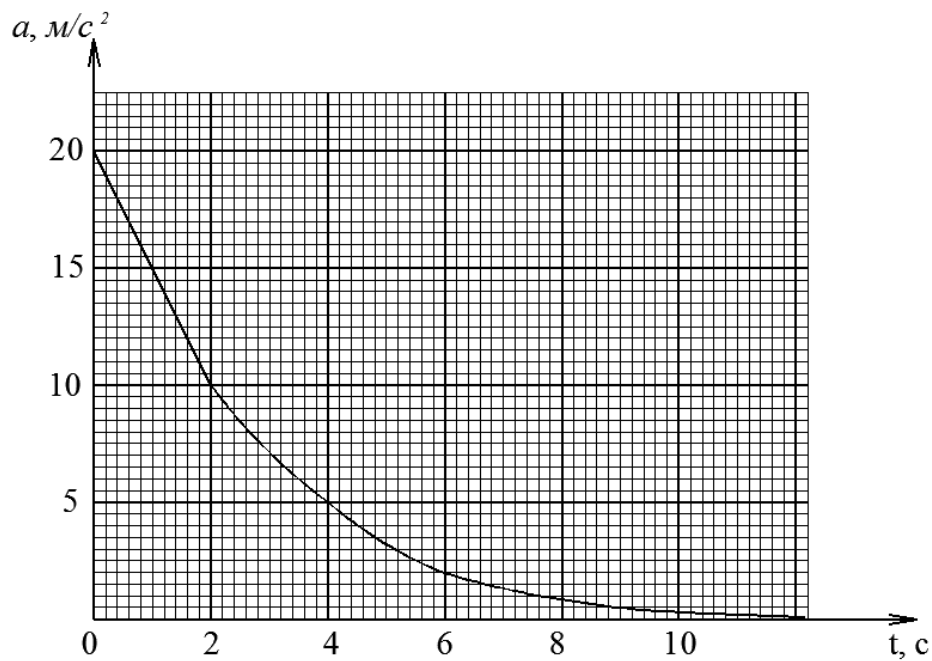


**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике.
2019-20 учебный год. 10 класс. Максимальный балл – 50.**

Задача №1.

Мяч бросают с крыши небоскреба вертикально вверх. Зависимость модуля ускорения мяча от времени приведена на графике. Пользуясь данной зависимостью, оцените начальную скорость тела. Ускорение свободного падения считать равным $g = 10 \text{ м/с}^2$. При движении на мяч действует сила сопротивления воздуха, зависящая от скорости мяча.



Автор: Гусев Андрей Владиславович.

Возможное решение и критерии оценивания.

1	В момент времени $t = 2 \text{ с}$ ускорение мяча равно ускорению свободного падения. Следовательно, в этот момент времени мяч имел нулевую скорость.	4 балла
2	Изменение скорости мяча равно площади под графиком. Либо, можно заметить, что в первые две секунды ускорение изменялось практически линейно со временем, поэтому можно сказать, что среднее ускорение на этом отрезке времени равно 15 м/с^2 .	4 балла
3	Расчет площади, либо запись уравнения $v_0 - 0 = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2 \text{ с} = 30 \text{ м/с}$	2 балла

Задача №2

По вертикально расположенному обручу радиуса $R = 50$ см может без трения скользить колечко. Обруч вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр с угловой скоростью $\omega = 8$ рад/с и одновременно движется вверх с ускорением $a = 6$ м/с². Колечко находится в равновесии на высоте h от нижней точки обруча. Определите эту высоту.

Автор: Баланов Василий Юрьевич

Возможное решение.

