10 класс

10-1. Рассмотрим первую ситуацию, когда орудие стоит горизонтально:

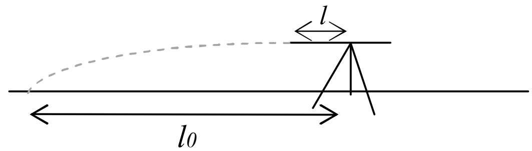

Рис. 16

Обозначения на рис.16: l_0 – расстояние от стойки до места падения снаряда, l – часть длины орудия от точки крепления со стойкой до конца его ствола.

Запишем уравнение движения в горизонтальной проекции: $l_0 - l = vt_1$, где v – скорость снаряда, t_1 – время полёта. Отсюда найдем $l = l_0 - vt_1 = 0.16м$.

Рассмотрим вторую ситуацию.

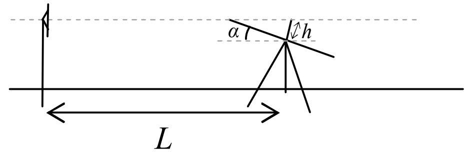

Рис. 17

Обозначения на рис.17: L – расстояние между стойками, h – высота целика, α – наклон орудия. Поскольку центр мишени и конец орудия находятся на одной высоте, то для вертикальной проекции можно записать: $vt_2 \sin\alpha - \frac{gt_2{}^2}{2} = 0$ (1)

Для горизонтальной оси: $L - l\cos\alpha = vt_2\cos\alpha$ (2). Из этой системы находим

$$L = \frac{2v^2}{g}\sin\alpha\cos\alpha + l\cos\alpha .$$

Т.к. tgα=h/l, то $L \approx 0.67м$.

Ответ: 0,67 м.

Критерии оценивания

Найдено *l*	2
Записано соотношение (1)	2
Записано соотношение (2)	2
Получен ответ в общем виде	2
Получено числовое значение ответа	2

10-2. Чтобы книги не выскользнули, стопку нужно сжимать, тогда сила трения, возникающая между соседними книгами, компенсирует действующую на них силу тяжести. Таким образом, на каждую из двух крайних книг должна действовать такая сила, чтобы ее вертикальная составляющая компенсировала силу тяжести, действующую на одну книгу, а горизонтальная $\boldsymbol{N}$ была достаточной для того, чтобы возникающая между книгами сила трения компенсировала их силу тяжести.

Пусть в стопке n книг. Рассмотрим (n–2) "центральные" книги, которые рабочий не держит руками. Поскольку нам нужно, чтобы все книги относительно друг друга не двигались, эти книги можно рассматривать как одно тело. Действующие между ними силы трения в таком случае являются внутренними, поэтому их условие равновесия будет иметь вид $(n-2)mg=2\mu N$, откуда находим N. Тогда полная сила, прикладываемая со стороны одной руки, $F = mg\sqrt{1+\frac{(n-2)^2}{4\mu^2}}$. Используя данные условия, находим m=0,5 кг, μ=0,21. Тогда для стопки из 6 книг понадобится 47,8≈48 Н.

Заметим, что при больших n первым слагаемым под корнем можно пренебрегать.

Ответ: 48 Н.

Критерии оценивания

Идея о рассмотрении центральных книг как одного тела	2
Получено выражение *N* в зависимости от числа книг (либо отдельно для 3 и 6 книг)	3
Получено выражение для полной силы в зависимости от числа книг (либо отдельно для 3 и 6 книг)	3
Получен ответ	2

10-3. Рассмотрим самый верхний блок. Т.к. он невесом, то силы натяжения нитей слева и справа от него должны быть равны. Повторяя эти рассуждения для остальных блоков, получаем, что все силы натяжения нитей, на которых висят грузы, равны между собой.

Пусть груз с массой m_i движется с ускорением a_i (для определенности будем считать, что все ускорения направлены вверх). Тогда второй закон Ньютона для него будет иметь вид $m_i a_i = T - m_i g$. Суммируя по всем грузам, получаем $\sum a_i = T\sum\frac{1}{m_i} - 8g$. Поскольку нити нерастяжимы, то их ускорения двух грузов, висящих на одной нити, равны по величине и имеют противоположный знак, поэтому $\sum a_i = 0$ и $T = \dfrac{8g}{\sum \dfrac{1}{m_i}}$=36,8 мН

Ответ: силы натяжения всех нитей равны 38,8 мН.

