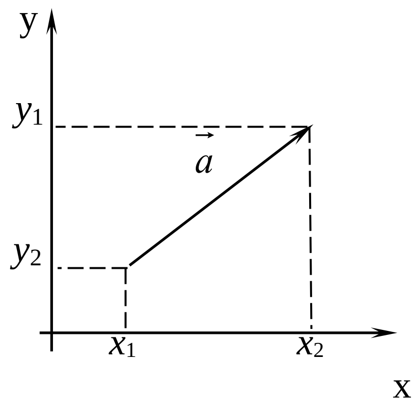

Пусть даны два вектора $\vec{a}$ и $\vec{b}$. Необходимо найти вектор $\vec{c} = \vec{a} - \vec{b}$.

Для этого параллельным переносом совместим начало вектора $\vec{b}$ с началом вектора $\vec{a}$. Из конца вычитаемого вектора $\vec{b}$ проведём стрелку к концу уменьшаемого вектора $\vec{a}$. Это и будет искомый вектор $\vec{c} = \vec{a} - \vec{b}$.

## §2. Проекции вектора на оси координат.

1. Пусть мы имеем вектор $\vec{a}$ и оси прямоугольной системы координат. Координаты начала вектора $x_1$ и $y_1$, координаты конца вектора $x_2$ и $y_2$.

2. Существенно, что шкалы координатных осей должны иметь ту же размерность, что и вектор $\vec{a}$. Например, если вектор $\vec{a}$ есть скорость, то шкалы координатных осей должны быть proградуированы в м/с.

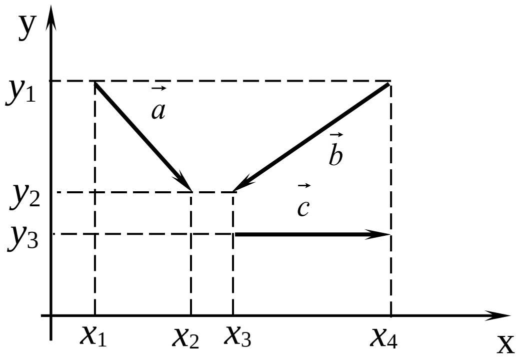



3. ***<u>Проекцией вектора</u>*** <u>$\vec{a}$ на ось называется величина, равная разности координат конца и начала вектора.</u>

$$a_x = x_2 - x_1,$$
$$a_y = x_2 - y_1.$$

4. В зависимости от положения вектора относительно осей координат проекции вектора могут быть положительными, отрицательными и равными нулю.

Например:




$$a_x = x_2 - x_1 > 0$$
$$a_y = y_2 - y_1 < 0,$$

$$b_x = x_3 - x_4 < 0$$
$$b_y = y_2 - y_1 < 0,$$

$$c_x = x_4 - x_3 > 0$$
$$a_y = y_3 - y_3 = 0 .$$

## §3. Система отсчёта.

1. Перемещение тел в пространстве относительно других тел с течением времени называется ***механическим движением***.

2. **Механическое движение относительно**. Это означает, что физические величины, описывающие механическое движение, относительно разных тел могут быть различны. Например, если мы стоим у дороги, то относительно столба, стоящего у дороги, мы покоимся. Относительно автомобиля, проезжающего мимо нас, мы движемся со скоростью 60 км/ч. Относительно пассажирского самолёта, пролетающего над нами, мы двигаемся со скоростью 900 км/ч. Относительно космической станции мы движемся со скоростью 30000 км/ч. Поэтому, для описания механического движения необходимо указать тело, относительно которого движение рассматривается. Это тело называется ***телом отсчёта***.

3. Телом отсчёта снабжается ***системой координат (осями OX, OY и OZ)***, с помощью которой можно определять физические величины, описывающие механическое движение.

4. Тело отсчёта снабжается также ***часами***, отсчитывающими промежутки времени относительно произвольно выбранного начала отсчёта.

5. Тело отсчёта, снабжённое системой координат и часами, называется ***системой отсчёта***.

6. ***Радиус-вектор*** – это вектор, соединяющий начало координат и материальную точку

## §4. Материальная точка. Траектория. Вектор перемещения. Путь.

1. Тело, размерами и формой которых при решении данной задачи можно пренебречь, называется ***материальной точкой***.

2. Одно и то же тело при решении одних задач можно считать материальной точкой, а при решении других нельзя. Например, при определении периода обращения Земли вокруг Солнца Землю можно считать материальной точкой. Если же мы решаем задачу об определении скорости движения автомобиля, Землю уже материальной точкой считать нельзя, но автомобиль – можно. Если мы определяем силу, с которой каждое колесо автомо-

биля давит на поверхность земли, то и автомобиль нельзя считать материальной точкой.

3. Линия, вдоль которой двигается материальная точка, называется ***траекторией***.

4. Траектории бывают прямолинейные и криволинейные.

5. Форма траектории зависит от выбора системы отсчёта.

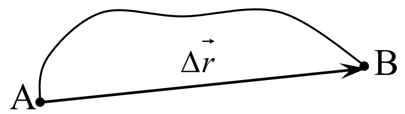
6. ***Путь*** *S* – это скалярная величина, равная длине отрезка траектории, пройденного материальной точкой за определённый промежуток времени $\Delta t$.

7. Путь измеряется в метрах или кратных или дольных величинах (километрах, сантиметрах, миллиметрах).

8. Путь – это всегда положительная величина ($S$>0). Кроме того путь – величина неубывающая. С увеличением времени от начала отсчёта путь может только возрастать или оставаться постоянным.

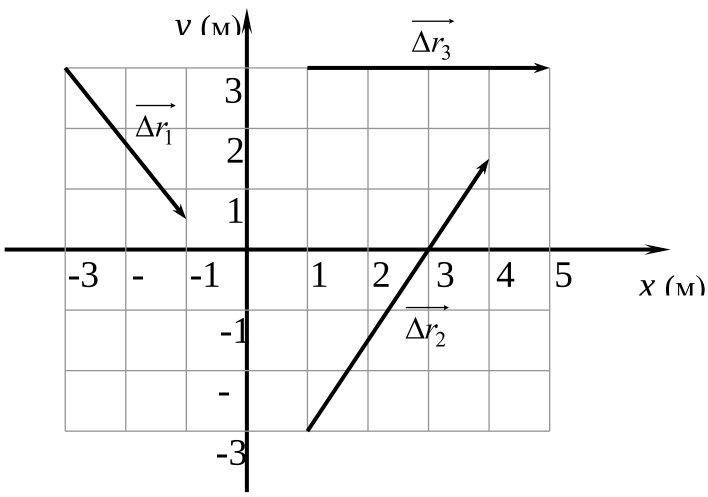
9. Вектор, направленный из начального положения материальной точки в её конечное положение называется ***вектором перемещения*** или ***перемещением***. Вектор перемещения обозначается $\overrightarrow{\Delta r}$.

Например, материальная точка движется по криволинейной траектории из точки А. Через промежуток времени $\Delta t$ она оказалась в точке В.




Вектор $\overrightarrow{\Delta r}$, направленный из точки А в точку В есть вектор перемещения.

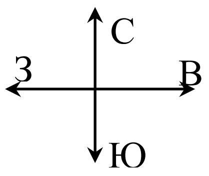
10. Пример решения задачи.
Определить проекции векторов перемещения на оси координат.




$\Delta r_{1x}$ = -1 - (-3) = 2 м.
$\Delta r_{1y}$ = 0,5 - 3 = -2,5 м.
$\Delta r_{2x}$ = 4 - 1 = 3 м.
$\Delta r_{2y}$ = 1,5 - (-3) = 4,5 м.
$\Delta r_{3x}$ = 5 - 1 = 4 м.
$\Delta r_{3y}$ = 3 - 3 = 0 м.

11. *Пример решения задачи.*

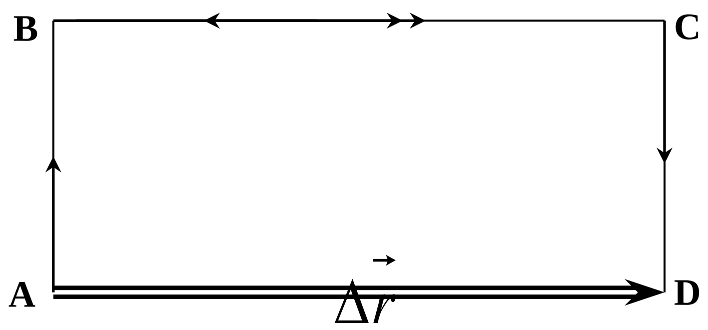
Патрульный самолёт, взлетев с аэродрома в точке **A**, взял курс на север и пролетел 400 км до точки **B**. Из точки **B** он повернул на восток и пролетел 700 км до точки **C**. Из точки **C** он возвратился в точку **B**, затем развернулся и снова полетел до точки **C**. Из точки **C** он полетел на юг и, пролетев 400 км, приземлился на запасном аэродроме в точке ***D***. Нарисовать траекторию движения самолёта. Масштаб – в 1 см 100 км. Нарисовать вектор перемещения самолёта и определить его модуль. Определить путь самолёта.




*Решение.*

Обычно на картах север располагается вверху, запад слева, восток справа и юг внизу.

Исходя из этого принципа, нарисуем ***траекторию*** движения самолёта.



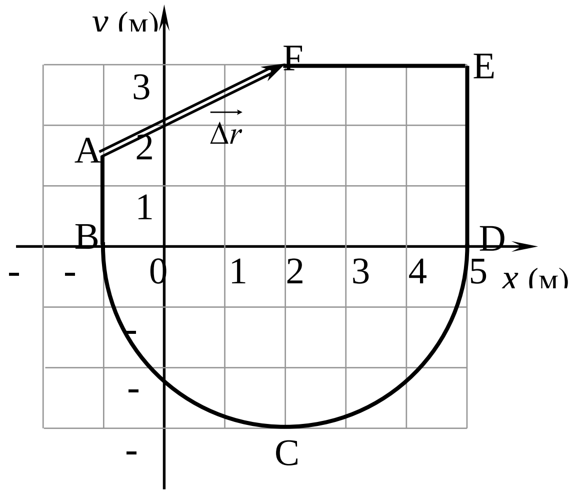

Стрелочки показывают направление движения самолёта. Две стрелочки показывают, что в этом направлении самолёт летел два раза. По определению вектор перемещения есть вектор, направленный из начальной точки **A** в её конечную точку **D**. Очевидно, модуль вектора перемещения равен $\Delta r$ = 700 км. Теперь рассчитаем путь $S$, который пролетел самолёт.

Расстояние **AB** = 400 км. Между точками **B** и **C** самолёт летал три раза, пролетев 2100 км. И расстояние между точками **C** и **D** равно 400 км.

Путь $S$ = 400 + 2100 + 400 = 2900 км.

12. *Пример решения задачи.*

Траектория движения материальной точки – **ABCDEF**. **BCD** – полуокружность. Нарисовать вектор перемещения и определить его модуль и проекции на координатные оси. Определить путь, пройденный материальной точкой.




*Решение.*

По определению вектор перемещения есть вектор, направленный из начальной точки **A** в конечную точку **F**. Длину вектора ***Δ r*** измерим линейкой. Его длина приблизительно равна 3,3 см. Отсюда из масштаба в 1 см 10 м находим модуль вектора перемещения ***Δ r*** ≈ 33 м.

Найдём проекции вектора перемещения: $\Delta r_x = x_2 - x_1 = 20 - (-10) = 30\,м,$

$\Delta r_y = y_2 - y_1 = 30 - 15 = 15\,м.$

Определим путь, пройденный материальной точкой:

$$S = S_{AB} + S_{BCD} + S_{DE} + S_{EF}.$$

Длина полуокружности $S_{BCD} = \pi R$, где $R$ – радиус полуокружности, R = 30 м.

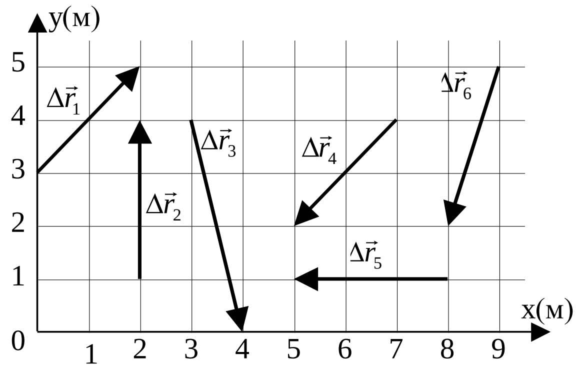
$$S_{BCD} = 3{,}14 \cdot 30 \approx 94 \text{ м}.$$

Следовательно, $S$ = 15 + 94 + 30 + 30 = 169 м.

## Задачи для самостоятельного решения.

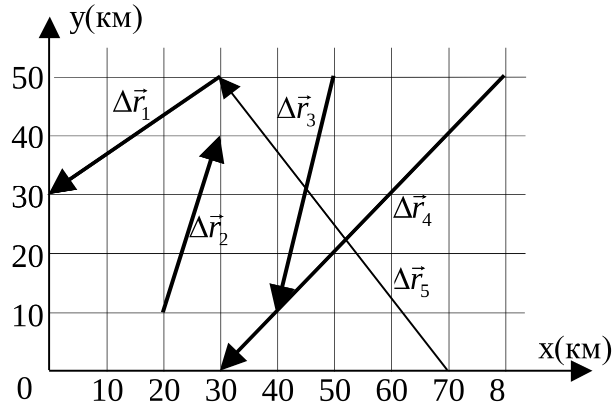
Задача 1.

Определить проекции векторов перемещения материальных точек на оси координат.



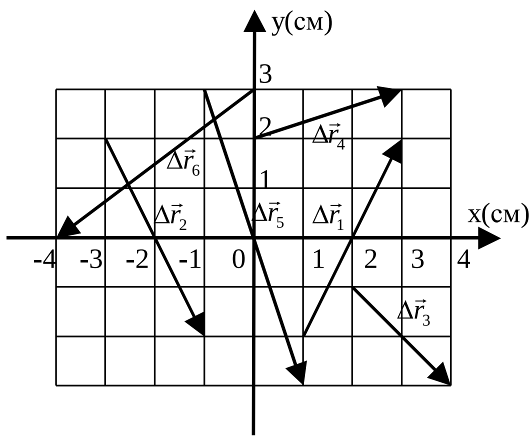
Задача 2.

Определить проекции векторов перемещения на оси координат.



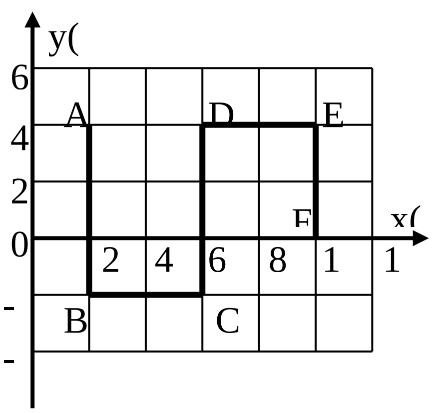
Задача 3.

Определить проекции векторов перемещения на оси координат.



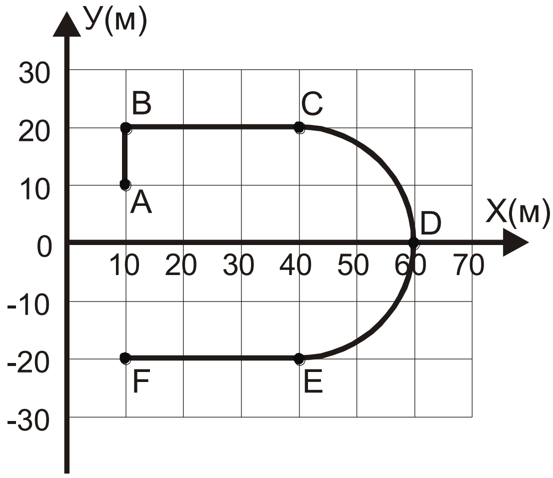
Задача 4.

ABCDEF – траектория движения материальной точки. Определить проекцию вектора перемещения на координатные оси и путь, пройденный материальной точкой.



Задача 5.

ABCDEF – траектория движения материальной точки. CDF – полуокружность. Определить путь, пройденный материальной точкой, модуль вектора перемещения и его проекции на координатные оси.

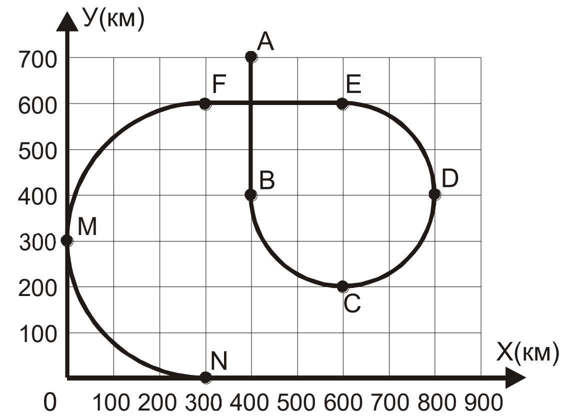



Задача 6.

Вертолет по прямой на север 40км, затем повернул на запад и пролетел 60км, повернул на юг и пролетел 40км, Нарисовать траекторию движения вертолета. Масштаб – в 1см 10км. Нарисовать вектор перемещения и определить его модуль. Определить путь вертолета.

Задача 7.

ABCDEFMN – траектория движения самолета. EDCB – три четверти окружности, FMN – полуокружность. Определить путь самолета. Нарисовать вектор перемещения и определить его модуль. Нарисовать проекции на оси координат.




Задача 8.

Катер проплыл по озеру в направлении на юг 60км, затем повернул на восток о проплыл 70км, потом на север 50км, на запад 60км, на юг 40км, на восток 40км и на север 50км. Нарисовать траекторию движения катера, масштаб выбрать самим. Определить путь катера. Нарисовать вектор перемещения и определить его модуль.

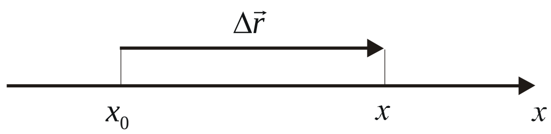
## §5. Скорость. Равномерное прямолинейное движение.

1. ***Скоростью*** называется векторная величина равная отношению вектора перемещения $\Delta\vec{r}$ к промежутку времени $\Delta t$, за который это перемещение произошло. $\vec{v} = \dfrac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$.

2. Скорость измеряется в *м/с*.

3. ***Движение называется равномерным и прямолинейным***, если в процессе движения скорость не изменяется ни по модулю, ни по направлению.

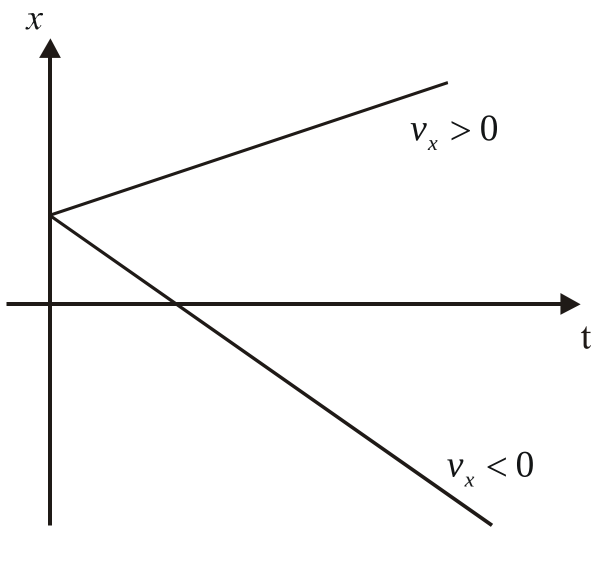
4. Пусть в момент времени $t_0=0$ материальная точка имела координату $x_0$.




