

$$\sqrt{\frac{3kq}{4E}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3kq}{E}}$$

A20. Написано: «По проводнику со скоростью 20 см/с течет ток...». На самом деле проводник движется со скоростью 20 см/с.

A30. См. тест №7.

A34. Опять неразбериха с массами! (см. тест №5).

B1. Несмотря на то, что эта задача имеется во всех учебниках, для правильного и полного, без недомолвок, решения необходимо либо знание уравнений динамики движения твердого тела, либо переход в систему отсчета, в которой велосипедист покоится (она, конечно, неинерциальна). Стандартное выражение, написанное во всех учебниках, что сила $(\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр пок}})$ должна проходить через центр масс на самом деле на школьном уровне недоказуемо. В системе покоя велосипедиста, разумеется, можно писать условие равенства нулю суммы моментов всех действующих сил с учетом центробежной силы инерции, и тогда смысл сформулированного выше условия становится ясным. Допускается однако, что это не входит в школьную программу.

B2. Правильный ответ 2 Дж, но в связи с рассмотренными выше тестами возможно введен другой ответ, например, 1,5 Дж.

Тест №10

A7. После выстрела скорость ствола равна 2 м/с (относительно земли!?) и в системе отсчета, связанной с орудием, направлена вдоль самого ствола (вопросительный знак поставлен потому, что, как обычно, не указано, относительно чего скорость равна 100 м/с; то ли снаряд вылетает по углом 60°, то ли ствол пушки наклонен под углом 60°? Противооткатное устройство – это диссипативный элемент, действующий и на ствол и на пушку, но в системе отсчета пушки сила торможения действует вдоль ствола. Если пренебречь в этой системе отсчета силами инерции (масса пушки намного больше массы снаряда), то модуль ускорения ствола $2,5 \text{ м/с}^2$ – откат равен 80 см. Такого ответа в задаче нет. Вероятно, авторы ошибочно предполагали, что после выстрела важна лишь горизонтальная составляющая скорости, но аналогия с ситуацией, когда пушка не имеет противооткатного устройства и после выстрела вместе со стволом движется по горизонтали.

УДК 53.035

Яромская Л.Н., Чопчиц Н.И., Янусик И.С.

КОМПЛЕКСНАЯ ЗАДАЧА «ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА»

Данная задача характеризуется большим числом физических величин и поставленных задач, в которых анализируются основные соотношения, которые могут быть записаны на основе физических законов. Рассмотрение комплексной задачи может быть предложено как на уроках физики, так и на факультативных занятиях, а также при подготовке к поступлению в высшее учебное заведение, позволит учащимся наиболее полно разобраться в данной физической ситуации.

Дана электрическая схема, в которой имеются источник с электродвижущей силой $\mathcal{E} = 20 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 2 \text{ Ом}$, амперметр с сопротивлением $R_A = 1 \text{ Ом}$, вольтметр с сопротивлением $R_V = 20 \text{ Ом}$ и резистор с сопротивлением $R = 5 \text{ Ом}$.

A13. В формулировке отсутствует понимание причинно-следственных связей в изобарном процессе: причиной изменения объема является изменение температуры, а не наоборот, как сформулировано в тексте.

A15. Нужно указать, что доска не изменяет состояния движения и что нагревается только пуля.

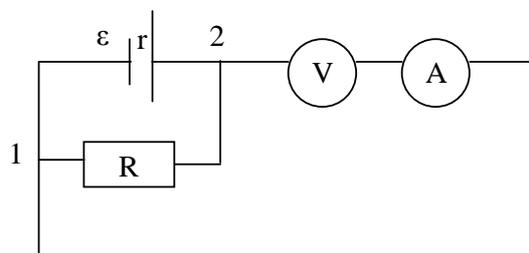
A17. Не входит в ПП.

B1. См. B1 теста №9.

B2. Эта задача школьными методами не решается вообще. Первое. Вопреки широко распространенному мнению в задаче не выполняется закон сохранения механической энергии. Проще всего в этом можно убедиться, если вначале использовать дискретную аппроксимацию веревки в виде набора точечных масс, соединенных невесомыми пружинками. Поскольку ускорение частиц со временем изменяются, изменяются и длины пружинок, т.е. скорости частиц при такой аппроксимации различны. Однако в исходной ситуации веревка считается нерастяжимой, т.е. идет непрерывное выравнивание скоростей частиц по типу неупругого удара, только, так сказать, растянутого во времени, и механическая энергия уменьшается. Второе. В момент отрыва от блока веревка не будет вертикальной, ибо, начиная с момента, когда соскальзывающий конец веревки окажется выше центра блока, у суммарной силы, действующей со стороны блока на еще находящуюся на нем веревку, появляется горизонтальная составляющая, откидывающая верхний конец веревки по горизонтали. Анализ возможности пренебрежения этим эффектом (и другими также!) совсем не прост.

