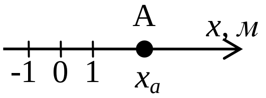
7-9 классы, подготовка к теоретическому туру

олимпиады школьников «Робофест» по физике

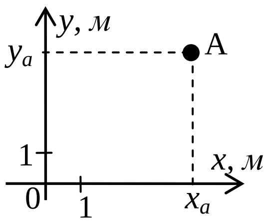
Теоретический обзор к вводному занятию 1.

Тема: «ДВИЖЕНИЕ: ПУТЬ, ПЕРЕМЕЩЕНИЕ И СКОРОСТЬ».

Одно из самых важных физических явлений, с которыми мы сталкиваемся в окружающем нас мире – движение. Так мы называем *изменение положения одного тела* ***относительно другого*** *с течением времени*. Действительно, утверждение «тело движется» имеет относительный характер (то есть зависит от наблюдателя): мячик, лежащий на сиденье автомобиля, едущего по автостраде, движется относительно идущего по обочине пешехода и покоится относительно водителя автомобиля. Физики используют понятие «***тело отсчета***» - это тело, относительно которого мы рассматриваем движение остальных тел в данном исследовании (опыте или задаче). Для количественного описания положения тел мы обычно используем *координаты*: например, для небольшого тела А, движущегося вдоль одной прямой, мы можем ввести координату x на этой прямой. Для этого нужно направить вдоль

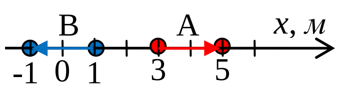
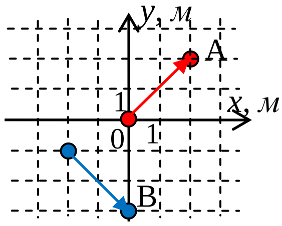
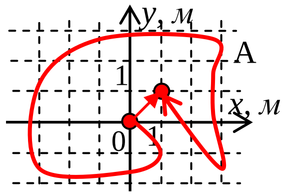


прямой координатную ось (выбрать направление), ввести единицу измерения координаты (например, метры), выбрать начало отсчета координаты (точку с координатой $x=0$). Теперь координата тела – это расстояние от начала отсчета до тела, выраженное в метрах, со знаком «плюс» или «минус». Если тело движется, то его координата изменяется с течением времени. Итак, для описания движения нам нужны: тело отсчета, связанная с ним система координат и прибор для измерения времени. Такой набор в физике называется «Системой Отсчета». Закон изменения $x(t)$ называют *законом движения* тела в выбранной СО.



Если тело движется в плоскости (например, по плоскому участку поверхности Земли), то его положение можно описать **двумя** координатами (x и y), отсчитываемыми по двум взаимно-перпендикулярным осям. Такие координаты называют «декартовыми». Закон движения тела при этом задается двумя уравнениями ($x(t)$ и $y(t)$). При движении тело проходит по некоторой линии, которую называют *траекторией* тела.

Два важных понятия, которые надо уметь различать – это *путь* и *перемещение* тела. Путь – это пройденное телом расстояние, то есть *длина его траектории*. Для определения пути не важно, была траектория прямой или изгибалась, важно только ее общая длина от начала до конца рассматриваемого движения. Путь – это всегда **число**. Перемещение – это *изменение положения* тела. Оно характеризуется не только числом, но и направлением: результат перемещения на поверхности Земли «на 100 м в юго-западном направлении» совсем не совпадает с результатом перемещения «на 100 м в восточном направлении». Изменение положения тела можно описать, сообщив изменение его координат в выбранной СО: $\Delta x_A = x_A(t_{кон}) - x_A(t_{нач})$ – перемещение тела на интервале времен от $t_{нач}$ до $t_{кон}$.

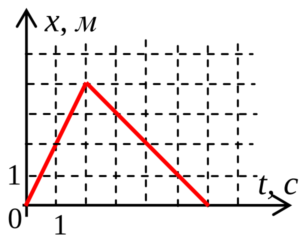
 Тела А и В прошли одинаковый путь 2 м, но переместились в разных направлениях: $\Delta x_A = +2$ м, $\Delta x_B = -2$ м.	 Тела А и В прошли одинаковый путь $2\sqrt{2}$ м $\approx 2{,}8$ м, но переместились в разных направлениях: $\Delta x_A = +2$ м, $\Delta y_A = +2$ м; $\Delta x_B = +2$ м, $\Delta y_B = -2$ м.	 Тело А прошло значительный путь при малом перемещении: $\Delta x_A = +1$ м, $\Delta y_A = +1$ м, $s_A \approx 19$ м.