$X_0$ —начальная координата. Спустя произвольное время t материальная точка будет иметь координату x, и изменение ее положения характеризуется вектором перемещения $\Delta\vec{r}$. Так как скорость постоянна, ее можно определить как $\vec{v} = \dfrac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$. Проекция скорости на координату x будет $v_x = \dfrac{x - x_0}{\Delta t}$. Отсюда получаем зависимость координаты от времени $x = x_0 + v_x\Delta t$. Изменение времени $\Delta t = t - t_0$. При условии, что $t_0 = 0$, $\Delta t = t$.

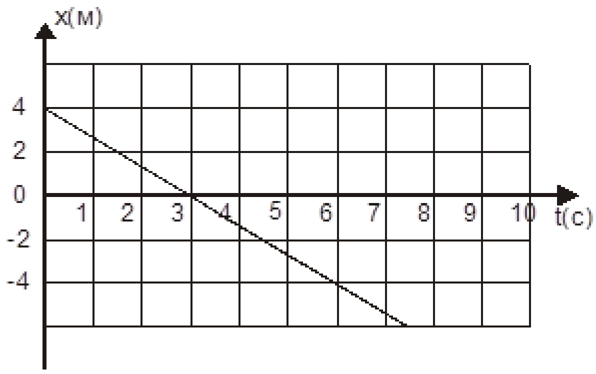
5. ***Уравнение движения для координаты:*** $\mathbf{x(t)=x_0+v_x \cdot t}$

6. График зависимости *x(t)* есть линейная функция. Если $v_x > 0$ функция будет возрастающей, $v_x < 0$ — функция убывающая.



7. *Пример решения задачи.*

По данному графику определить проекцию $v_x$ скорости материальной точки и ее начальную координату. Написать уравнение движения. Определить путь, пройденный материальной точкой за 4с.




Выбираем промежуток времени $\Delta t = t_2 - t_1$. Пусть $t_1=0$, $t_2=3$с.

Определяем x($t_1$)=x(0)=4м, x($t_2$)=x(3)=0м.

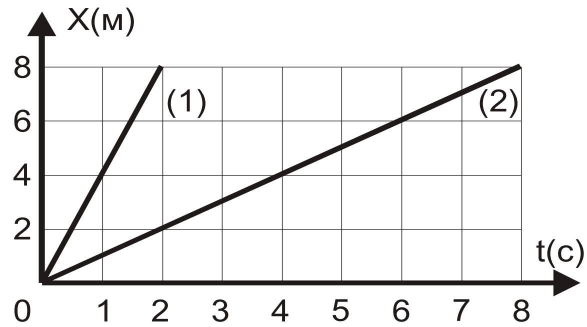
По определению $v_x = \dfrac{x - x_0}{t_2 - t_1}$. Подставляя полученные значения, будем иметь $v_x = \dfrac{0-4}{3-0} = -\dfrac{4}{3}\dfrac{м}{с}$.

Тогда уравнение движения $x = x_0 + v_x t = 4 - \dfrac{4}{3}t$.

**Задачи для самостоятельного решения.**

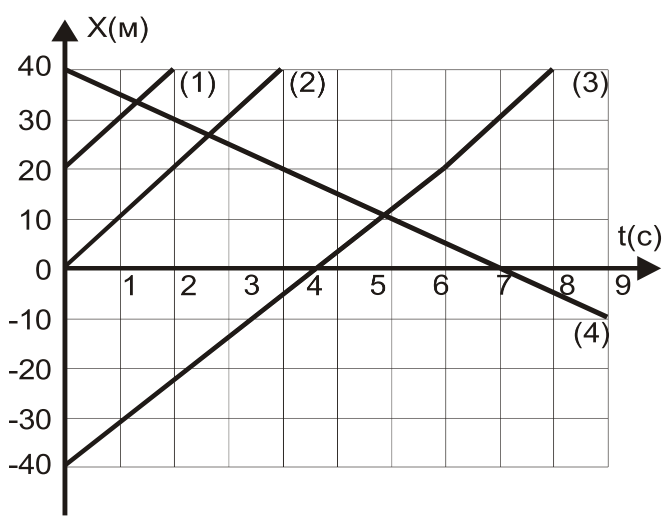
Задача 9.

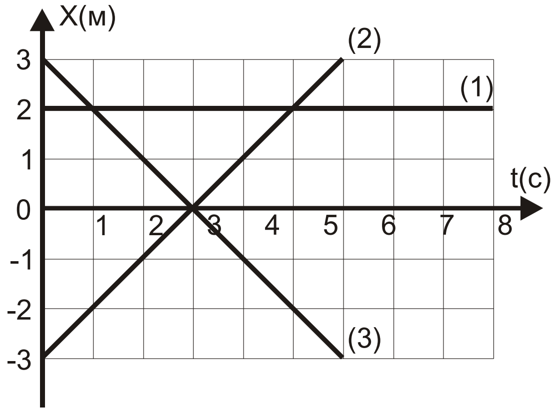
По данным графикам определить проекции скоростей движения материальных точек и их начальные координаты. Написать уравнения движений. Определить пути, пройденные материальными точками за 2с.




Задача 10.

По данным графикам определить проекции скоростей движения материальных точек и их начальные координаты. Написать уравнения движений. Определить координаты и время встречи точек (1), (2) и (3) с точкой (4). Определить путь, пройденный материальной точкой (4) за 5с.






Задача 11.

По данным графикам определить проекции скоростей движения материальных точек и их начальные координаты. Написать уравнения движений. Определить координаты и время встречи точек (1) и (2), (2) и (3), (1) и (3). Определить пути, пройденные материальными точками за 5 с.

Задача 12.

Движение двух материальных точек заданы уравнениями $x_1$=4-0,5t и $x_2$=1,5t. Построить графики зависимости x(t). Найти место и время встречи аналитически, по графикам.

Задача 13.

Движение трех материальных точек заданы уравнениями $x_1$=2-2t, $x_2$=2t-4 и $x_3$=1+t. Построить графики зависимости x(t). Найти пути, которые проходят материальные точки за 5с.

Задача 14.

Движение трех материальных точек заданы уравнениями $x_1$=5t-15, $x_2$=20-2t и $x_3$=5+t. Построить графики зависимости x(t). Определить координаты и время встречи. Найти пути, которые проходят материальные точки до встречи.

Задача 15.

Два пешехода идут навстречу друг другу. В начальный момент времени расстояние между пешеходами было 18м. Первый пешеход идет со скоростью 2м/с, а второй со скоростью 1 м/с. Написать уравнения движения пешеходов в системе отсчета, связанной с землей, приняв за начало координат место нахождения первого пешехода в начальный момент времени. Построить графики движения пешеходов. Найти место и время встречи.

Задача 16.

По прямому шоссе в одном направлении движутся два велосипедиста. Скорость первого велосипедиста 3м/с. Второй догоняет его со скоростью 5м/с. Расстояние между велосипедистами в начальный момент времени равно 16м. Написать уравнения движений, в системе отсчета, связанной с землей, приняв за начало координат место нахождения второго велосипедиста в начальный момент времени. Построить графики движений (рекомендуемые масштабы в 1см – 5м, в 1см – 1с). Найти место и время встречи.

Задача 17.

Два автомобиля движутся навстречу друг другу со скоростями 72кмч и 54кмч. В начальный момент времени расстояние между автомобилями было 700м. Написать уравнения движений в системе отсчета, связанной с землей, приняв за начало координат место нахождения первого автомобиля. Построить графики движений в масштабе в 1см–100м и в 1см – 2с. Найти место и время встречи.

Задача 18.

По прямой дороге со скоростью 2м/с идет пешеход. Его догоняет велосипедист. В начальный момент времени расстояние между пешеходом и велосипедистом 60м. С какой скоростью должен ехать велосипедист, чтобы догнать пешехода за 100с? На каком расстоянии от первоначального места нахождения велосипедиста он догонит пешехода?

## §6. Средняя скорость неравномерного движения.

1. ***Средняя скорость перемещения***– это векторная величина, равная отношению всего перемещения ко всему затраченному

2. ***Средней путевой скоростью неравномерного движения*** называется скалярная величина, равная отношению всего пути *S*, пройденного материальной точкой за промежуток времени $\Delta t$, к величине этого промежутка времени:

$$v_{cp} = \frac{S}{\Delta t}.$$

3. *Пример решения задачи.*

Материальная точка за время $t_1$=20с двигалась со скоростью 5м/с, а оставшееся время $t_2$=10с — со скоростью 20м/с. Определить среднюю скорость движения материальной точки.

***Анализ.***

По определению $v_{cp} = \frac{S}{\Delta t}$.

Общий путь $S = v_1 t_1 + v_2 t_2$.

Общее время движения $t = t_1 + t_2$.

Отсюда выводим окончательную формулу:

$$v_{cp} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t_1 + t_2}.$$

***Вычисления.***

$$v_{ср} = \frac{5 \cdot 20 + 20 \cdot 10}{20 + 10} = 10\,\frac{м}{с}\,.$$

4. *Пример решения задачи*.

Первую четверть времени движения мотоциклист проехал со скоростью 15м/с, затем половину времени со скоростью 10м/с, и оставшуюся четверть времени со скоростью 25м/с. Определить среднюю скорость движения.

***Анализ.***

Средняя скорость $v_{ср} = \dfrac{S}{t}$.

Путь, который проехал мотоциклист $S = \dfrac{1}{4}v_1 t + \dfrac{1}{2}v_2 t + \dfrac{1}{4}v_3 t$.

Вынесем t за скобки и приведем к общему знаменателю:

$$S = t\left(\frac{v_1 + 2v_2 + v_3}{4}\right).$$

Тогда $v_{ср} = \dfrac{S}{t} = \dfrac{v_1 + 2v_2 + v_3}{4}$.

***Вычисление.***

$$v_{ср} = \frac{15 + 2 \cdot 10 + 25}{4} = 12{,}5\,\frac{м}{с}\,.$$

5. *Пример решения задачи.*

Две пятых пути материальная точка двигалась со скоростью $v_1$=8м/с, а оставшиеся три пятых пути — со скоростью 12м/с. Определить среднюю скорость движения материальной точки.

***Анализ.***

Находим общее время движения:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{2}{5}\frac{S}{v_1} + \frac{3}{5}\frac{S}{v_2}.$$

Приведем к общему знаменателю:

$$t = \frac{2v_2 + 3v_1}{5v_1v_2}S.$$

Отсюда средняя скорость:

$$v_{cp} = \frac{S}{t} = \frac{5v_1v_2}{2v_2 + 3v_1}.$$

***Вычисления.***

$$v_{cp} = \frac{5\cdot 8\cdot 12}{2\cdot 12 + 3\cdot 8} = 10\,\frac{м}{c}.$$

**Задачи для самостоятельного решения.**

Задача 19.

Автомобиль движется в течение времени $t_1$=20с со скоростью $v_1$=5м/с, а затем в течение времени $t_2$=30с со скоростью $v_2$=11м/с. Определить среднюю скорость движения автомобиля.

Задача 20.

Пешеход за 1 час прошел 7,2км, а затем в течение 2-х часов шел со скоростью 1м/с. Определить среднюю скорость движения пешехода.

Задача 21.

Мотоцикл первую половину пути ехал со скоростью $v_1$=30м/с, а вторую со скоростью $v_2$=15м/с. Определить среднюю скорость движения на всем пути.

Задача 22.

Первую половину времени движения катер шел со скоростью 12 км/ч, а вторую половину со скоростью 18 км/ч. Определить среднюю скорость катера на всем пути.

Задача 23.

Велосипедист одну треть времени движения ехал со скоростью $v_1$=30км/ч, а оставшееся время со скоростью $v_2$=12км/ч. Определить среднюю скорость движения велосипедиста на всем пути.

Задача 24.

Первую треть времени движения пешеход двигался со скоростью $v_1$=5,5км/ч, вторую треть со скоростью $v_2$=3,5км/ч и оставшеюся треть со скоростью $v_3$=3км/ч. Определить среднюю скорость пешехода на всем пути.

Задача 25.

Четвертую часть пути материальная точка прошла со скоростью $v_1$, а оставшуюся часьт пути со скоростью $v_2$. Определить среднюю скорость на всем пути.

Задача 26.

Треть пути велосипедист ехал со скоростью $v_1$=15м/с, а оставшиеся две трети пути со скоростью $v_1$=5м/с. Определить среднюю скорость велосипедиста на всем пути.

Задача 27.

Четыре пятых всего пути материальная точка прошла со скоростью $v_1$ и оставшуюся часть пути со скоростью $v_2$. Определить среднюю скорость на всем пути.

Задача 28.

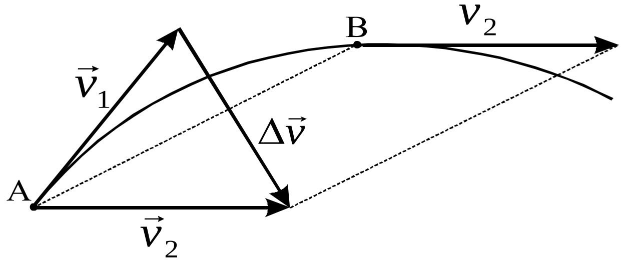
Четыре пятых всего времени движения материальная точка прошла со скоростью $v_1$, а оставшееся время со скоростью $v_2$. Определить среднюю скорость движения материальной точки.

Задача 29.

Первую треть пути материальная точка прошла со скоростью $v_1$, вторую со скоростью $v_2$, и оставшийся путь со скоростью $v_3$. Определить среднюю скорость на всем пути.

## §7. Ускорение. Равноускоренное прямолинейное движение.

1. При движении материальной точки по траектории скорость ее может изменятся по модулю и направлению.



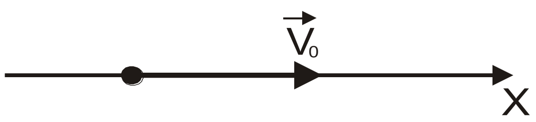

Пусть в точке А скорость, а спустя промежуток времени $\Delta t$ материальная точка, переместившись в точку В, стала иметь скорость $\vec{v}_2$. Найдем разность векторов $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$. Для этого параллельным переносом соединим начала векторов $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$ по правилу вычитания векторов находим вектор изменения скорости $\Delta\vec{v}$.

2. Векторная величина равная отношению вектора изменения скорости $\Delta\vec{v} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$ к промежутку времени $\Delta t$, за который это изменение произошло, называется ***ускорением***:

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}.$$

3. Прямолинейное движение, при котором вектор ускорения не изменяется, называется ***равноускоренным прямолинейным движением***.

4. Пусть в начальный момент времени скорость материальной точки равна $\vec{v}_0$. Спустя время $\Delta t$ от начала движения, скорость стала равной $\vec{v}_1$. Выберем ось *x* вдоль направления начальной скорости.




Тогда проекция ускорения на ось:

$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{\Delta t},$$

откуда $v_x = v_{0x} + a_x \Delta t$.

При условии, что начальный момент времени $t_0 = 0$, $\Delta t = t$.

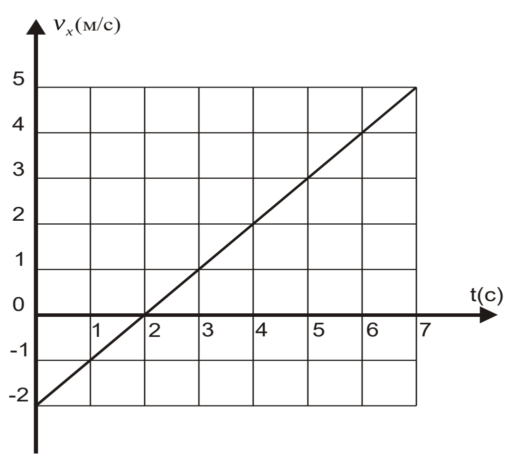
Это уравнение называется ***уравнением скорости*** для равноускоренного движения:

**$v_x(t)=v_{0x}+a_x \cdot t$**

5. Зависимость $v_x(t)$ называется графиком скорости. Для равноускоренного прямолинейного движения график скорости есть прямая линия.

6. *Пример решения задачи.*

По данному графику определить проекции начальной скорости и ускорения. Написать уравнение $v_x(t)$.




*Решение.*

Выберем промежуток времени $\Delta t$. Возьмем $t_1=0$, $t_2=4c$. Найдем значения скоростей в выбранные моменты времени, пользуясь данным графиком.

$$v_{1x}(t_1) = -2\frac{м}{с}. \qquad v_{2x}(t_2) = 2\frac{м}{с}.$$

Найдем проекцию ускорения, пользуясь формулой

$$a_x = \frac{v_{2x} - v_{1x}}{\Delta t} = \frac{2-(-2)}{4} = 1\frac{м}{с^2}$$

и напишем уравнение скорости для данного графика $v_x = v_{0x} + a_x t = -2 + t$.

7. *Пример решения задачи.*

Автомобиль, двигаясь со скоростью 20м/с, начинает торможение. Через 2с его скорость стала равной 14м/с. Определить, через сколько времени после начала торможения скорость автомобиля станет равной 5м/с.

*Решение.*

Выберем ось *x*, совпадающую по направлению с начальной скоростью автомобиля. Тогда $v_{0x}$=20м/с, $v_{1x}$=14м/с. Найдем проекцию ускорения на ось *x*:

$$a_x = \frac{v_{1x} - v_{0x}}{\Delta t} = \frac{14-20}{2} = -3\frac{м}{с}$$

и напишем уравнение скорости:

$$v_x = v_{0x} + a_x t = 20 - 3t.$$

Пользуясь уравнением скорости находим искомое время:

$$t = \frac{v_x - v_{0x}}{a} = \frac{5-20}{-3} = 5с.$$

**Задачи для самостоятельного решения.**

Задача 30.

Зависимость скорости от времени при равноускоренном движении материальных точек даны формулами:

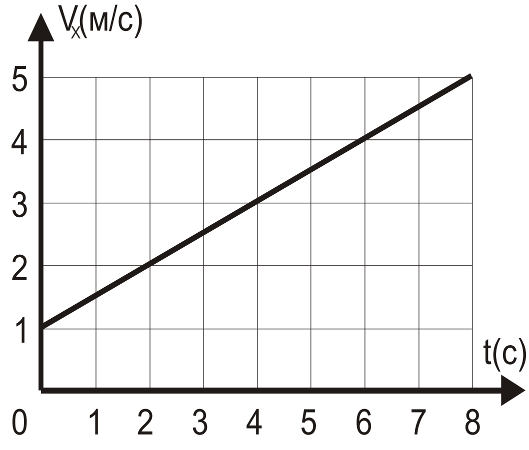
$\upsilon_{1x}$=2+4t; $\upsilon_{2x}$=5t-3; $\upsilon_{3x}$=2t;

$\upsilon_{4x}$= –t; $\upsilon_{5x}$=2-3t; $\upsilon_{6x}$=–7,5t–1.

Для каждого движения определить начальные скорости и проекции начальных скоростей на ось x. Определить ускорение материальных точек и проекции ускорений на ось x.

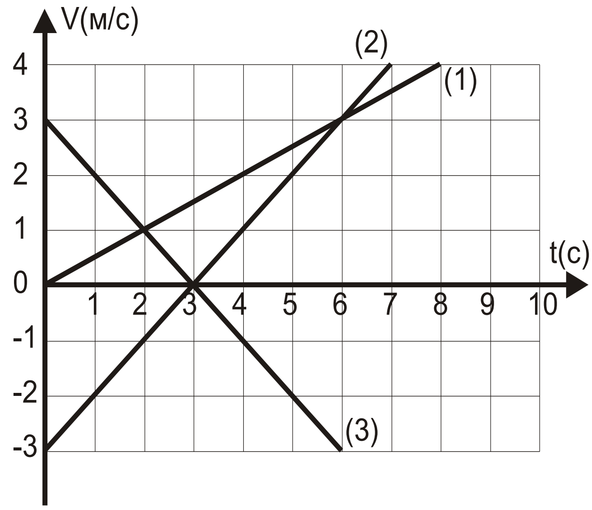
Задача 31.

