

„В естественной науке принципы должны подтверждаться наблюдениями.“

Карл Линней

Физика. 10 класс. Урок №6.

Тема урока:

Принцип относительности Галилея. Инвариантные и относительные физические величины.

Цели обучения:

- 10.1.1.7 - различать инвариантные и относительные физические величины;
- 10.1.1.8 - применять классический закон сложения скоростей и перемещений при решении задач

§ 4. Инвариантные и относительные физические величины. Принцип относительности Галилея

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- различать инвариантные и относительные физические величины;
- применять классический закон сложения скоростей и перемещений при решении задач.

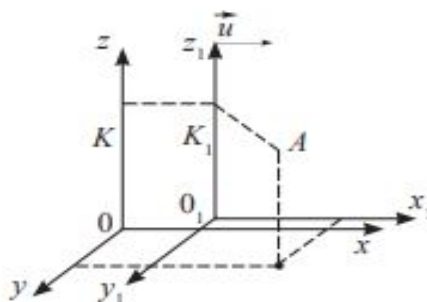


Рис. 11. K – неподвижная система отсчета относительно наблюдателя, K_1 – подвижная система отсчета

I. Относительность механического движения. Инвариантные и относительные величины

Кинематические понятия, характеризующие механическое движение: траектория, координата, перемещение, скорость – при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую могут изменяться. В этом состоит относительность механического движения. Если при переходе из одной системы отсчета в другую величина меняется, то ее называют относительной. Если величина остается неизменной, то она является инвариантной.

Важным вопросом кинематики является установление связи между кинематическими величинами, характеризующими механическое движение в различных системах координат, движущихся относительно друг друга.

II. Преобразования Галилея

Определим положение материальной точки в декартовых системах координат, принятых в системах отсчета K и K_1 , движущихся относительно друг друга со скоростью u (рис. 11). В системе отсчета K_1 координаты точки A имеют значения x_1, y_1, z_1 . В неподвижной системе отсчета координата x точки A отличается от координаты x_1 на значение $u_x t$, так как за время t подвижная система отсчета переместилась вдоль оси Ox относительно неподвижной системы на расстояние $O O_1 = u_x t$. Координаты y, z и y_1, z_1 одинаковы в обеих системах отсчета. Время в рассматриваемых системах отсчета течет одинаково. Преобразования координат при переходе из системы K_1 в систему K , установленные Галилеем, имеют вид:

$$\begin{aligned}x &= x_1 + u_x t \\ y &= y_1\end{aligned}\quad (1)$$

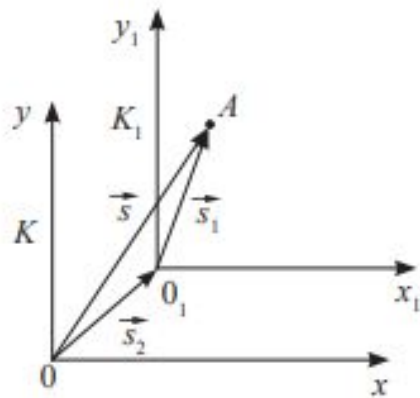


Рис. 12. Перемещение точки *A* для наблюдателей, находящихся в различных системах отсчета

$$\begin{aligned} y &= y_1 \\ z &= z_1 \\ t &= t_1 \end{aligned} \quad (1)$$

При одновременном смещении подвижной системы отсчета относительно неподвижной вдоль осей $0x$, $0y$ и $0z$ преобразования Галилея примут вид:

$$\begin{aligned} x &= x_1 + u_x t \\ y &= y_1 + u_y t \\ z &= z_1 + u_z t \\ t &= t_1 \end{aligned}$$

В этом случае модуль скорости перемещения подвижной системы отсчета относительно неподвижной равен:

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2 + u_z^2}. \quad (2)$$

Координаты тела являются относительными величинами, время для тел, движущихся с малыми скоростями, инвариантно.

III. Правило сложения перемещений

Рассмотрим движение тела по плоскости, в этом случае его местоположение определяется двумя координатами. Выберем системы координат, одна из которых связана с покоящимся телом, другая – с движущимся телом. Пусть в начальный момент времени точки O_1 и O совпадают с положением рассматриваемого тела. Через некоторое время t тело переместится в точку A . Точка O_1 подвижной системы отсчета (ПСО), двигаясь со скоростью \vec{u} относительно точки O , переместится на $\vec{s}_2 = \vec{u}t$, (рис. 12).

Перемещение рассматриваемого тела относительно неподвижной системы отсчета (НСО) обозначим \vec{s} , относительно подвижной системы отсчета (ПСО) – \vec{s}_1 .

Из правила сложения векторов следует:

$$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2 \quad (3)$$

Перемещение тела относительно НСО равно геометрической сумме перемещений тела относительно ПСО и перемещения ПСО относительно НСО. Перемещение – относительная величина.

