Сегодня: среда, 15 апреля 2020 г.

Физические основы механики

Мельникова Тамара Николаевна
ст. преподаватель отделения ЭФ ИЯТШ ТПУ

Любите, дети, физику!

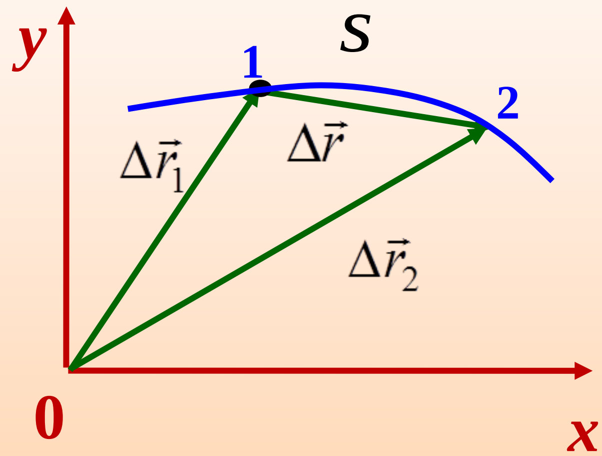
Она всегда, везде.

Поможет вам в умении,

И в жизни, и в труде!

Тема 1. Кинематика

Кинематика – наука о движении. Это раздел механики, в котором движение тел рассматривается без выяснения причин изменения этого движения.

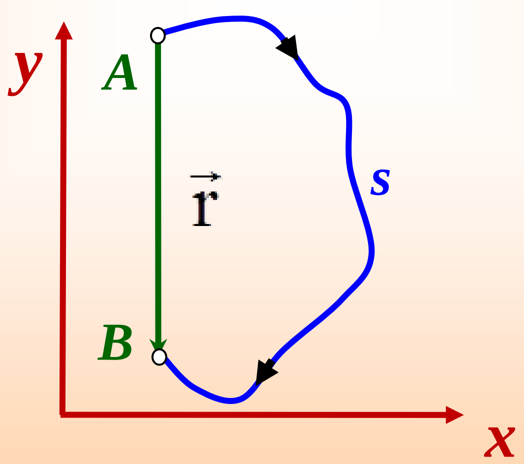


Траектория – это линия, которую описывает частица при своем движении.

Путь (s) – сумма отрезков по траектории движения – величина положительная, скалярная.

В зависимости от формы траектории движения различают ***прямолинейное*** или ***криволинейное движения***.

При движении тела по криволинейной траектории модуль вектора перемещения всегда меньше пройденного пути.

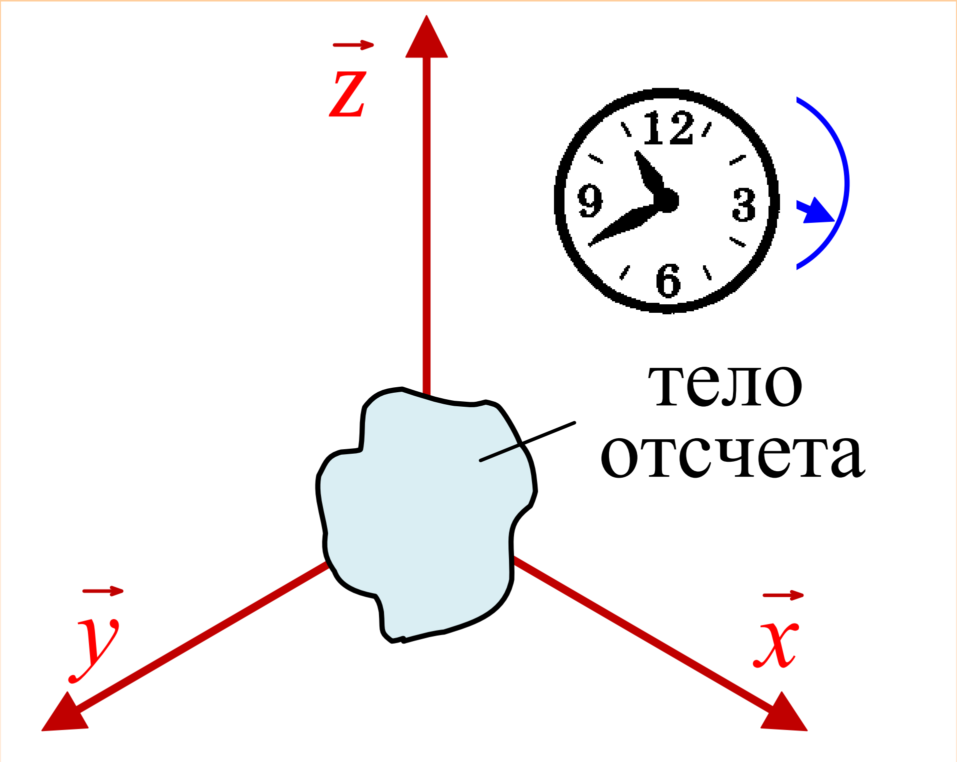


Модели в механике

В механике (как и в других разделах физики) изучают абстрактные модели тел: ***материальная точка* и *абсолютно твердое тело.***