Перейдем в систему отсчета, связанную с обручем и запишем Второй закон Ньютона.

$$\vec{F}_{цб} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_и = \vec{0}$$

Перейдем к проекциям на оси:

$$x: m\omega^2 R \sin\alpha - N \sin\alpha = 0$$

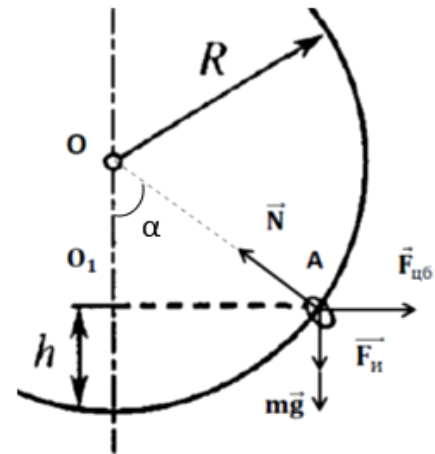
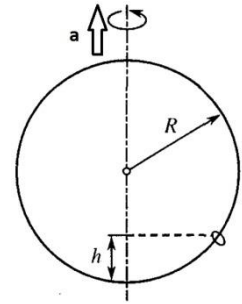
$$y: N \cos\alpha - mg - ma = 0$$

Исключив N из уравнений, получаем $\cos\alpha = \frac{g+a}{R\omega^2}$.

Из треугольника OO_1A следует, что $\cos\alpha = \frac{R-h}{R}$.

Далее получаем $h = R - \frac{g+a}{\omega^2}$

Ответ: $h = 25$ см

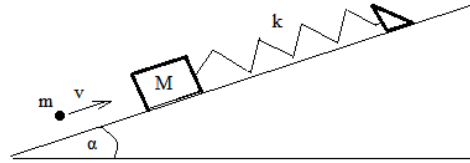


Критерии оценивания.

1	Рисунок с указанием сил	1 балл
2	Правильное указание двух сил инерции, либо двух составляющих ускорения	2 балла
3	Корректная запись 2 ЗН в проекции на касательную ось либо 2 оси	3 балла
4	Связь высоты подъема и угла	1 балл
5	Формула для $h = R - \frac{g+a}{\omega^2}$	2 балла
6	Численный ответ $h = 25$ см	1 балл

Задача №3

Если брусок положить на наклонную плоскость с углом α , то он будет равномерно скользить вниз. Этот брусок удерживается на наклонной плоскости пружиной, один конец которой прикреплен к упору, как показано на рисунке. Пуля, летевшая вдоль наклонной плоскости вверх,

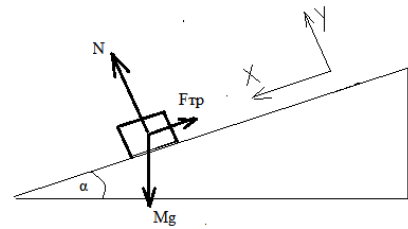


застревает в бруске. На какую максимальную высоту h сможет подняться брусок после этого?

Масса бруска M , масса пули - m , ее скорость перед попаданием в брусок - v , жесткость пружины - k . До попадания пули пружина не деформирована.

Автор: Рогальский Юрий Константинович.

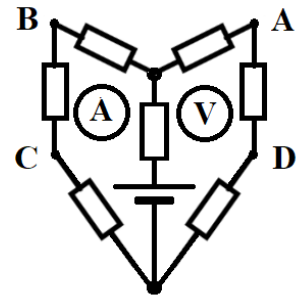
Возможное решение и критерии оценивания.



1	По условию без пружины тело скользит по наклонной плоскости равномерно. Второй закон Ньютона в этом случае в проекции на оси x и y (см. рис.) соответственно: $Mg \sin \alpha = F_{\text{тр}}$, $N = Mg \cos \alpha$, кроме того $F_{\text{тр}} = \mu N$. (1 балл) Совместное решение дает $\mu = \tan \alpha$. (1 балл)	2 балла
2	Из Закона сохранения импульса найдем скорость бруска сразу после застревания пули. $mv = (M + m)u$, откуда $u = v \frac{m}{M+m}$	1 балл
3	Искомую высоту можно найти, используя закон сохранения энергии. $E_{\text{н}} + A_{\text{тр}} = E_{\text{к}}$	1 балл
4	До попадания пули брусок находится в равновесии и пружина по условию не деформирована. Механическая энергия системы «брусок-пуля-пружина» сразу после застревания пули $E_{\text{н}} = \frac{(M+m)u^2}{2} = \frac{m^2 v^2}{2(M+m)}$	1 балл
5	Механическая энергия системы «брусок-пуля-пружина» в момент остановки бруска в верхнем положении: $E_{\text{к}} = (M + m)gh + \frac{kx^2}{2}$	1 балл
6	Работа силы трения $A_{\text{тр}} = -\mu N x = -\mu(m + M)g x \cos \alpha$	1 балл
7	Из геометрических соображений $h = x \sin \alpha$	1 балл
8	Совместное решение дает $h = \frac{2(M+m)g \cdot \sin^2 \alpha}{k} \left(\sqrt{1 + \frac{km^2 v^2}{4(M+m)^3 g^2 \sin^2 \alpha}} - 1 \right)$	2 балла