Пользуясь графиком проекции скорости найти начальную скорость, скорости в начале третьей и в конце четвертой секунд. Определить проекцию ускорения на ось x и написать уравнение $\upsilon_x$(t).



Задача 32.

По данным графикам определить проекции начальных скоростей и ускорений. Написать уравнения $v_x(t)$. Определить скорости материальных точек в конце четвертой секунды. Объяснить, что обозначают точки пересечения графиков.

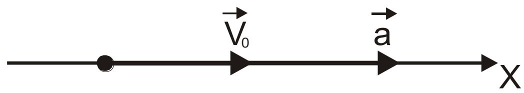



Задача 33.

Проекции скоростей двух материальных точек заданы уравнениями **$v_{1x}=-2+t$** и **$v_{2x}=2-0,5t$**. Построить графики $v_{1x}(t)$ и $v_{2x}(t)$.

Задача 34.

На рисунке показаны вектор скорости в начальный момент времени и вектор ускорения материальной точки. Написать уравнение и построить его график $v_x(t)$, если $v_0$=2м/с и a=1,5м/с$^2$.

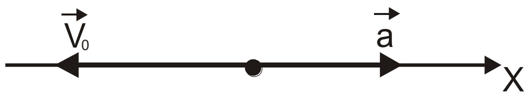



Задача 35.

На рисунке показаны вектор скорости в начальный момент времени и вектор ускорения материальной точки. Написать уравнение и построить его график $v_x(t)$, если $v_0$=1м/с и a=1,5м/с$^2$.

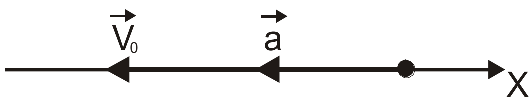

Задача 36.

На рисунке показаны вектор скорости в начальный момент времени и вектор ускорения материальной точки. Написать уравнение и построить его график $v_x(t)$, если $v_0$=2м/с и a=1м/с$^2$.




Задача 37.

На рисунке показаны вектор скорости в начальный момент времени и вектор ускорения материальной точки. Написать уравнение и построить его график $v_x(t)$, если $v_0$=0,5м/с и a=2м/с$^2$.



Задача 38.

Велосипедист двигается под углом с ускорением $0{,}5 м/с^2$. Начальная скорость велосипедиста 3м/с. Написать уравнение движения $v_x(t)$ и построить его график. Определить скорость велосипедиста через 6 секунд.

Задача 39.

Автомобиль через 10с после начала движения приобрел скорость 20м/с. Определить скорость автомобиля через 3с после начала движения.

Задача 40.

Автобус движется с ускорением. Через 2с после начала отсчета времени он приобрел скорость 4м/с, а после 6с после начала отсчета скорость 6м/с. Определить начальную скорость автобуса.

Задача 41.

Поезд, двигаясь со скоростью 72км/ч, начинает торможение. Через 25с его скорость уменьшилась до 54км/ч. Определить, через сколько времени после начала торможения поезд остановится?

# III. Элементы динамики материальной точки.

## §8.Первый закон Ньютона.

1. ***Закон инерции Галилея***. Тело сохраняет состояние покоя или равномерно прямолинейно движется до тех пор, пока внешнее воздействие не выведет его из этого состояния.

2. Закон инерции Галилея не определяет системы отсчёта, в которых он выполняется. Поэтому он нуждается в уточнении. Эти уточнения осуществил Ньютон, сформулировав свой первый закон.

3. Материальная точка называется ***свободной***, или ***изолированной***, если на неё не действуют другие тела.

4. ***Первый закон Ньютона***: существуют такие системы отсчёта, в которых свободная материальная точка движется равномерно и прямолинейно или покоится. Системы отсчёта, в которых выполняется первый закон Ньютона, называются инерциальными.

## §9. Масса.

1. ***Инерция*** — это явление сохранения телом скорости или состояния покоя, если на тело не действуют другие тела или действие других тел скомпенсировано.

2. ***Инертность*** — это свойство тел сохранять состояние покоя или равномерно прямолинейно двигаться , если на тело не действуют другие тела или действие других тел скомпенсировано.

3. Скалярная величина, являющаяся мерой инертности тела, называется ***инертной массой***.

4. Исаак Ньютон открыл закон, согласно которому все тела притягиваются друг к другу с определёнными силами. Этот закон называется законом Всемирного тяготения, а взаимодействие тел в соответствии с законом Всемирного тяготения – ***гравитационным взаимодействием***.

5. Скалярная величина, являющаяся характеристикой тела, определяющей его участие в гравитационном взаимодействии тел, называется ***гравитационной массой***.

6. В физике установлен принцип эквивалентности гравитационных и инертных масс. Поэтому их не различают и говорят просто масса тела. Масса измеряется в килограммах (кг).

## §10. Сила.

1. ***Силой*** называется векторная величина, являющаяся мерой воздействия на тело со стороны других тел или полей.

2. Сила полностью определена, если известны её ***модуль***, направление и ***точка приложения***.

3. Линия, вдоль которой действует сила, называется ***линией действия силы***.

4. ***Принцип независимости действия сил.*** Данная сила, действующая на тело, оказывает на него одинаковые воздействия, независимо от наличия или отсутствия других сил, действующих на тело.

5. Следствия принципа независимости действия сил. Если на материальную точку действует несколько сил, то их можно заменить одной силой, равной векторной сумме, которая называется ***равнодействующей силой***. ***Равнодействующая сила.*** **–** это векторная сумма всех сил, действующих на материальную точку**.**

6. В задачах механики встречаются следующие типы сил — сила тяжести, сила упругости и сила трения.

7. Сила измеряется в Ньютонах:

$$[F] = H = \frac{кг \cdot м}{с^2}.$$

## §11. Второй закон Ньютона.

1. ***Второй закон Ньютона***: Ускорение, приобретаемое материальной точкой в инерциальной системе отсчета прямо пропорционально равнодействующей силе, действующей на материальную точку, и обратно пропорционально массе материальной точки:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_p}{m}.$$

2. Чаще употребляется другая форма записи второго закона Ньютона:

$$m \cdot \vec{a} = \vec{F}_p.$$

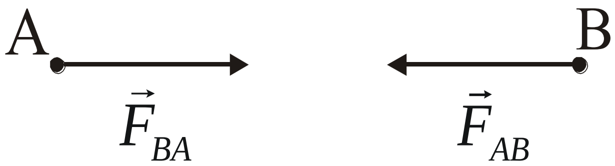
3. Для использования второго закона Ньютона при решении задач механики выбирают оси координат и записывают его в проекциях на оси. Например:

$$OX : ma_x = F_{px}$$

$$OX : ma_y = F_{py}$$

## §12.Третий закон Ньютона.

1. Если на данное тело действует сила, то это значит, что на него оказывает воздействие другое тело. Первое тело также оказывает воздействия на второе тело. Например, если тело притягивается к Земле, то и Земля также притягивается к телу. Закон взаимодействия двух тел устанавливает третий закон Ньютона.
2. ***Третий закон Ньютона***: две материальные точки взаимодействуют друг с другом с равными и противоположными по направлению силами.
3. Рассмотрим материальные точки *A* и *B*.




Пусть со стороны точки В на точку А действует сила $\overrightarrow{F_{AB}}$.

Тогда на точку В со стороны точки А будет действовать сила $\overrightarrow{F_{BA}}$.

По третьему закону Ньютона:

$$\overrightarrow{F_{AB}} = -\overrightarrow{F_{BA}}.$$

***Свойства сил, действующих по третьему закону Ньютона:***

1) Силы $\overrightarrow{F_{AB}}$ и $\overrightarrow{F_{BA}}$ **приложены к разным телам.** Поэтому нельзя находить их равнодействующую.
2) Силы $\overrightarrow{F_{AB}}$ и $\overrightarrow{F_{BA}}$ **всегда лежат на одной прямой.**
3) Силы $\overrightarrow{F_{AB}}$ и $\overrightarrow{F_{BA}}$ **всегда одной природы**.

Например, если одна сила – это сила упругости, то другая – обязательно сила упругости. Если $\overrightarrow{F_{AB}}$ – сила трения, то и $\overrightarrow{F_{BA}}$ – тоже сила трения.

## §13.Сила тяжести.

1. Сила, действующая на тело со стороны Земли, называется ***силой тяжести***. Сила тяжести – это сила гравитационного взаимодействия.

2. Если пренебречь отклонением формы Земли от шарообразной, то можно считать, что сила тяжести направлена к центру Земли.

3. Сила тяжести вычисляется по формуле: $\vec{F} = m\vec{g}$, где $\vec{g}$ – ускорение свободного падения.

4. Модуль ускорения свободного падения $g$ = 9,80665 м/с$^2$. ***Ускорение свободного падения*** **–** это ускорение, придаваемое телу силой тяжести.

5. Обычно при решении задач, если специально не оговаривается, берут приближённое значение $g$: g = 10 м/с$^2$.

### §14. Закон всемирного тяготения.

1. ***Закон Всемирного тяготения :*** две материальные точки массами $m_1$ и $m_2$ притягиваются друг к другу с силами прямо пропорциональными произведению их масс и обратно пропорциональными квадрату расстояния R между ними.

$$F = G\frac{m_1 m_2}{R^2}$$

2. ***Гравитационная постоянная G*** — это скалярная физическая величина, равная модулю силы взаимодействия между двумя материальными точками , массой в 1кг, находящихся на расстоянии 1м.

## §15. Сила упругости. Закон Гука.

1. Любое изменение формы и размеров тела называется ***деформацией***.

2. Деформация называется ***упругой***, если она полностью исчезает после прекращения действия деформирующих сил.

3. Деформация называется ***пластичной***, если при прекращении действия сил она полностью сохраняется.

4. Силы, возникающие при упругой деформации тел, называются ***силами упругости***.

5. Сила упругости приложена не к самому деформированному телу, а к телу, действие которого вызывает деформацию.

6. ***Виды деформации***:

   1) сжатие-растяжение

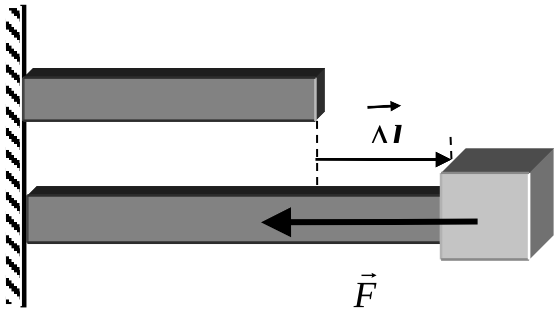
   2) сдвиг

   3) изгиб

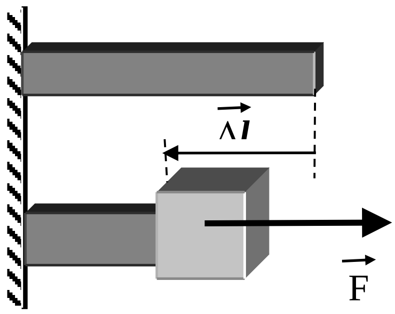
   4) кручение

7. Простейшим видом деформации является одномерное сжатие и растяжение тел.

Рассмотрим стержень *AB*, к концу *B* которого прикреплено тело. Стержень растягивают. Конец *B* при этом перемещается в точку $B_1$. Вектор $\overrightarrow{\Delta l}$, показывающий величину деформации стержня, называется ***вектором деформации растяжения***. При этом стержень действует на тело с силой упругости $\vec{F}$.




Аналогично можно рассмотреть сжатие стержня.




В этом случае $\vec{\Delta l}$ называется ***вектором деформации сжатия***.

8. ***Закон Гука***: сила упругости, возникающая при одномерной деформации сжатия (растяжения) прямо пропорциональна вектору деформации и обратна ему по направлению:

$$\vec{F_у} = -k\vec{\Delta l}\,.$$

9. Коэффициент $k$ называется ***жёсткостью тела.*** Он равен модулю силы, которую надо приложить к телу, чтобы оно удлинилось (или стало короче) на единицу длины:

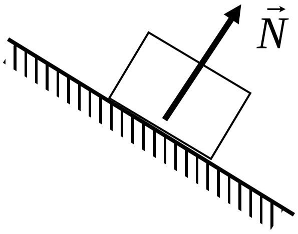
$$[k] = \frac{Н}{м}\,.$$

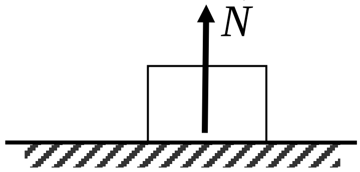
10. Тело, изменением формы и размеров которого можно при решении данной задачи можно пренебречь, называется ***абсолютно твёрдым телом***.

11. При воздействии на абсолютно твёрдое тело возникают силы упругости, но деформации при этом пренебрежимо малы. Таким образом, абсолютно твёрдым телом можно считать тело с очень большой жёсткостью.

## §16. Виды сил упругости, встречающихся в задачах по механике.

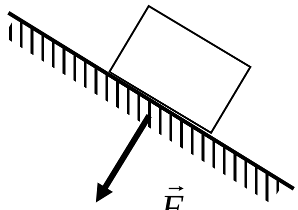
1. **Сила нормальной реакции опоры** $\vec{N}$ – эта сила, с которой опора действует на тело. Эта сила перпендикулярна поверхности.




Деформацией опоры при решении задач обычно пренебрегают, т. е. опора считается абсолютно твёрдой.

2. **Сила нормального давления** $\vec{F_{н.д.}}$ – это сила, с которой тело давит на опору. Она перпендикулярна опоре.




Существенно, что она приложена не к самому телу, а к опоре и, согласно третьему закону Ньютона, равна по модулю и противоположна по направлению нормальной реакции опоры $\vec{N}$:

$$\vec{F}_{н.д.} = -\vec{N}.$$

Для модулей этих сил справедливо равенство: $F_{HD.} = N$.

3. **Сила натяжения нити** $\vec{T}$ – это сила, с которой привязанная к телу нить действует на тело. Сила $\vec{T}$ направлена вдоль нити. Обычно, если это не оговаривается специально, нить считается невесомой и нерастяжимой.

4. **Вес тела** $\vec{P}$ – это упругая сила, с которой тело давит на горизонтальную опору или растягивает вертикальный подвес, удерживающие тело от свободного падения, из-за притяжения тела Землей.

Вес приложен не к самому телу, а к опоре или подвесу.

## §17. План решения задач механики.

1. Рисуем чертёж и изображаем все силы, действующие на данную материальную точку.

2. Выбираем оси координат и изображаем их не чертеже.

3. Записываем второй закон Ньютона в векторной форме.

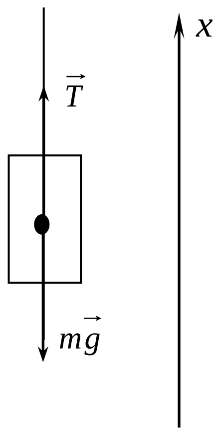
4. Находим проекции сил и ускорений на оси координат и записываем второй закон Ньютона в проекциях на выбранные оси.

5. Если это необходимо, записываем дополнительные соотношения между силами.

6. Находим искомые неизвестные величины.

7. *Пример решения задачи.*
   Груз массой 20 кг поднимается вверх на тросе. Сила натяжения троса равна 260 Н. Определить ускорение груза.

### *Анализ.*




Нарисуем чертёж и расставим силы, действующие на груз. Так как груз можно считать материальной точкой, точкой приложения всех сил можно считать центр масс груза.

Выберем ось $x$, направленную вверх. Запишем второй закон Ньютона в векторной форме:

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

Далее надо определить проекции сил и ускорений на выбранную ось $x$.

$$T_x = T$$

$$m\vec{g}_x = -mg$$

Направление ускорения (вверх или вниз) мы не знаем. То, что по условию задачи груз поднимается вверх, не означает, что ускорение направлено вверх. Груз может уменьшать свою скорость. Поэтому, пишем просто $a_{x}$. Теперь записываем второй закон Ньютона в проекции на ось $x$.

$$\text{Ox:} \quad ma_x = T - mg.$$

Отсюда находим $a_x = \dfrac{T}{m} - g$ .

### *Вычисления:*

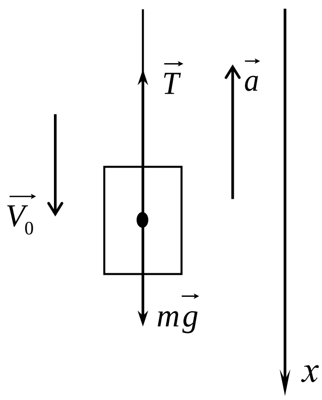
$$a_x = \frac{260}{20} - 10 = 3\frac{м}{с^2} .$$

Мы получили $a_x > 0$. Следовательно, ускорение направлено вертикально вверх.

8. *Пример решения задачи.*

Груз, двигаясь вниз с начальной скоростью 10м/с останавливается через 5с. Во время торможения сила натяжения троса равна 1,2кН. Определить массу груза.

### *Анализ.*




Рисуем чертёж, расставляем силы и выбираем ось координат. Записываем второй закон Ньютона в векторной форме:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T}$$

Так как начальная скорость направлена вниз и уменьшается, то ускорение направлено верх. Находим проекцию сил и ускорения в проекции на ось $x$:

$$\text{Ox:} \quad mg_x = mg, \quad T_x = -T, \quad a_x = -a.$$

И записываем второй закон Ньютона в проекции:

$$Ox: -ma = mg - T.$$

Далее, считая движение равноускоренным, записываем уравнение скорости в проекции на ось $x$

$$V_{ox} = V_0.$$

$$V_x = V_0 - a \cdot t.$$

Конечная скорость груза равна нулю, следовательно, при $t = t_1 = 5$ с $V_x = 0$.

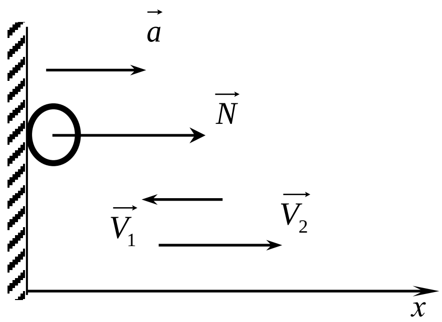
$$0 = V_0 - a \cdot t_1, \qquad a = \frac{V_0}{t_1}, \qquad -m\frac{V_0}{t_1} = mg - T.$$

Отсюда $m = \dfrac{T \cdot t_1}{V_0 + g \cdot t_1}$.

***Вычисления:***

$$m = \frac{1200 \cdot 5}{10 + 10 \cdot 5} = 100 \text{ кг}.$$

9. *Пример решения задачи.*




Теннисный мяч массой 50 г подлетает к ракетке со скоростью 20 м/с и отскакивает от неё со скоростью 30 м/с. Время взаимодействия мяча с ракеткой 0,05 с. Определить силу, которая действует на мяч после удара.

***Анализ.***

На мяч во время удара со стороны ракетки действует настолько большая сила, что силой тяжести можно пренебречь.

Второй закон Ньютона в векторной форме:

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

Ox $\quad N_x = N, \quad a_x = a, \quad V_{1x} = -V_1, \quad V_{2x} = -V_2.$

Ox: $\quad ma = N$

$$V_2 = -V_1 + at_y.$$

$$a = \frac{V_1 + V_2}{t_y}.$$

***Вычисления.***

$$N = \frac{0{,}05 \cdot (30 + 20)}{0{,}05} = 50 \text{ Н}.$$

Посмотрим, чему равна сила тяжести, действующая на мяч.

$$F_T = mg = 0{,}05 \cdot 10 = 0{,}5 \text{ Н}.$$

Следовательно, пренебрегая силой тяжести, мы делаем погрешность не более 1%.

