Ключи к заданиям муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике 2022-2023 учебный год

10 класс

Продолжительность олимпиады: ***230 минут****. Максимально возможное количество баллов:* ***50***

Общие критерии оценок

Жюри олимпиады оценивает записи, приведенные в чистовике. Черновики не проверяются.

Правильный ответ, приведенный без обоснования или полученный из неправильных рассуждений, не учитывается. Если задача решена не полностью, то этапы ее решения оцениваются в соответствии с критериями оценок по данной задаче.

Если задача решена отличным от авторского способа, то решение оценивается согласно приведённых ниже критериев.

Таблица 1

Критерии проверки

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
7-9	Верное решение. Имеются небольшие недочёты, в целом не влияющие на решение. Допущены арифметические ошибки
5-6	Задача решена частично, или даны ответы не на все вопросы
3-4	Решение содержит пробелы в обоснованиях, приведены не все необходимые для решения формулы
1-2	Рассмотрены отдельные важные случаи при отсутствии решения или при ошибочном решении
0	Решение неверно или отсутствует

Не допускается снижение оценок за плохой почерк, решение способом, отличным от авторского, и т.д. Все спорные вопросы рекомендуется решать в пользу школьника.

Рекомендуется проверять сначала первую задачу во всех работах, затем вторую и т.д.

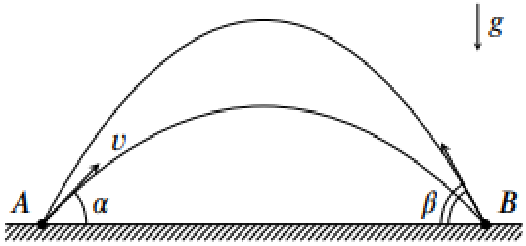
Все пометки в работе участника члены жюри делают только красными чернилами. Баллы за промежуточные выкладки ставятся около соответствующих мест в работе (это исключает пропуск отдельных пунктов из критериев оценок). Итоговая оценка за задачу ставится в конце решения. Кроме того, члены жюри заносит её в таблицу (см. табл. № 2) на первой странице работы и ставит свою подпись (с расшифровкой) под оценкой. В случае неверного решения необходимо находить и отмечать ошибку, которая к нему привела. Это позволит точнее оценить правильную часть решения и сэкономит время в случае апелляции

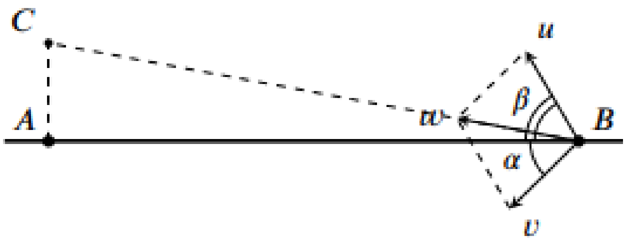
Таблица 2

№ задания	Набранные баллы
1	
2	
3	
4	
итого	

Задача № 1

Из точек A и B, находящихся на одной горизонтальной поверхности, одновременно бросили два камня: первый — со скоростью $\upsilon = 15$ м/с под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту, второй — под углом $\beta = 60^\circ$. Через какое время после броска камни окажутся на одной вертикали, если в процессе дальнейшего движения первый камень упал в точке B, а второй, наоборот, в точке A? Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с ^{2}. Сопротивление воздуха не учитывать.





Решение: Пусть второй камень бросили со скоростью u. Дальность полёта L равна, с одной стороны, $L = v^2 \sin 2\alpha/g = v^2/g$, а с другой стороны, $L = u^2 \sin 2\beta/g$. Так как дальности полётов обоих камней равны,

$$\frac{v^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{u^2 \sin 2\beta}{g} \quad \Rightarrow \quad u = v\sqrt{\frac{\sin 2\alpha}{\sin 2\beta}} = v\sqrt{\frac{2}{\sqrt{3}}}.$$

Способ 1. Обозначим t искомое время, тогда

$$vt\cos\alpha + ut\cos\beta = L \quad \Rightarrow \quad t = \frac{L}{v\cos\alpha + u\cos\beta} = \frac{v^2/g}{v/\sqrt{2} + v/\sqrt{2\sqrt{3}}} = \frac{v}{g}\cdot\frac{1}{1/\sqrt{2} + 1/\sqrt{2\sqrt{3}}} \approx 1{,}2 \text{ с}.$$

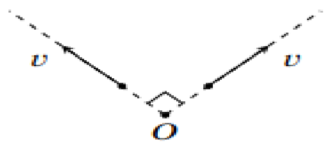
Способ 2. Перейдём в систему отсчёта левого камня. В ней правый камень движется прямолинейно и равномерно со скоростью $\vec{w} = \vec{u} - \vec{v}$ (рис. 10.2). Обозначим t искомое время, а w_x — проекцию скорости камня на горизонталь. За время t правый камень в новой системе отсчёта должен оказаться над точкой A в точке C, то есть $L = w_x t$. Так как $w_x = v_x + u_x = v\cos\alpha + u\cos\beta$

$$L = w_x t = vt\cos\alpha + ut\cos\beta.$$

Дальнейшее решение совпадает с приведённым в Способе 1.