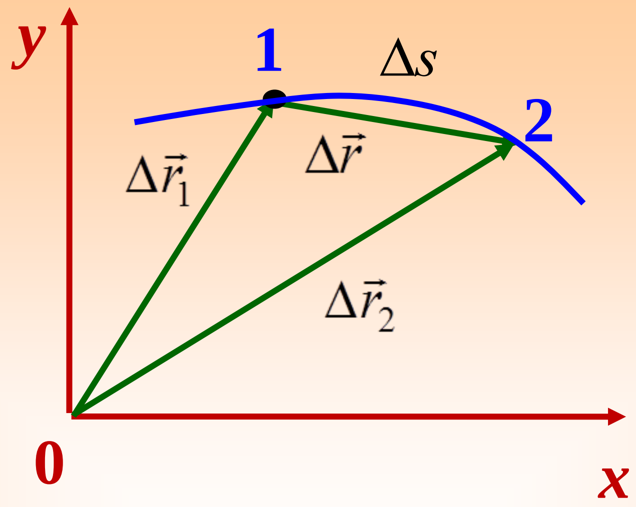
1. Тело, размерами которого в данных условиях можно пренебречь, называется ***материальной точкой***.

2. ***Абсолютно твердое тело*** – это тело, не изменяющее свою форму и размеры при движении (т.е. недеформируемое).



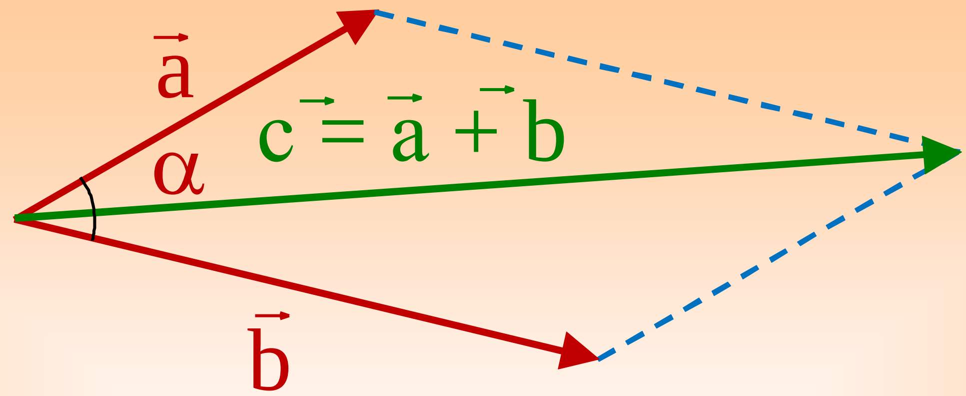
Систему отсчета можно выбрать произвольно.

При кинематических исследованиях все системы отсчета равноправны.



Перемещение ($\vec{r}$) – направленный отрезок, соединяющий начальное и конечное положение частицы. Величина перемещения тела не может превышать его путь. (Перемещение $\vec{r}$ – векторная величина).

Векторными называются величины, характеризуемые числовым значением, направлением и имеет точку приложения.



Векторные величины складываются по ***правилу параллелограмма*.**

Модуль вектора – скалярная величина, причем, всегда положительная и обозначается $c = |\vec{c}|$. Модуль вектора можно рассчитать, используя теорему косинусов:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab\cos\alpha},$$

α – угол между направлениями векторов $\vec{a}$ и $\vec{b}$.

Основные формулы

- ***Положение материальной точки*** в пространстве задается радиусом-вектором $\vec{r}$:

$$\vec{r} = \vec{i}x + \vec{j}y + \vec{k}z,$$

где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – единичные векторы направлений (орты); x, y, z – координаты точки.

- ***Кинематические уравнения движения*** в координатной форме: $x = f_1(t)$; $y = f_2(t)$; $z = f_3(t)$, где t – время.

- ***Средняя скорость*** $\langle \upsilon \rangle = \dfrac{s}{t}$,

где s – путь, пройденный точкой за интервал времени t.

- ***Мгновенная скорость*** материальной точки

$$\vec{\upsilon} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{i}\upsilon_x + \vec{j}\upsilon_y + \vec{k}\upsilon_z,$$

где $\upsilon_x = \frac{dx}{dt}$; $\upsilon_y = \frac{dy}{dt}$; $\upsilon_z = \frac{dz}{dt}$.

– проекции скорости υ на оси координат.

- ***Модуль скорости*** $\upsilon = \sqrt{\upsilon_x^2 + \upsilon_y^2 + \upsilon_z^2}$

- ***Ускорение*** $\vec{a} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt} = \vec{i}a_x + \vec{j}a_y + \vec{k}a_z$, где

$$a_x = \frac{d\upsilon_x}{dt}, \qquad a_y = \frac{d\upsilon_y}{dt}, \qquad a_z = \frac{d\upsilon_z}{dt}.$$

- ***Модуль ускорения*** $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}.$

- ***Равномерным прямолинейным движением*** называют движение, при котором материальная точка за любые равные промежутки времени совершает одинаковые перемещения вдоль данной прямой линии.