**Задачи для самостоятельного решения.**

Задача 42.

Человек массой 80кг стоит в лифте. Сила упругости действующая на человека со стороны пола лифта равна 1200Н. Определить ускорение лифта.

Задача 43.

Подъемный кран поднимает груз массой 500 кг. Сила натяжения троса равна 6кН. Определить ускорение груза.

Задача 44.

Подъемный кран поднимает груз с ускорением 0,5 м/с$^2$. Сила натяжения троса равна 2100Н. Определить массу груза.

Задача 45.

Подземный кран поднимает груз массой 300кг с 5м/с$^2$. Определить силу натяжения троса.

Задача 46.

Космическая ракета стартует вертикально вверх с ускорением 20 м/с$^2$. Масса ракета 1500т. Определить силу тяги ракетных двигателей.

Задача 47.

Лифт, двигаясь вверх, останавливается. В лифте находится ученик массой 50кг. Сила нормальной реакции опоры, действующая на ученика, равна 300Н. Определить модуль и направление ускорения лифта.

Задача 48.

Лифт, двигаясь вверх со скоростью 6м/с, останавливается за 3с. Во время торможения сила нормальной реакции опоры, действующая на пассажира лифта, равна 560Н. Определить массу пассажира.

Задача 49.

Пластилиновый шарик массой 10г летит со скоростью 10м/с и, ударяясь о стенку, прилипает к ней. Удар длится 0,05с. Определить силу, действующую на шарик во время удара.

Задача 50.

Мячик массой 30г упруго отскакивает от препятствия. Время удара 0,01с. Скорость мячика до удара 5м/с, после удара – 4м/с. Определить силу, действующую на мячик во время удара его о препятствие.

Задача 51.

При абсолютно упругом ударе скорость мячика меняется на противоположную. Определить время удара, если масса мячика 100г, и его скорость до удара 10м/с. При ударе возникает сила упругости 200Н.

## §18. Вес тела. Невесомость. Перегрузки.

1. ***Весом*** $\vec{P}$ называется сила, с которой тело действует на вертикальный подвес или горизонтальную опору, удерживающий тело от свободного падения, из-за притяжения тела Землей.

2. Вес тела приложен не к самому телу, а к опоре или подвесу.

3. Если тело покоится или движется равномерно и прямолинейно, то вес по модулю равен силе тяжести.

Если тело движется с ускорением, то вес может быть больше или меньше силы тяжести.

4. *Решим задачу*. Определить вес тела массой $m$, которое находится в лифте, движущегося вертикально с ускорением $a$.

***Анализ.***

Записываем второй закон Ньютона в векторной форме

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

Вес тела приложен к опоре. По третьему закону Ньютона сила, с которой тело действует на опору равна по модулю и противоположна по направлению силе, с которой опора действует на тело.

$$\vec{P} = -\vec{N}.$$

В проекции на ось $x$

$$Ox: \quad N_x = N, mg_x = mg.$$

Ускорение $a$ может быть направлено вверх и вниз. Рассмотрим первый случай, когда ускорение направлено вниз. Тогда

$$a_x = -a.$$

$$-ma = N - mg$$

т. к. $N = P$, то

$$-ma = P - mg,$$

откуда

$$P = m\cdot(g - a). \qquad (1)$$

Рассмотрим второй случай, когда ускорение направлено вверх.

$$ma = N - mg$$

$$N = P$$

$$ma = P - mg$$

$$P = m\cdot(a + g). \qquad (2)$$

5. ***Невесомостью*** называется такое состояние тела, когда вес равен нулю. Из уравнения (1) видно, что $P = 0$, когда $a = g$. Следовательно, в состоянии невесомости находится свободно падающее тело.

6. ***Перегрузка***-это состояние, когда вес тела больше его силы тяжести.

7. ***Коэффициентом перегрузки*** называется отношение веса тела к силе тяжести тела.

$$\sigma = \frac{P}{mg}.$$

Для тела, движущегося с ускорением, направленным вверх

$$\sigma = \frac{m(a+g)}{mg} = \frac{a}{g} + 1.$$

8. Максимально возможная перегрузка, которую длительно может выдерживать тренированный человек, равна 8. Это необходимо учитывать, например, при расчёте ускорения стартующего космического корабля, ускорения при старте и посадке самолёта на авианосец и т. п.

**Задачи для самостоятельного решения.**

Задача 52.

Груз массой 1кг висит неподвижно на нити. Определить вес груза.

Задача 53.

Груз массой 1кг, повешенный на нити, двигается вверх с ускорением 5м/с$^2$. Определить вес груза.

Задача 54.

Груз массой 1кг, повешенный на нити, двигается вниз с ускорением 5м/с$^2$. Определить вес груза.

Задача 55.

Тело массой 50кг находится в лифте. Куда должно быть направлено и чему равно ускорение лифта, чтобы тело оказалось в состоянии невесомости?

Задача 56.

Тело массой m находится в космическом корабле. Вес тела p=2mg. Определить модуль и направление ускорения космического корабля.

Задача 57.

Космическая ракета стартует с поверхности Земли с ускорением 20м/с$^2$. Найти вес летчика-космонавта в кабине космического корабля, если его масса равна 80кг.

Задача 58.

Лифт разгоняется до скорости 10м/с за 5с. Такое же время занимает остановка лифта. Определить вес тела массой 80кг в начале и в конце движения лифта.

Задача 59.

С каким ускорением надо опускать тело, чтобы его вес уменьшился в 4 раза?

Задача 60.

При раскрытии парашюта скорость парашютиста уменьшается с 60м/с до 10м/с за одну секунду. Определить отношение веса парашютиста к его силе тяжести, перегрузку парашютиста

Задача 61.

Стальная проволока выдерживает груз массой 500кг. С каким максимальным ускорением можно поднимать груз массой 400кг, подвешенный на такой проволоке, чтобы она не оборвалась?

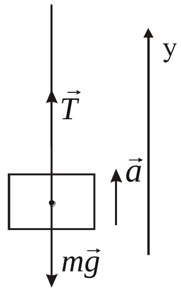
## §19. Плотность.

1. ***Плотностью*** называется скалярная величина равная отношению массы тела к его объему:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

2. *Пример решения задачи.*

Железобетонная плита объемом 0,5м$^3$ поднимается на тросе подъемного крана с ускорением 2м/с$^2$, направленным вверх. При этом сила натяжения троса равна 18кН. Определить плотность плиты.




***Анализ.***

Рисуем чертеж, расставляем силы, выбираем ось координат. Записываем второй закон Ньютона в векторной форме:

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

В проекции на ось y:

$$a_y = a \qquad mg_y = -mg \qquad T_y = T$$

$$\text{оу:} \quad ma = T - mg,$$

откуда

$$T = m(a + g),$$

но

$$m = \rho \cdot V,$$

поэтому

$$T = \rho V(a + g)$$

$$\rho = \frac{T}{V(a + g)}$$

***Вычисления.***

$$\rho = \frac{18000}{0{,}5(2 + 10)} = 3000\frac{кг}{м^3}.$$

**Задачи для самостоятельного решения.**

Задача 62.

Стальная плита имеет объем 0,5м$^3$. Она подвешена на тросе подъемного крана. С каким максимальным ускорением можно поднимать плиту, если трос выдерживает силу натяжения 40кН?

Задача 63.

Какова плотность кубика со стороной 20см, если при опускании в лифте с ускорением 5м/с$^2$ его вес составил 452Н? Из какого материала сделан кубик?

Задача 64.

Определить объем сухого соснового бревна, если при подъеме вверх с ускорением 2м/с$^2$ его вес составил 960Н.

Задача 65.

Чугунная болванка объемом 2м$^3$ с помощью подъемного крана поднимается вверх с ускорением 4м/с$^2$. Определить силу натяжения троса подъемного крана и вес чугунной болванки.

Задача 66.

Определить модуль и направление ускорения груза объемом 0,5м$^3$ и плотностью 2,5т/м$^3$, если сила натяжения троса подъемного крана 9 кН.

Задача 67.

Определить объем стальной болванки, если при подъеме вверх с ускорением 1м/с$^2$ вес болванки составляет 868кН.

Задача 68.

Алюминиевая деталь в космическом корабле, стартующем с ускорением 15м/с$^2$ весит 675Н. Определить объем детали.

Задача 69.

Трос подъемного крана выдерживает силу натяжения 4760Н. Определить, сколько кирпичей объемом 3дм$^3$ может поднимать кран с ускорением 2м/с$^2$.

Задача 70.

Кран поднимает 100 латунных деталей с ускорением 1м/с$^2$. Объем каждой детали 200см$^3$. Ящик, в котором находятся детали, имеет массу 30кг. Определить силу натяжения троса.

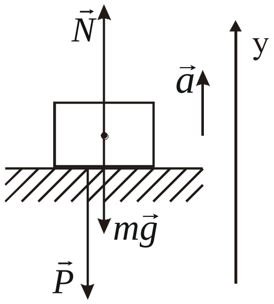
## §20. Давление твердых тел.

1. ***Давлением*** называется скалярная величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности к площади этой поверхности:

$$p = \frac{F}{S}.$$

2. *Пример решения задачи.*

Тело массой 10кг и площадью основания 5дм$^2$ находится в лифте. Лифт движется с ускорением 4м/с$^2$, направленным вверх. Определить давление, которое оказывает тело на пол лифта.




### *Анализ.*

Рисуем чертеж, расставляем силы, выбираем ось координат. Сила, которая оказывает давление на пол — это вес тела. Поэтому определяем вес тела.

Записываем второй закон Ньютона в векторной форме:

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

Сила, с которой действует пол лифта на тело, есть $\vec{N}$, а сила, с которой тело действует на пол лифта — это вес тела $\vec{P}$. По третьему закону Ньютона:

$$\vec{P} = -\vec{N}.$$

В проекции на ось y:

$$a_y = a \quad N_y = N \quad mg_y = -mg$$

$$ma = N - mg \text{, откуда}$$

$$N = m(a + g).$$

Так как $P$=$N$, то $P = m(a + g)$.

Теперь находим давление:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m(a + g)}{S}.$$

### *Вычисления.*

$$p = \frac{10(4 + 10)}{0{,}05} = 2800Па = 2{,}8кПа.$$

**Задачи для самостоятельного решения.**

Задача 71.

Кубик с ребром 10см и плотностью 2,5г/см$^3$ находится в лифте. Лифт движется с ускорением 2м/с$^2$. Определить давление, которое оказывает кубик на пол лифта. Рассмотреть два случая: а) ускорение направлено вверх; б) ускорение направлено вниз.

Задача 72.

Мальчик в неподвижном лифте оказывает давление на пол 15кПа. С каким ускорением должен двигаться лифт, чтобы мальчик оказывал на пол лифта давление 20кПа?

Задача 73.

Мальчик оказывает на пол неподвижного лифта давление 20кПа. С каким ускорением должен двигаться лифт, чтобы мальчик оказывал давление 18кПа?

Задача 74.

Груз оказывает на пол лифта давление 25кПа, если лифт равномерно движется вниз. Какое давление на пол будет оказывать груз в процессе остановки лифта с ускорением 2м/с$^2$?

Задача 75.

С каким ускорением двигается вертикально стартующий космический корабль, если давление космонавта на кресло увеличилось в 3 раза?

Задача 76.

С каким ускорением начал двигаться лифт, если давление пассажира на пол лифта уменьшилось на 20%?

Задача 77.

Лифт движется с ускорением 5м/с$^2$, направленным вверх. Человек, с площадью подошв обуви 400см$^2$ оказывает на пол лифта давление 30кПа. Определить массу человека.

Задача 78.

Алюминиевый брусок лежит на полу лифта. Лифт движется с ускорением 2м/с$^2$, направленным вниз. Брусок оказывает давление на пол лифта 1,08кПа. Определить высоту бруска.

Задача 79.

Стальной цилиндр высотой 20см, поставленный вертикально на пол лифта, оказывает на него давление 20,3кПа. Определить, с каким ускорением движется лифт.

## §21. Сила трения.

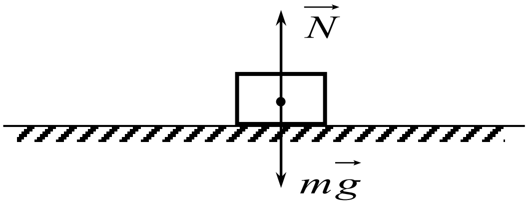
1. Сила, возникающая между поверхностями тел и препятствующая их взаимному перемещению, называется **силой трения**.

2. Различают три вида трения: сухое, или кулоновское, трение, вязкое, или жидкое, трение и трение качения.

3. **Сухим, или кулоновским, трением** называется трение между поверхностями твёрдых тел в отсутствие между ними жидкой или газообразной прослойки. Существуют два вида сухого трения – трение покоя и трение скольжения.

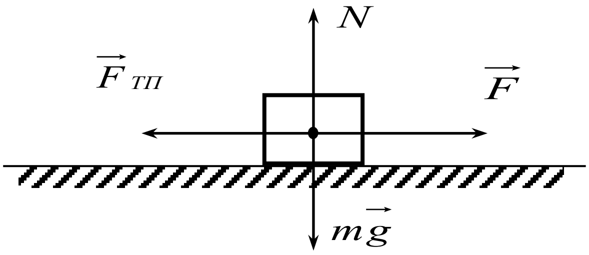
4. **Силой трения покоя** называется трение, возникающее при отсутствии взаимного перемещения соприкасающихся тел.

5. Рассмотрим тело, лежащее на горизонтальной поверхности.




На тело действует сила тяжести $m\vec{g}$ и сила реакции опоры $\vec{N}$. Так как тело покоится, равнодействующая сил равна нулю, следовательно $N = mg$. В этом случае сила трения равна нулю.

6. Подействуем на тело горизонтальной силой $\vec{F}$. Если сила $\vec{F}$ достаточно мала, то тело останется в покое. Это значит, что возникает некая сила, равная по модулю и противоположная по направлению силе $\vec{F}$.




Эта сила называется **силой трения покоя** $\vec{F}_{ТП}$.

7. Важно, что сила трения покоя не имеет определённого значения. Если мы увеличиваем силу $\vec{F}$, то будет увеличиваться сила трения покоя $\vec{F}_{ТП}$. Таким образом, сила трения покоя находится из равенства нулю равнодействующей силы.

8. Сила трения покоя не может увеличиваться до бесконечности. В зависимости от величины других сил, приложенных к телу, она может меняться от нуля до некоторого максимального значения $\vec{F}_{М}$. При дальнейшем увеличении силы $\vec{F}$ возникает скольжение тела.

9. **Силой трения скольжения** называется сила сухого трения, возникающего при взаимном перемещении соприкасающихся тел. Сила трения скольжения определяется ***законом Кулона–Амонтона***:

   а) Сила трения скольжения не зависит от площади соприкасающихся поверхностей.

   б) Сила трения скольжения не зависит от скорости взаимного перемещения соприкасающихся тел.

   в) Сила трения скольжения пропорционально реакции опоры:

$$F_{TC} = \mu \cdot N \qquad (1)$$

**10.** Безразмерный коэффициент $\mu$ в формуле (1) называется **коэффициентом трения скольжения.**

Коэффициент трения скольжения $\mu$ зависит от рода соприкасающихся поверхностей и от величины микронеровностей на поверхности соприкасающихся тел, то есть от чистоты обработки поверхности.

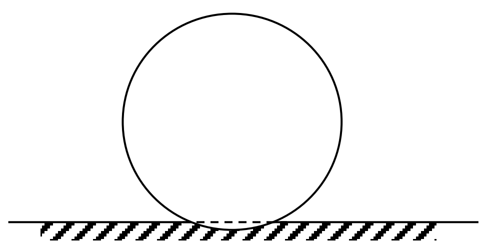
11. Приближённо можно считать, что максимальное значение силы трения покоя $\vec{F}_M$ равно силе трения скольжения $\vec{F}_{TC}$: $F_M = F_{TC} = \mu \cdot N$ .

12. Трением между поверхностью твёрдого тела и жидкой или газообразной средой, в которой тело находится, называется **жидким, или вязким**, трением. Вязкое трение имеет две характерные особенности по сравнению с сухим трением:

   а) Сила вязкого трения зависит от скорости движения тела относительно среды.

   б) Вязкое трение не имеет трения покоя. Это означает, что движение тела относительно среды начинается при приложении к телу даже очень маленькой силы.

13. Сила трения, которая возникает при качении без проскальзывания круглого тела по плоской поверхности, называется **силой трения качения**. Трение качения возникает из-за того, что тело немного деформирует, продавливает поверхность, и при движении ему приходится всё время как бы забираться на горку.



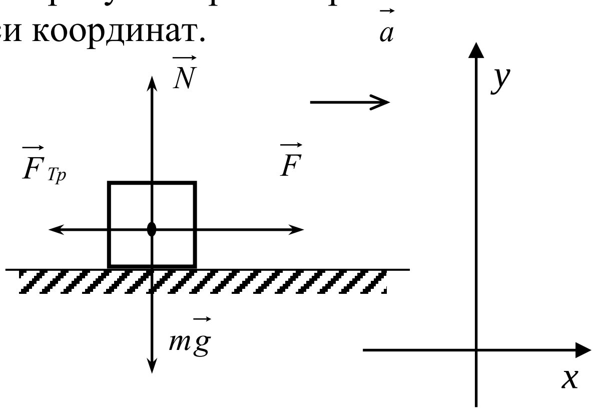
14. *Пример решения задачи.*

Тело массой 20 кг находится на горизонтальной поверхности. Коэффициент тела о поверхность равен 0,4. На тело действует горизонтально направленная сила $F$. Определить ускорение тела и силу трения при следующих значениях силы $F$:

1. 60 Н.
2. 100 Н.

**_Анализ._**

Нарисуем чертёж и расставим все силы, действующие на тело. Выберем оси координат.




Ускорение может быть направлено только в направлении силы $\vec{F}$. Если в процессе решения задачи окажется, что ускорение направлено в противоположную сторону, то тело остаётся в покое, и сила трения есть сила трения покоя.

Запишем второй закон Ньютона в векторной форме:

$$m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F} + \vec{F}_{ТС}$$

и в проекциях на оси координат:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a_x = a$ | $N_x = 0$ | $mg_x = 0$ | $F_x = F$ | $F_{TCx} = -F_{TC}$ |
| $a_y = 0$ | $N_y = N$ | $mg_y = -mg$ | $F_y = 0$ | $F_{TCy} = 0$ |

$$Ox: \quad ma = F - F_{TC}. \tag{1}$$

$$Oy: \quad 0 = N - mg. \tag{2}$$

Мы предполагаем, что тело движется. Поэтому запишем закон Кулона–Амонтона:

$$F_{TC} = \mu \cdot N \tag{3}$$

Из выражения (2) находим N:

$$N = mg$$

И подставляем в выражение (3):

$$F_{TC} = \mu \cdot mg. \tag{4}$$

Подставим полученное выражение в выражение (1).

$$ma = F - \mu \cdot mg.$$

Откуда

$$a = \frac{F}{m} - \mu \cdot g\,. \tag{5}$$

Вычисления:

Подставим первое значение силы F = 60 Н.

$$a = \frac{60}{20} - 0{,}4 \cdot 10 = 3 - 4 = -1\frac{м}{с^2}\,.$$

У нас получилось отрицательное значение, что противоречит нашему предположению. Следовательно, тело покоится и $a = 0$. На тело действует сила трения покоя. Её нельзя находить по закону Кулона–Амонтона из выражения (4). Сила находится из равенства нулю равнодействующей силы. Из выражения (1) при $a = 0$ будем иметь

$$0 = F - F_{TC}.$$

Отсюда $F_{TC} = F = 60$ Н.

Подставляем в выражение (5) второе значение силы $F = 100$ Н.

