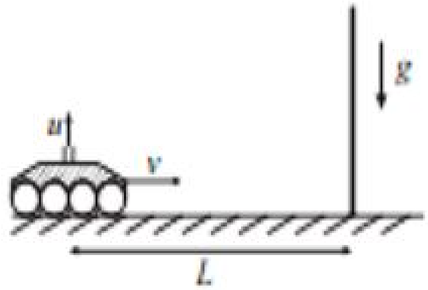
Ключи муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по *физике*
2020-2021 учебный год
10 класс

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

1. (10 баллов)

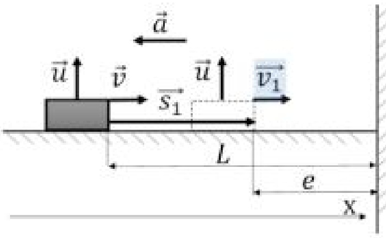
На платформе установлена пушка, которая стреляет вертикально вверх теннисными шариками со скоростью u = 75 $\frac{м}{с}$ относительно платформы. Конструкция едет со скоростью υ =15 $\frac{м}{с}$ к стенке и начинает тормозить, когда расстояние до стены остаётся L = 225 м, с ускорением a = 0,5 $\frac{м}{с^2}$ до полной остановки. Через какое время с начала торможения надо выстрелить, чтобы шарик упал как можно дальше от стены, если удар шарика о стенку упругий? Ускорение свободного падения $g = 10\frac{м}{с^2}$, размерами конструкции пренебречь. Высота стены 300 м.



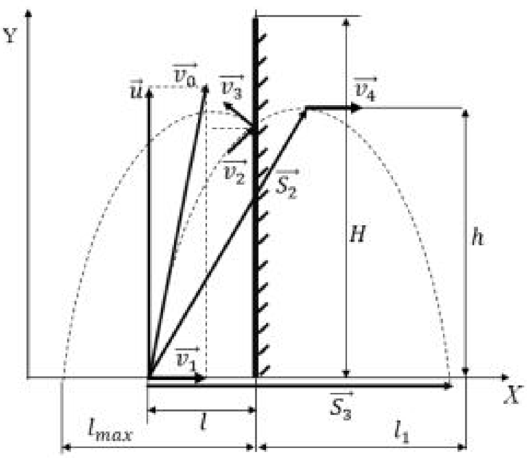
Возможное решение:

Для начала соотнесем максимальную высоту подъема шарика с высотой стенки, чтобы понять не перелетит ли шарик стенку.

$v_{4y} = v_{0y} + gt_0$, где t_0 – время подъема шарика до максимальной высоты, по оси Y: $0 = u - gt_0$. Значит $t_0 = \frac{u}{g}$, а время полета без стены $t_3 = \frac{2u}{g}$ (**1 балл**)



Вдоль горизонтали теннисный шарик движется равномерно со скоростью, равной скорости тележки в момент старта шарика. Скорость тележки определяется уравнением $v_{x1} = v - at_1$ (**1балл**), где t_1-время, прошедшее с начала движения тележки. Таким образом расстояние, которое пролетит шарик вдоль горизонтали, может быть выражено формулой $S_x = v_{x1}t_3 = (v - at_1)t_3 = (v - at_1)\frac{2U}{g}$ (**1 балл**), в том случае, если нет стены. Так как высота стены больше, нежели высота, на которую может подняться шарик $300 > \frac{U^2}{2g}$, то шарик точно столкнётся со стенкой.(**1 балл**)



При отражении от стенки, скорость шарика меняется на противоположную по направлению, то есть шарик начинает удаляться от стенки (**1 балл**) .