- Кинематическое уравнение ***равномерного движения*** материальной точки вдоль оси x:

$$x = x_0 + \upsilon t,$$

где x_0 – начальная координата; t – время. При равномерном движении $\upsilon = \text{const}$ и $a = 0$.

- Если при движении тела его скорость изменяется по модулю и (или) направлению, то вводится понятие ***ускорения***.

Ускорение есть векторная физическая величина, определяемая как отношение малого изменения скорости $\Delta\vec{\upsilon}$ к малому промежутку времени Δt, за который произошло это изменение:

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

- ***Равноускоренным прямолинейным движением*** называется прямолинейное движение, при котором скорость тела меняется линейно со временем:

$$\upsilon = \upsilon_0 + at.$$

Здесь υ_0 – начальная скорость тела при $t = 0$. Коэффициент пропорциональности a – ускорение тела. При *равноускоренном* движении ускорение тела постоянно.

• Кинематическое уравнение ***равнопеременного движения*** (a = const) вдоль оси x:

$$x = x_0 + \upsilon_0 t + \frac{at^2}{2}$$

где υ_0 – начальная скорость; t – время.

- **Путь, пройденный материальной точкой при прямолинейном равнопеременном движении,**

$$s = \upsilon_0 t \pm \frac{at^2}{2}.$$

$$s = \frac{\upsilon^2 - \upsilon_0^2}{\pm 2a}.$$

$$s = \frac{\upsilon_0 + \upsilon}{2} t.$$

$$s = \upsilon_{\text{ср}} t.$$

- Примером равноускоренного движения является ***свободное падение*** тела с высоты h в безвоздушном пространстве.

Ускорение свободного падения тела $\vec{g}$ не зависит от самого тела и всегда направлено вертикально вниз.

- Движение тела, брошенного вертикально вверх с начальной скоростью υ_0:

$$\upsilon = \upsilon_0 - gt.$$

$$h = \upsilon_0 t - \frac{gt^2}{2}. \qquad h_{\max} = \frac{\upsilon_0^2}{2g} = \frac{gt_1^2}{2}.$$

- Свободное падение ($\upsilon_0 = 0$) тела:

$$\upsilon = gt, \qquad h = \frac{gt^2}{2}. \qquad h = \frac{\upsilon^2}{2g}.$$

При рассмотрении нескольких систем отчета (СО) возникает понятие ***сложного движения*** — когда материальная точка (м.т.) движется относительно какой-либо системы отсчёта, а та, в свою очередь, движется относительно другой системы отсчёта.

Как же связаны движения точки в этих двух СО?

Обычно одну из СО выбирают за базовую «***абсолютную***», другую называют «***подвижной***» и вводят следующие термины:

абсолютное движение — это движение точки или тела в базовой СО.

относительное движение — это движение точки или тела относительно подвижной системы отсчёта.

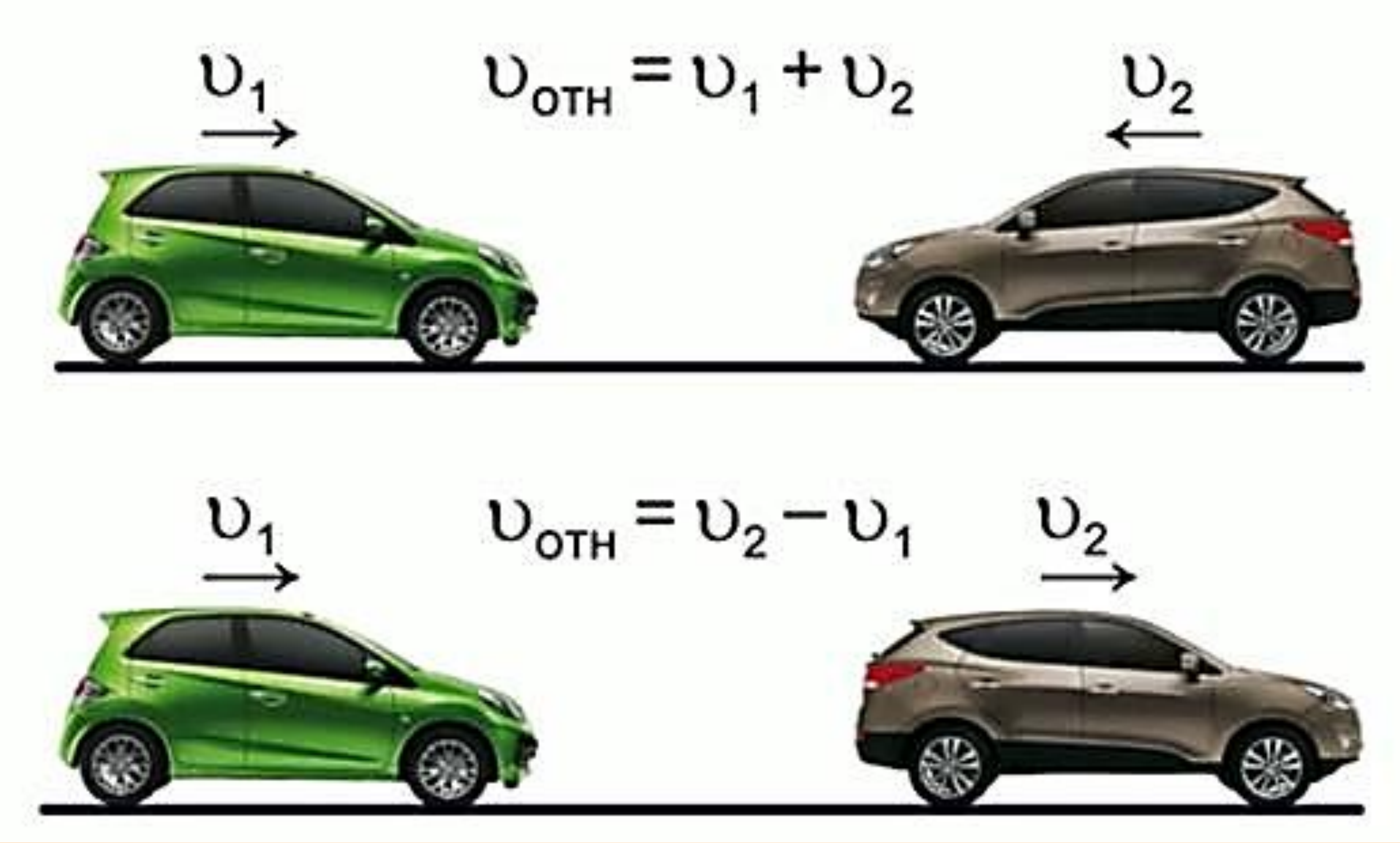
переносное движение — это движение второй СО относительно первой.

