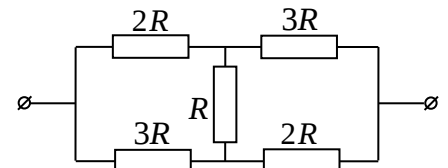


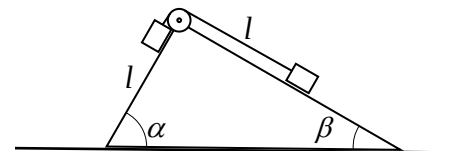
Решения и критерии оценивания
Отборочный тур олимпиады «Росатом», 2025-2026 учебный год,
Олимпиада памяти И.В.Савельева, физика, 10 класс

1. По двум параллельным путям в одну сторону едут товарный поезд и электричка. Скорость товарного поезда v , длина l . Скорость электрички $5v/2$, длина $l/4$. В течение какого времени электричка будет обгонять товарный поезд?
2. Тело падает на землю с некоторой высоты с нулевой начальной скоростью. Во сколько раз отличаются средняя мощность силы тяжести за все время падения и мгновенная мощность, развиваемая силой тяжести над телом, когда оно пройдёт половину расстояния до поверхности земли.
3. Винни-Пух решил подняться на воздушном шарике за медом. В тот момент, когда Пух завис на шарике около дупла с пчелами и уже приготовился доставать мед, Пятачок выстрелил по пчелам и пробил воздушный шарик. В результате Винни-Пух начал спускаться с ускорением, которое линейно возрастало с течением времени – от $g/2$ в начальный момент времени до g в момент падения Пуха на землю (g – ускорение свободного падения). С какой скоростью упал Винни-Пух на землю, если он падал в течение $\Delta t = 2$ с? $g = 10$ м/с².

4. К электрической цепи, схема которой приведена на рисунке, приложили напряжение U . Найти силу электрического тока, текущего через резистор с сопротивлением R . Во сколько раз изменится мощность, выделяемая в цепи, если средний резистор перегорит. Сопротивления резисторов известны.



5. На гладкой горизонтальной поверхности стоит треугольный невесомый клин, грани которого наклонены под углами $\alpha = 60^\circ$ и $\beta = 30^\circ$ к поверхности. На ребре клина укреплен невесомый блок. Через блок переброшена невесомая и нерастяжимая нить, концы которой привязаны к двум одинаковым телам. Длина нити равна длине меньшей стороны клина l (см. рисунок). Сначала клин и тела удерживают в таком положении, а в некоторый момент времени отпускают. Через какое время левый груз достигнет горизонтальной поверхности? Трение между всеми телами отсутствует, размеры тел малы.



Решения и критерии оценивания решений задач

1. Согласно здравому смыслу обгон начинается, когда начало электрички поравнялось с концом товарного поезда, а заканчивается, когда конец электрички поравнялось с началом товарного поезда. Поэтому разность расстояний, пройденных электричкой и товарным поездом равна сумме длин электрички и товарного поезда. Поэтому из формулы, связывающей расстояние, время и скорость для электрички и товарного поезда имеем

$$\frac{5}{2}vt - vt = l + \frac{l}{4}$$

где t - время обгона. Из этого уравнения находим

$$t = \frac{5l}{6v}$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильное понимание того, что поезда – неточечные тела, и нужно учитывать их размеры - 1 балл
 2. Правильное использование формулы «расстояние-время-скорость» – 1 балл
 3. Правильное понимание того, когда обгон товарного поезда электричкой начинается – 1 балл
 4. Правильное понимание того, когда обгон товарного поезда электричкой заканчивается – 1 балл
 5. Правильный ответ – 1 балл
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

2. Пусть тело падает с высоты h . Тогда за все время падения сила тяжести совершит работу $A = mgh$, а падать будет в течение такого времени t , которое можно найти из уравнения

$$h = \frac{gt^2}{2} \quad \Rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Поэтому средняя мощность, развиваемая силой тяжести за все время падения, есть

$$P_{cp} = \frac{A}{t} = \frac{mgh}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \frac{mg^{3/2}h^{1/2}}{\sqrt{2}}$$

Мгновенную мощность, развиваемую силой тяжести, найдем как

$$P_{мгн} = Fv = mgv$$

где v - мгновенная скорость тела в тот момент, когда оно пройдет половину высоты h . Находя эту скорость по закону сохранения энергии, получим

$$\frac{mv^2}{2} = mg \frac{h}{2} \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{gh}$$