Если тело перемещается только в одном направлении, его путь равен величине перемещения. В любом другом случае для движущегося тела путь больше величины перемещения.

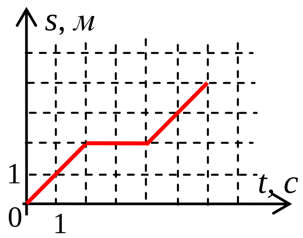
Быстроту перемещения тела описывают с помощью физической величины, которую называют *скорость*. Это понятие часто используют и в житейских ситуациях. Важно обратить внимание, что в физике мы имеем дело с целом набором величин, называемых этим термином. В наиболее общем смысле мы говорим о скорости как о величине, характеризующейся (как и перемещение) не только числовым значением, но и направлением (в физике и математике такие величины называют ***векторами*** и при записи помечают особо: вектор перемещения $\Delta\vec{r}$, вектор скорости $\vec{v}$). Такая скорость – это отношение перемещения за время t к величине этого интервала времени: $\vec{v} = \frac{\Delta\vec{r}}{t}$. Если интервал времени взять очень малым (как говорят математики, «устремить к нулю»), то мы придем к понятию ***мгновенной скорости***: $\vec{v} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}|_{\Delta t \to 0}$. В «обыденной жизни» часто используют величину скорости, которую физики называют ***путевой скоростью***. Здесь можно ввести **средняя скорость на участке пути** $v_{cp} = \frac{s}{t}$, и **мгновенную путевую скорость** (рассмотрев «очень малый» участок пути) $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}|_{\Delta s \to 0}$.

Если скорость постоянна по величине и по направлению (такое движение называют ***равномерным***), то и перемещение, и путь, изменяются с течением временем линейно: $\Delta x = v_x t$, $s = vt$. Если постоянна путевая скорость, то путь все равно определяется по формуле $s = vt$, а вот перемещение может меняться по очень сложному закону, если скорость в течении рассматриваемого времени изменялась по направлению.

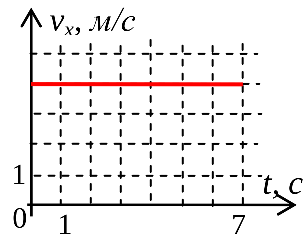
Важный способ представления информации о движении – это **графики** зависимостей координаты, пути или мгновенной скорости от времени. Их внимательный анализ позволяет многое узнать. Приведем примеры.



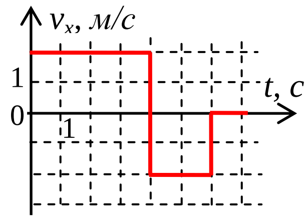
Пример 1. Тело совершает движение вдоль одной прямой, и его положение характеризуется координатой x, зависимость которой от времени показана на графике. Нетрудно понять, что тело сначала за 2 с прошло 4 м в положительном направлении оси, а затем за 4 с те же 4 м в отрицательном, и в итоге вернулось в исходную точку. Перемещение тела равно нулю, пройденный путь равен 8 м. При движении в положительном направлении скорость была постоянна и равна $v_x = \frac{4\,\text{м}}{2\,\text{с}} = +2$ м/с, при движении в отрицательном – тоже постоянна: $v_x = \frac{-4\,\text{м}}{4\,\text{с}} = -1$ м/с. Средняя скорость (с учетом направления) равна нулю, а средняя путевая скорость $v_{cp} = \frac{8\,\text{м}}{6\,\text{с}} = \frac{4}{3}$ м/с.