Также вводятся понятия соответствующих скоростей и ускорений.

Например, ***переносная*** скорость – это скорость точки, обусловленная движением подвижной системы отсчёта относительно абсолютной.

Другими словами, это скорость точки подвижной системы отсчёта, в данный момент времени совпадающей с материальной точкой.

Относительная скорость – это физическая величина, равная векторной разности **скоростей**, заданных относительно неподвижной системы отсчета.



υ_1
$\upsilon_{отн} = \upsilon_1 + \upsilon_2$
υ_2
υ_1
$\upsilon_{отн} = \upsilon_2 - \upsilon_1$
υ_2

Задача 1

Во сколько раз скорость пули при вылете из ствола больше, чем в середине ствола?

Считать, что движение пули в стволе происходит с постоянным ускорением.

Ответ представьте в единицах СИ и округлите до десятых.

[1,4]

Дано:	Решение:
$\upsilon_0 = 0$ $a = \text{const}$ l	Проанализировав условие задачи можно сказать, расстояние, равное длине ствола l, пуля проходит с нулевой начальной скоростью и постоянным ускорением a. В середине ствола (пройдя расстояние) пуля приобретает скорость, равную υ_1, а при
$\frac{\upsilon_2}{\upsilon_1} = \ ?$	

при вылете из ствола – скорость υ_2.

Запишем формулы пройденного пути при равноускоренном движении:

$$l = \frac{\upsilon_1^2 - \upsilon_0^2}{2a} = \frac{\upsilon_1^2}{2a} \qquad (1) \qquad \frac{l}{2} = \frac{\upsilon_2^2 - \upsilon_0^2}{2a} = \frac{\upsilon_2^2}{2a}. \qquad (2)$$

Разделив первое уравнение на второе, найдем отношение скорости υ_2 к скорости υ_1:

$$\frac{l}{l/2} = \frac{\upsilon_2^2}{2a} \cdot \frac{2a}{\upsilon_1^2} = \frac{\upsilon_2^2}{\upsilon_1^2} = \left(\frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}\right)^2$$

т. е. $\left(\dfrac{\upsilon_2}{\upsilon_1}\right)^2 = 2$ Тогда $\dfrac{\upsilon_2}{\upsilon_1} = \sqrt{2} = 1{,}4$

Т.е. скорость υ_2 при вылете из ствола больше скорости υ_1 в середине ствола в 1,4 раза.

Ответ: $\dfrac{\upsilon_2}{\upsilon_1} = 1{,}4$

Задача 2

Законы движения материальных точек выражаются уравнениями $x_1 = 2 - 2t + t^2$ и $x_2 = 20 + 2t - 4t^2$, где x – в метрах, t – в секундах.

1) В какой момент времени скорости этих точек будут одинаковыми?

2) Чему равны скорости этих точек в этот момент времени?

Ответ представьте в единицах СИ.