Выразим расстояние от тележки до стены в момент старта шарика. Тележка движется равнозамедленно, таким образом, до стены шарику остаётся лететь $l = L - (vt_1 - \frac{at_1^2}{2})$(**1 балл**). Тогда, чтобы определить расстояние до стены, на котором приземлиться теннисный шарик, надо из общей длины возможного пути по горизонтали вычесть расстояние до стены в момент старта

$$l_1 = S_{3x} - l = (v - at_1)\frac{2U}{g} - \left(L - \left(vt_1 - \frac{at_1^2}{2}\right)\right) = -\frac{at_1^2}{2} + \left(v - \frac{2aU}{g}\right)t_1 + \frac{2vU}{g} - L \quad \textbf{(2 балла)}$$

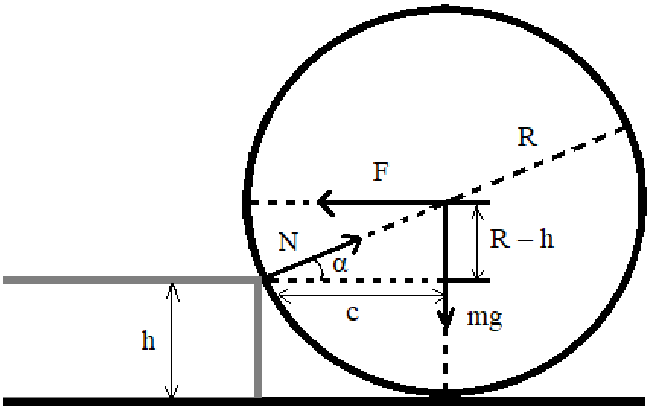
Данное уравнение является уравнением параболы относительно времени, ветви которой направлены вниз, что означает что у неё существует максимум в вершине и тогда t можно вычислить согласно формулы для нахождения координаты вершины параболы

$$t = -\frac{B}{2A} = \frac{\left(v - \frac{2aU}{g}\right)}{a} \textbf{(1 балл)} \qquad t = 15 \text{ с} \textbf{(1 балл)}$$

2. **(10 баллов)**

По горизонтальному причалу грузчик катит бочку радиусом 50 см и массой 120 кг. На его пути попадается ступенька высотой 20 см, в которую упирается очка. Какую наименьшую горизонтальную силу F надо приложить грузчику к оси бочки, чтобы закатить бочку на ступеньку?

Возможное решение:



Будем считать, что бочка в точке касания ступеньки не проскальзывает и значит сила реакции опоры направлена перпендикулярно ободу, т.е. по радиусу.

Запишем условие равновесия твердого тела:

$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} = 0$ **(1 балл)**

С учетом проекций на ось OX, данное будет иметь вид:

1) $N\cos\alpha = F$ **(1 балл)**

Для оси OY:

2) $N\sin\alpha = mg$ **(1 балл)**

Разделим почленно уравнение (1) на уравнение (2):

$\frac{N\cos\alpha}{N\sin\alpha} = \frac{F}{mg}$ **(1 балл)**

$F = mgctg\alpha$ **(1 балл)**

Где $ctg\alpha = \frac{c}{R-h}$ **(1 балл)**

$c = \sqrt{R^2 - (R-h)^2}$ **(1 балл)**

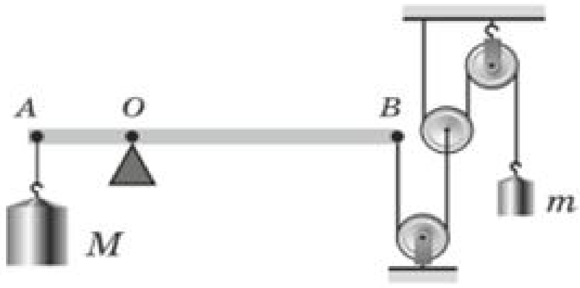
$ctg = \sqrt{\frac{R^2 - (R-h)^2}{R-h}}$ **(1 балл)**

$ctg\alpha = \sqrt{\frac{0{,}5^2\ м^2 - (0{,}5\ м - 0{,}2\ м)^2}{0{,}5\ м - 0{,}2\ м}} \approx 1{,}33$ **(1 балл)**