В проекциях на оси Ox и Oy формула сложения перемещений примет вид:

$$\begin{aligned} s_x &= s_{1x} + s_{2x} \\ s_y &= s_{1y} + s_{2y}. \end{aligned}$$

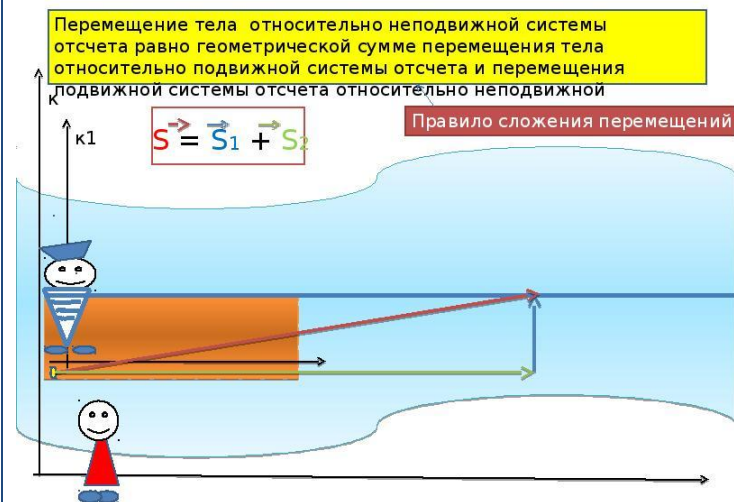
Поскольку $s_x = x$, $s_{1x} = x_1$, $s_y = y$, $s_{1y} = y_1$ (рис. 12), формулы в проекциях на выбранные оси можно записать в виде:

$$\begin{aligned} x &= x_1 + s_{2x} \\ y &= y_1 + s_{2y}. \end{aligned} \quad (4)$$

Если ПСО движется со скоростью u_x по оси Ox и u_y по оси Oy относительно НСО, то записанные выше уравнения примут вид:

$$\begin{aligned} x &= x_1 + u_x t \\ y &= y_1 + u_y t. \end{aligned} \quad (5)$$

В результате сложения перемещений мы получили преобразования Галилея для тела, движущегося по плоскости.



IV. Правило сложения скоростей

Учтем, что $\vec{s}_1 = \vec{v}_1 t$, $\vec{s}_2 = \vec{u} t$, $\vec{s} = \vec{v} t$, тогда выражение (1) примет вид $\vec{v} t = \vec{v}_1 t + \vec{u} t$, или:

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{u}. \quad (6)$$

Скорость тела относительно НСО равна геометрической сумме скорости тела относительно ПСО и скорости ПСО относительно НСО.

Для большей наглядности и удобства расчета скоростей используют понятия *относительной и переносной скорости*.

Относительная скорость – это скорость тела относительно подвижной системы отсчета;

Переносная скорость – это скорость подвижной системы отсчета относительно неподвижной.

Например, пловец движется относительно воды с относительной скоростью $\vec{v}_{\text{относ}} = \vec{v}_1$ (рис. 13), течение относит его с переносной скоростью $\vec{v}_n = \vec{u}$ относительно берега. Пловец движется относительно берега со скоростью \vec{v} . Таким образом, формула сложения скоростей примет вид:

$$\vec{v} = \vec{v}_{\text{относ}} + \vec{v}_n$$

Скорость тела – относительная величина.

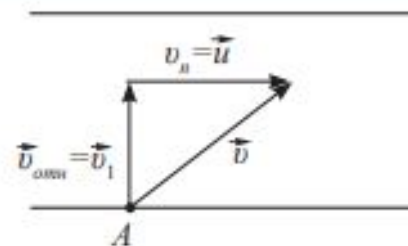


Рис. 13. Направление скорости пловца относительно воды \vec{v}_1 и наблюдателя А – \vec{v} .

V. Относительная скорость двух тел.

Пусть два тела A и B движутся со скоростями \vec{v}_A и \vec{v}_B относительно земли (рис. 14, а). Определим скорость тела B относительно тела A . Для этого необходимо тело A принять за HCO , т.е. мысленно переместившись на это тело, рассмотреть движение окружающих тел. Все тела вместе с землей будут перемещаться в пространстве со скоростью равной по модулю скорости точки A , но направленной в противоположную сторону (рис. 14, б). Таким образом, для определения скорости движения точки B относительно A необходимо воспользоваться формулой сложения векторов:

$$\vec{v} = \vec{v}_B + \vec{v}_n$$

или с учетом соотношения $\vec{v}_n = -\vec{v}_A$ получим:

$$\vec{v} = \vec{v}_B - \vec{v}_A.$$

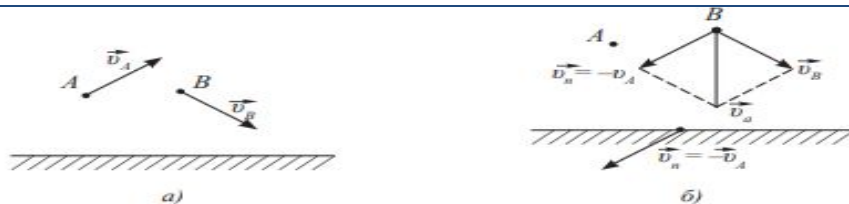


Рис. 14. Нахождение направления скорости точки B относительно точки A .

