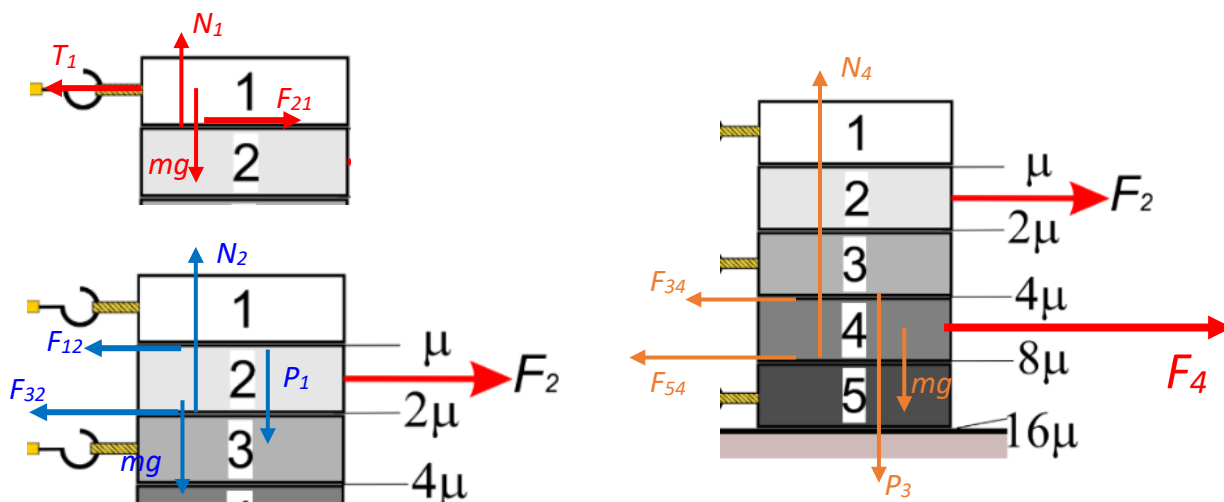


Задача 1. Стопка кирпичей.

Решение.



На первый кирпич действует сила тяжести mg , сила реакции опоры N_1 со стороны второго кирпича, сила трения со стороны второго кирпича F_{21} , сила натяжения со стороны нити T_1 (показаны красными стрелками). Заключаем, что $N_1 = mg$ и $F_{21} = \mu N_1 = \mu mg$.

На второй кирпич действует сила тяжести mg , сила реакции опоры N_2 со стороны третьего кирпича, силы трения со стороны первого F_{12} и третьего F_{32} кирпичей, вес первого кирпича P_1 (показаны синими стрелками), внешняя сила F_2 . По третьему закону Ньютона $N_1 = -P_1$; $F_{12} = -F_{21}$. Заключаем, что $N_2 = 2mg$, $F_{32} = 2\mu N_2 = 4\mu mg$.

Баланс горизонтальных сил для второго кирпича по второму закону Ньютона:

$$F_2 = F_{12} + F_{32} \Rightarrow F_2 = \mu mg + 4\mu mg = 5\mu mg \Rightarrow \mu mg = F_2 / 5.$$

На четвертый кирпич действует сила тяжести mg , сила реакции опоры N_4 со стороны пятого кирпича, силы трения со стороны пятого F_{54} и третьего F_{34} кирпичей, вес верхних трех кирпичей P_3 (показаны оранжевыми стрелками), внешняя сила F_4 . По третьему закону Ньютона $F_{34} = -F_{43}$.

$$\text{Так как } N_4 = 4mg, \text{ то } F_{54} = 8\mu N_4 = 32\mu mg, \quad F_{34} = 4\mu N_3 = 12\mu mg.$$

Заключаем, что $F_4 = F_{54} + F_{34} = 44\mu mg$.

Критерии оценивания

1	Выполнен рисунок. Правильно расставлены ВСЕ силы, действующие на два верхних бруска.	1 балл
2	Записан 2 закон Ньютона для 2 бруска.	1 балл
3	Применен 3 закон Ньютона для 1 и 2 брусков, $F_{тр1} = F_{тр2}$	2 балла
4	Получено выражение для $F_2 = 5\mu mg$ и найдено значение $\mu mg = 0,7\text{Н}$	2 балла
5	Правильно расставлены ВСЕ силы, действующие на четвертый брусок	1 балл
6	Записан 2 закон Ньютона для 4 бруска.	1 балл
7	Получено выражение для искомой силы $F_4 = 44\mu mg$	1 балл
8	Получен верный числовой ответ 30,8 Н	1 балл
9	итого	10 баллов

Задача 2. Рычаг на двух опорах.

