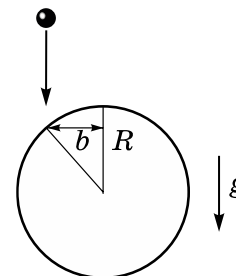


1. Упал на кол (Зворыгина Е.). Маленький шарик радиусом r вертикально падает на цилиндрический колышек радиусом $R = 1$ см ($r \ll R$), главная ось симметрии цилиндра закреплена перпендикулярно скорости на высоте $H = 1$ м от пола. Скорость шарика перед ударом $v = 6$ м/с.



- 1) Через какое время шарик окажется на высоте 0,5 м от пола, если он ударился о колышек на расстоянии $b = \frac{\sqrt{2}R}{2}$ от вертикального поперечного сечения? (см. рисунок)

- 2) На каком расстоянии по горизонтали от места удара упадёт этот шарик первый раз?

Все удары считайте абсолютно упругими, трения нигде нет, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Возможное решение

Из-за того, что все поверхности гладкие касательная к поверхности цилиндра компонента скорости сохранится, а нормальная изменится на противоположную.

Так как место удара шарика находится на расстоянии b от вертикального поперечного сечения, получаем угол между скоростью и нормалью к поверхности цилиндра $\alpha = 45^\circ$, это означает что шарик отскочит горизонтально с такой же по модулю скоростью v .

Тогда перемещение по вертикали $\Delta y = 0,5H + b = gt^2/2$, следовательно $t \approx 0,32$ с.

Найдём полное время T полёта шарика:

$$H + b = gT^2/2;$$

$$T \approx 0,45 \text{ с.}$$

Тогда дальность полёта L :

$$L = vT = 2,7 \text{ м.}$$

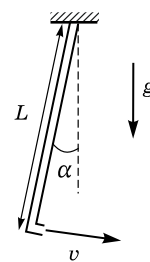
Критерии оценивания

№	Критерий	Балл
1	В решении указано, что сохраняется тангенциальная и изменяется нормальная компоненты скорости	2
2	Показано, что после удара шарик отскочит горизонтально	2
3	Найдено время t	2
4	Найдено время всего полёта T	2
5	Найдена дальность L .	2
Итого:		10

Примечание для жюри

Полностью правильное решение, полученное неавторским методом, оценивается полным баллом. Недопустимо снижать оценку за «неправильное» оформление или неаккуратные записи. В случае, если при решении пренебрегается R по сравнению с H , необходимо оценивать полным баллом.

2. Душ (Рубцов Д.). Легкая полая труба длиной L с изогнутым под прямым углом концом висит на шарнирном подвесе. Через нее течет вода со скоростью v . Под каким углом к вертикали располагается труба в состоянии устойчивого равновесия? Для каких скоростей существует такое устойчивое равновесие? Трения нет, ускорение свободного падения g .



Возможное решение

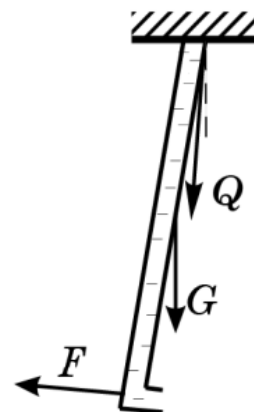
По II закону Ньютона в импульсной форме, реактивная сила $F = \frac{\Delta m}{\Delta t} v = \rho S v^2$.

Правило моментов относительно шарнирного подвеса $\rho \frac{L}{2} S g \sin \alpha = \rho S v^2$. Значит