В результате найдем мгновенную мощность силы тяжести

$$P_{мгн} = mg^{3/2}h^{1/2}.$$

Поэтому отношение средней мощности силы тяжести за все время падения к ее мгновенной мощности на половине высоты падения равна

$$\frac{P_{cp}}{P_{мгн}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильное понимание того, что такое средняя, а что такое мгновенная мощность - 1 балл
2. Правильно найдена средняя мощность силы тяжести за все время падения – 1 балл

3. Правильно найдена скорость тела, когда оно пройдет половину высоты – 1 балл

4. Правильно найдена мгновенная мощность силы тяжести в этот момент – 1 балл

5. Правильный ответ – 1 балл

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

3. Поскольку ускорение Винни-Пуха меняется, мы не можем напрямую воспользоваться формулами равноускоренного движения, но можно провести аналогию, между рассмотренным движением и равноускоренным движением.

При равноускоренном движении скорость является линейной функцией времени $v(t) = v_0 + at$, а координата – квадратичной функцией времени

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

В рассматриваемом движении линейной функцией времени является ускорение. Найдём эту функцию. Очевидно, $a(t) = (g/2) + kt$, где k – такое число, чтобы при $t = \Delta t$ ускорение Винни-Пуха равнялось бы g . Поэтому

$$k = \frac{g}{2\Delta t}.$$

Таким образом, зависимость ускорения Винни-Пуха от времени имеет вид

$$a(t) = \frac{g}{2} + \frac{g}{2\Delta t} t$$

А значит, скорость должна быть квадратичной функцией времени, причем равной нулю при $t = 0$, поскольку в начальный момент Винни-Пух покоился. Поэтому

$$v(t) = \frac{g}{2} t + \frac{g}{2\Delta t} \frac{t^2}{2}$$

А, следовательно, в момент падения на землю ($t = \Delta t$) Винни-Пух имеет скорость

$$v = \frac{3}{4} g \Delta t = 15 \text{ м/с.}$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильные законы равноускоренного движения – 1 балл

2. Правильное понимание того, что при линейной зависимости ускорения от времени, зависимость скорости от времени такая же, как координаты от времени при равноускоренном движении – 1 балл

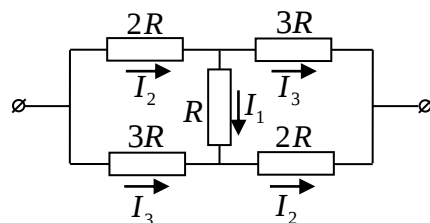
3. Правильно найдена зависимость скорости от времени – 1 балл

4. Правильный ответ (формула) – 1 балл

5. Правильный ответ (число) – 1 балл

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

4. Пусть при приложении к цепи напряжения U через резисторы R , $2R$ и $3R$ текут электрические токи I_1 , I_2 и I_3 соответственно (из симметрии цепи следует, что токи, текущие через резисторы $2R$ и $3R$ слева и справа, будут одинаковы). Эти токи расставлены на рисунке (если направление тока I_1 выбрано неверно, из решения



системы нижеследующих уравнений он получится отрицательным).

Поскольку сумма втекающих в любой узел цепи и вытекающих из него токов одинаковы, имеем

$$I_3 + I_1 = I_2 \quad (*)$$

Если рассмотреть замкнутый участок цепи, содержащий резисторы $2R$, R и $3R$ слева. Напряжения на двух резисторах $2R$ и R должно быть равно напряжению на резисторе $3R$. Поэтому

$$I_2 2R + I_1 R = I_3 3R$$

или

$$2I_2 + I_1 = 3I_3 \quad (**)$$

Рассматривая уравнения $(*)$ - $(**)$ как систему уравнений относительно I_2 и I_3 , найдем

$$I_2 = 4I_1, \quad I_3 = 3I_1$$

Поэтому для напряжения в цепи имеем

$$U = I_2 2R + I_3 3R = 17I_1 R$$

Отсюда находим ток, текущий через средний резистор

$$I_1 = \frac{U}{17R}$$

Мощность, выделяемую на цепи, найдем по закону Джоуля-Ленца. Для этого найдем общий ток I , текущий через цепь