[0,4; –1,2]

Дано:	Решение:
$x_1 = 2 - 2t + t^2$ $x_2 = 20 + 2t - 4t^2$ $\upsilon_1 = \upsilon_2$	Зная уравнения движения, находим скорость точек как первую производную от x, т. е.
$t = ?$ $\upsilon_1 = ?$ $\upsilon_2 = ?$	

$$\upsilon_1 = x_1' = \left(2 - 2t + t^2\right)' = -2 + 2t$$

$$\upsilon_2 = x_2' = \left(20 + 2t - 4t^2\right)' = 2 - 8t$$

По условию задачи в момент времени t скорости точек будут одинаковыми, т. е. $\upsilon_1 = \upsilon_2$. Приравниваем правые части полученных выражений для скоростей υ_1 и υ_2:

$$2 + 2t = 2 - 8t.$$

После несложных преобразований получим $t = 0,4$ с.

Тогда

$\upsilon_1 = -2 + 2 \cdot 0.4 = -1,2$ (м/с) и $\upsilon_2 = 2 - 8t = 2 - 8 \cdot 0,4 = -1,2$ (м/с).

Ответ: $t = 0,4$ с; $\upsilon_1 = \upsilon_2 = -1,2$ м/с.

Задача 3

Тело движется из состояния покоя равноускоренно.

Во сколько раз путь, пройденный телом за восьмую секунду, будет больше пути, пройденного за третью секунду?

[3]

Дано:	Решение:
$\upsilon_0 = 0$ $a = \text{const}$ $t = t' = 1$ с	Следует обратить внимание, что в задаче необходимо найти отношение пути, пройденного *за восьмую секунду s′, а не за восемь секунд к пути, к пути, пройденному за третью секунду s, а не за три секунды*. Т.е. время на каждом отрезке одинаково равно 1 с:
$\dfrac{s'}{s} = ?$	

$$t = t' = 1 \text{ с}.$$

Путь, пройденный за восьмую секунду можно рассчитать как путь за первые восемь секунд минус путь за первые семь секунд:

$$s' = s_8 - s_7.$$

И, аналогично, путь, пройденный за третью секунду можно рассчитать как путь за первые три секунды минус путь за первые две секунды:

$$s = s_3 - s_2.$$

Вспомним, как рассчитывается пройденный путь при равноускоренном движении (при $\upsilon_0 = 0$):

$$s = \upsilon_0 t + \frac{at^2}{2} = \frac{at^2}{2}.$$

Тогда

$$s' = \frac{a*8^2}{2} - \frac{a*7^2}{2} = \frac{15a}{2} \quad (1) \qquad \text{и} \qquad s = \frac{a*3^2}{2} - \frac{a*2^2}{2} = \frac{5a}{2} \quad (2)$$

Разделим первое уравнение на второе:

$$\frac{s'}{s} = \frac{15a}{2} * \frac{2}{5a} = 3,$$

т. е. путь, пройденный за восьмую секунду, в три раза больше пути, пройденного за третью секунду.

Ответ: $\frac{s'}{s} = 3,$

Или:

Можно определить путь за *n* - ую секунду при равноускоренном движении с нулевой начальной скоростью по формуле: $s_n = (2n\text{-}1)\dfrac{a}{2}.$

Тогда, в нашем случае:

$$s_3 = (2*3-1)\frac{a}{2} = \frac{5a}{2}; \qquad s_8 = (2*8-1)\frac{a}{2} = \frac{15a}{2}.$$

$$\frac{s_8}{s_3} = \frac{15a}{2}*\frac{2}{5a} = 3.$$

Задача 4

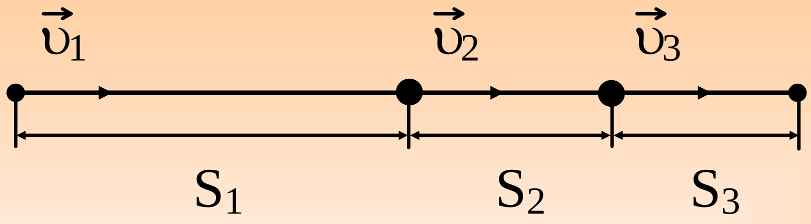
Велосипедист проехал половину пути со скоростью 10 м/с, половину оставшегося времени со скоростью 8 м/с, а затем до конца пути он ехал со скоростью 4 м/с.

Определите среднюю скорость велосипедиста на всем пути.

Ответ представьте в единицах СИ.

[7,5]

Дано:	Решение:
$s_1 = s/2$ $\upsilon_1 = 10$ м/с $\upsilon_2 = 8$ м/с $t_2 = t_3$	
$\upsilon_{ср} = ?$	



$$\upsilon_{ср} = \frac{S}{t} = \frac{S}{t_1 + t_2 + t_3}.$$

Так как $t_2 = t_3$, то

$$\upsilon_{ср} = \frac{S}{t_1 + 2t_2}. \qquad t_1 = \frac{S_1}{\upsilon_1} = \frac{S}{2\upsilon_1}. \qquad t_2 = ?$$

Т. к. $s_2 + s_3 = s/2$, то $\upsilon_2 t_2 + \upsilon_3 t_3 = s/2$. Или $t_2(\upsilon_2 + \upsilon_3) = s/2$.

