



Физика

Кинематика

Относительность движения

Раздел механики, в котором движения описываются без исследования причин, их вызывающих, называется **кинематикой**. Основная задача кинематики заключается в том, чтобы, зная три кинематические величины: перемещение, скорость и ускорение, найти положение тела в любой момент времени.

В механике изучается наиболее простая форма движения – механическое движение. **Механическим движением** называется изменение положения данного тела (или его частей) относительно других тел, происходящее с течением времени. Любое механическое движение является относительным. В природе не существует абсолютного движения или абсолютного покоя. Поэтому для описания механического движения необходимо указать конкретное тело, относительно которого наблюдается движение других тел. Это тело называют телом отсчета. Таким образом механическое движение – это изменение положения тел относительно выбранного тела отсчета.

Так как всякое движение относительно, поэтому для его описания можно использовать различные системы отсчёта. **Системой отсчёта** называют тело отсчета, связанную с ним систему координат и прибор для измерения времени (часы). Все они кинематически равноправны, то есть принципиально позволяют решить ту или иную задачу. Трудно дать какие-либо общие рекомендации по выбору системы отсчёта, поскольку она определяется, в основном, конкретными условиями данной задачи. В большинстве случаев следует выбирать ту систему, которая наиболее естественна и в которой решение задачи имеет наиболее простой вид.

Например. При рассмотрении движения искусственного спутника Земли с точки зрения земного наблюдателя систему отсчёта естественно связать с Землёй. При анализе движений различных тел внутри спутника с точки зрения космонавта систему отсчёта разумно связать с самим спутником, а с точки зрения земного наблюдателя – опять-таки с Землёй.



Иногда приходится переходить от одной системы отсчёта к другой. В разных системах описания движения могут выглядеть по-разному: могут различаться **траектории движения, перемещения, скорости и ускорения** тел. Однако при заданных связях между различными системами отсчёта описания одного и того же движения всегда можно связать друг с другом.

Для перехода из одной системы в другую часто достаточно записать закон сложения перемещений или закон сложения скоростей:

$$\Delta \vec{r}_1 = \Delta \vec{r}_2 + \Delta \vec{r}_0, \quad \vec{v}_1 = \vec{v}_2 + \vec{v}_0,$$

где $\Delta \vec{r}_1$ (\vec{v}_1) – перемещение (скорость) материальной точки относительно первой системы отсчёта, например покоящейся – абсолютное движение;

$\Delta \vec{r}_2$ (\vec{v}_2) – перемещение (скорость) материальной точки относительно второй системы отсчёта, например движущейся – относительное движение;

$\Delta \vec{r}_0$ (\vec{v}_0) – перемещение (скорость) той точки второй (подвижной) системы отсчёта относительно первой (неподвижной), через которую проходит (находится) в данный момент материальная точка – переносное движение.

В случае неравномерного движения действует также закон сложения ускорений:

$$\vec{a}_1 = \vec{a}_2 + \vec{a}_0,$$

где \vec{a}_1 – ускорение материальной точки относительно покоящейся системы отсчёта;

\vec{a}_2 – ускорение материальной точки относительно движущейся системы отсчёта;

\vec{a}_0 – ускорение той точки подвижной системы отсчёта относительно неподвижной, через которую проходит (находится) в данный момент материальная точка.

Замечание:



- 1) Переносная скорость (перемещение, ускорение) в общем случае не есть скорость (перемещение, ускорение) подвижной системы отсчёта относительно неподвижной!

Например, при движении воздушного шарика в комнате, по которому ползёт жук. Комната – неподвижная система отсчёта, вращающийся шарик – подвижная система отсчёта. Тогда при движении шарика с вращением скорости всех точек шарика относительно комнаты различны, и говорить о скорости шарика (подвижной системы) относительно комнаты (неподвижной системы) бессмысленно. Только при поступательном (без вращения) движении скорость всех точек подвижной системы относительно неподвижной (переносная скорость) одна и та же – её называют скоростью подвижной системы относительно неподвижной системы.

- 2) Соотношение между тремя скоростями – чисто кинематическое соотношение, никак не связанное с **инерциальностью** или **неинерциальностью** систем отсчёта, т. е. неподвижная и подвижная системы могут быть обе неинерциальными.

Кинематика и связи

Школьная кинематика – это кинематика материальной точки. Даже если в условии задачи говорится о пешеходах, машинах или самолётах, мы, приступая к решению, тут же превращаем их в материальные точки. Вот и получается, что материальная точка – главный объект школьной кинематики. Но движение точек может быть не свободным, а обусловлено определёнными условиями – связями.

Самый известный пример движения со связями даёт абсолютно жёсткий стержень (отрезок фиксированной длины). Стержни (отрезки) могут двигаться – перемещаться и поворачиваться. А ещё они могут (и это уже нечто новое) растягиваться, сокращаться или же упорно сохранять свою длину. И каждое такое движение отрезка может стать предметом задачи.

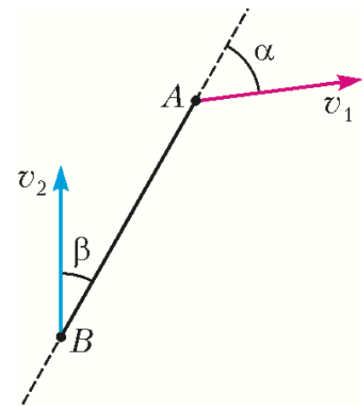
Рассмотрим случай абсолютно жёсткого стержня (отрезка фиксированной длины). Концы стержня, точки А и В, могут двигаться, но их движения всегда таковы, что расстояние между этими точками остаётся постоянным. Поэтому четыре величины:



модуль v_1 скорости точки А, модуль v_2 скорости точки В и углы α и β между скоростями и самим стержнем связаны следующим соотношением:

$$v_1 \cos \alpha = v_2 \cos \beta.$$

Так как стержень не меняет свою длину, то все точки стержня должны двигаться с одинаковой скоростью, следовательно проекции скоростей точек А и В на сам стержень одинаковы. Таким образом соотношение между модулями скоростей точек А и В и углами становится очевидным.



Данная идея достаточно часто помогает упростить решение задачи и обойтись без перехода в другую систему отсчёта. Но за всё приходится платить! Либо придётся решать непростую систему уравнений или разыскивать систему отсчёта, в которой сразу можно указать направление неизвестной скорости.

Теперь – задачи!

Использованные материалы:

- В. И. Чивилёв. Сложение скоростей. «Квант», 2005, No1
- А. И. Черноуцан. Относительность движения. «Квант», 1989, No9
- В. Данилин. Кинематика. Относительность движения. «Квант», 1982, No10.
- А. И. Черноуцан. Кинематика точного курса. «Квант», 2001, No3.
- Е. Соколов. Волшебная формула, или Движение со связями. «Квант», 2012, No1.
- Е. Соколов. Кинематика отрезка. «Квант», 2015, No3.