Полный анализ рассматриваемых ситуаций был проведен с участием одного из авторов на семинаре в МИФИ под руководством И.Е. Иродова в 1979 г.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что неверно или неточно сформулированные задания могли, в принципе, изменить оценку на два балла в ту или иную сторону, что представляется совершенно недопустимым. Представляется, что впредь авторы тестов при составлении заданий должны значительно шире использовать mutatis mutandum опыт российского тестирования, исправляя, естественно, неверно сформулированные задания, число которых в российских тестах значительно ниже (примерно 5% в тестах 2002 г.).

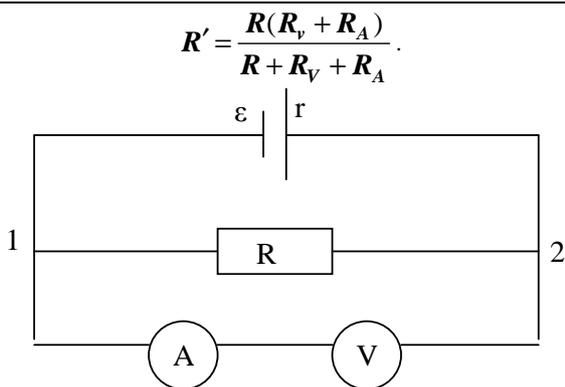


1) *Найти показания вольтметра и амперметра.*

Нарисуем эквивалентную схему:

Сопротивление внешней части электрической цепи равно R' : (вольтметр и амперметр соединены последовательно, а параллельно к ним подсоединён резистор R):

Яромская Людмила Николаевна, ассистент каф. физики Брестского государственного технического университета.
Янусик Ирина Семеновна, ст. преподаватель каф. физики Брестского государственного технического университета.
 Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.



По закону Ома для полной цепи сила тока в неразветвлённой части цепи:

$$I = \frac{\epsilon}{R' + r} = \frac{\epsilon}{\frac{R(R_V + R_A)}{R + R_V + R_A} + r} = \frac{20}{\frac{5 \cdot 21}{26} + 2} = \frac{20 \cdot 26}{105 + 52} = 3,3 \text{ A}$$

Разность потенциалов между точками 1 и 2 по закону Ома для участка цепи:

$$\Phi_1 - \Phi_2 = U = IR' = \frac{\epsilon}{\frac{R(R_V + R_A)}{R + R_V + R_A} + r} \cdot \frac{R(R_V + R_A)}{R + R_V + R_A} = \frac{\epsilon \cdot R(R_V + R_A)}{R(R_V + R_A) + r(R + R_V + R_A)}$$

Сила тока, текущего через амперметр, т.е. показания амперметра:

$$I_A = \frac{U}{R_V + R_A} = \frac{\epsilon \cdot R(R_V + R_A)}{R(R_V + R_A) + r(R + R_V + R_A)} \cdot \frac{1}{(R_V + R_A)} = \frac{\epsilon \cdot R}{[R(R_V + R_A) + r(R + R_V + R_A)]}$$

$$I_A = \frac{20 \cdot 5(20+1)}{5 \cdot (20+1) + 2(5+20+1)} = \frac{100}{157} = 0,64 \text{ A}$$

Показания вольтметра: $U_V = I_V R_V$, т.к. $I_V = I_A$;

$$U_V = 0,64 \cdot 20 = 12,8 \text{ B}$$

2) Найти напряжение на зажимах источника U_3 . Из закона Ома имеем:

$$U_3 = \epsilon - Ir = \epsilon - \frac{\epsilon \cdot r}{\left[\frac{R(R_V + R_A)}{R + R_V + R_A} + r \right]}$$

$$= 20 - \frac{20 \cdot 2}{\frac{5(20+1)}{5+20+1} + 2} = 13,4 \text{ B}$$

3) Найти мощность, выделяемую в резисторе R (полезную мощность).

