

ской формулой для импульса и соответствующей ньютоновской формулой сводится к различию между собственным и лабораторным временем, а не к различию массы при этих двух описаниях природы. Этот факт сейчас получает все более широкое признание [2; 3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Угаров, В. А. Специальная теория относительности / В. А. Угаров. – М. : Физматгиз, 1977. – 384 с.
2. Плетюхов, В. А. Второй закон Ньютона и релятивистская масса / В. А. Плетюхов // Физика. – 2018. – Т. 2. – С. 18–21.
3. Тейлор, Э. Ф. Физика пространства-времени / Э. Ф. Тейлор, Дж. А. Уилер. – М. : Мир, 1971. – 320 с.

УДК 378.147:51

Н. Н. СЕНДЕР, Я. В. СИМОНЧИК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

РЕШЕНИЕ И АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ЗАНЯТИЯХ ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ

Решение и анализ физических задач позволяют понять и запомнить основные законы и формулы физики, создают представление об их характерных особенностях и границах применения. Задачи развивают навык использования общих законов материального мира для решения конкретных вопросов, имеющих практическое и познавательное значение. Умение решать задачи – лучший критерий оценки глубины изучения программного материала и его усвоения. В основу каждой физической задачи положено то или иное частное проявление одного или нескольких фундаментальных законов природы и их следствий. Исходя из этого, прежде чем приступать к решению физических задач из какого-либо раздела курса физики, следует тщательно проработать теорию вопроса и внимательно разобрать иллюстрирующие ее примеры. Без твердого знания теории нельзя рассчитывать на успешное решение и анализ даже сравнительно простых задач, не говоря уже о более сложных.

В процессе решения физической задачи можно выделить три этапа: **физический, математический и анализ решения.**

Физический этап начинается с ознакомления с условием задачи и уяснения физических закономерностей, лежащих в ее основе. Ознакомившись с условием задачи, не следует заострять внимание на искомой величине и тем более пытаться сразу ее найти. Необходимо помнить, что ближайшая цель решения состоит в том, чтобы свести задачу от физической к математической, записав ее условие при помощи формул.

Чтобы хорошо понять условие задачи, необходимо сделать схематический чертеж, поясняющий ее сущность, и на чертеже, хотя бы условно, указать все величины, характеризующие данное явление. Если при этом окажется, что для полного описания процесса надо использовать величины, не фигурирующие в условии задачи, их нужно ввести в решение самим, так как в большинстве случаев без них невозможно найти связь между искомыми и заданными величинами. Следует твердо помнить, что почти во всех случаях чертеж сильно упрощает и поиск, и само решение (впрочем, этот пункт нередко опускается). После этого приступают к анализу физических процессов, происходящих в ситуации, описанной в условии, к выявлению тех законов, которым подчиняются эти процессы. Заканчивается физический этап составлением уравнений, связывающих физические величины, которые характеризуют рассматриваемое явление с количественной стороны. Применение известных законов и формул физики для математической записи условий задачи представляет основную трудность при решении почти всех задач по физике. Сделав такую запись, мы получаем одно или несколько уравнений, в которых неизвестным служит искомая величина, и физический этап переходит в математический.

Математический этап начинается решением системы уравнений и заканчивается получением числового ответа. Безусловно, математический этап является не менее важным, чем этап физический. Необходимо подчеркнуть, что он не является второстепенным. Если при решении системы уравнений, переводе единиц или арифметическом расчете совершена ошибка, решение задачи в целом окажется неверным. С точки зрения практики задача решена правильно только в том случае, если получен ее верный общий и числовой ответ. Неправильно считать математический этап второстепенным еще и потому, что после него должен следовать анализ решения. Последний этап вообще нельзя провести, если

не получен общий и числовой ответ задачи. Таким образом, для окончательного решения задачи по физике **физический** и **математический** этапы являются в равной степени необходимыми.

После получения решения в общем виде и числового ответа следует **этап анализа решения**. На этом этапе выясняют, как и от каких физических величин зависит найденная величина, при каких условиях эта зависимость осуществляется и т. д. При анализе числового ответа исследуют:

- размерность полученной величины;
- соответствие полученного числового ответа физически возможным значениям искомой величины, если нет такого соответствия, то этот ответ явно неверен;
- при получении многозначного ответа соответствие полученных ответов условиям задачи.

Рассмотрим решения физической задачи на примере.

Задача. Ось колеса (рисунок) радиусом $R = 0,5$ м движется поступательно со скоростью $v_0 = 1$ м/с. Радиус колеса вращается с частотой $v_{\text{вр}} = 1$ об/с. Составить уравнение движения точки A обода и определить, как меняется модуль ее скорости со временем. Определить, как движется колесо относительно дороги: скользит или пробуксовывает.

◀ Любая точка обода, например точка B (рисунок) участвует в двух движениях – поступательном со скоростью v_0 и вращательном со скоростью $\vec{v}_{\text{вр}}$, тогда скорость точки равна

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}_{\text{вр}}. \quad (1)$$

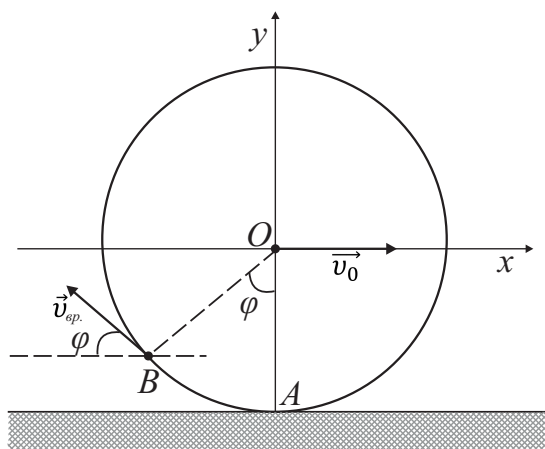


Рисунок – Схема движения колеса

Положение точки B в момент времени t определяется углом

$$\varphi = \omega t = 2\pi vt,$$

где ω – круговая частота, $v_{\text{вп}} = \omega R$, тогда в проекциях на выбранные оси Ox и Oy выражение (1) имеет вид:

$$Ox : v_x = v_0 - v_{\text{вп}} \cos \varphi = v_0 - \omega R \cos \omega t, \quad (2)$$

$$Oy : v_y = v_{\text{вп}} \sin \varphi = \omega R \sin \omega t. \quad (3)$$

Модуль скорости v равен:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + \omega^2 R^2 - 2v_0\omega R \cos \omega t}.$$

По определению $dx = v_x dt$ и $dy = v_y dt$, проинтегрировав эти выражения, определим значения координат x и y в произвольный момент времени t и учитывая, что точка A в момент времени $t = 0$, имеет координаты $x(0) = 0$, $y(0) = 0$:

$$\begin{aligned} x &= \int_0^t (\nu_0 - \omega R \cos \omega t) dt = \nu_0 t - R \sin \omega t, \\ y &= \int_0^t \omega R \sin \omega t dt = 2R \sin^2(\omega t/2). \end{aligned} \quad (4)$$

Точка A будет соприкасаться с поверхностью дороги в моменты времени при которых $y = 0$. Из уравнения (4), следует:

$$\sin^2(\omega t/2) = 0 \text{ или } t = \frac{2\pi n}{\omega} = \frac{n}{v},$$

где $n \in \mathbb{N}$. В эти моменты времени, согласно выражениям (2) и (3) скорости соответственно равны:

$$v_x = v_0 - \omega R = v_0 - 2\pi v R = -5,28 \text{ м/с}, \quad v_y = 0.$$

Поскольку $v_x < 0$, то колесо буксует. ►