$F = 120\ кг \cdot 10\frac{м}{с^2} \cdot 1{,}33 \approx 1600\ Н$ **(1 балл)**

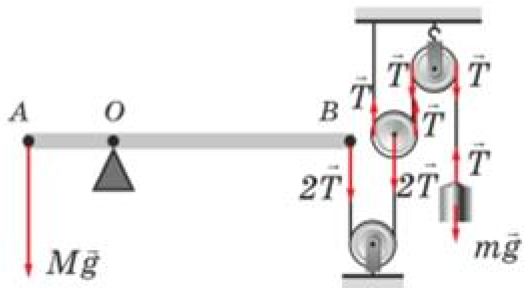
3. **(10 баллов)**

Подъемный кран был изобретен греками в конце шестого столетия до н.э. Один из самых простых подъемных кранов тех времен получил название Trispastor – журавль. Схема его применения изображена на рисунке. Обозначьте на рисунке действующие силы.



Определите, какой массы M груз можно уравновесить с помощью этого механизма, если с другой стороны рейки на тросе, перекинутом через два блока, подвесить груз массой 50 кг. Расстояние AO в 4 раза меньше, чем расстояние OB. Считаете, что блоки, тросы и рейка очень легкие, а рейка в положении равновесия системы располагается горизонтально.

Возможное решение:



Модули и направления сил, действующих на грузы и блоки, изображены на рисунке. Условие равновесия для груза массой m.

$\vec{T} + m\vec{g} = 0$ **(1 балл)**

С учетом проекции: $T = mg$

Так как подвижный блок дает выигрыш в силе в два раза, сила натяжения троса, который прикреплен к правому концу рейки, равна 2T.

Для рейки, находящейся в равновесии, запишем правило моментов относительно точки O.

$M_1 = M_2$ **(1 балл)**

$M_1 = Mgl_1$ **(1 балл)**

$l_1 = OA$ **(1 балл)**

$M_2 = 2T \cdot l_2$ **(1 балл)**

$l_2 = OB = 4l_1$ **(1 балл)**

$M_2 = 2T \cdot 4l_1$ **(1 балл)**

$Mgl_1 = 8Tl_1$ **(1 балл)**

$Mg = 8mg$ **(1 балл)**

M = 8m; M = 8m = 8·50 кг = 400 кг **(1 балл)**

4. **(10 баллов)**

В большой комнате с температурой воздуха t_0° = 20ºC находится испорченный кран. Из него ежесекундно тоненькой струйкой вытекает $\mu = 0{,}1$ г воды. Вода попадает в тонкостенную металлическую раковину с квадратным сечением $a^2 = \times 30\ см \times 30\ см$. Температура воду в кране t_1° = 54ºC. Слив раковины приоткрыт так, что вода из него частично вытекает. При этом уровень воды в раковине установился на высоте H = 10 см., равной глубине раковины. Пренебрегая теплоемкостью раковины и считая, что она очень хорошо проводит тепло, определите установившуюся температуру t° воды в раковине. Считаете, что поток тепла q от воды в раковине пропорционален разности температур ($t^\circ - t_0^\circ$), а также полной площади поверхности воды (включая стенки раковины). Коэффициент пропорциональности k = 0,3 Вт/(м² · ºC), а удельная теплоемкость воды $c_в$ = 4200 Дж/(кг · ºC). Вода в раковине перемешивается.

Возможное решение:

Так как уровень воды в раковине установился, количество воды, вытекающей из крана, равно колиеству воды, вытекающей через слив. Исходя из условия задачи и учитывая единицы измерения коэффициента пропорциональности, можно записать соотношение для q: $q = kS(t^\circ - t_0^\circ)$ **(2 балла)**,

где $S = 2a^2+4aH$ **(2 балла)** – площадь поверхности воды. Так как температура не изменяется, то подводимая мощность и мощность тепловых потерь одинакова $c_в \mu \left(t_1^\circ - t^\circ\right) = q$.**(2 балла)**

Отсюда:

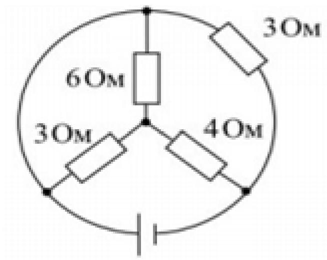
$$t^\circ = \left(\frac{\mu c_в t_1^\circ}{kS} + t_0^\circ\right) \div \left(\frac{\mu c_в}{kS} + 1\right)$$ **(2 балла)**

$$t^\circ = \left(\frac{0{,}1 \cdot 10^{-3}\, кг \cdot 4200 \frac{Дж}{кг^\circ C} \cdot 54^\circ C}{0{,}3 \frac{Вт}{м^2\,^\circ C} \cdot \left(2 \cdot 0{,}3\ м \cdot 0{,}3\ м + 4 \cdot 0{,}3\ м \cdot 0{,}1\ м\right)} + 20^\circ C\right) \div \left(\frac{0{,}1 \cdot 10^{-3}\, кг \cdot 4200 \frac{Дж}{кг^\circ C}}{0{,}3 \frac{Вт}{м^2\,^\circ C} \cdot \left(2 \cdot 0{,}3\ м \cdot 0{,}3\ м + 4 \cdot 0{,}3\ м \cdot 0{,}1\ м\right)} + 1\right)$$

$t^\circ \approx 48^\circ C$ **(2 балла)**

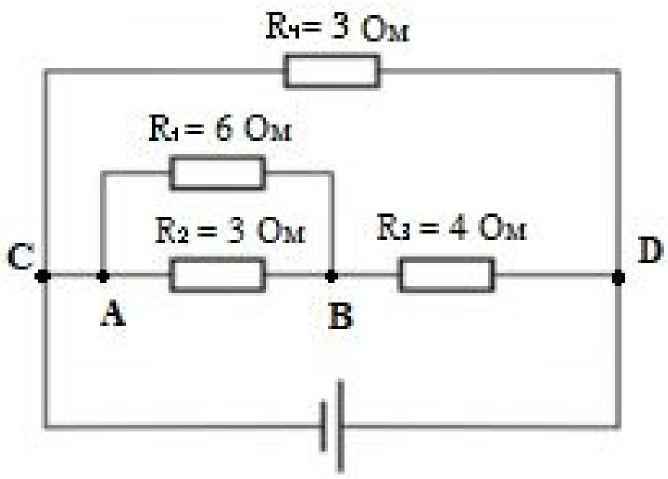
5. **(10 баллов)**

Чему равно напряжение на батарее в цепи, схема которой приведена на рисунке, если через нее протекает ток $I = 3\ A$.



Возможное решение:

Построим эквивалентную схему:



За схему: **(3 балла)**

Найдем полное сопротивление электрической цепи, используя законы последовательного и параллельного соединения для сопротивления.

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2}$$

$$R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$ **(1 балл)**

$$R_{CD} = R_{AB} + R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = \frac{R_1 R_2 + R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2}$$ **(1 балл)**

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_{CD}} = \frac{1}{R_4} + \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 + R_3(R_1 + R_2)} = \frac{R_1 R_2 + R_3(R_1 + R_2) + R_4(R_1 + R_2)}{R_4(R_1 R_2 + R_3(R_1 + R_2))}$$ **(1 балл)**

$$R = \frac{R_4(R_1 R_2 + R_3(R_1 + R_2))}{R_1 R_2 + R_3(R_1 + R_2) + R_4(R_1 + R_2)}$$ **(1 балл)**

Вычислим R:

$$R = \frac{3\ Ом(6\ Ом \cdot 3\ Ом + 4\ Ом(6\ Ом + 3\ Ом))}{6\ Ом \cdot 3\ Ом + 4\ Ом(6\ Ом + 3\ Ом) + 3\ Ом(6\ Ом + 3\ Ом)} = 2\ Ом$$ **(1 балл)**

Используя закон Ома для участка цепи, найдем искомую величину:

$$I = \frac{U}{R};\ U = IR$$ **(1 балл)**

$$U = 3\ A \cdot 2\ Ом = 6\ B$$ **(1 балл)**