$$P_{\text{пол}} = \frac{U^2}{R} = \frac{\epsilon^2 R(R_V + R_A)^2}{[R(R_V + R_A) + r(R + R_V + R_A)]^2} = \frac{20^2 \cdot 5 \cdot (20+1)^2}{[5(20+1) + 2(20+1+5)]^2} = 35,9 \text{ Вт}$$

4) Найти мощность потерь (мощность, выделяемую внутри источника, амперметра и вольтметра):

$$P_{\text{ном}} = \epsilon \cdot I - P_{\text{пол}}$$

где $\epsilon \cdot I$ - мощность, отдаваемая источником, причём I - сила тока, текущего через источник, т.е. в неразветвлённой части цепи.

$$P_{\text{ном}} = \epsilon \frac{\epsilon}{\frac{R(R_V + R_A)}{R + R_V + R_A} + r} - P_{\text{пол}} = \frac{20 \cdot 20}{\frac{5(20+1)}{5+20+1} + 2} - 35,9 = 30 \text{ Вт}$$

Для контроля полезно вычислить мощность потерь иначе:

$$P_{\text{ном}} = I^2 r + I_A^2 R_A + \frac{U_V^2}{R_V} = \frac{\epsilon^2 \cdot r}{\left[\frac{R(R_V + R_A)}{R + R_V + R_A} + r \right]^2} + I_A^2 R_A + \frac{U_V^2}{R_V}$$

$$P_{\text{ном}} = \frac{20^2 \cdot 2}{\left[\frac{5 \cdot 21}{26} + 2 \right]^2} + 0,64^2 \cdot 1 + \frac{12,8^2}{20} = 30 \text{ Вт}$$

5) Найти КПД схемы, считая полезной мощность, выделяемую в резисторе:

$$\eta = \frac{P_{\text{пол}}}{\epsilon \cdot I} 100\% = \frac{35,9}{20 \cdot 3,3} 100\% = 54\%$$

6) Найти количество теплоты, выделяющееся в резисторе R за время, в течение которого по нему проходит заряд 10 Кл. По закону Джоуля-Ленца за время t в резисторе выделяется теплота:

$$Q = I_R^2 R t = I_R I_R t R = qU = 10 \cdot 13,4 = 134 \text{ Дж};$$

7) Найти ток короткого замыкания.

$$I_{\text{к.з.}} = I_{R \rightarrow 0} = \frac{\epsilon}{r} = \frac{20}{2} = 10 \text{ A}$$

8) Найти показания амперметра и вольтметра, если расширить в $k=10$ раз пределы измерения вольтметра.

При расширении предела измерения вольтметра в k раз, его сопротивление (вместе с добавочным сопротивлением) возрастает во столько же раз, т.е. $R'_V = kR_V$.

В нашем случае: $R'_V = 10R_V$.

Дальнейшие выкладки аналогичны приведенным выше, где U' - напряжение между точками 1 и 2, если подсоединить новый вольтметр с $R'_V = 10R_V$.

$$I'_A = \frac{U'}{R'_V + R_A} = \frac{\epsilon \cdot R(R'_V + R_A)}{\left[R(R'_V + R_A) + r(R + R'_V + R_A) \right] (R'_V + R_A)}$$

$$I'_A = \frac{20 \cdot 5}{[5(200+1) + 2(5+200+1)]} = 0,07 \text{ A}.$$

Показания вольтметра:

$$U'_V = I'_A R'_V = 0,07 \cdot 200 = 14 \text{ В}.$$

9) Найти показания амперметра и вольтметра, если расширить в $k = 10$ раз пределы измерения амперметра.

При расширении предела измерения амперметра в $k = 10$ раз, его сопротивление (вместе с шунтом) уменьшается в 10 раз,

т.е. $R'_A = \frac{R_A}{k}$;

В нашем случае: $R'_A = \frac{R_A}{10} = 0,1 R_A$.

Дальнейшие выкладки аналогичны приведенным выше:

$$I''_A = \frac{U''}{R_V + R'_A} = \frac{\varepsilon \cdot R}{[R(R_V + R'_A) + r(R + R_V + R'_A)]} = \frac{20 \cdot 5}{[5(20 + 0,1) + 2(5 + 20 + 0,1)]} = 0,66 \text{ A}$$

Показания вольтметра: $U''_V = I''_A R_V = 0,66 \cdot 20 = 13,2 \text{ В}$

10) Найти, при каком сопротивлении $R = R_0$, мощность, выделяемая в нём, максимальна.