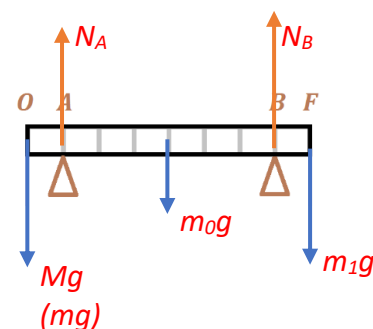
Решение.

На рычаг действуют пять сил: сила тяжести m_0g ; вес правого груза m_1g , вес левого груза mg , силы реакции опор N_A , N_B . Равновесие рычага начнет нарушаться, когда одна из сил реакции опоры станет равна нулю.

1 случай. $N_A=0$. Запишем условие равенства моментов сил относительно точки В: $m_1ga = m_0g \cdot 3a + mg \cdot 7a$, где a - размер одного деления рычага. Решая, находим m .

2 случай. $N_B=0$. Запишем условие равенства моментов сил относительно точки А: $Mga = m_0g \cdot 3a + m_1g \cdot 7a$, где a - размер одного деления рычага. Решая, находим M .

Критерии оценивания



1	Указано, что рычаг находится в равновесии, когда силы давления на обе опоры отличны от нуля (или ненулевые силы реакции опоры). Указано, что равновесие нарушится, когда одна из этих сил станет равна нулю.	2 балла
2	Верно расставлены все силы, действующие на рычаг	1 балл
3	Верно записано правило моментов сил тяжести для точек опоры А	1 балл
4	Верно записано правило моментов сил тяжести для точек опоры В	1 балл
5	Получено выражение $m=m_0 \cdot 3 + m_1 \cdot 7$ (или записано через плечи рычага)	2 балла
6	Получено выражение $M=(m_1 - m_0 \cdot 3)/7$ (или записано через плечи рычага)	2 балл
7	Получено числовые значения $m=1 \text{ кг}$	0,5 балла
8	Получено числовое значение $M=217 \text{ кг}$	0,5 балла
9	итого	10 баллов

Задача 3. Неправильные вольтметры.

Критерии оценивания и возможное решение

1	На основе показаний приборов в первом случае сделан вывод о том, что сопротивление правого вольтметра в два раза больше левого - $R_{V1} = r$, $R_{V2} = 2r$.	1 балл
2	На основе показаний приборов во втором случае установлено, что напряжение источника $5V + 4V = 9V$.	1 балл
3	В первом случае найдено напряжение на первом резисторе $9V - 2,7V = 6,3V$	1 балл
4	В первом случае найдена сила тока, текущего через первый резистор $6,3 \text{ В} / 300 \text{ Ом} = 0,021 \text{ А}$	1 балл
5	Для левой цепи записано условие баланса токов через узел	1 балл
6	Для второй цепи записано условие равенства суммы токов, втекающих в левый узел, сумме токов, вытекающих из правого узла.	1 балла
7	Составлена система уравнений с двумя неизвестными: R_2 , r .	1 балл

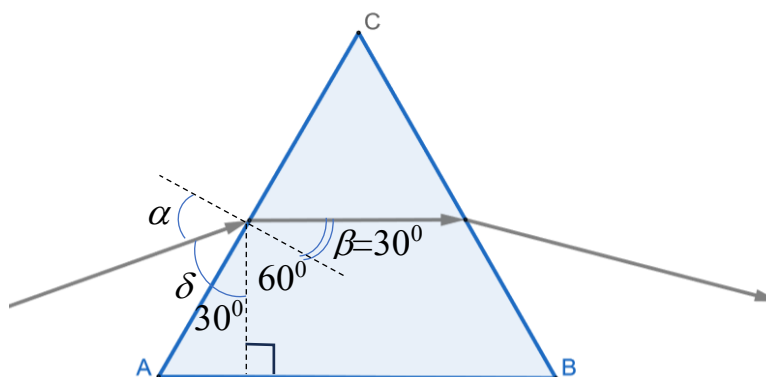
8	Записан числовой ответ для сопротивления резистора $R_2 = 150 \text{ Ом}$	1 балл
9	Записан числовой ответ для сопротивлений вольтметров 300 Ом и 600 Ом	1 балл
10	Вольтметры должны иметь как можно большее сопротивление, чтобы ток через них стремился к нулю.	1 балл
11	итого	10 баллов

Задача 4. Меркурий – пли!