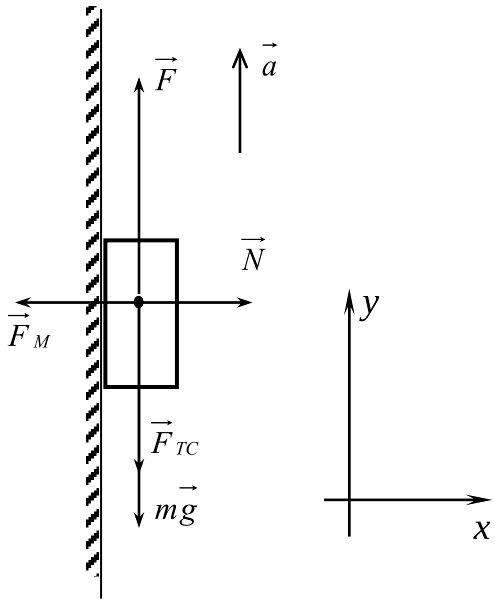
$a = \frac{100}{20} - 0{,}4 \cdot 10 = 5 - 4 = 1\frac{м}{с^2}$.

Тело движется, следовательно, на тело действует сила трения скольжения, значение которой можно найти из выражения (4):

$$F_{TC} = 0{,}4 \cdot 20 \cdot 10 = 80 \text{ Н}.$$

15. *Пример решения задачи.*

Магнит массой 10 г притягивается к вертикальной железной доске с силой 0,5 Н. Определить, какую вертикально направленную силу надо приложить, чтобы магнит двигался вверх с ускорением 1 м/с$^2$. Коэффициент трения магнита о доску равен 0,3.




***Анализ.***

$$m\vec{a} = \vec{F} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_M + \vec{F}_{TC}$$

(Второй закон Ньютона в векторной форме).

| | | |
|---|---|---|
| $F_x = 0$ | $N_x = N$ | $mg_x = 0$ |
| $F_y = F$ | $N_y = 0$ | $mg_y = -mg$ |
| $F_{Mx} = 0$ | $F_{TCx} = 0$ | $a_x = 0$ |
| $F_{My} = -F_M$ | $F_{TCy} = -F_{TC}$ | $a_y = a$ |

Ох: $0 = N - F_M$ (1)

Оу: $ma = F - F_{TC} - mg$ (2)

(Второй закон Ньютона в проекциях на оси $x$ и $y$).

$$F_{TC} = \mu \cdot N \qquad (3)$$

(Закон Кулона—Амонтона).

Из (1) находим N:

$$N = F_M$$

и подставляем в (3):

$$F_{TC} = \mu \cdot F_M.$$

Подставляя полученное выражение в (2), получим:

$$ma = F - \mu \cdot F_M - mg.$$

Отсюда

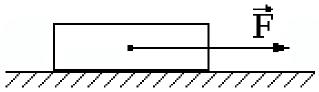
$$F = ma + mg + \mu \cdot F_M = m \cdot (a+g) + \mu \cdot F_M.$$

***Вычисления:*** $F = 0{,}01\cdot(1 + 10) + 0{,}3\cdot0{,}5 = 1{,}11 + 0{,}15 = 0{,}26$ Н.

**Задачи для самостоятельного решения.**

Задача 80.

Мальчик тянет саночки массой 20кг. Коэффициент трения между полозьями саночек и поверхностью льда 0,05. Определить ускорение саночек, если мальчик действует на веревку с силой 15Н.




Задача 81.

Тело двигается по горизонтальной поверхности с ускорением 0,5м/с$^2$, под действием силы 250Н. Определить массу тела, если коэффициент трения между телом и поверхностью 0,2.

Задача 82.

Рабочий равномерно двигает ящик массой 70кг, прикладывая горизонтально направленную силу в 350Н. Определить коэффициент трения между ящиком и поверхностью.

Задача 83.

На тело, находящееся на горизонтальной поверхности, действует горизонтально направленная сила в 30Н. Коэффициент трения между телом и поверхностью 0,5. Определить ускорение тела и силу трения при следующих значениях массы тела:

1) 1кг. 2) 4 кг 3) 6 кг 4) 10 кг 5) 100 кг.

Задача 84.

На тело массой 20кг действует горизонтально направленная сила в 40Н. Определить ускорение тела и силу трения при следующих значениях коэффициента трения:

1) 0,1. 2) 0,2 3) 0,4 4) 0,8.

Задача 85.

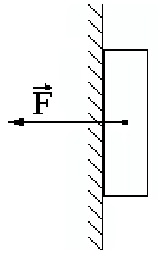
На тело массой 40кг действует горизонтально направленная сила. Коэффициент трения между поверхностью и телом 0,5. Определить ускорение тела при следующих значениях силы:

1) 20Н. 2) 100 Н 3) 200 Н 4) 1 кН.

Задача 86.

Под действием силы 60Н санки массой 20кг двигаются с ускорением 2м/с$^2$. Определить, какой груз надо положить на санки, чтобы под действием этой силы санки двигались равномерно.

Задача 87.




Брусок массой 0,6 кг прижат к вертикальной поверхности. Коэффициент трения между бруском и поверхностью равен 0,5. Определить, какую минимальную силу надо приложить, чтобы брусок не соскальзывал вниз.

Задача 88.

Брусок массой 1кг прижат к вертикальной поверхности силой 20Н. Определить ускорение бруска при следующих значениях коэффициента трения:

1) 0,1. 2) 0,3. 3)0,5. 4) 0,8.

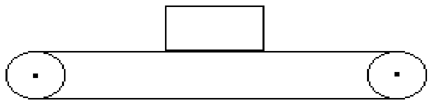
Задача 89.

Брусок прижат к вертикальной поверхности с силой 40Н. Коэффициент трения между бруском и поверхностью равен 0,4. Определить ускорение бруска при следующих значениях его массы:

1) 0,5кг. 2) 1,5кг. 3) 3,2кг.

Задача 90.

На горизонтальном транспортере находится груз. Коэффициент трения между грузом и транспортером равен 0,4. Определить, с каким максимальным ускорением может двигаться лента транспортера, чтобы груз не соскальзывал по ней.



Задача 91.

Автомобиль с задними ведущими колесами начинает двигаться с ускорением 0,8м/с$^2$. Масса автомобиля 1,2т. На ведущие колеса приходится 60% веса автомобиля. Определить силу трения колес автомобиля об асфальт. С каким максимальным ускорением может двигаться автомобиль, если коэффициент трения колес об асфальт равен 0,6?

Задача 92.

Тело толкнули по горизонтальной поверхности со скоростью 2м/с. Коэффициент трения между поверхностью и телом равен 0,4. Сколько времени будет двигаться тело до полной остановки?

Задача 93.

С какой начальной скоростью двигались санки, если они остановились, через 10с. после начала движения. Коэффициент трения равен 0,1.

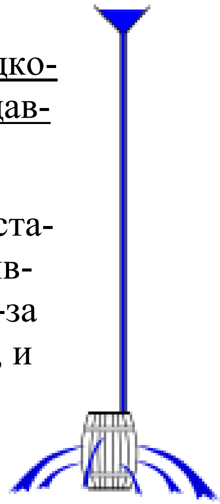
# VI. Гидростатика

## §22. Закон Паскаля. Гидростатический парадокс.

***Формулировка закона Паскаля.***

Давление, производимое на жидкость или газ, передается в любую точку одинаково во всех направлениях.

**Гидростатический парадокс**, заключается в том, что вес жидкости, налитой в цилиндрический сосуд, может отличаться от силы давления, оказываемой ею на дно произвольного сосуда.



В 1648 году парадокс продемонстрировал Блез Паскаль. Он вставил в закрытую бочку, наполненную водой, узкую трубку и, поднявшись на балкон второго этажа, влил в эту трубку кружку воды. Из-за малого диаметра трубки вода в ней поднялась до большой высоты, и давление в бочке увеличилось настолько, что крепления бочки не выдержали, и она треснула.

## §23. Гидростатическое давление.

**Гидростатическое давление** — давление столба жидкости, равное

$$p(h) = \rho g h$$

где:

— плотность
— ускорение свободного падения
— высота жидкости
— давление
— гидростатическое давление (p) зависит от высоты (h) жидкости.

Задачи для самостоятельного решения.

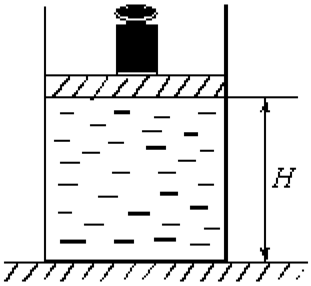
Задача 94.

Вода в стакане налита до высоты h = 8 см. Какое давление на дно стакана оказывает вода? Учитывать атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па.

Задача 95.

Рассчитать давление воды на самой большой глубине Тихого океана — 11 035 м. Учитывать атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па.

Задача 96.




На лёгкий поршень площадью S, касающийся поверхности воды, поставили гирю массой m. Высота слоя воды в сосуде с вертикальными стенками H. Определить давление в жидкости вблизи дна. Плотность воды $\rho$. Учесть атмосферное давление.

Задача 97.

Найти давление воды на дне Марианской впадины на глубине 11км.

Задача 99.

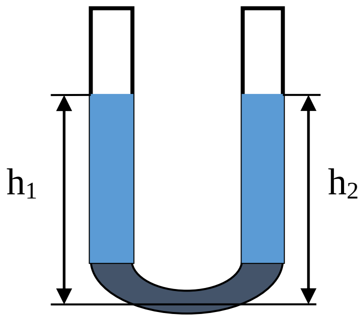
Какой слой воды нужно налить в блюдце, чтобы его давление составляло 10Па?

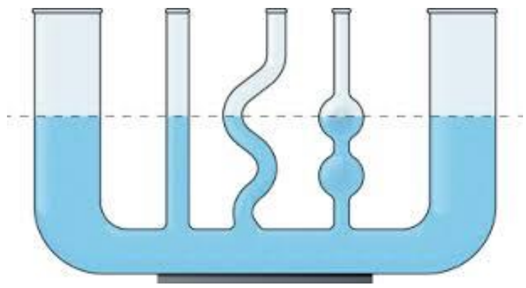
## §24. Сообщающиеся сосуды. Гидравлический пресс.

Сосуды, между которыми может свободно перетекать жидкость, называются **сообщающимися.**

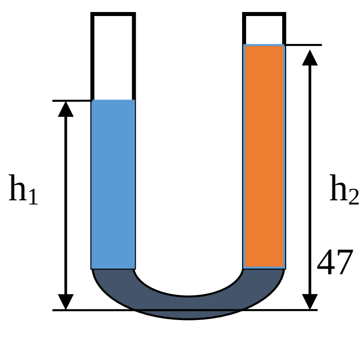
**Закон сообщающихся сосудов** —в сообщающихся сосудах уровни **однородных** жидкостей равны.

Рассмотрим два сообщающихся сосуда, в которых находится жидкость плотностью $\rho$. Давление жидкости в I сосуде расписывается по формуле $p_1=\rho g h_1$, где $h_1$— высота столба в I сосуде. Давление жидкости во II сосуде $p_2$ расписывается аналогично как $p_2=\rho g h_2$, где $h_2$— высота столба во II сосуде. Так жидкость не перетекает, то давления равны, и $p_1= p_2 \Rightarrow \rho g h_1= \rho g h_2 \Rightarrow h_1=h_2$.



Рассмотрим два сообщающихся сосуда, в которых находятся **две разные** жидкости плотностью $\rho_1$ и $\rho_2$. Давление жидкости в I сосуде расписывается по формуле $p_1= \rho_1 g h_1$, где $h_1$— высота столба в I сосуде. Давление жидкости во II сосуде $p_2$ расписывается аналогично как $p_2= \rho_2 g h_2$, где $h_2$— высота столба во



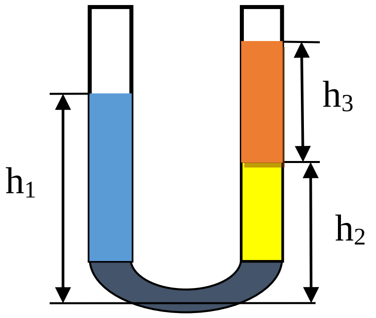
II сосуде. Так жидкость не перетекает, то давления равны, и $p_1 = p_2 \Rightarrow \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$. Заполнение соединяющей трубки не учитываем.

Рассмотрим два сообщающихся сосуда, в которых находятся **три разные** жидкости плотностью $\rho_1$ , $\rho_2$ и $\rho_3$. Давление жидкости в I сосуде расписывается по формуле $p_1 = \rho_1 g h_1$, где $h_1$— высота столба в I сосуде. Давление жидкости во II сосуде $p_2$ расписывается аналогично как сумма давлений $p_2$ и $p_3$. $p_2 = \rho_2 g h_2$, где $h_2$— высота столба 2-ой жидкости во II сосуде, $p_3 = \rho_3 g h_3$, где $h_3$— высота столба 3-ей жидкости во II сосуде. Так жидкость не перетекает, то давления равны, и $p_1 = p_2 + p_3 \Rightarrow$

$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 + \rho_3 g h_3 \Rightarrow$

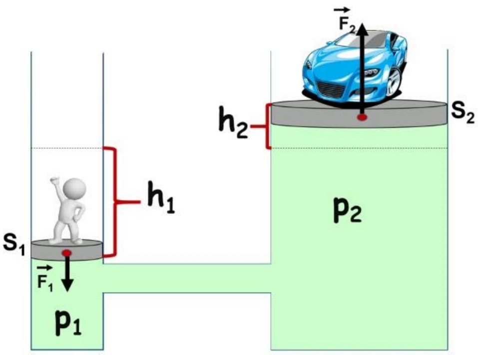
$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3$

Заполнение соединяющей трубки не учитываем.




***Гидравлический пресс*** представляет собой два сообщающихся цилиндрических сосуда разных диаметров, заполненных жидкостью и перекрытых поршнями.

Дополнительное давление в жидкости, возникающее из-за силы тяжести, учитывать не будем.




$$p_1 = p_2$$

$$p_1 = \frac{F_1}{S_1}; \quad p_2 = \frac{F_2}{S_2}$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$$

**Задачи для самостоятельного решения.**

Задача 99.

Площадь меньшего поршня гидравлического пресса $S_1 = 10$ см$^2$; на него действует сила $F_1 = 200$ Н. Площадь большего поршня $S_2 = 200$ см$^2$ . Какая сила действует на больший поршень?

Задача 100.

Площадь меньшего поршня гидравлического пресса $S_1$= 12 см$^2$,площадь большего поршня $S_2$= 200 см$^2$ . На какую высоту поднимется меньший поршень, если больший опустился на 3см?

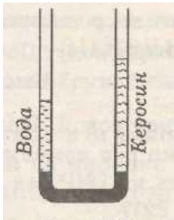
Задача 101.

Мышь массой 5г опустилась на 60см, кот, находящийся на другом поршне гидравлического пресса, поднялся на 1 см. Найти массу кота, не учитывать массу поршней и дополнительное гидростатическое давление в жидкости.

Задача 102.

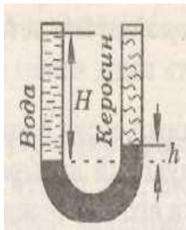
Мышь массой 5г поднялась на 60см, кот, находящийся на другом поршне гидравлического пресса площадью 500см$^2$, опустился на 1 см. Найти массу кота, если учитывать массу поршней, сделанных из одного сплава и имеющие одинаковую толщину, но разные диаметры, и дополнительное гидростатическое давление в жидкости, заполняющей пресс (это вода).

Задача 103.



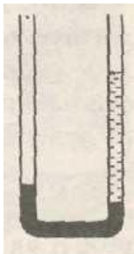

В сообщающихся сосудах находится ртуть и вода. Высота водяного столба 30 см. Сколько нужно налить керосина во второй сосуд, чтобы уровень ртути в обоих сосудах был одинаковый?

Задача 104.




U-образная трубка заполнена ртутью, водой и керосином, как показано на рисунке. Верхние уровни воды и керосина лежат на одной горизонтали. Зная, что разность уровней ртути h = 25 мм, найти высоту H столба воды.

Задача 105.



В сообщающихся сосудах находится ртуть. Когда в правую трубку наливают неизвестную жидкость, высота столба которой h = 34 см, уровень ртути в левой трубке поднимается на $\Delta$h=2см выше, чем в правой.. Какой высоты слой жидкости следует потом налить в левую трубку, чтобы уровень ртути в левой трубке стал ниже на $\Delta h_1$ = 3 см, чем в правой.

Задача 106.

Ртуть находится в сообщающихся сосудах. Площадь сечения левого колена в 3 раза меньше, чем правого и равна 2 см$^2$.На сколько поднимется уровень ртути в правом колене, если в сосуд долить 272 г ртути.

Задача 107.

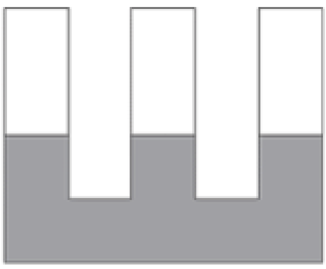
Две трубки, поперечным сечением S=5мм$^2$ каждая, представляют собой сообщающиеся сосуды. В одно колено сосуда заливают воду объемом $V_1$ = 0,25 л, в другое — $V_2$ = 0,25 л ртути. Каковы будут высоты жидкостей в обоих коленах? Объемом изогнутой части трубки пренебречь. Ртуть, как наиболее тяжёлая жидкость, будет находиться в обоих коленах

Задача 108

Высота воды в левом колене сообщающихся сосудов $h_1$= 40 см, в правом — $h_2$ = 10 см. На сколько изменится уровень воды в левом сосуде, если открыть кран? Левое колено сосуда имеет площадь поперечного сечения $S_1$= 10 см$^2$, правое — $S_2$= 2 см$^2$. Объемом изогнутой части трубки пренебречь

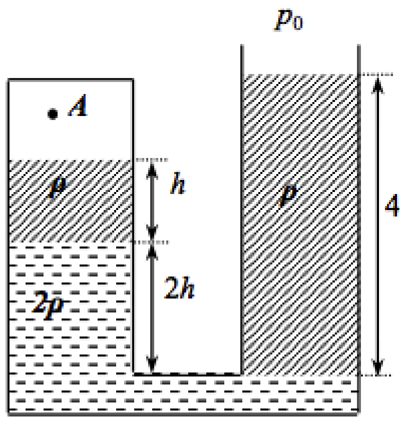
Задача 109.

В двух цилиндрических сообщающихся сосудах находится вода. Площадь поперечного сечения широкого сосуда в два раза больше площади поперечного сечения узкого сосуда. После того как в широкий сосуд долили керосин, уровень жидкости в широком сосуде стал на x = 3 см выше, чем в узком, а высота столба керосина составила $h_0$ = 15 см (керосин и вода не смешиваются, керосин находится только в широком сосуде). На сколько изменился уровень жидкости в узком сосуде? Какова плотность керосина? Плотность воды 1000 кг/м3



Задача 110.

В сосуде, показанном на рисунке, находится ртуть. Горизонтальные сечения трубок одинаковы. В левую трубку налили воду, высота столба которой h = 80 мм, а в правую масло, образовавшее столб некоторой высоты $h_0$. После этого в средней трубке уровень ртути поднялся на $h_1$ = 5 мм. Найдите высоту $h_0$ столба масла, налитого в правую трубку. Плотность воды $\rho_1$ = 1000 кг/м$^3$, масла $\rho_2$= 800 кг/м$^3$ и ртути $\rho_3$ =13600 кг/м3




Задача 111.