Отсюда $t_2 = \dfrac{S}{2(\upsilon_2 + \upsilon_3)}$.

$$\upsilon_{ср} = \frac{S}{\dfrac{S}{2\upsilon_1} + 2\dfrac{S}{2(\upsilon_2 + \upsilon_3)}} = \frac{1}{\dfrac{1}{2\upsilon_1} + \dfrac{1}{\upsilon_2 + \upsilon_3}}.$$

$$\upsilon_{ср} = \frac{1}{\dfrac{1}{20} + \dfrac{1}{12}} = \frac{20 \bullet 12}{12 + 20} = 7{,}5\ (\text{м}/\text{с}).$$

Ответ: $\upsilon_{ср} = 7{,}5$ м/с.

Задача 5

Тело одну четвертую часть пути двигалось со скоростью 12 м/с, затем третью часть оставшегося пути – с постоянной скоростью 1 м/с, а оставшуюся часть пути – с постоянным ускорением и в конце пути имело скорость 7 м/с.

Определите среднюю скорость за время движения.

Ответ представьте в единицах СИ и округлите до десятых.

[2,5]

Дано:	Решение:
$s_1 = s/4$, $\upsilon_1 = 12$ м/с $s_2 = s/4$, $\upsilon_2 = 1$ м/с $s_3 = s/2$, $a = const$ $\upsilon_3 = 7$ м/с	Обозначим весь путь s. Его можно разделить на три участка: 1. Первый участок длиной $s_1 = s/4$ тело проходит равномерно со скоростью $\upsilon_1 = 12$ м/с за время t_1. 2. Второй участок длиной $s_2 = s/4$ (третья часть оставшегося пути или четвертая часть от всего пути. (см.
$\upsilon_{ср}$ - ?	

условие задачи) тело проходит также равномерно, но со скоростью $\upsilon_2 = 1$ м/с за время t_2.

3. Третий участок длиной $s_3 = s/2$ (оставшаяся часть пути – это половина от всего пути) тело проходит равноускоренно с ускорением a за время t_3 и в конце этого пути имеет скорость $\upsilon_3 = 7$ м/с. Начальная

скорость на этом участке пути равна $\upsilon_2 = 1$ м/с.

Для расчета средней скорости нужно весь путь разделить на все время, т.е.

$$\upsilon_{\text{ср}} = \frac{s}{t_1 + t_2 + t_3} \qquad (1)$$

Определив характер движения тела на каждом участке, запишем закон движения и выразим время.

$$s_1 = \upsilon_1 t_1 \qquad \Rightarrow \qquad t_1 = \frac{s_1}{\upsilon_1} = \frac{s}{4\upsilon_1}.$$

$$s_2 = \upsilon_2 t_2 \qquad \Rightarrow \qquad t_2 = \frac{s_2}{\upsilon_2} = \frac{s}{4\upsilon_2}.$$

$$s_3 = \frac{\upsilon_2 + \upsilon_3}{2} t_3. \qquad \Rightarrow \qquad t_3 = \frac{2s_3}{\upsilon_2 + \upsilon_3} = \frac{s}{\upsilon_2 + \upsilon_3}.$$

Подставим полученные уравнения для времени в выражение для средней скорости (1):

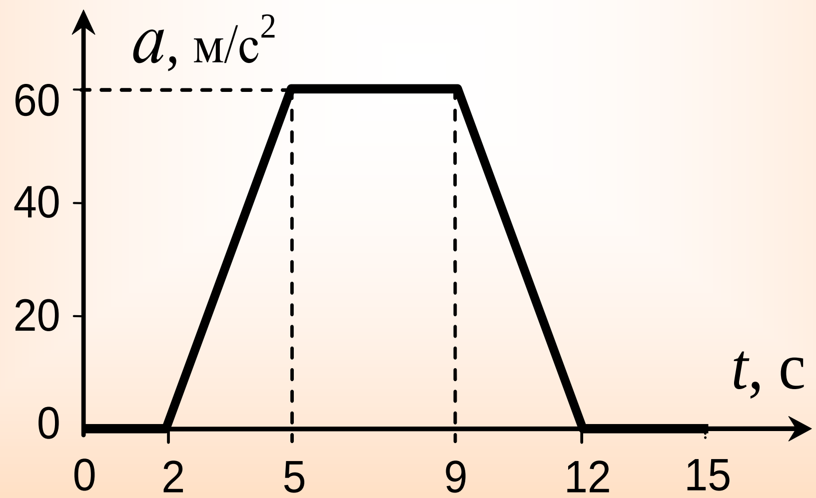
$$\upsilon_{\text{ср}} = \frac{s}{\dfrac{s}{4\upsilon_1} + \dfrac{s}{4\upsilon_2} + \dfrac{s}{\upsilon_2+\upsilon_3}} = \frac{1}{\dfrac{1}{4\upsilon_1} + \dfrac{1}{4\upsilon_2} + \dfrac{1}{\upsilon_2+\upsilon_3}} =$$

$$\frac{1}{\dfrac{1}{4\cdot 12} + \dfrac{1}{4\cdot 1} + \dfrac{1}{1+7}} = 2{,}5 \text{ м/с.}$$

Задача 6

По графику зависимости ускорения тела от времени определите его скорость в момент времени 15 с, если в момент времени 1 с скорость равна 3 м/с.