Критерии оценивания и возможное решение

1	Записан закон сохранения энергии для выстрела с учетом КПД	1 балл
2	Найдена скорость вылета снаряда 475 м/с	1 балл
3	Найдена угловая ширина как разность углов. В треугольнике ΔMAC угол при вершине M равен $\alpha_1 = \arcsin(AC/AM) = \arcsin(1/3) = 19,5^\circ$. В треугольнике $\Delta B'M$ угол при вершине M равен $\alpha + \alpha_1 = \arctg(B'B/B'M) = \arctg(115/263) = 23,5^\circ$. $\alpha = 4^\circ$	2 балла
4	Разность высот пушки и места попадания снаряда в мачту $h = 12 \text{ м}$, расстояние MD 302,6 м. Начальная скорость выстрела найдена в п.2	1 балл
5	Решена баллистическая задача о полете снаряда $MD = v_0 \cos \varphi \cdot t$ $h = v_0 \sin \varphi \cdot t - gt^2/2$ Используя тождество $1 + tg^2 \varphi = 1/\cos^2 \varphi$, приходим к квадратному уравнению $302,6 \cdot tg \varphi - 3,185(1 + tg^2 \varphi) = 12$ Решением уравнения являются корни $\varphi = 3^\circ; 89^\circ$	4 балла
6	Выбираем корень $\varphi = 3^\circ$.	1 балла
7	итого	10 баллов

Задача 5. Призма.



Критерии оценивания и возможное решение

1	Записан закон преломления света на границе раздела воздух – призма $\sin \alpha = n \sin \beta$	1 балл																
2	Указано, что $\sin \beta = 0,5$ для всех лучей, параллельных грани призмы (основанию треугольника). Тогда $n_{\lambda} = 2 \sin \alpha_{\lambda}$.	2 балла																
3	<p>Далее засчитывается решение, в котором <u>отсутствуют</u> дополнительные построения лучей и всевозможных прямых. Показатель преломления стекла для разных длин волн отличается на две-шесть сотых, и любые построения увеличивают погрешность измерений.</p> <p><u>Возможные рассуждения.</u> Удобно измерять углы δ (точнее, их тангенс или котангенс), а по ним вычислять $\sin \alpha$. При этом $\alpha + \delta + 60^0 = 180^0$ $\alpha = 120^0 - \delta$ Для сверки: значения котангенсов δ</p>	3 балла																
4	<p>Результаты измерений и вычислений занесены в таблицу (оценивается культура оформления результатов экспериментальных исследований)</p> <p>Например</p> <table><tr><td></td><td>ctg δ</td><td>sin α</td><td>n</td></tr><tr><td>Красный</td><td>0,477</td><td>0,822</td><td>1,644</td></tr><tr><td>Голубой</td><td>0,495</td><td>0,833</td><td>1,666</td></tr><tr><td>фиолетовый</td><td>0,517</td><td>0,842</td><td>1,685</td></tr></table>		ctg δ	sin α	n	Красный	0,477	0,822	1,644	Голубой	0,495	0,833	1,666	фиолетовый	0,517	0,842	1,685	1 балл
	ctg δ	sin α	n															
Красный	0,477	0,822	1,644															
Голубой	0,495	0,833	1,666															
фиолетовый	0,517	0,842	1,685															
5	<p>Получены значения для показателя преломления</p> <table><tr><td></td><td>n</td></tr><tr><td>Красный</td><td>1,644</td></tr><tr><td>Голубой</td><td>1,666</td></tr><tr><td>фиолетовый</td><td>1,685</td></tr></table> <p>Допустимо отклонение значений на 3% (по одному баллу за каждое верное значение n)</p>		n	Красный	1,644	Голубой	1,666	фиолетовый	1,685	3 балла								
	n																	
Красный	1,644																	
Голубой	1,666																	
фиолетовый	1,685																	
6	итого	10 баллов																