$$I = I_2 + I_3 = 7I_1 = \frac{7U}{17R}.$$

Поэтому мощность, выделяемая на цепи, есть

$$P_1 = UI = \frac{7U^2}{17R}$$

Если средний резистор перегорит, сопротивление цепи будет равно $5R/2$, и, следовательно, в цепи будет выделяться мощность

$$P_2 = \frac{U^2}{(5R/2)} = \frac{2U^2}{5R}$$

Или выделяемая на новой цепи мощность будет составлять $34/35$ от старой

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{35}{34}$$

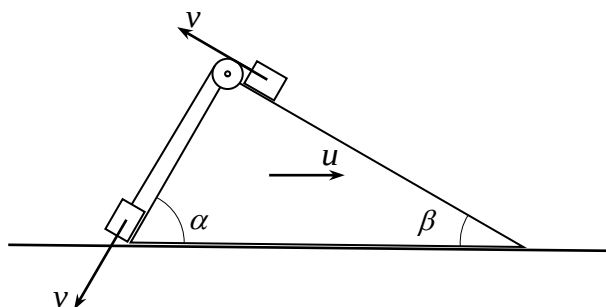
Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильное использование симметрии цепи – токи в правом верхнем и левом нижнем резисторах – одинаковы (и наоборот) - 1 балл
2. Правильные условия токов в вершинах и условия обхода по замкнутым контурам – 1 балл
3. Правильно найдено сопротивление цепи – 1 балл
4. Правильно использован закон Джоуля-Ленца – 1 балл
5. Правильный ответ – 1 балл

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

5. Можно решить эту задачу по второму закону Ньютона для каждого тела. Но можно поступить и по-другому. По законам сохранения энергии и импульса найти скорости тел в тот момент, когда левое тело оказывается на поверхности, а потом по законам равноускоренного движения – время движения. Реализуем этот план.

Пусть скорость клина в момент соскальзывания левого тела равна u . Направлена эта скорость очевидно направо (поскольку тела движутся налево). В системе отсчета, связанной с клином, тела имеют одинаковые скорости, направленные вдоль наклонных граней клина (обозначим их как v ; см. рисунок). Поскольку клин не имеет массы, закон



сохранения проекции импульса на горизонтальное направление дает

$$u - v \cos \alpha = v \cos \beta - u$$

Откуда находим

$$u = \frac{\cos \alpha + \cos \beta}{2} v = \frac{1 + \sqrt{3}}{4} v$$

Поскольку скорости тел относительно земли находятся прибавлением к векторам скорости тел в системе отсчёта, связанной с клином, скорости самого клина, то из треугольников сложения скоростей получаем

$$\begin{aligned} v_1^2 &= v^2 + u^2 - 2uv \cos \alpha = \frac{8 - \sqrt{3}}{8} v^2 \\ v_2^2 &= v^2 + u^2 - 2uv \cos \beta = \frac{4 - \sqrt{3}}{8} v^2 \end{aligned} \quad (*)$$

Потенциальная энергия левого тела уменьшилась на $mgl \sin \alpha = (\sqrt{3}/2)mgl$, правого – увеличилась на $mgl \sin \beta = mgl/2$. Потому закон сохранения энергии дает

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \left(\frac{\sqrt{3} - 1}{2} \right) mgl$$

Подставляя в эту формулу скорости тел (*), получим

$$v^2 = \frac{4(\sqrt{3} - 1)}{6 - \sqrt{3}} gl$$

Поскольку движение левого тела было равноускоренным с нулевой начальной скоростью, и в системе отсчета, связанной с клином, оно прошло расстояние l приобретя в конце движения скорость v , то время движения можно найти как

$$t = \frac{l}{(v/2)} = \frac{2l}{\sqrt{\frac{4(\sqrt{3} - 1)}{6 - \sqrt{3}} gl}} = \sqrt{\frac{l(3 + 5\sqrt{3})}{2g}}$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильная идея решения – использование законов сохранения энергии и импульса - 1 балл
2. Правильный закон сохранения горизонтальных проекций импульса – 1 балл
3. Правильный закон сохранения энергии – 1 балл
4. Правильно найдена конечная скорость тел в системе клина – 1 балл
5. Правильный ответ – 1 балл

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

Оценка работы

Оценка работы складывается из оценки задач. Максимальная оценка – 25 баллов. Допустимыми являются все целые оценки от 0 до 25.