[423]



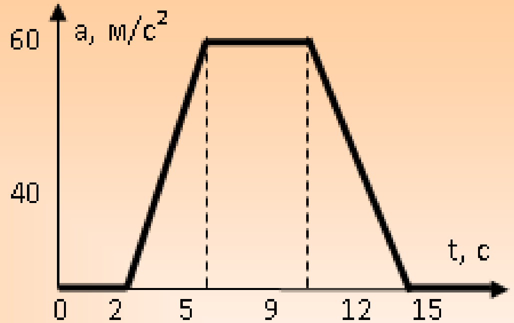
Дано:

$t = 15$ с

$t_1 = 1$ с

$\upsilon_1 = 3$ м/с

υ_{15} - ?



Решение:

$\upsilon = \upsilon_0 \pm at, \qquad \upsilon_2 = \upsilon_1 = 3.$

$\upsilon_5 = \upsilon_1 + a_1 t_1 = 3 + 30 \cdot 3 = 90.$

$\upsilon_9 = \upsilon_5 + a_2 t_2 = 93 + 60 \cdot 4 = 333.$

$\upsilon_{12} = \upsilon_9 + a_1 t_3 = 3 + 30 \cdot 3 = 423.$

$\upsilon_{15} = \upsilon_{12} = 423$ м/с.

Скорость можно также определить как площадь фигуры под графиком:

$$s_{\text{трап}} = \frac{a+b}{2} \cdot h = \frac{10+4}{2} \cdot 60 = 420$$

$$\upsilon_{15} = s_{\text{трап}} + \upsilon_0 = 420 + 3 = 423 \text{ (м/с)}.$$

Ответ: $\upsilon_{15} = 423$ (м/с).

Задача 7

Тело бросили вертикально вверх со скоростью 30 м/с. Некоторую точку *A* тело проходит дважды с разницей во времени 2 с.

Определите высоту, на которой находится точка *A*.

Ответ представьте в единицах СИ.

[40]

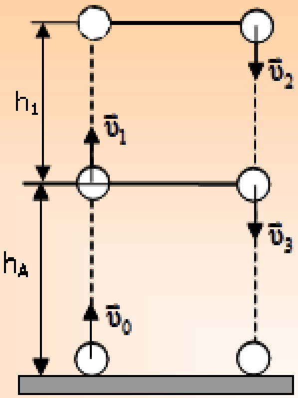
Дано:

$\upsilon_0 = 30$ м/с

$\Delta t = 2$ с

$g = 10$ м/с^2

h_A - ?



Решение:

$t_1 = 2с/2 = 1$ с. $\upsilon_2 = 0$.

$$h_1 = \frac{gt^2}{2} = 5 \text{ м/с.}$$

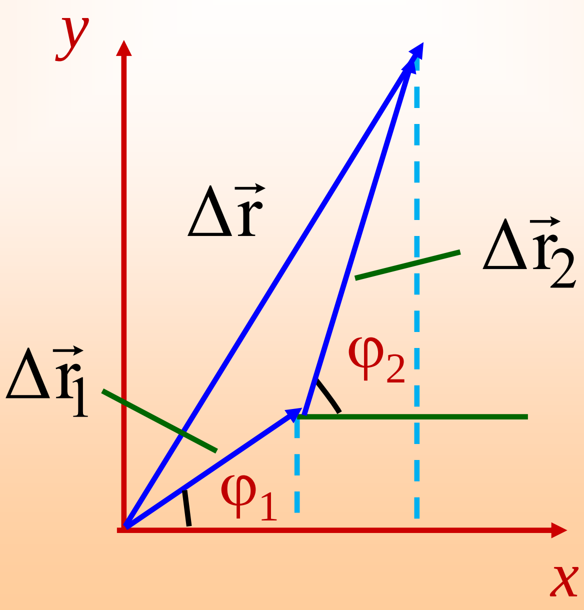
$$\upsilon_1 = gt = 10 \text{ м/с.}$$

$$\mathrm{h}_A = \frac{\upsilon_1^2 - \upsilon_0^2}{-2\mathrm{g}} = \frac{100 - 900}{-20} = 40 \text{ м.}$$

Ответ: $h_A = 40$ м.

Задача 8

Некоторое тело последовательно совершило два перемещения со скоростями υ_1 и υ_2. Первое перемещение направлено под углом φ_1 к некоторому выбранному направлению, второе – под углом φ_2. Известно также, что модуль первого перемещения в *n* раз меньше модуля второго. Определите среднюю скорость изменения модуля перемещения.



