

Физика 9–11

Публикуемая ниже заметка «Невесомость ... в автомобиле?» предназначена девятиклассникам, заметка «Участок цепи с источником тока» — десятиклассникам, «Ужасы резонанса» — одиннадцатиклассникам.

Невесомость ... в автомобиле?

С. ПИКИН

ЧТОБЫ безаварийно ездить по дорогам, нужно, конечно, знать правила дорожного движения. Но и законы механического движения — тоже. В этом легко убедиться, например, решая следующую весьма типичную школьную задачу:

С какой скоростью автомобиль должен проходить середину выпуклого моста радиусом 40 м, чтобы пассажир на мгновение оказался в состоянии невесомости?

Свяжем систему отсчета с землей. На пассажира действуют две силы — сила тяжести mg и сила реакции опоры N . Поскольку в верхней точке моста он находится в состоянии невесомости,

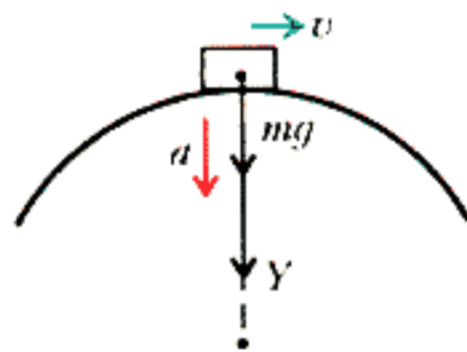


Рис. 1

$N = 0$. Запишем второй закон Ньютона для пассажира в проекциях на ось Y (рис.1):

$$mg = ma, \text{ где } a = \frac{v^2}{R}.$$

Отсюда получаем

$$v = \sqrt{gR} = 20 \text{ м/с} = 72 \text{ км/ч}.$$

Вроде бы все благополучно: скорость не превышает допустимую. Но если продолжить задачу и задаться вопро-

сом, что будет после прохождения вершины моста (или что было до этого момента), то на смену уверенности в правильности решения приходит убеждение в невозможности ситуации, описанной в условии задачи. Найдем, к примеру, вес пассажира P до того, как автомобиль попал в верхнюю точку моста, если движение автомобиля считать равномерным со скоростью $v =$

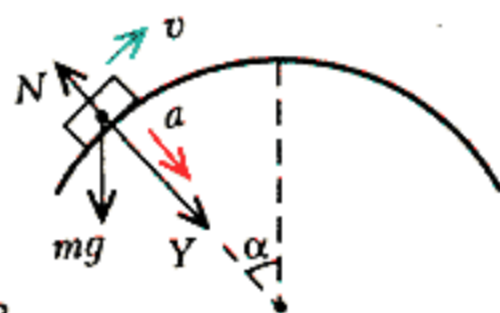


Рис. 2

$= \sqrt{gR}$ (рис.2). Опять запишем уравнение движения пассажира в проекциях на ось Y :

$$mg \cos \alpha - N = ma, \text{ где } a = \frac{v^2}{R} \text{ и } v = \sqrt{gR}.$$

Отсюда

$$N = mg(\cos \alpha - 1) \text{ и } P = N = mg(\cos \alpha - 1).$$

Получается, что если в верхней точке $N = 0$, то в остальных $N < 0$! Значит, чтобы пассажир не взлетел над сиденьем, он должен за что-то держаться. Но машине «держаться» не за что, т.е. она оторвется от поверхности моста, как только въедет на него, и, пролетев по воздуху, упадет на трассу. Наиболее вероятным результатом такого пребывания в состоянии невесомости будет разбитая машина. Иными словами, попытавшись проехать выпуклый мост со скоростью $v = \sqrt{gR}$, вы не только не

сможете на середине моста на мгновение оказаться в состоянии невесомости, но и подвергнетесь риску стать инвалидом.

Как же быть? При какой постоянной скорости автомобиль все же сможет проехать выпуклый мост радиусом R и длиной дуги, соответствующей углу 2α (рис.3)?

Из полученной для N формулы следует, что сила реакции достигает наи-

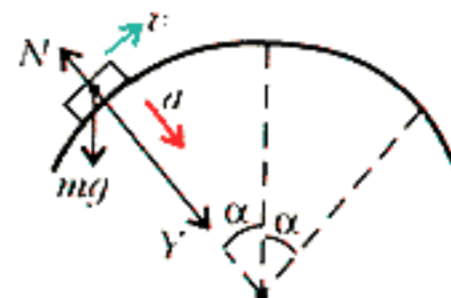


Рис. 3

меньшего значения при въезде на мост. Значит, если машина не взлетит в первый же момент, то этого не произойдет и далее. Тогда имеем

$$mg \cos \alpha - N = ma, \text{ где } N \geq 0 \text{ и } a = \frac{v^2}{R},$$

откуда

$$v \leq \sqrt{gR \cos \alpha}.$$

Вот она скорость, с которой можно проехать мост. А состояние невесомости при этой скорости вы испытаете даже дважды: въезжая на мост и съезжая с него.



Иллюстрация Д. Гришуковой

Автор этой заметки Сергей Пикин учится в 11 классе школы-лицея №19 г. Майкопа.