Критерии оценивания

Показано, что все искомые силы равны	3
Записан второй закон Ньютона для грузов	2
Учтено, что сумма всех ускорений равна нулю	3
Получен ответ	2

10-4. Поскольку мост уравновешен и ток через микроамперметр равен 0, через резисторы R_1 и R_2 протекает одинаковый ток. Обозначим его $I_в$. Ток, протекающий через резистор R, обозначим I, а через резисторы R_3 и R_4 – $I_н$. Запишем в этих обозначениях условие равенства потенциалов на контактах микроамперметра, приравнивая падения напряжения между каждым из контактов и одной из клемм цепи:

$$I_в R_1 = (I + I_н)\, R_х + I_н R_3;\; I_в R_2 = (I + I_н)\, R_0 + I_н R_4 \quad (1)$$

Запишем также условие равенства падений напряжения на резисторе R и резисторах R_3 и R_4: $RI = (R_3 + R_4)I_н$ (2). После преобразований получим, исключив из системы уравнений токи, $R_х = R_1 R_0/R_2 + R(R_1 R_4/R_2 - R_3)/(R + R_3 + R_4)$. Поскольку сопротивление R экспериментатору неизвестно, нужно подбирать такие сопротивления R_1 – R_4, при которых второе слагаемое обращается в 0: $R_1 = R_2 R_3/R_4$ (3). Тогда получим $R_х = R_3 R_0/R_4$ = 3,5 Ом.

Ответ: 3,5 Ом.

Критерии оценивания

Записано уравнение (1) или эквивалентное	3
Записано уравнение (2) или эквивалентное	2
Записано условие (3)	3
Получен ответ	2

10-5. Т.к. лучи падают перпендикулярно гипотенузной грани, на ней они преломляться не будут. Пусть один из углов призмы равен α. Тогда угол падения луча на прилегающую к нему катетную грань равен α, а на противоположную – 90°–α (см. рис. 18). Чтобы свет выходил через катетные грани, там не должно быть полного внутреннего отражения, т.е. должны выполняться условия $n\sin\alpha<1$ и $n\cos\alpha<1$. Возводя в квадрат и складывая, получаем $n<\sqrt{2}$. Несложно проверить, что при n чуть меньше $\sqrt{2}$ сделать такую призму можно: нужно выбрать угол α=45°.

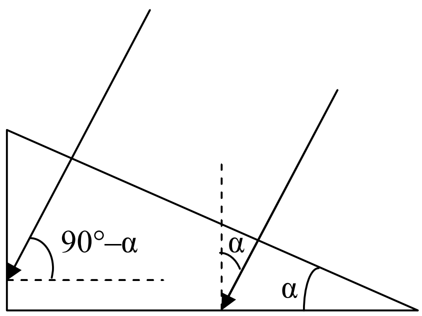

Рис. 18

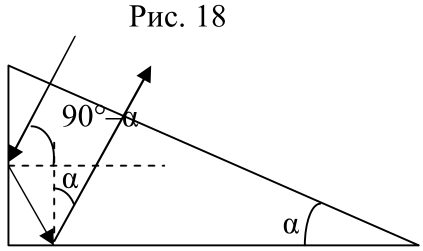

Рис. 19

Пусть, однако, $n>\sqrt{2}$. Будем для определенности считать, что α<45°. Тогда полное внутреннее отражение точно будет наблюдаться на катете, прилегающем к углу 90°–α. Отраженный от него луч образует с ним угол α, поэтому он упадет на второй катет (а не на гипотенузу) под углом α. Если для второго катета полного внутреннего отражения нет, то он выйдет через него. Если же есть, то он отразится и упадет нормально на гипотенузу (см. рис.19). Таким образом, при $n>\sqrt{2}$ условие задачи не может быть выполнено.

Ответ: при $n<\sqrt{2}$.

Критерии оценивания

Указано, что на гипотенузной грани лучи не преломляются	1
Записаны законы преломления на катетных гранях	2
Получено условие $n<\sqrt{2}$	3
Показано, что при n сколь угодно близком к $\sqrt{2}$ призму сделать можно	2
Корректно обсуждается траектория отраженного от катетной грани луча	2