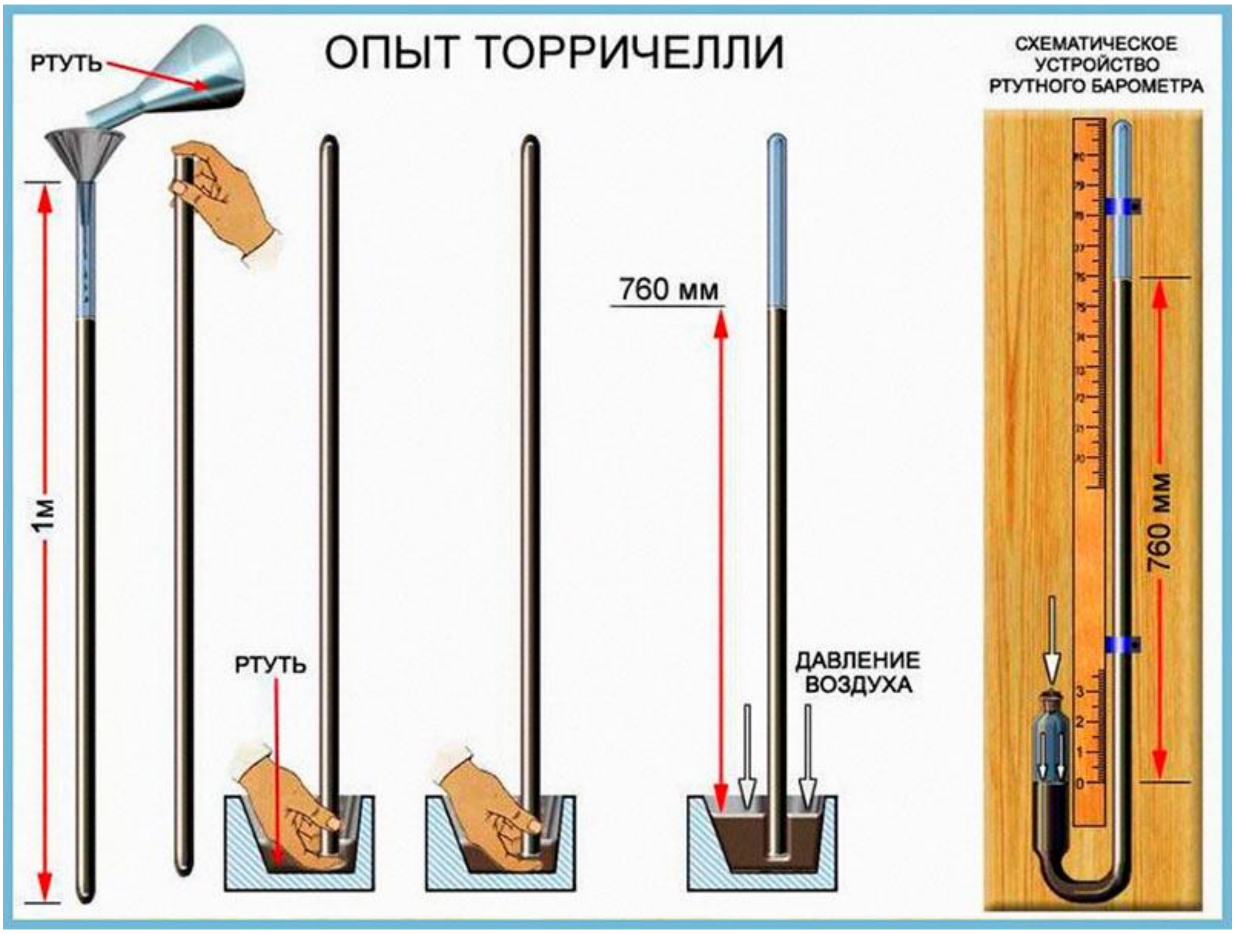
Определите давление воздуха над поверхностью жидкости в точке А внутри закрытого участка изогнутой трубки, если $\rho$= 800 кг/м$^3$, h=20 см, $p_0$ = 101 кПа, g = 10 м/с$^2$. Жидкости плотностями $\rho$ и 2$\rho$ друг с другом не смешиваются.

## §24. Опыт Торричелли. Атмосферное давление

**Атмосферное давление**— давление атмосферы, действующее на все находящиеся в ней предметы и на земную поверхность

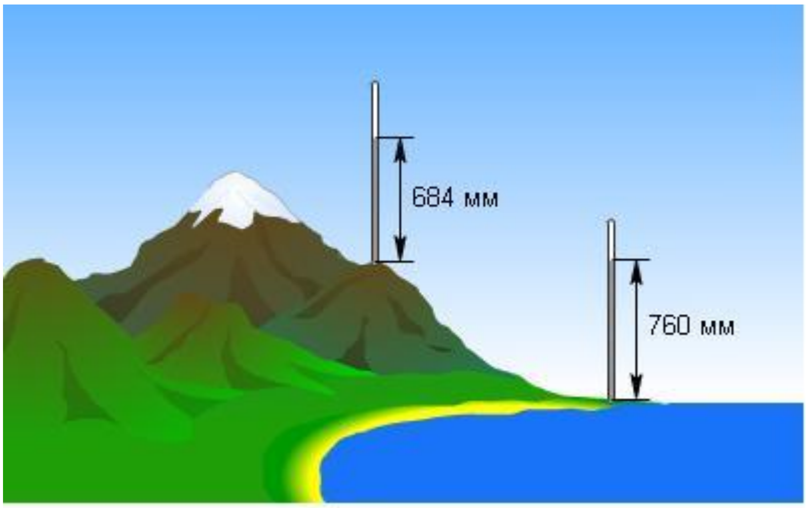
**Опыт Торричелли** был придуман в Пизе в 1643 году итальянским учёным Эванджелистой Торричелли (1608—1647). Его целью было доказательство существования атмосферного давления. Опыт заключался в построении первого в истории ртутного барометра.

Берут трубку длиной около метра, запаянную с одного конца, наливается чистая ртуть до полного заполнения трубки. Затем трубку переворачивают, следя, чтобы ртуть не вытекла, и ставят перевернутой на чашку с ртутью. Это заставляет ртуть в трубке падать вниз до тех пор, пока разница между уровнем ртути на поверхности и в трубке не составит около 760 мм. Даже когда пробирку встряхивают или наклоняют, разница между поверхностью и уровнем в трубке не изменяется из-за влияния атмосферного давления.



Атмосферное давление, равное давлению столба ртути высотой 760 мм при температуре 0 °C, называется нормальным атмосферным давлением (101325 Па).

С высотой атмосферное давление уменьшается. Например, горная болезнь начинается на высоте около 2-3 км, а атмосферное давление на вершине Эвереста составляет примерно 1/3 от показателя на уровне моря. **На небольших высотах каждые 12 м подъёма уменьшают атмосферное давление на 1 мм рт. ст.** На больших высотах эта закономерность нарушается.




Атмосферное давление в горах

Показателен эксперимент XVII века, выполненный Отто фон Герике. Он выкачал воздух из полости между двумя металлическими полушариями, сложенными вместе. Давление атмосферы так сильно прижало полушария друг к другу, что их не могли разорвать восемь пар лошадей.

**Задачи для самостоятельного решения.**

Задача 112.

Сколько грамм ртути перельется из трубки барометра Торричелли в чашку при изменении атмосферного давления на 270 Па. Площадь поперечного сечения трубки1см$^2$

Задача 113.

Найти высоту столба жидкости в опыте Торричелли, если заменить ртуть водой.

Задача 114.

На сколько метров нужно подняться вверх в горы или  спуститься, чтобы атмосферное давление уменьшилось на 1000Па.

Задача115.

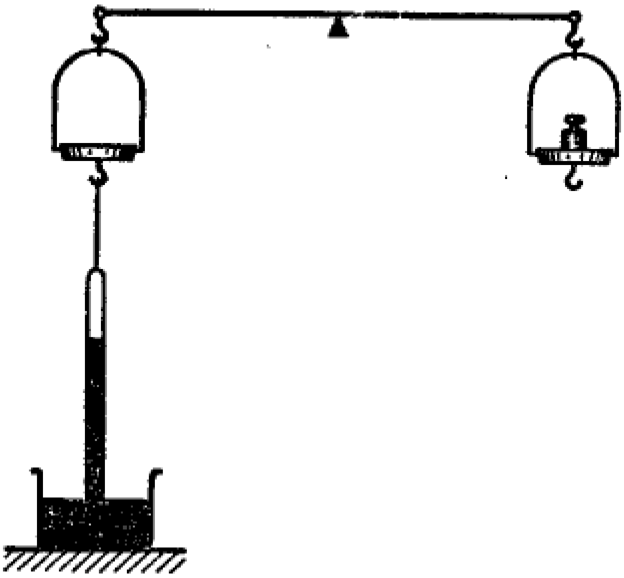
На сколько метров нужно подняться вверх в горы или  спуститься, чтобы атмосферное давление увеличилось на 3000Па

Задача 116.

Какой объём ртути перельется из трубки барометра Торричелли в чашку при подъёме в горы на высоту 120м. Площадь поперечного сечения трубки1см$^2$

Задача 117.

Удастся ли опыт Торричелли, если барометрическую трубку со ртутью поставить открытым концом не в чашку со ртутью, а в чашку с водой (рис.)?  А если трубку с водой, высотой более 10м поставить в плошку с ртутью?



Задача 118.

К крючку одной из чашек весов подвешена трубка ртутного барометра. Определить массу гири, лежащей на другой чашке, если весы находятся в равновесии (рис.).

## §25.Закон Архимеда.

1. **Закон Архимеда**. На тело, погружённое в жидкость, действует выталкивающая сила, равная весу жидкости в объёме погруженной части тела.

$$F_A = \rho g V$$

2. Существует красивое доказательство закона Архимеда, впервые предложенное голландским учёным Симоном Стевином в начале 17 века. Пусть в жидкость с плотностью ρ погружено тело произвольной формы объёмом *V*. Представим себе мысленно, что это тело окружено очень тонкой невесомой и прочной оболочкой. Теперь представим себе, что мы вынули тело из оболочки и в оболочку налили ту же жидкость, которая окружает оболочку. Так как оболочка невесома, то жидкость в оболочке будет покоиться, как и вся окружающая оболочку жидкость. Следовательно, сила тяжести в жидкости в оболочке должна быть скомпенсирована некой силой, равной ей по модулю и направленной вверх.

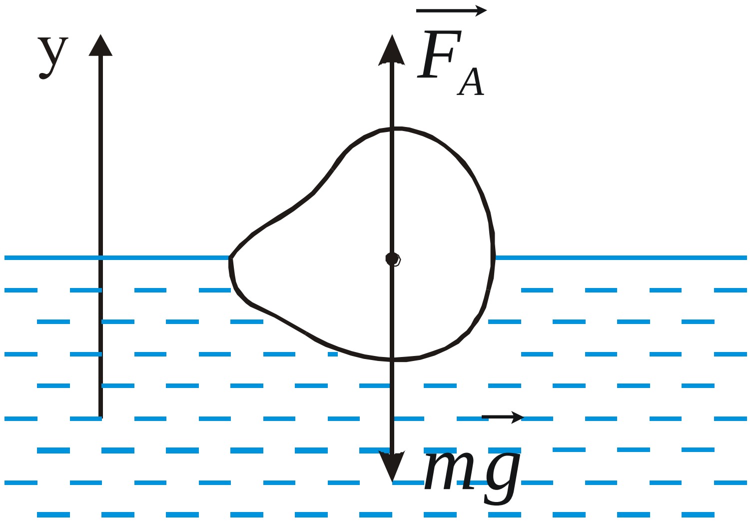
$$F = mg = \rho g V.$$

Этой силой может быть только равнодействующая сил паскалевского давления, действующих на жидкость в оболочке со стороны жидкости вне оболочки.

Теперь мысленно удалим жидкость из оболочки и возвратим тело на место. Заметим, что в окружающей оболочку жидкости ничего не изменилось. Все изменения происходили внутри оболочки. Следовательно, нет никаких оснований считать, что сила паскалевского давления меняется. Таким образом, на любое тело, погруженной в жидкость, действует направленная вверх сила, равная весу жидкости в объёме тела.

3. *Пример решения задачи.*

Тело плавает в воде, погрузившись наполовину. Внутри тела есть полость, которая заполняет 90% объёма тела. Определить плотность тела.




***Анализ.***

Тело находится в равновесии, следовательно, равнодействующая всех сил действующих на тело равна нулю:

$$\overrightarrow{F_A} + m\vec{g} = 0 .$$

В проекции на ось y:

$$F_{Ay} = F_A \quad mg_y = -mg$$

$$F_A - mg = 0$$

$$F_A = mg .$$

Пусть объем всего тела $V$. Тогда объем погруженной части

$$V_{пог} = \frac{1}{2}V \qquad \text{и} \qquad F_A = \frac{1}{2}\rho_в gV .$$

Найдем массу тела. Если объем полости равен $0{,}9V$, то объем, занимаемый веществом $0{,}1V$. Следовательно:

$$\frac{1}{2}\rho_в gV = \frac{1}{10}\rho_T gV ,$$

откуда:

$$\rho_T = 5\rho_в .$$

***Вычисления.***

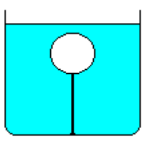
$$\rho_T = 5 \cdot 1000 = 5000 \ \frac{кг}{м^3} .$$

**Задачи для самостоятельного решения.**

Задача 119.

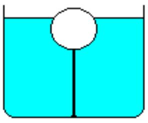
Тело массой 3кг и плотностью 2,5г/см$^3$ висит на нити, наполовину погрузившись в воду. Определить силу натяжения нити.

Задача 120.



Пенопластовый шар объемом 20см$^3$ и плотностью 150кг/м$^3$ удерживается в воде с помощью нити, закрепленной на дне сосуда. Определить силу натяжения нити.

Задача 121.



Тело плотностью 600кг/м3 удерживается в полупогруженном состоянии с помощью нити, прикрепленной к дну сосуда. Объем погруженной части тела равен 3дм$^3$, сила натяжения нити равна 6Н. Определить объем всего тела и его массу.

Задача 122.

Плоская льдина толщиной 10м плавает в воде. Определить толщину подводной части льдины.

Задача 123.

Льдина равномерной толщины плавает в воде, высовываясь наружу на 2см. Определить массу льдины, если ее площадь 200см$^2$.

Задача 124.

Плоская льдина плавает в воде, высовываясь на 3см. Какова должна быть площадь льдины, чтобы на ней мог, не замочив ног, стоять человек массой 70кг.

Задача 125.

Стальной полый шар, объемом 20дм$^3$ плавает в воде, погрузившись наполовину. Определить объем полости в шаре.

Задача 126.

Стальной диск равномерной толщины плавает в ртути, погрузившись на 5см. Определить толщину диска, его массу, если его площадь 20см$^2$

Задача 127.

Ледяной диск равномерной толщины плавает в ртути, погрузившись на 5см. Определить толщину диска, его массу, если его площадь 20см$^2$

Задача 128.

Однородное тело висит на нити. Сила натяжения нити равна 54Н. Если тело погрузить в воду, сила натяжения уменьшится на 20Н. Определить плотность тела. Из какого материала сделано тело?

Задача 129.

Стальное тело висит на нити. Сила натяжения 156Н. Когда тело погрузили в неизвестную жидкость, сила натяжения нити стала 140Н. Определить плотность неизвестной жидкости.

Задача 130.

Однородное алюминиевое тело в воздухе растягивает пружину динамометра с силой 54Н, а погружённое на три четверти объёма в неизвестную жидкость—с силой 34Н. Найти плотность жидкости.

Задача 131.

Однородное тело в воздухе растягивает пружину динамометра с силой 5Н, а погружённое на треть объёма в воду—с силой 2Н. Найти плотность тела.

Задача 132.

Из воды медленно с постоянной скоростью вытаскивают бетонный блок объемом 0,5м$^3$. Когда под водой осталось 40% всего объема блока, трос оборвался. Определить предельное натяжение, которое выдерживает трос.

Задача 133.

Детский воздушный шарик, объемом 3дм$^3$, наполнен водородом. Масса шарика с водородом 3,4г. С каким ускорением будет подниматься шарик, если отпустить нитку? Сопротивление воздуха на учитывать.

Задача 134.

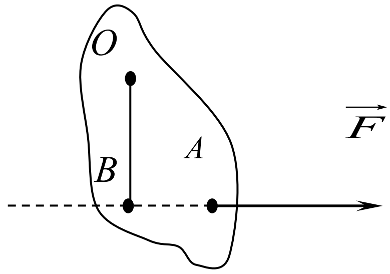
Воздушный шар имеет общую массу 34кг. Он начинает подниматься с ускорением 2,9м/с$^2$. Определить объем воздушного шара.

# V. Равновесие тел.

## §22. Момент силы. Условия равновесия рычага.

1. **Абсолютно твёрдым телом** называется такое тело, изменением формы и размеров которого при решении данной задачи можно пренебречь.

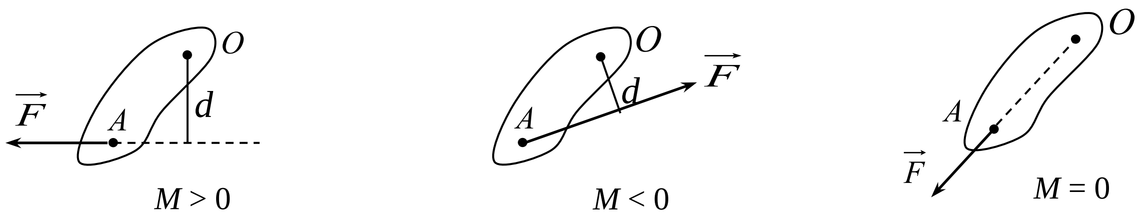
2. Рассмотрим абсолютно твёрдое тело произвольной формы, которое закреплено на оси $O$. Пусть в точку $A$ к телу приложена сила $\vec{F}$. Из точки $O$ на линию действия силы опустим перпендикуляр $OB$. Пусть длина перпендикуляра $OB=d$. Перпендикуляр $OB$ называется плечом силы $\vec{F}$.




3. **Моментом силы $\vec{F}$ относительно оси $O$** называется физическая величина, равная произведению модуля силы $\vec{F}$ на плечо $d$.

$$M = F \cdot d.$$

4. Момент силы стремится повернуть тело вокруг оси $O$. Мы будем считать момент силы положительной величиной, если он стремится повернуть тело вокруг оси $O$ по часовой стрелке. Если момент стремится повернуть тело против часовой стрелки, мы будем считать момент отрицательной величиной.

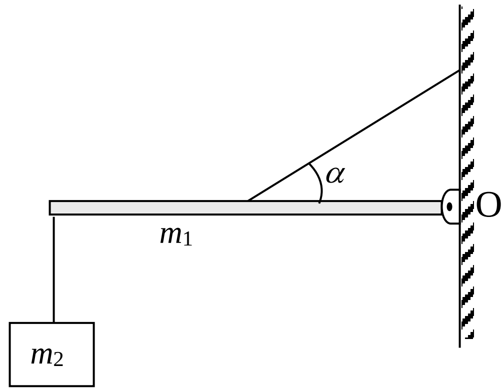



5. Абсолютно твёрдое тело, которое может вращаться вокруг неподвижной оси, называется **рычагом**.

6. **Условие равновесия рычага**. Рычаг находится в равновесии, если алгебраическая сумма моментов сил, приложенных к рычагу, относительно его оси равна нулю.