$$\sin \alpha = \frac{2v^2}{gL}.$$

Так как синус всегда меньше единицы, то устойчивое равновесие справедливо

лишь для $v \leq \sqrt{\frac{gL}{2}}.$



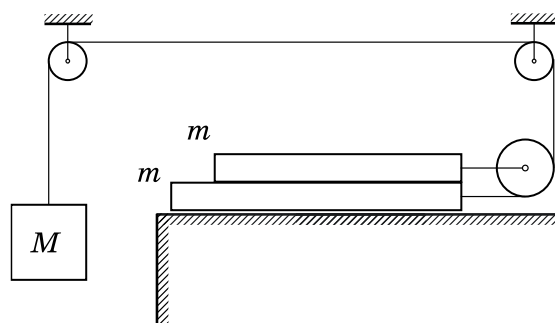
Критерии оценивания

№	Критерий	Балл
1	II закон Ньютона в импульсной форме	3
2	Правило моментов относительно шарнирного подвеса	3
3	Найден угол α или тригонометрическая функция, позволяющая вычислить α	2
4	Верно найдено условие устойчивости равновесия	2
Итого:		10

Примечание для жюри

Полностью правильное решение, полученное неавторским методом, оценивается полным баллом. Недопустимо снижать оценку за «неправильное» оформление или неаккуратные записи.

3. Начало скольжения (Жигар А.). В системе, изображенной на рисунке, блоки невесомые, трения в осях блоков нет, нити невесомые и нерастяжимые. Нижний блок жестко прикреплен к верхнему бруску. Коэффициенты трения между брусками и между нижним бруском и столом равны $\mu = 0,2$. Массы брусков равны m , а их длины заметно больше их высот. Считая, что бруски не отрываются от горизонтальных поверхностей, найдите:



- 1) При какой минимальной массе груза M , он начнет двигаться?
- 2) При какой минимальной массе M оба бруска придут в движение?

Возможное решение

1) Будем рассматривать верхний брусок и прикрепленный к нему блок как единое целое.

Запишем законы Ньютона для брусков:

Для верхнего бруска $T - F_{\text{тр}1} = 0$;

Для нижнего бруска $T - F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}2} = 0$.

Значит при увеличении массы M от нуля, первым начнет двигаться верхний брусок.

2) В момент начала движения $F_{\text{тр}1} = \mu N = \mu(mg - T)$, тогда $M = \frac{\mu m}{1 + \mu} = m/6$

3) При дальнейшем увеличении M , ускорения груза и верхнего бруска одинаковы до момента начала движения нижнего бруска. Нижний брусок начнет скользить, когда сила трения между нижним бруском и столом достигнет силы трения скольжения $F_{\text{тр}2} = \mu N_2$.

4) Распишем 2 закон Ньютона в проекциях на вертикальные и горизонтальные оси для трех тел:

$$\begin{cases} Mg - T = Ma \\ N + T - mg = 0 \\ T - \mu N = ma \\ N_2 - N - mg = 0 \\ T - \mu N - \mu N_2 = 0 \end{cases}$$

5) Решив систему, получим $M = \frac{3\mu m}{1 - \mu^2} = 5m/8$.

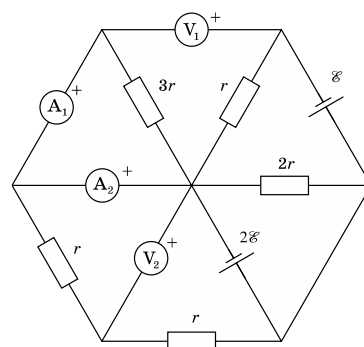
Критерии оценивания

№	Критерий	Балл
1	Указано, что в первом случае проскальзывать начнёт верхний брусок	1
2	Верно найдена сила трения скольжения при проскальзывании верхнего бруска	1
3	Найдена минимальная масса M для первого случая	1
4	Записана или используется при решении кинематическая связь на равенство ускорений груза и верхнего бруска	1
5	Записано условие проскальзывания нижнего бруска $F_{\text{тр}2} = \mu N_2$	1
6	Записан второй закон Ньютона для груза	0,5
7	Записан второй закон Ньютона на горизонтальную ось для верхнего бруска	0,5
8	Записан второй закон Ньютона на горизонтальную ось для нижнего бруска	0,5
9	Записан второй закон Ньютона на вертикальную ось для нижнего бруска	0,5
10	Найдена минимальная масса M для второго случая	3
Итого:		10

Примечание для жюри

Полностью правильное решение, полученное неавторским методом, оценивается полным баллом. Недопустимо снижать оценку за «неправильное» оформление или неаккуратные записи.