Задача № 2

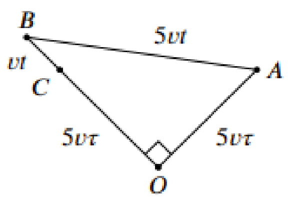
Озорные мышата подкрались к спящему в точке O коту Леопольду, дёрнули его за усы и одновременно бросились бежать со скоростью v по двум взаимно перпендикулярным прямым. Проснувшись и сообразив, что происходит, Леопольд побежал со скоростью $5v$ вдогонку за первым мышонком, через время τ догнал его и сразу же побежал ко второму. 1. Через какое минимальное время после встречи с первым мышонком кот догонит второго?
2. Через какое минимальное время после встречи со вторым мышонком кот вернётся в точку O? Скорость кота по величине не меняется.



Решение: Расстояние от точки A, в которой Леопольд поймал первого мышонка, до точки O равно $5v\tau$ (см. рис. 10.4). Пусть t — время погони за вторым мышонком, тогда расстояние AB, пройденное котом до встречи в точке B, равно $5vt$. Отсюда по теореме Пифагора

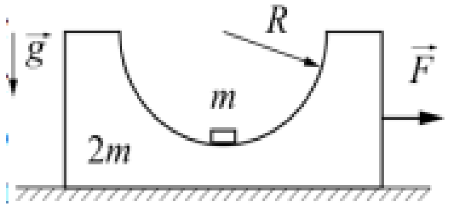
$$(vt + 5v\tau)^2 + (5v\tau)^2 = (5vt)^2 \quad \Rightarrow \quad t^2 + 10\tau t + 50\tau^2 = 25t^2 \quad \Rightarrow \quad 24t^2 - 10\tau t - 50\tau^2 = 0.$$

Решая это уравнение и отбрасывая отрицательный корень, получим, что $t = 5\tau/3$. Второй мышонок, таким образом, успел убежать от точки O на расстояние $s = OB = vt + 5v\tau = 20v\tau/3$, следовательно, время возвращения кота в точку O равно $t' = s/(5v) = 4\tau/3$.



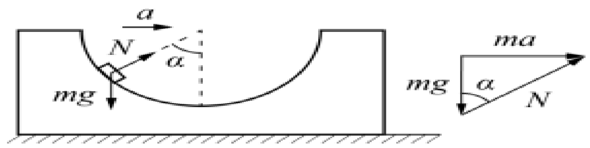
Задача № 3

В бруске, находящемся на горизонтальной поверхности, сделано гладкое сферическое углубление радиусом R. В углублении лежит маленькая шайба массы m. К бруску прикладывают горизонтальную силу F, плавно увеличивая её значение от 0 до F_0. Найдите максимальную высоту, на которую поднимется шайба, если масса бруска 2m. Ускорение свободного падения g. Трением в системе можно пренебречь



Возможное решение:
При плавном, без сильных рывков, увеличении внешней силы шайба будет постепенно подниматься в лунке, что бы горизонтальная компонента силы реакции со стороны бруска обеспечивала одинаковое с бруском ускорение. Значит максимальный подъём будет при достижении силой значения F_0.
Применим 2й закон Ньютона (в проекции на горизонтальную ось) ко всей системе и найдём ускорение поступательного движения тел:

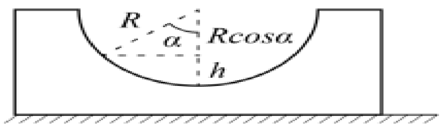
$$3ma = F_0 \Rightarrow a = \frac{F_0}{3m}$$



Запишем 2й закон Ньютона для шайбы в момент наивысшего подъёма:

$$m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g}$$

Далее можно либо через проекции, либо используя векторный треугольник сил связать угол α и F_0:



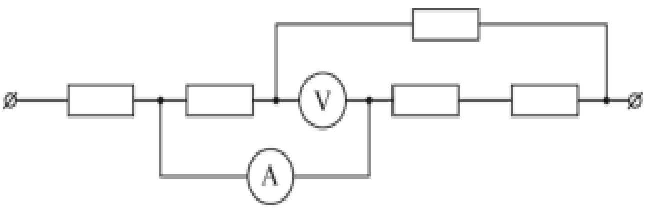
$$\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{ma}{mg} = \frac{a}{g} = \frac{F_0}{3mg}$$

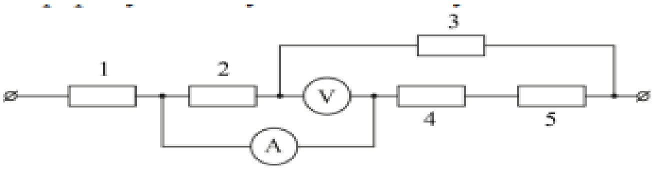
Высота подъёма h связана с радиусом лунки R и углом α:
$h = R(1 - \cos\alpha)$
Осталось связать высоту и силу:

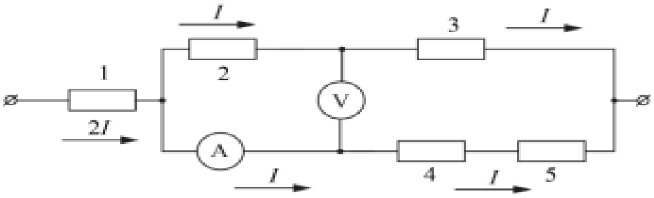
$$h = R(1-\cos\alpha) = R\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+\mathrm{tg}^2\alpha}}\right) = R\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{F_0}{3mg}\right)^2}}\right) = R\left(1 - \frac{3mg}{\sqrt{F_0^2 + (3mg)^2}}\right)$$

Задача № 4

Участок цепи, показанный на рисунке, подключён к идеальному источнику постоянного напряжения. Идеальные приборы показывают 2 А и 6 В. Все резисторы в цепи одинаковые. Определите: 1) сопротивление одного резистора R; 2) напряжение источника U_0; 3) показания приборов, если их поменять местами; 4) тепловую мощность, выделяющуюся на крайнем левом резисторе, если приборы в цепи поменяют местами





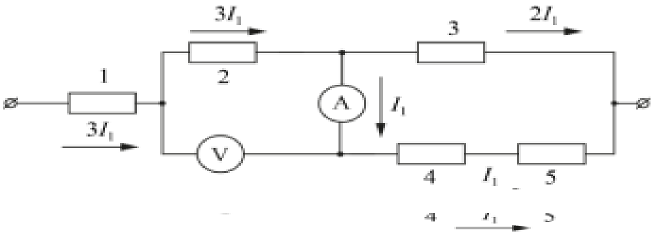


Так как идеальный вольтметр эквивалентен разрыву цепи, а падение напряжения на идеальном амперметре равно 0, то резисторы 2 и 3 параллельны резисторам 4 и 5. Из равенства сопротивлений резисторов следует, что амперметр показывает половину общего тока. Такой же ток бежит через резистор 2, напряжение на котором показывает вольтметр. Значит сопротивление резистора R = 3 Ом.

Напряжение источника падает на резисторах 2 и 3 (по 6 В) и на резисторе 1 (12 В, так как сила тока через него в два раза больше).

$U_0 = 24$ В.

Если поменять приборы местами распределение токов изменится:



Теперь резисторы 4 и 5 параллельны одному резистору 3, значит ток через них в 2 раза меньший. Через резисторы 1 и 2 бежит общий неразветвленный ток (в 3 раза больший чем через резистор 4), через амперметр ток отводится на ветку 4-5. Общее напряжение не изменилось. Запишем его как сумму падений напряжения на резисторах 1,2 и 3:

$$U_0 = 3I_1R + 3I_1R + 2I_1R$$

$$I_1 = \frac{U_0}{8R} = 1\text{ А}$$

Это и покажет амперметр.

Показания вольтметра равны падению напряжения на резисторе 2:

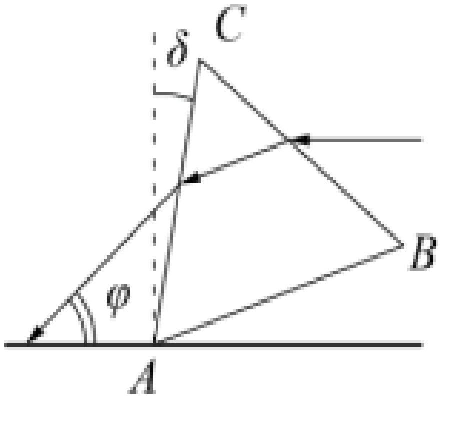
$$U = 3I_1R = 9\text{ В}$$

Тепловую мощность, выделяющуюся на резисторе 1 найдём из закона Джоуля-Ленца:

$$N = (3I_1)^2 R = 27\text{ Вт}$$

Задача № 5

Луч света распространяется параллельно поверхности, на которой установлена равносторонняя треугольная стеклянная призма, грань АС которой образует угол $\delta = 18°$ с нормалью к поверхности. Луч света преломившись, распространяется внутри призмы параллельно основанию АВ. Определите: 1) угол φ между лучом, вышедшим из призмы, и поверхностью, на которой она установлена; 2) коэффициент преломления n стекла.



Возможное решение. $\gamma = 90° - \delta - \beta = 12°$

$\begin{cases} \gamma = \gamma_1 \\ \varphi = \varphi_1 \end{cases}$ как внутренние накрест лежащие ($EM \parallel DA$)

$\varphi = \gamma_1 + \gamma_2 = 2\gamma = 24°$ по теореме о внешнем угле треугольника.

Угол падения луча EM на призму $\alpha_1 = 90° - (60° - \gamma) = 42°$

Угол преломления $\alpha_2 = 30° (EF \parallel BA)$

$n = \dfrac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} \approx 1{,}34$