Задача №4

В схеме, показанной на рисунке, все сопротивления равны R , а напряжение на источнике постоянно и равно U . К точкам А и С подключили амперметр с внутренним сопротивлением R , а к точкам В и D – вольтметр с внутренним сопротивлением R . Найдите показания приборов.



Возможное решение и критерии оценивания

1	Перерисуем схему с учетом сопротивления приборов: 	1 балл
2	Заметим, что схема симметрична относительно оси EF, т.е. по верхнему и нижнему участкам текут одинаковые токи. Потенциалы точек А и В равны, также равны потенциалы точек С и D. Значит эти точки можно попарно соединить, тогда четыре центральных резистора соединены параллельно друг другу.	2 балла
3	Найдем полное сопротивление цепи – $R_{об} = \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2}\right) R = \frac{9}{4} R$	2 балла
4	Найдем ток, через источник $I = \frac{4U}{9R}$	1 балл
5	Токи в цепи: $I_{EA} = I_{EB} = I_{DF} = I_{CF} = \frac{I}{2}$, $I_A = I_V = I_{AD} = I_{BC} = \frac{I}{4}$.	2 балла
6	Показания амперметра $I_A = \frac{1U}{9R}$	1 балл
7	Показания вольтметра $U_V = I_V R = \frac{1}{9} U$	1 балл

Задача №5

Используя предложенное оборудование, определить массу шприца без иглы. Плотность воды считайте равной 1000 кг/м^3 .

Оборудование: Шприц без иглы, стаканчик с водой, нить.

Автор: Фокин Андрей Владимирович

Возможное решение

Решение сводится к сравнению массы шприца с массой набранной в него воды. К баллону шприца привязывается нить и в шприц набирается некоторое количество воды (больше половины емкости). Шприц поднимается за нить, причем нить сдвигается по баллону шприца так, чтобы шприц принял горизонтальное положение (см. рис.). Условие равновесия системы:

$F_B l_1 = F_{ш} l_2$, где $F_{ш}$ — сила тяжести, действующая на шприц, F_B — сила тяжести, действующая на воду. Плечо силы F_B определяется в этом же опыте по делениям шкалы шприца.

Для определения l_2 требуется найти положение центра тяжести пустого шприца при неизменном положении поршня. Для этого из шприца выливается вода, поршень отводится в прежнее положение (по делениям шкалы), нить сдвигается по шприцу до тех пор, пока шприц вновь не будет висеть горизонтально. Новое положение нити позволит рассчитать плечо силы тяжести шприца l_2 .

В итоге:

$$m_{ш} = m_{в} \frac{l_1}{l_2}$$

Расстояния отсчитываются в единицах делений шкалы шприца.

Для увеличения точности необходимо сделать серию не менее чем из трех измерений и усреднить результаты.

Перед проверкой работ учащихся необходимо провести измерения с тем комплектом оборудования, который был выдан на руки учащимся.

Критерии оценивания

1	Идея сравнения массы шприца с массой набранной воды	3 балла
2	Теоретическое описание метода нахождения массы шприца	2 балла
3	Необходимые измерения	1 балл
4	Серия измерений с последующим усреднением	2 балла
5	Результат совпадающий с настоящим с точностью до погрешности измерений	2 балла

Рекомендации для организаторов

Комплект оборудования для учащегося:

Стакан с водой – 1 шт

Нить – 1 шт

Шприц 10 мл без иглы – 1 шт

Особенности подготовки оборудования:

Стакан можно использовать любой. Воды в стакане должно быть около 50 мл. Нить обычная х/б длиной около 50 см. Шприц пластиковый без иглы 10 мл с ценой деления 0,2 мл. Для устранения последствий случайного пролития воды в аудитории предусмотреть тряпку.