Относительная скорость двух тел определяется как разность векторов их скоростей. Если в результате вычитания скоростей образуется треугольник с произвольными углами, то числовое значение неизвестной скорости определяют по теореме косинусов:

$$v = \sqrt{v_B^2 + v_A^2 - 2v_B v_A \cos \alpha},$$

или по теореме синусов:

$$\frac{v}{\sin \alpha} = \frac{v_B}{\sin \beta} = \frac{v_A}{\sin \gamma}.$$

Составь конспект урока. Не забудь записать формулы.

• **Просмотри видеофрагмент по ссылке.**

<https://youtu.be/t95FkSs8OTE>

А теперь после просмотра видео письменно ответь на несколько вопросов:

1. Как влияет выбор точки отсчета на перемещение учащихся относительно друг друга?
2. Почему мы принимаем Землю за НСО и не учитываем ни ее суточное вращение, ни вращение вокруг Солнца?
3. Почему в системах отсчета, движущихся с относительно друг друга с постоянной скоростью, ускорение тела имеет одно и то же значение?

Рассмотри пример решения задачи

Решим задачу

Из поселка одновременно выехали в противоположных направлениях грузовик со скоростью 40 км/ч и легковой автомобиль со скоростью 60 км/ч. С какой скоростью движется легковой автомобиль относительно грузовика?

Решение. За час грузовик проедет 40 км, а легковой автомобиль проедет 60 км. Но расстояние между ними будет равно теперь сумме расстояний, пройденных автомобилями (рис. 9.3), то есть 100 км. Значит, легковой автомобиль движется относительно грузовика со скоростью 100 км/ч.

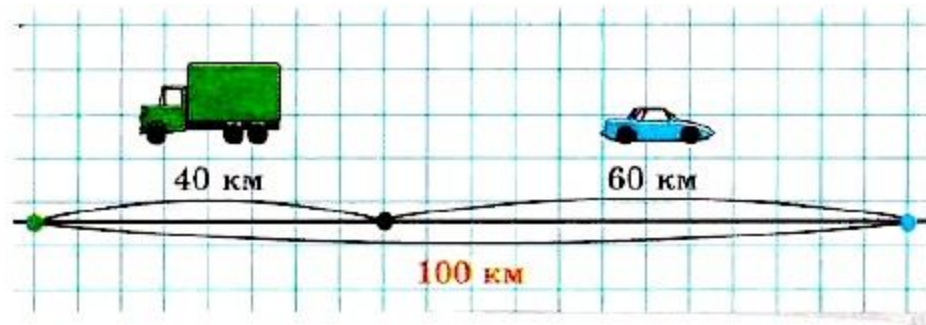


Рис. 9.3. Начальное положение автомобилей (черный кружок) и их положение через час после начала движения (зеленый и синий кружки)

Итак, если два тела движутся в противоположных направлениях со скоростями v_1 и v_2 , то одно тело движется относительно другого со скоростью $v_{отн} = v_1 + v_2$. При этом расстояние между телами может как увеличиваться, так и уменьшаться: например, если автомобили едут навстречу друг другу. Рассмотрим это на следующем примере.

Давай закрепим изученный материал, ответь устно на вопросы:

1. Какие величины связывают преобразования Галилея?
2. Какие следствия преобразований Галилея тебе известны?
3. Как определяется относительная скорость двух тел?

Приступаем к решению задач:

Упражнение 4 стр.24 учебника

1. Два автобуса движутся в одном направлении. Модули их скоростей равны соответственно 90 км/ч и 60 км/ч. Чему равна скорость первого автобуса относительно второго и второго относительно первого?

2. По двум параллельным железнодорожным путям навстречу друг другу движутся два поезда со скоростями 72 км/ч и 108 км/ч. Длина первого поезда 800 м, а второго – 200 м. В течение какого времени один поезд проходит мимо другого?

Дополнительно: (если ты справился с задачами №1 и №2, можешь решить задачу №3)

- Какую скорость относительно воды должен сообщить мотор катеру, чтобы при скорости течения реки равной 2 м/с, катер двигался перпендикулярно берегу со скоростью 3,5 м/с относительно берега?

Рефлексия

А теперь закончи одну из фраз и пришли мне её в виде комментария к уроку:

□ Мне было интересно...

Мне было трудно...

Я научился...

Я попробую...



Спасибо

за работу на уроке!

*Желаю успеха в постижении тайн мироздания,
в раскрытии смысла понятий и законов физики!*