7. *Пример решения задачи.*

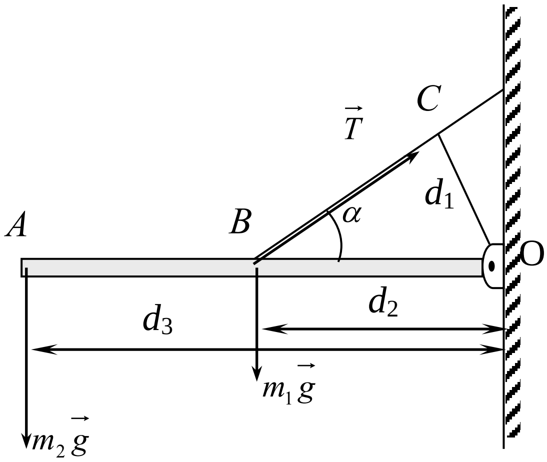
Кронштейн массой $m_1 = 2$ кг шарнирно закреплён на вертикальной стене в точке $O$. На конце кронштейна подвешен груз массой $m_2 = 4$ кг. Кронштейн удерживается в горизонтальном положении тросом, один конец которого закреплён на середине



стержня, а второй на стене. Трос находится под углом $\alpha = 30°$ к кронштейну. Определить силу натяжения троса.

***Анализ.***

Нарисуем чертёж и расставим все силы, которые действуют на кронштейн.




Опустим перпендикуляры на линии действия сил и обозначим плечи сил относительно оси *O*.

Пусть длина кронштейна $AO=l$. Определим плечи и моменты сил. Силы $m_1\vec{g}$ и $m_2\vec{g}$ перпендикулярны кронштейну *AO*. Кроме того, видно, что силы $m_1\vec{g}$ и $m_2\vec{g}$ стремятся повернуть кронштейн против часовой стрелки.

Следовательно

$$M_1 = -m_1 g \cdot \frac{l}{2}, \qquad M_2 = -m_2 g \cdot l .$$

Для нахождения плеча силы $\vec{T}$ рассмотрим $\Delta BCO$. $\angle BCO = 90°$ по определению плеча силы. $\angle CBO = 30°$ по условию задачи. Гипотенуза $BO = \frac{l}{2}$.

Так как катет, лежащий против угла 30° равен половине гипотенузы, то

$$CO = d_1 = \frac{l}{4}$$

Сила $\vec{T}$ стремится повернуть кронштейн по часовой стрелке. Следовательно, момент $M_3$ силы $\vec{T}$ положителен.

$$M_3 = T \cdot \frac{l}{4}$$

Запишем условие равновесия рычага

$$M_1 + M_2 + M_3 = 0$$

$$-m_1 g \frac{l}{2} - m_2 g \frac{l}{2} + T \frac{l}{4} = 0$$

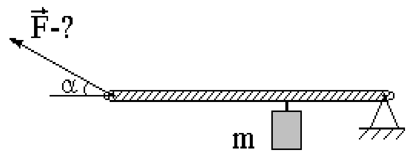
$$T \cdot \frac{l}{4} = \left( \frac{m_1 g}{2} + m_2 g \right) \cdot l$$

$$T = 2g \cdot (m_1 + 2m_2).$$

***Вычисления:*** $\quad$ *T = 2·10·(2 + 2·4) = 20·(2 + 8) = 200 Н.*

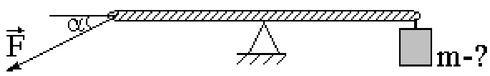
## Задачи для самостоятельного решения.

Задача 135.



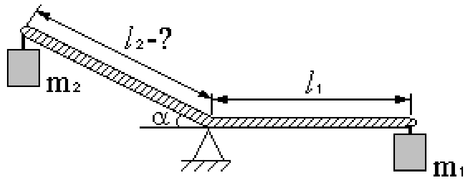

Рычаг имеет длину 1м. На расстоянии 40см от точки опоры к рычагу подвешена масса $m$=10кг. Определить, какую силу надо приложить к концу рычага под углом $\alpha=30^{\circ}$ к горизонтали, чтобы рычаг остался в равновесии.

Задача 136



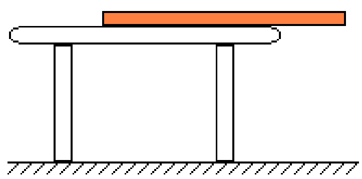

На одно плечо равноплечего рычага действует сила $F$=100Н, направленная под углом $\alpha=30^{\circ}$ к горизонтали. Определить, какая масса должна быть подвешена к противоположному плечу рычага, чтобы он остался в равновесии.

Задача 137



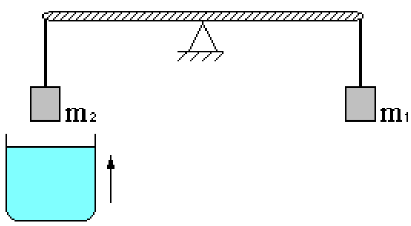

Рычаг изогнут в точке закрепления на угол $\alpha=60^{\circ}$. На конце правого плеча рычага, имеющего длину $l_1$=70см и расположенного горизонтально, находится масса $m_1$=20кг. На конце левого плеча – масса $m_2$=28кг. Определить длину левого плеча.

Задача 138



На столе лежит однородная доска массой 5кг, которая свисает со стола на треть своей длины. Какую минимальную силу надо приложить к свисающему концу доски, чтобы ее противоположный конец оторвался от стола?

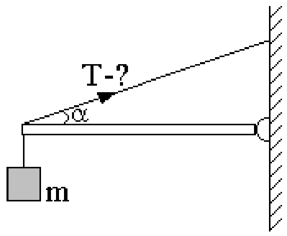
Задача 139




На левом плече рычага длинной 30см висит чугунная гиря массой $m_1$=7кг. Рычаг уравновешен гирей массой $m_2$, висящей на правом плече рычага длиной 70см. Чугунную гирю погружают в воду. На какое расстояния необходимо сместить гирю $m_2$, чтобы равновесие сохранилось?

Задача 140.

Кронштейн массой 10кг шарнирно закреплен на вертикальной стене в точке О. В горизонтальном положении он удерживается тросом, расположенным под углом $\alpha$=30$^o$ к кронштейну. На конце кронштейна подвешена люстра массой $m$=15кг. Определить силу натяжения троса.




## §23. Блоки.

1. ***Блоком*** называется колесо с желобом, закрепленное на оси. По желобу блока пропускают веревку или трос.

2. ***Неподвижным блоком*** называется такой блок, ось которого закреплена неподвижно и при подъеме груза не двигается.

3. ***Подвижным блоком*** называется такой блок, ось которого изменяет свое положение при изменении положения груза.

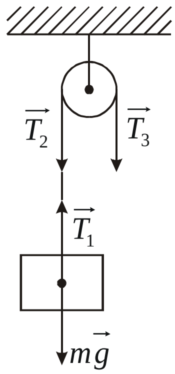
4. Блок называется ***идеальным*** если:
   1) по желобу троса пропущена невесомая нерастяжимая нить;
   2) трением в оси блока можно пренебречь;
   3) массой блока можно пренебречь.

5. Рассмотрим неподвижный блок, на одном конце нити которого находится груз массой $m$. Определим силу натяжения нити $T_3$, необходимую для того, чтобы груз оставался неподвижным.

   Так как груз неподвижен, то $T_1 = mg$. Нить невесома, трением в блоке пренебрежем.

   Следовательно, $T_2 = T_1$ и $T_3 = T_2 \Rightarrow T_3 = mg$.

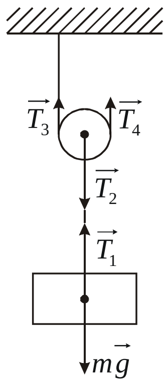
   ***Неподвижный блок не дает выигрыша в силе.***




6. Рассмотрим подвижный блок, на котором укреплен груз массы $m$.

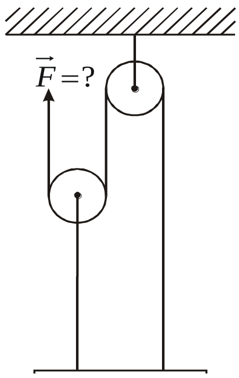
   Груз неподвижен, следовательно $T_1 = mg$. Нить, на которой подвешен груз, невесома, поэтому $T_2 = T_1$. Блок невесом, следовательно $T_2 = T_3 + T_4$. Трением в оси блока пренебрегаем, отсюда $T_3 = T_4$.

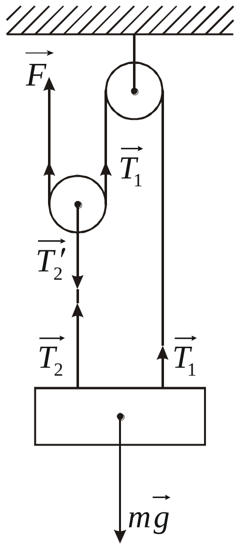
   Следовательно, $T_2 = 2T_4$ и $T_4 = \frac{mg}{2}$. То есть ***подвижный блок дает выигрыш в силе в два раза.***



*7. Пример решения задачи.*

Определить с какой силой $F$ должна быть натянута нить, чтобы груз, висящий на системе блоков, оставался неподвижным. Масса груза $m$=30кг.




***Анализ.***

*Нарисуем чертеж и расставим все силы.*

Нить нерастяжима и невесома, поэтому $F=T_1$.

Блок невесом, следовательно, $2T_1 = T_2$ и $T_2 = T_2'$.

Груз неподвижен, поэтому

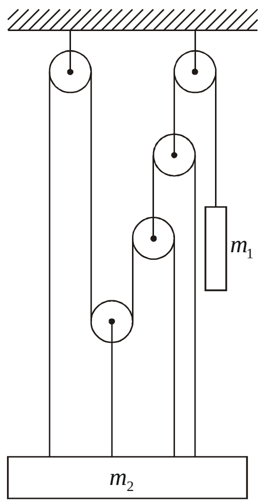
$$T_2' + T_1 = mg \Rightarrow 2T_1 + T_1 = mg \Rightarrow 3T_1 = mg$$

$$3F = mg \Rightarrow F = \frac{mg}{3}.$$

***Вычисления.*** $F = \dfrac{30 \cdot 10}{3} = 100\,H$.

*8. Пример решения задачи.*

На системе невесомых блоков подвешены грузы массами $m_1$ и $m_2$. Определить при каком отношении $m_1/m_2$ система будет находиться в равновесии.




***Анализ.***

*Нарисуем чертеж и расставим силы.*

Так как грузы находятся в равновесии и блоки идеальны, то можно записать следующие соотношения между силами:

$$T_1 = m_1 g;$$

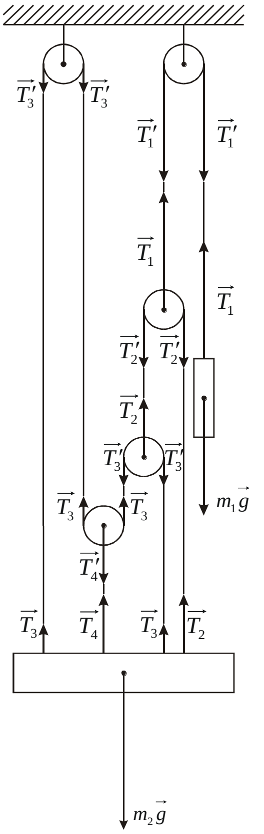
$$T_2 + 2T_3 + T_4 = m_2 g;$$

$$2T_2 = T_1;$$

$$2T_3 = T_2;$$

$$T_4 = 2T_3.$$

Отсюда находим:



$$T_2 = \frac{T_1}{2} = \frac{m_1 g}{2};$$

$$T_3 = \frac{T_1}{4} = \frac{m_1 g}{4};$$

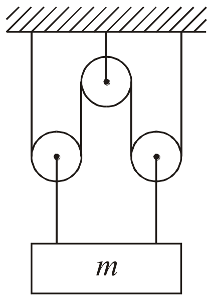
$$T_4 = \frac{T_1}{2} = \frac{m_1 g}{2};$$

$$\frac{m_1 g}{2} + 2\frac{m_1 g}{4} + \frac{m_1 g}{2} = m_2 g \Rightarrow \frac{3m_1 g}{2} = m_2 g \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{2}{3}$$

Ответ: $\frac{m_1}{m_2} = \frac{2}{3}$.

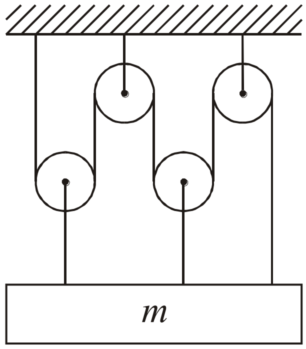
**Задачи для самостоятельного решения.**

Задача №141




На системе невесомых блоков подвешен груз массой $m$=20кг. Определить силу натяжения нити, на которой подвешены блоки.

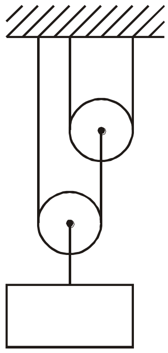
Задача №142.




На системе невесомых блоков подвешен груз массой $m$=500кг. Определить силу натяжения нити, на которой подвешены блоки.

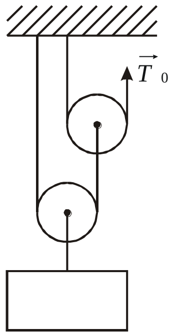
Задача №143.

На системе невесомых блоков подвешен груз массы $m$=20кг. Определить силы натяжения тросов.



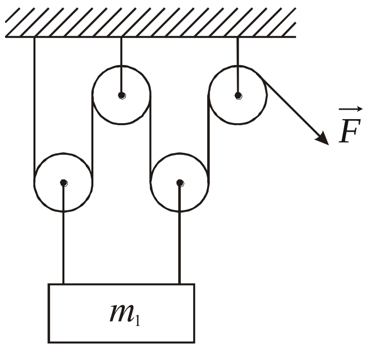
Задача №144.

Определить массу тела, подвешенного на системе невесомых блоков, если сила натяжения троса $T_0$=20Н.



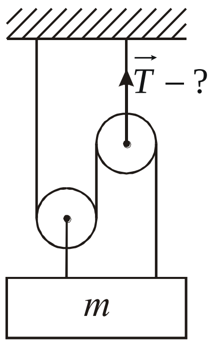

Задача №145.

Трос, связывающий систему невесомых блоков, тянут, прикладывая силу $F$=100Н. Определить массу груза, если система находится в равновесии.



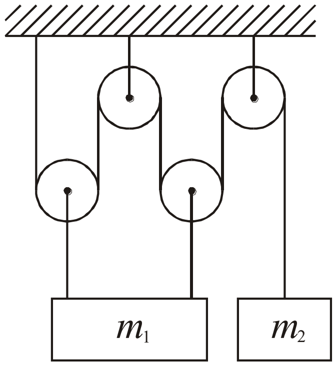

Задача №146.

На системе невесомых блоков подвешен груз массы 30кг. Определить силу реакции подвеса неподвижного блока.



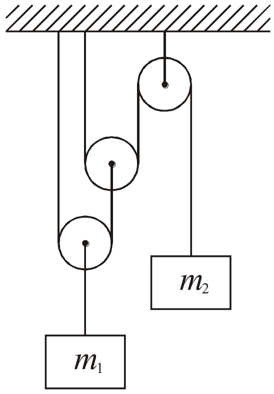
Задача №147.

На системе невесомых блоков подвешены грузы массами $m_1$ и $m_2$. Определить, при каком отношении масс $m_1/m_2$ система будет находиться в равновесии.



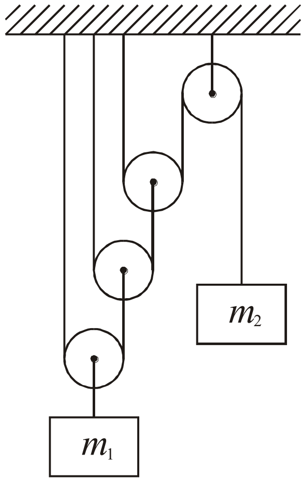

Задача №148.

На системе невесомых блоков подвешены грузы массами $m_1$ и $m_2$. Определить, при каком отношении масс $m_1/m_2$ система будет находиться в равновесии.



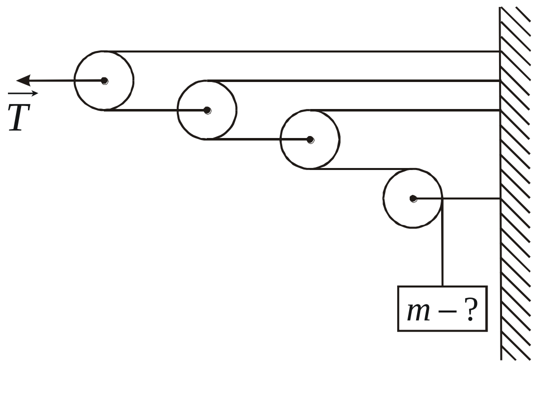

Задача №149.

На системе невесомых блоков подвешены грузы массами $m_1$ и $m_2$. Определить, при каком отношении масс $m_1/m_2$ система будет находиться в равновесии.




Задача №150.

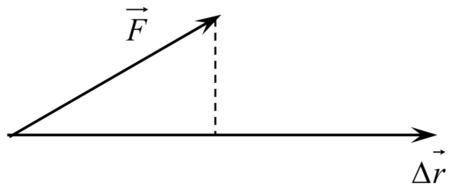
Контактные провода троллейбусной линии натягиваются с помощью системы блоков, схема которой представлена на рисунке. Сила натяжения троса $T$=8кН. Определить груз, какой массы надо подвесить на трос, чтобы обеспечить такую силу натяжения.



# IV. Работа и механическая энергия.

## §24. Механическая работа.

1. Механической работой силы $\vec{F}$ на перемещении $\Delta\vec{r}$ называется скалярная величина, равная произведению проекции силы $\vec{F}$ на направление $\Delta\vec{r}$ на модуль перемещения.




$$A = F_{\Delta r} \cdot \Delta r\,.$$

2. Так как проекция силы на направление перемещения может быть положительной, отрицательной или равной нулю, то работа, соответственно, может быть положительной, отрицательной или равной нулю.

3. Если сила направлена под острым углом к направлению перемещения или направление силы совпадает с направлением перемещения, то работа положительна


$A > 0$

4. Если сила перпендикулярна к вектору перемещения, то работа равна нулю

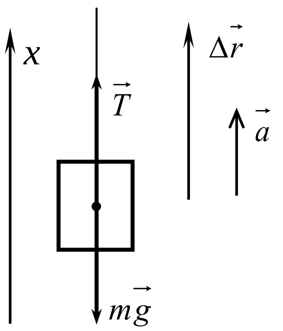

$A = 0$

5. Если сила направлена в противоположном направлении или под тупым углом к вектору перемещения, то работа этой силы отрицательна.


$A < 0$

6. *Пример решения задач.*

Подъёмный кран поднимает груз массой 300 кг на высоту 4 м с ускорением 1 м/с$^2$, направленным вверх. Определить работу всех сил, действующих на груз.




***Анализ.***

Нарисуем чертёж, расставим все силы, действующие на груз, и изобразим вектор перемещения и ускорения груза. На груз действуют две силы – сила тяжести $m\vec{g}$ и сила натяжения троса $\vec{T}$.

Работа силы $T$ $A_T = T_{\Delta r} \cdot \Delta r$.

Проекция силы $\vec{T}$ на направление $\Delta r$ $T_{\Delta r} = T$, следовательно:

$$A_T = T \cdot \Delta r.$$

Проекция $m\vec{g}$ на направление $\Delta r$ $mg_{\Delta r} = -mg$.

Работа

$$A_{mg} = -mg \cdot \Delta r.$$

Найдём модуль силы $\vec{T}$. Для этого запишем второй закон Ньютона в векторной форме

$$m\vec{a} = \vec{T} + m\vec{g}$$

и в проекции на ось $x$:

$$Ox: \quad ma = T - mg.$$

Отсюда $T = m \cdot (g + a)$.

Следовательно:

$$A_T = m \cdot (a + g) \cdot \Delta r,$$

$$A_{mg} = -mg \cdot \Delta r.$$

***Вычисления.***

$A_T$ = 300·(1+10)·4 = 13200 Дж.

$A_{mg}$ = -300·10·4 = -12000 Дж.

**Задачи для самостоятельного решения.**

Задача 151.