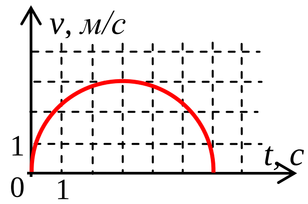
Пример 2. Тело движется по неизвестной нам траектории, дан график зависимости пути от времени. Здесь мы ничего не знаем о направлении движения, поэтому можем определять только путевую скорость (исключение – отрезок времени от $t = 2\,\text{с}$ до $t = 4\,\text{с}$, где тело не двигалось с места – там любая скорость равнялась нулю). На участках от $t = 0\,\text{с}$ до $t = 2\,\text{с}$ и с $t = 4\,\text{с}$ до $t = 6\,\text{с}$ путевая скорость была постоянна и равна $v = \frac{2\,\text{м}}{2\,\text{с}} = 1$ м/с. Средняя скорость на всем участке пути, о котором есть информация на графике равна $v_{cp} = \frac{4\,\text{м}}{6\,\text{с}} = \frac{2}{3}$ м/с.



Пример 3. Тело совершает движение вдоль одной прямой, и его положение характеризуется координатой x. На графике показана зависимость скорости от времени. Как видно это равномерное движение – скорость не изменяется ни по величине, ни по направлению и всегда равна 4 м/с. Ясно, что перемещение тела вдоль оси x составит $\Delta x = 4\,\text{м/с} \cdot 7\text{с} = 28\,\text{м}$. Путь будет равен перемещению. В этом простом примере можно обратить внимание на очень важное обстоятельство: **площадь** под графиком скорости соответствует перемещению и пути. При подсчете перемещения площадь считается с учетом знака: «+», если график над осью времен (скорость направлена в положительном направлении оси), «–», если график под осью времен (в отрицательном направлении). При подсчете пути площади просто суммируются. Это видно и на следующем примере.

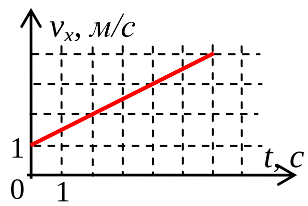


Пример 4. Как и в предыдущем примере, на графике показана зависимость скорости от времени. Теперь тело сначала движется по оси x (скорость +2 м/с), а затем против (скорость –2 м/с). Перемещение тела вдоль оси x составит $\Delta x = +2\,\text{м/с} \cdot 4\text{с} - 2\text{м/с} \cdot 2\text{с} = 4\,\text{м}$. Путь тела будет равен $s = 2\,\text{м/с} \cdot 4\text{с} + 2\text{м/с} \cdot 2\text{с} = 12\,\text{м}$. Средняя скорость на участке пути, отвечающем первым 6 с, равна $v_{ср} = \dfrac{12\,\text{м}}{6\,\text{с}} = 2\,\text{м/с}$. Можно сделать вывод: путь и среднюю путевую скорость можно легко подсчитать всегда, когда мы можем подсчитать площадь под графиком зависимости скорости от времени.



Пример 5. График зависимости путевой скорости от времени оказался в выбранном масштабе в точности половиной окружности. Как видно, скорость непрерывно изменялась по достаточно сложному закону. Тем не менее нам должно быть понятно, что пройденный телом путь равен площади под графиком, и, используя формулу площади круга, находим, что $s = \dfrac{\pi}{2} \cdot 3^2\,\text{м} \approx 14{,}14\,\text{м}$. Средняя скорость на участке пути, отвечающем первым 6 с равна $v_{ср} \approx \dfrac{14{,}14\,\text{м}}{6\,\text{с}} \approx 2{,}36\,\text{м/с}$.

Очень важный пример движения – это ***равноускоренное движение***, при котором скорость изменяется по закону $v(t) = v_0 + a \cdot t$, где a – постоянная величина, измеряемая в м/с^2. Эта величина в физике называется *ускорением*, причем она может быть как положительной, так и отрицательной. Если воспользоваться рассмотренным выше приемом с площадью, то и в этом случае легко находить путь.



Пример 6. На графике – зависимость скорости от времени для равноускоренного движения. Скорость изменилась от +1м/с до +4м/с за 6с, то есть ускорение $a = \dfrac{+3\text{м/с}}{6\,\text{с}} = +0{,}5$ м/с^2. Пройденный путь соответствует площади трапеции $s = \dfrac{1\,\text{м/с} + 4\text{м/с}}{2} \cdot 6\,\text{с} = 15\,\text{м}$.

Средняя скорость на участке пути, отвечающем первым 6 с равна $v_{ср} = \dfrac{15\,\text{м}}{6\,\text{с}} = 2{,}5\,\text{м/с}$.