

понимают отношение

$$\epsilon = \frac{d\omega}{dt}. \quad (17)$$

Единицей углового ускорения является  $\frac{1}{\text{сек}^2} = \text{сек}^{-2}$ , т. е. такое ускорение, когда в каждую секунду угловая скорость возрастает на единицу угловой скорости.

Угловое ускорение представляют также как вектор. Если положение и радиус окружности, по которой происходит вращение, со временем не изменяются, то вектор углового ускорения  $\epsilon$  в случае ускоренного вращения направлен по оси вращения в ту же сторону, что и вектор угловой скорости, и в сторону прямо противоположную — в случае замедленного вращения.

Как было показано выше, линейное ускорение точки, равномерно вращающейся по окружности радиуса  $r$  со скоростью  $v$  (ее центростремительное ускорение), равно  $j_r = \frac{v^2}{r}$ ; подставляя сюда  $v = \omega r$ , получим:

$$j_r = \omega^2 r. \quad (18)$$

В общем случае неравномерного вращения материальной точки по окружности ее линейное ускорение, как и во всяком криволинейном движении, может быть разложено на две составляющие: на указанное выше центростремительное ускорение  $j_r = \omega^2 r$  и тангенциальное ускорение (при  $r = \text{const}$ )

$$j_\tau = \frac{dv}{dt} = \epsilon r. \quad (19)$$

## § 6. Абсолютное, переносное и относительное движения

Все в природе движется. Любое тело, которое мы условно считаем неподвижным, в действительности движется. Одно какое-либо движение накладывается на другое движение. Поэтому весьма важно знать, как складываются движения, как складываются скорости и ускорения какого-либо тела, которое одновременно участвует в нескольких движениях. Чтобы разобраться в этом вопросе, прежде всего введем представление о так называемом абсолютном (в условном смысле) движении, о переносном и относительном движениях.

Одно и то же движение представляется нам происходящим по-разному в зависимости от способа его наблюдения. Когда на железнодорожной станции один из двух стоящих рядом поездов приходит в движение, то пассажирам другого, неподвижного, поезда кажется, что пошел их поезд. Конечно, достаточно бывает бросить взгляд на платформу станции, чтобы эта иллюзия исчезла. Станционные постройки в этом случае играют роль основной системы ориентировки.

Если бы ход поездов был совершенно плавен и станционные постройки, например вследствие тумана, не были видны, то, наблюдая движение освещенных окон поезда, пассажиры обоих поездов могли бы судить о движении поездов по отношению друг к другу, но не в состоянии были бы решить вопрос, какой из поездов пошел, а какой неподвижен.

Если бы мы представили себе двух наблюдателей, замечающих, что они удаляются друг от друга, и находящихся где-то в космическом пространстве, где почему-либо не видны звезды или какие-либо предметы, позволяющие наблюдателям каким-либо образом ориентироваться в характере их движения, то вопрос о том, какой из наблюдателей покоится, а какой движется, для них утратил бы смысл. Каждый из них вправе был бы считать себя покоящимся, а другого движущимся.

Таким образом, очевидно, что с кинематической точки зрения, т. е. если отвлечься от причин, вызывающих движение, всякое движение следует рассматривать как относительное. С этой кинематической точки зрения все системы ориентировки являются равноправными; любую из них мы можем при данном исследовании интересующих нас движений условно считать неподвижной; такую условно неподвижную систему ориентировки мы будем называть *основной системой ориентировки*. Движение относительно основной системы ориентировки называют *абсолютным движением*.

В приведенном примере с двумя поездами с кинематической точки зрения не является обязательным, чтобы в качестве основной системы непременно были избраны станционные постройки. Пассажир движущегося поезда имеет право предпочесть систему ориентировки, связанную с его поездом; считая ее основной, он будет «кажущееся» движение станционных построек именовать абсолютным движением.

Всякую систему ориентировки, которая совершает какое-либо движение относительно основной системы, мы будем называть *подвижной системой ориентировки*. Движение относительно подвижной системы ориентировки называют *относительным движением*, а движение самой подвижной системы ориентировки называют *переносным движением*. Так, например, если в вышеупомянутом случае двух поездов в качестве основной системы ориентировки избраны станционные постройки, то система ориентировки, связанная с движущимся поездом, будет представлять собой подвижную систему ориентировки; движение поезда и пассажиров, сидящих в нем на своих местах, является переносным движением; прогулка какого-либо пассажира по коридору вагона, наблюдаемая другими пассажирами вагона, сидящими на своих местах, есть относительное движение; та же прогулка пассажира по коридору движущегося вагона, наблюдаемая с платформы вокзала, представляет собой абсолютное движение.

Представим себе, что материальная точка движется в подвижной системе. Обозначим через  $ds_{\text{абс}}$  элементарное перемещение этой материальной точки по отношению к основной системе ориентировки; через  $ds_{\text{перен}}$  обозначим то перемещение материальной точки в основной системе, которое происходит вследствие движения подвижной системы (т. е., иначе говоря, перемещение того места подвижной системы, где в данный момент находится материальная точка); наконец, через  $ds_{\text{отн}}$  мы обозначим элементарное перемещение той же точки, как оно представляется наблюдателю, связанному с подвижной системой.

Под *абсолютной скоростью*  $\mathbf{v}$ , *переносной скоростью*  $\mathbf{u}$  и *относительной скоростью*  $\mathbf{w}$  понимают векторы

$$\mathbf{v} = \frac{ds_{\text{абс}}}{dt}, \quad \mathbf{u} = \frac{ds_{\text{перен}}}{dt}, \quad \mathbf{w} = \frac{ds_{\text{отн}}}{dt}. \quad (20)$$

*Скорость абсолютного движения равна геометрической сумме скоростей переносного и относительного движений:*

$$\mathbf{v} = \mathbf{u} + \mathbf{w}. \quad (21)$$

Это утверждение, высказанное с полной ясностью еще Галилеем, называют *галилеевым законом сложения скоростей*. В простейших случаях, в особенности когда все три скорости направлены по одной прямой и неизменны во времени, галилеев закон сложения скоростей представляется как бы самоочевидным и сознательно или бессознательно применяется всеми в оценке движений, встречающихся в обыденной жизни. Например, каждый знает, что, плывя в лодке вниз по течению, мы движемся быстрее, чем в неподвижной воде, на величину «быстроты» течения воды.

## § 7. Закон сложения ускорений

Под *абсолютным ускорением*  $\mathbf{j}_{\text{абс}}$  понимают ускорение материальной точки по отношению к основной системе; под *переносным ускорением*  $\mathbf{j}_{\text{перен}}$  понимают ускорение того места подвижной системы, где в данный момент находится материальная точка, и под *относительным ускорением*  $\mathbf{j}_{\text{отн}}$  — ускорение, которое материальная точка имеет по отношению к наблюдателю, связанному с подвижной системой. Абсолютное ускорение всецело определяется отношением геометрического приращения абсолютной скорости к элементу времени, но переносное и относительное ускорения не всегда столь же просто связаны с переносной и относительной скоростями.

Напишем векторное уравнение (21), выражающее галилеев закон сложения скоростей, для двух бесконечно близких моментов времени  $t$  и  $t+dt$ ; геометрически вычтем из второго уравнения первое, тогда