Физика 9–11

Публикуемая ниже заметка «Удивительные катки» предназначена девятиклассникам, заметка «Как чайник стал таймером» – десятиклассникам и «Кто-то приближается?» – одиннадцатиклассникам.

Удивительные катки

Б.КОГАН

ПРЕДСТАВЬТЕ СЕБЕ ДОСКУ, КОТОРАЯ движется на круглых катках (сейчас опять в моду вошли самокаты – *прим. ред.*). При этом она сохраняет горизонтальное положение и остается на одной и той же высоте. Почему это происходит? Да потому, что окружность имеет одну и ту же ширину при любом повороте.

А будет ли доска двигаться так же, если воспользоваться некруглыми катками? В первый момент кажется, что это невозможно. Не будем, однако, спешить. Оказывается, есть кривые, которые, подобно окружности, имеют одинаковую ширину во всех направлениях. Они так и называются линиями одинаковой ширины.

Одна из простейших кривых такого рода показана на рисунке 1. Она со-

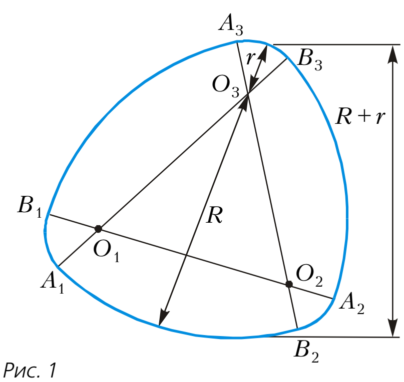

Рис. 1

стоит из дуг A_1B_1, A_2B_2, A_3B_3 радиусом r и дуг B_1A_3, B_3A_2, B_2A_1 радиусом R, центры которых находятся в вершинах правильного треугольника $O_1O_2O_3$. Легко видеть, что ширина этой кривой одинакова во всех направлениях и равна $R+r$. Следовательно, катки, профили которых очерчены по таким кривым (рис.2), будут работать ничуть не хуже круглых.

Кривую, изображенную на рисунке 1, можно получить так. Возьмем отрезок A_1B_3 и, повернув его на 60° вокруг точки O_1, переведем в положение B_1A_2. Затем, повернув отрезок B_1A_2 на 60°

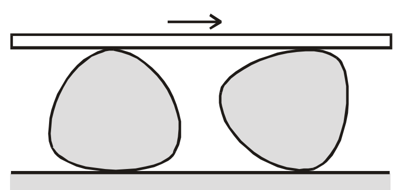

Рис. 2

вокруг точки O_2, получим отрезок A_3B_2, и, наконец, повернув отрезок A_3B_2 на 60° вокруг точки O_3, вновь придем к отрезку A_1B_3. В процессе этих поворотов один конец рассматриваемого отрезка опишет дугу $A_1B_1A_3B_3$, а другой – дугу $B_3A_2B_2A_1$. Следовательно, кривую, показанную на рисунке 1, можно рассматривать как траекторию, описываемую концами некоторого отрезка при трех поворотах вокруг точек, лежащих на этом отрезке.

Пользуясь этим методом, можно получить много кривых подобного

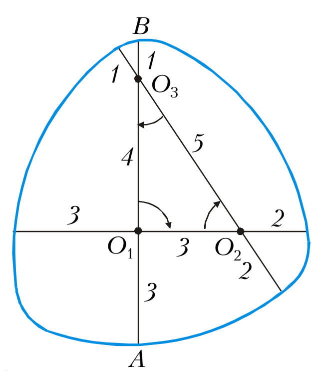

Рис. 3

рода. Например, кривая, показанная на рисунке 3, образуется в результате поворотов отрезка AB вокруг центров O_1, O_2, O_3. Величина и направление каждого поворота показаны стрелками. Цифры на рисунке показывают длины соответствующих отрезков. Ширина всех этих кривых постоянна и равна длине поворачиваемого отрезка. Можно поворачивать отрезок вокруг одного из его концов. Так мы

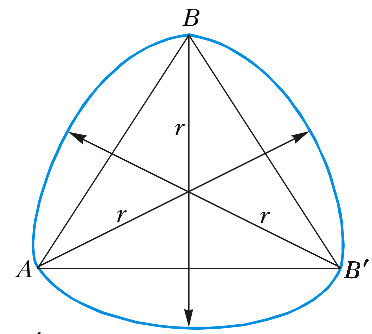

Рис. 4

получим простейшую кривую равной ширины, отличную от окружности (рис.4). При этом отрезок AB поворачивается сначала вокруг точки A, переходя в положение AB', затем вокруг точки B', переходя в отрезок $B'B$, и, наконец, вокруг точки B, замыкая кривую.

Рассмотрим теперь некоторый отрезок AB. Пусть он катится без скольжения по кривой SS (рис.5). Тогда в каждый отдельный момент такое дви-

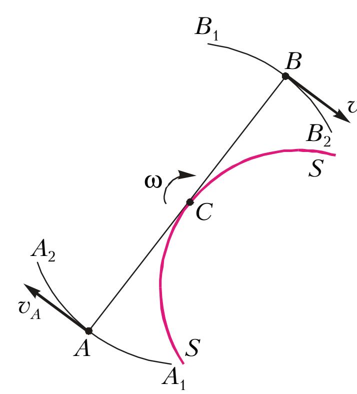

Рис. 5

жение можно рассматривать как вращение отрезка относительно точки касания. Точка касания, относительно которой в данный момент совершается поворот, называется мгновенным центром вращения. В нашем случае – это точка C. Представление о мгновенном центре вращения позволяет легко вычислять скорости различных точек отрезка AB. Например, для скоростей точек A и B будем иметь

$$v_A = \omega \cdot CA, \; v_B = \omega \cdot CB,$$

где ω – угловая скорость отрезка AB в его мгновенном вращении вокруг центра C. При этом скорости рассматриваемых точек будут перпендикуляр-