υ_1, υ_2, φ_1, φ_2, $\Delta r_2 = n\Delta r_1.$ $\upsilon_{ср} = ?$

Решение: Средняя скорость определяется из выражения:

$$\langle \vec{\upsilon} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t},$$

где

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2.$$

Это суммарное время, которое согласно условию задачи можно определить из соотношения:

$$\Delta t = \frac{\Delta r_1}{\upsilon_1} + \frac{\Delta r_2}{\upsilon_2} = \frac{\Delta r_1}{\upsilon_1} + \frac{n\Delta r_1}{\upsilon_2} = \Delta r_1\left(\frac{1}{\upsilon_1} + \frac{n}{\upsilon_2}\right).$$

Модуль изменения перемещения, как следует из рисунка, равен:

$$\Delta \vec{r} = \sqrt{(\Delta r_x)^2 + (\Delta r_x)^2}.$$

В соответствие с рисунком его проекции на оси координат: В соответствие с рисунком его проекции на оси координат:

$$\Delta r_x = \Delta r_{1x} + \Delta r_{2x} = \Delta r_1 \cos\varphi_1 + n\Delta r_1 \cos\varphi_2,$$

$$\Delta r_y = \Delta r_{1y} + \Delta r_{2y} = \Delta r_1 \sin\varphi_1 + n\Delta r_1 \sin\varphi_2.$$

Подставим Δr_x и Δr_y в уравнение для времени Δr, получим:

$$\Delta r = \sqrt{\left(\Delta r_1 \cos\varphi_1 + n\Delta r_1 \cos\varphi_2\right)^2 + \left(\Delta r_1 \sin\varphi_1 + n\Delta r_1 \sin\varphi_2\right)^2} =$$

$$= \Delta r_1 \sqrt{\left(\cos\varphi_1 + n\cos\varphi_2\right)^2 + \left(\sin\varphi_1 + n\sin\varphi_2\right)^2} =$$

$$= \Delta r_1 \sqrt{\cos^2\varphi_1 + 2n\cos\varphi_1\cos\varphi_2 + n^2\cos^2\varphi_2 + \sin^2\varphi_1 + 2n\sin\varphi_1\sin\varphi_2 + n^2\sin^2\varphi_2}$$

$$= \Delta r_1 \sqrt{1 + 2n(\cos\varphi_1\cos\varphi_2 + \sin\varphi_1\sin\varphi_2) + n^2} = \Delta r_1 \sqrt{1 + n^2 + 2n\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}.$$

То есть: $\Delta r = \Delta r_1 \sqrt{1 + n^2 + 2n\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}.$

Тогда средняя скорость будет равна:

$$\upsilon_{\text{ср}} = \frac{\Delta r_1 \sqrt{1 + n^2 + 2n\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}}{\Delta r_1 \left(\dfrac{1}{\upsilon_1} + \dfrac{n}{\upsilon_2} \right)} = \frac{\sqrt{1 + n^2 + 2n\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}\,\upsilon_1 \upsilon_2}{\upsilon_2 + n\upsilon_1} =$$

$$= \frac{\sqrt{1 + n^2 + 2n\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}\,\upsilon_1}{1 + \dfrac{n\upsilon_1}{\upsilon_2}}.$$

Ответ: $\upsilon_{\text{ср}} = \dfrac{\sqrt{1 + n^2 + 2n\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}\,\upsilon_1}{1 + \dfrac{n\upsilon_1}{\upsilon_2}}.$

Задача 9

Муравей бежит из муравейника по прямой так, что его скорость обратно пропорциональна расстоянию до центра муравейника. В тот момент, когда муравей находится в точке A на расстоянии l_1 = 1 м от центра муравейника, его скорость υ_1 = 2 см/с.

За какое время t муравей добежит от точки A до точки B, которая находится на расстоянии l_2 = 2 м от центра муравейника?

Решение: Из условия задачи $\upsilon = \frac{k}{l}$,

где k - некоторый коэффициент пропорциональности.

Определить этот коэффициент можно, зная начальное значение скорости муравья υ_1 и расстояния l_1, т.е. $k = \upsilon_1 l_1$.

Скорость же - есть первая производная пути по времени $\upsilon = \frac{dl}{dt}$.

Тогда $dt = \frac{dl}{\upsilon}$.

Проинтегрировав полученное выражение по l, найдем время:

$$t = \int_{l_1}^{l_2} \frac{dl}{\upsilon} = \int_{l_1}^{l_2} \frac{ldl}{k} = \frac{1}{k}\int_{l_1}^{l_2} ldl = \frac{1}{\upsilon_1 l_1}\int_{l_1}^{l_2} ldl = \frac{1}{\upsilon_1 l_1} \cdot \frac{l^2}{2}\bigg|_{l_1}^{l_2} = \frac{l_2^2 - l_1^2}{2\upsilon_1 l_1}$$

Подставим численные значения и определим время, за которое муравей добежит от точки A до точки B:

$$t = \frac{4-1}{2 \cdot 0{,}02 \cdot 1} = 75 \text{ (с)}.$$

Ответ: t = 75 с.

Спасибо

за внимание!