Подъемный кран равномерно поднимает груз массой 125кг на высоту 4м. Определить работу силы натяжения троса и силы тяжести.

Задача 152.

Подъемный кран поднимает груз массой 200кг на высоту 2м с ускорением 2м/с$^2$, направленным вверх. Определить работу силы тяжести и силы натяжения троса.

Задача 153.

Определить работу силы тяжести и силы натяжения троса подъемного крана, если при подъеме груза массой 100кг на высоту 1м ускорение 2м/с$^2$ было направлено вниз.

Задача 154.

Подъемный кран поднимает груз массой 300кг на высоту 6м. Первые 2м груз поднимается с ускорением 3м/с$^2$, направленным вверх, следующие 2м груз движется равномерно и последние 2м – с ускорением 3м/с$^2$, направленным вниз. Определить работу силы тяжести и силы натяжения троса при подъеме груза.

Задача 155.

Груз массой 50кг под действием силы 300Н перемещается по горизонтальной поверхности на расстояние 8м. Определить работы всех сил, приложенных к грузу.

Задача 156.

Определить коэффициент трения, если при экстренном торможении юзом автомобиль массой 2т прошел до остановки 20м и сила трения совершила работу 240кДж.

Задача 157.

С каким ускорением движется вертикально стартующий корабль массой 150т, если при подъеме на высоту 2км сила тяги ракетных двигателей совершила работу 9000МДж.

Задача 158.

Гранитный камешек объемом 20см$^3$ равномерно двигается в воде, опускаясь на глубину 15м. Определить работу всех сил, действующих на камешек во время движения.

Задача 159.

Деревянный шарик объемом 100см$^3$ и плотностью 700кг/м$^3$ равномерно всплывает с глубины 2м. Определить работу силы Архимеда и силы вязкого трения при движении шарика.

Задача 160.

При вертикальном подъеме тела массой 2кг с ускорением 2м/с$^2$ была совершена работа 240Дж. На какую высоту было поднято тело?

## §25. Механическая энергия. Закон сохранения механической энергии.

1. ***Кинетической энергией*** материальной точки массы $m$ называется энергия, определяемая скоростью $v$ материальной точки в данной инерционной системе отсчета.

$$E_K = \frac{mv^2}{2}.$$

2. ***Потенциальной энергией*** называется энергия, которая определяется взаимным расположением взаимодействующих тел или их частей. В частном случае, для материальной точки массы $m$, поднятой на высоту $h$:

$$E_П = mgh.$$

3. Для решения задач важно не само значение потенциальной энергии, а ее изменение. Нулевой уровень потенциальной энергии выбирается исходя из удобства решения данной задачи. Поэтому потенциальная энергия может быть положительной, отрицательной и равной нулю.

4. Сумма кинетической и потенциальной энергий тела называется ***механической энергией тела***:

$$E_M = E_K + E_П.$$

   Сумма механических энергий тел, входящих в систему, называется ***механической энергией системы тел***.

5. Система тел называется ***консервативной***, если в процессе движения тел системы можно пренебречь работой сил трения.

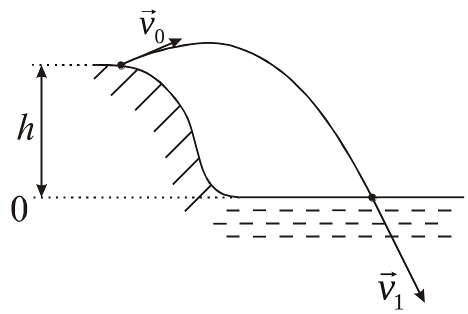
6. ***Закон сохранения механической энергии***: механическая энергия консервативной системы тел остается постоянной в процессе движения:

$$E_M = E_K + E_П = const.$$

7. Схема решения задач с использованием закона сохранения механической энергии:
   1) выбираем нулевой уровень потенциальной энергии;
   2) записываем выражение для механической энергии в начальный момент времени;
   3) записываем выражение для механической энергии в конечный момент времени;
   4) так как полная механическая энергия консервативной системы постоянна в любой момент времени, приравниваем выражения, записанные в 1) и 2) пунктах, и находим неизвестные величины;

8. *Пример решения задачи:*

С обрыва в реку мальчик бросил камешек с начальной скоростью $v_0$=3м/с. Камень упал в воду со скоростью $v_1$=5м/с. Определить высоту обрыва.




**Анализ.**

Выберем нулевой уровень потенциальной энергии на уровне воды. Тогда в начальный момент времени механическая энергия камешка, равна:

$$E_{M1} = mgh + \frac{mv_0^2}{2}.$$

В конечный момент времени, в момент касания воды, камешек имеет механическую энергию:

$$E_{M2} = \frac{mv_1^2}{2}.$$

Так как мы пренебрегаем силами трения о воздух, то полная механическая энергия камешка сохраняется:

$$E_{M1} = E_{M2}\text{, то есть}$$

$$mgh + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2}\text{, откуда}$$

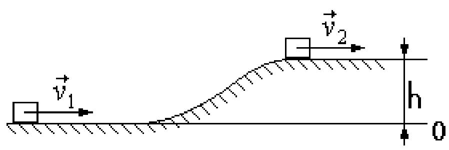
$$h = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2g}.$$

**Вычисления.**

$$h = \frac{5^2 - 3^2}{2 \cdot 10} = \frac{25 - 9}{20} = \frac{16}{20} = 0{,}8\,м.$$

9. *Пример решения задачи.*

Шайба скользит по абсолютно гладкой поверхности, имея кинетическую энергию $E_{K1}$=14Дж, и заезжает на горку высотой 0,5м. На вершине горки скорость шайбы стала равной $v_2$=2м/с. Определить массу шайбы.




**Анализ.**

Выберем нулевой уровень потенциальной энергии у подножья горки. Тогда механическая энергия шайбы в начальный момент времени:

$$E_{M1} = E_{K1}.$$

В конечный момент времени, когда шайба въехала на горку, механическая энергия шайбы:

$$E_{M2} = mgh + \frac{mv_2^2}{2}.$$

Так как система консервативна, применяем закон сохранения механической энергии:

$$E_{M1} = E_{M2}.$$

$E_{K1} = mgh + \dfrac{mv_2^2}{2}$, откуда находим массу:

$$m = \frac{2E_{K1}}{2gh + v_2^2}$$

***Вычисления.***

$$m = \frac{2 \cdot 14}{2 \cdot 10 \cdot 0{,}5 + 2^2} = \frac{28}{10+4} = 2кг.$$

## Задачи для самостоятельного решения.

Задача 161

Подающий без начальной скорости камень подлетает к земле со скоростью 10м/с. С какой высоты отпущен камень?

Задача 162.

Тело брошенное вертикально вниз со скоростью 2м/с упало на землю со скоростью 12м/с. С какой высоты брошено тело?

Задача 163.

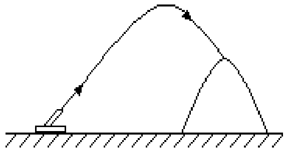
Камень брошен вверх со скоростью 5м/с. С какой скоростью н упадет на землю?

Задача 164.

Мальчик ныряет с обрыва с горизонтально направленной скоростью 3м/с и входит в воду со скоростью 7м/с. Определить высоту обрыва.

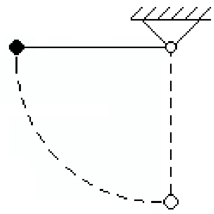
Задача 165.

Из огнемета стреляют, стараясь поразить огневую точку противника, расположенную на вершине холма. Начальная скорость мины 100м/с. Мина подлетает к цели со скоростью 80м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить высоту холма.



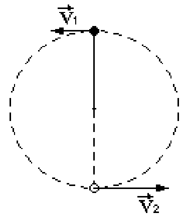
Задача 166.

Груз висит на нити. Нить отклоняют на угол 90° от вертикали и отпускают. В нижней точке груз имеет скорость 2м/с. Определить длину нити.



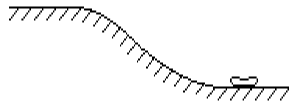
Задача 167.

Грузик, подвешенный на нити, вращается в вертикальной плоскости. В нижней точке скорость груза равна 10м/с, а в верхней точке 8м/с. Определить длину нити, на которой вращается груз.




Задача 168.

Мальчик съезжает на санках с горки. У подножья горки скорость санок 10м/с. Определить высоту горки. Трением санок о горку пренебречь.



Задача 169.

Тело падает с высоты $h$. На какой высоте кинетическая энергия тела будет равна его потенциальной энергии.

Задача 170.

Камень бросают вертикально вверх. Начальная кинетическая энергия камня 25Дж. Определить кинетическую энергию камня на высоте 1м, если его масса равна 2кг.

Задача 171.

Шарик скатывается без начальной скорости с наклонной плоскости высотой 30см и в конце наклонной плоскости имеет кинетическую энергию 0,06Дж. Определить массу шарика.

Задача 172.

Камень массой 3кг, брошенный вверх, имеет на высоте 1м скорость 2м/с. Определить начальную кинетическую энергию камня.

Задача 173.

Тело, брошенное вертикально вверх, достигло максимально высоты $h$. Какой высоты достигнет тело вдвое большей массы, брошенное с той же начальной скоростью?

Задача 1.

Тело, брошенное вертикально вверх, достигло максимально высоты $h$. Какой высоты достигнет это тело, брошенное с вдвое большей начальной скоростью?

## Обработка результатов измерений при проведении лабораторных работ

### 1. Основные термины, определения и обозначения.

**ИЗМЕРЕНИЕ** – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью средств измерения.
**СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ** – измерительные инструменты или приборы, позволяющие сравнивать измеряемую величину с мерой (однородной с измеряемой величиной и принятой за единицу измерения).
**ПРЯМОЕ ИЗМЕРЕНИЕ** – определение значения физической величины непосредственно с помощью средств измерения.
**КОСВЕННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ** – определение значения физической величины по формуле, связывающей ее с другими физическими величинами, измеряемыми непосредственно (которые определяются прямыми измерениями).

Пусть **A** – измеряемая физическая величина
$\mathbf{A_{пр}}$ – приближенное значение измеряемой физической величины, полученное путем прямых или косвенных измерений.
Например при прямом измерении бруска длиной А с помощью сантиметровой линейки, получим:

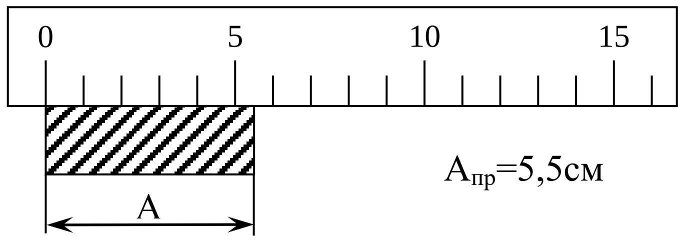



Рис. 1.

$\Delta$**A** – абсолютная погрешность измерения физической величины. Она выражается в тех же единицах измерения, что и сама физическая величина.
$\Delta_и$**A** – максимальная абсолютная инструментальная погрешность измерения (погрешность средств измерения). Может быть определена по таблице 1. или по классу точности электроизмерительного прибора.
$\gamma$ – класс точности электроизмерительного прибора. Он показывает, сколько процентов составляет абсолютная инструментальная погрешность прибора $\Delta_и A$ от всей действующей шкалы прибора $A_{max}$ :

$$\gamma = \frac{\Delta_и A}{A_{max}} \times 100(\%).$$

Существуют следующие классы точности стрелочных электроизмерительных приборов:

**0,1 0,2 0,5 1,5 2,5 4,0**

(при указании класса точности знак "**%**" не пишется)

Максимальная "абсолютная" инструментальная погрешность измерения физической величины электроизмерительным прибором определяется по формуле :

$$\Delta_и A = \frac{\gamma \cdot A_{max}}{100}.$$

Допустимые инструментальные погрешности средств измерения

Таблица 1.

| № п/п | Средства измерения | Предел измерения | Цена деления | Допустимая инструм-я погрешность |
|---|---|---|---|---|
| | Линейки: ученическая | до 50 см | 1 мм | ± 1 мм |
| | чертежная | до 50 см | 1 мм | ± 0,2 мм |
| | инструментальная | 20 см | 1 мм | ± 0,1 мм |
| | демонстрационная | 100 см | 1 см | ± 0,5 см |
| | Лента измерительная | 150 см | 0,5 см | ± 0,5 см |
| | Штангенциркуль | 150 мм | 0,1 мм | ± 0,05 мм |
| | Микрометр | 25мм | 0,01 мм | ± 0,005 мм |
| | Мензурка | до 250 мл | 2 мл | ± 1 мл |
| | Гири 4 класса точности | 1 ÷ 100 г | – | < 0,04 г |
| | Динамометр учебный | 4 Н | 0,1 Н | ± 0,05 Н |
| | Весы учебные | 200 г | 2 г | ± 0,1 г |
| | Секундомер | 0 ÷ 30 мин | 0,2 с | ±1 с за 30 мин |
| | Барометр анероид | 720 ÷ 780 мм рт ст | 1 мм рт ст | ± 3 мм рт ст |
| | Термометр лабораторный | 0 ÷ 100ºС | 1ºС | ± 1ºС |
| | Амперметр лабораторный | 2 А | 0,1 А | ± 0,05 А |
| | Вольтметр лабораторный | 6 В | 0,2 В | ± 0,15 В |

**$\Delta_0$A** – абсолютная погрешность отсчета, равная в большинстве случаев половине цены деления измерительного инструмента (линейки) или прибора (секундомера, вольтметра и т.д.). Эта погрешность обусловлена недостаточно точным считыванием показаний средств измерения.

**ε** - относительная погрешность измерения физической величины, определяемая соотношениями:

$$\varepsilon = \frac{\Delta А}{А_{пр}} \times 100$$ - в процентах от целого,

или $$\varepsilon = \frac{\Delta А}{А_{пр}}$$ - в долях от целого.

## 2. Методика определения абсолютных и относительных погрешностей

Абсолютная погрешность прямых измерений (при отсутствии других погрешностей) складывается из абсолютных погрешностей отсчета и инструментальной погрешности:

$$\Delta А = \Delta_{и} А + \Delta_{о} А$$

Абсолютная погрешность измерения обычно округляется до одной значащей цифры ($\Delta А = 0{,}17 \approx 0{,}2$). Приближенное значение физической величины округляют так, чтобы его последняя цифра оказалась в том же разряде, что и цифра погрешности ($А_{пр} = 10{,}332 \approx 10{,}3$). Относительная погрешность косвенных измерений определяется так, как показано в таблице 2.

Формулы для нахождения относительной погрешности косвенных измерений

Таблица 2.

| Формула, по которой определяется физическая величина А | Формула для определения относительной погрешности ε (в долях от целого) |
|---|---|
| $A = B \cdot C \cdot D$ | $\varepsilon = \frac{\Delta В}{В} + \frac{\Delta C}{C} + \frac{\Delta D}{D}$ |
| $A = \frac{B}{C \cdot D}$ | $\varepsilon = \frac{\Delta В}{В} + \frac{\Delta C}{C} + \frac{\Delta D}{D}$ |
| $A = B \pm C$ | $\varepsilon = \frac{\Delta B + \Delta C}{B \pm C}$ |
| $A = B\sqrt{\frac{C}{D}}$ | $\varepsilon = \frac{\Delta В}{В} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta C}{C} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta D}{D}$ |

Абсолютная погрешность косвенных измерений определяется по формуле:

$$\Delta A = A_{пр} \cdot \varepsilon,$$

где ε - в долях от целого, выражается десятичной дробью.

РЕЗУЛЬТАТ ИЗМЕРЕНИЯ записывается в виде:

$$A = A_{np} \pm \Delta A \ ;$$

$$\varepsilon = ....\%.$$

### 3. Методика сравнения результатов двух измерений одной физической величины.

1). Записать результаты 1-го и 2-го измерений по форме:

$$A_1 = A_{1np} \pm \Delta A_1$$

$$A_2 = A_{2np} \pm \Delta A_2$$

2). Записать результаты измерений в виде двойных неравенств:

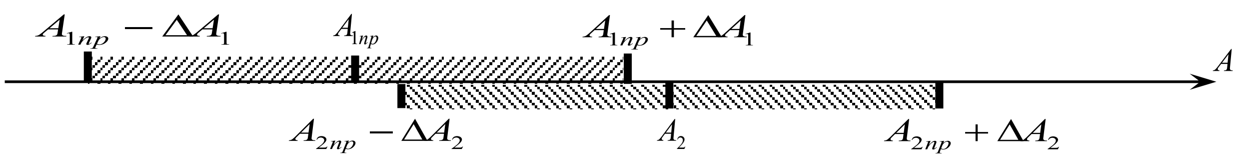
$$A_{1np} - \Delta A_1 < A_1 < A_{1np} + \Delta A_1$$

;

$$A_{2np} - \Delta A_2 < A_2 < A_{2np} + \Delta A_2$$

;

**3).** Сравнить полученные интервалы значений: если полученные интервалы не перекрываются, то результаты считать не одинаковыми; если перекрываются (в нашем случае это интервал от $\mathrm{A}_{2np} - \Delta\mathrm{A}_2$ до $A_{1np} + \Delta A_1$ ) одинаковыми (см. Рис. 2):




При записи вывода об одинаковости результатов необходимо указать относительную погрешность измерений.

## 4. Методика построения графика по экспериментальным точкам.

1. Нанести на поле графика измеряемой величины $Y$ зависящей от параметра $X$ экспериментальные точки $Y_i(X_i)$.

2. Провести линию графика так, чтобы число экспериментальных точек с обеих сторон линии было приблизительно одинаковым (см.Рис.3). Экспериментальные точки, лежащие далеко от линии графика («выбросы») не учитываются и подлежат проверке.

3. Линия графика должна быть плавной. Для её проведения рекомендуется использовать лекала.

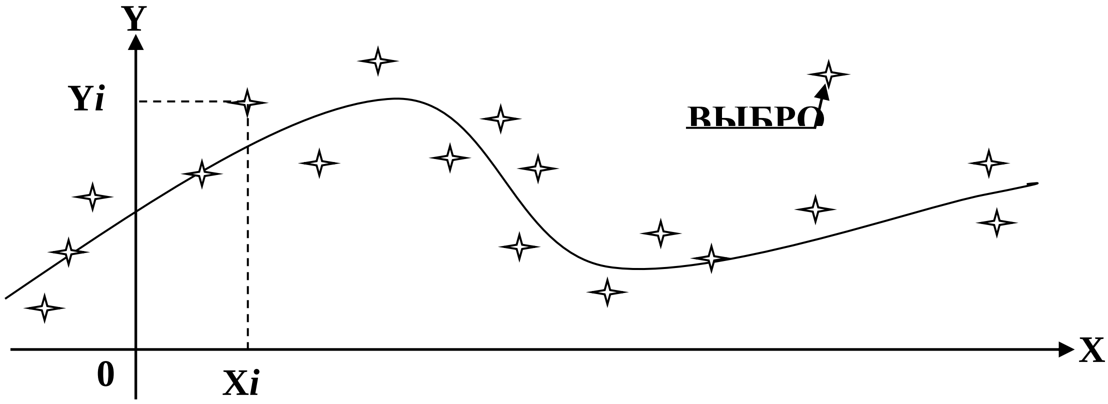



Рис. 3

## Оглавление

Издано на средства авторов.

**Ковалев** Владимир Юрьевич

**Шилков** РоманНиколаевич

Методические рекомендации и сборник задач по физике для учащихся 7-х классов.

---

Подписано в печать 01.09.2003г. Формат 60х84 1/16. Бумага писчая.

Гарнитура Times New Roman. Офсетная печать. Усл. Печ.л. 4.3

Уч.-изд. л. 4.0 Тираж 200 экз. Заказ

---

Издательство ЛИЦЕЙ 40

RNSh - 2003