Исследуем на максимум выражение $P_{пол}$ стандартным методом: $P'_{пол}(R) = 0$,

где $P_{пол} = \frac{\varepsilon^2 R (R_V + R_A)^2}{[R(R_V + R_A) + r(R + R_V + R_A)]^2}$

Подставляя численные значения, получим:

$$P'_{пол} = \frac{176400 R}{(23R + 42)^2}. \quad (*)$$

Взяв производную выражения (*) по R , получим, что $R_0 = 1,8 \text{ Ом}$.

11) Найти максимально возможную мощность, выделяемую в резисторе R_0 .

Подставим значение R_0 в формулу (*).

$$P'_{max} = 45,7 \text{ Вт}.$$

12) Резистор какого сопротивления нужно подсоединить последовательно или параллельно к данному R_1 , чтобы мощность, выделяемая на резисторах, не изменилась? ($R_1 = nR_0$)

УДК 378.031

Кандилян Г.С., Прокопеня А.Н., Чопчиц Н.И.

О ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ В ИНЖЕНЕРНЫХ ВУЗАХ

Технические вузы – основа высшего образования...вузы, снабжая студентов фундаментальными знаниями, должны формировать грамотного, всесторонне развитого специалиста...

А.М. Радьков
(из выступления в БГТУ 22.09.2004 г.)

В экономически развитых странах давно уже осознали, что инженерное образование является важным фактором экономического и социального развития. На образование тратятся огромные суммы денег, ибо это «капитал», который рабо-

а) пусть $n > 1$, например $n = 2$, тогда $R_1 = 2R_0 = 3,6 \text{ Ом}$.

Подставим заданное значение R_1 в формулу (*). Получим выделяемую в резисторе мощность:

$$P_1 = \frac{176400 \cdot 3,6}{(23 \cdot 3,6 + 42)^2} = 40,7 \text{ Вт}.$$

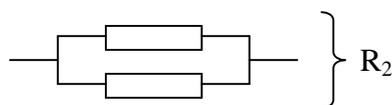
Рассматривая (*) как уравнение относительно R :

$$40,7 = \frac{176400 \cdot R}{(23 \cdot R + 42)^2},$$

Получим два значения R : $R_1 = 3,6 \text{ Ом}$ и $R_2 = 0,92 \text{ Ом}$.

Очевидно, к резистору R_1 надо подсоединить параллельно R'_1 .

Найдём сопротивление резистора R'_1 , который нужно подсоединить параллельно к R_1 , чтобы мощность на резисторах была одинакова:



тогда $R_2 = \frac{R'_1 \cdot R_1}{R'_1 + R_1} \Rightarrow R'_1 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 - R_2} = 1,2 \text{ Ом}$

б) пусть $n < 1$, например $n = \frac{1}{3}$, тогда $R_1 = \frac{1,8}{3} = 0,6 \text{ Ом}$.

Подставим заданное значение R_1 в формулу (*) и найдём выделяемую в резисторе мощность:

$$P_1 = \frac{176400 \cdot 0,6}{(23 \cdot 0,6 + 42)^2} \approx 34 \text{ Вт}.$$

Рассматривая (*) как уравнение относительно R :

$$34 = \frac{176400 \cdot R}{(23 \cdot R + 42)^2}.$$

Получим: $R_1 = 0,6 \text{ Ом}$ и $R_2 = 5,5 \text{ Ом}$.

Анализируя значение R_2 , делаем вывод, что к резистору $R_1 = 0,6 \text{ Ом}$ надо последовательно подсоединить $R'_1 = R_2 = R_1 = 5,5 - 0,6 = 4,9 \text{ Ом}$.

тает на прошлое, настоящее и будущее. Перед обществом стоит вопрос оптимального использования этого капитала на благо всего человечества и отдельного человека.

В связи с этим, в последние годы в прессе (прежде всего в вузовских изданиях) широко дискутируется проблема гуманизации инженерного образования. Решение этой проблемы является составной частью всего процесса реформирования высшей школы (и образования в целом).

Вклад высшего технического учебного заведения в развитие общества определяется главным образом двумя основными факторами: качеством обучения учащихся и уровнем