4. Втекает и вытекает (Еськин М.). Определите показания идеальных приборов в цепи, схема которой изображена на рисунке. Так как приборы имеют полярность, считайте, что если ток втекает в контакт “+”, то показания амперметра положительные, если в “–”, то показания амперметра отрицательные. Для вольтметра считайте, что если потенциал у контакта “+” больше, то напряжение положительно и наоборот, если потенциал больше у контакта “–”. Сопротивление резисторов ($r = 5 \text{ кОм}$) и ЭДС источников ($\varepsilon = 5 \text{ В}$) указаны на схеме.



Возможное решение

Так как приборы идеальные, то можем заменить вольтметры на разрыв цепи, а амперметры на перемычки. Используя метод узловых потенциалов расставим потенциалы в узлах.

1. Видно, что ток по резистору OC не потечет из-за равенства потенциалов. Значит не будет тока в амперметре A_1 . То есть $I_1 = 0 \text{ А}$.

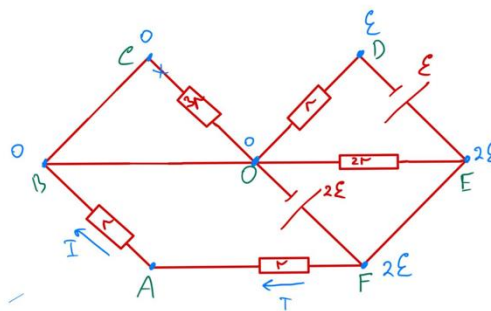
2. Из рисунка видно, что разность потенциалов на первом вольтметре $U_1 = \varepsilon = 5 \text{ В}$. При этом больший потенциал находится у положительного контакта, а значит показания вольтметра будут положительными.

3. Ток через второй амперметр определяется токами, протекающими через узел B . По ребру BC ток не протекает, а значит ток через амперметр A_2 будет равен току I протекающему по резистору BA . Этот ток определим из правила Кирхгофа для узлов B и F :

$$I = 2\varepsilon / 2r = 1 \text{ мА}$$

То есть ток через амперметр A_2 будет равен $I_2 = 1 \text{ мА}$. Но так как он втекает в отрицательный контакт амперметра, то знак тока будет “–”. Итоговый ответ: $I_2 = -1 \text{ мА}$.

4. Напряжение на вольтметре V_2 определяется как разность потенциалов между узлами OA . Зная, что $Ir = \varepsilon$, можем найти потенциал в точке A . Он будет равен ε . Значит разность потенциалов между узлами будет: $U_2 = -\varepsilon = -5 \text{ В}$



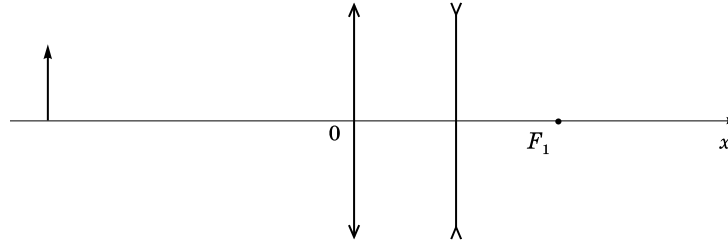
Критерии оценивания

№	Критерий	Балл
1	Приборы заменены на разрыв цепи и перемычки	1
2	Расставлены потенциалы во всех возможных узлах	2
3	Определен модуль напряжения первого вольтметра $U_1 = 5 \text{ В}$	1
4	Определено показание первого амперметра $I_1 = 0 \text{ А}$	1
5	Записано правило Кирхгофа для узлов BF	1
6	Определен модуль тока $I_2 = 1 \text{ мА}$	1
7	В ответе верный знак тока I_2 – “–”	1
8	Определен модуль напряжения $U_2 = 5 \text{ В}$	1
9	В ответе верный знак напряжения U_2 – “–”	1
Итого:		10

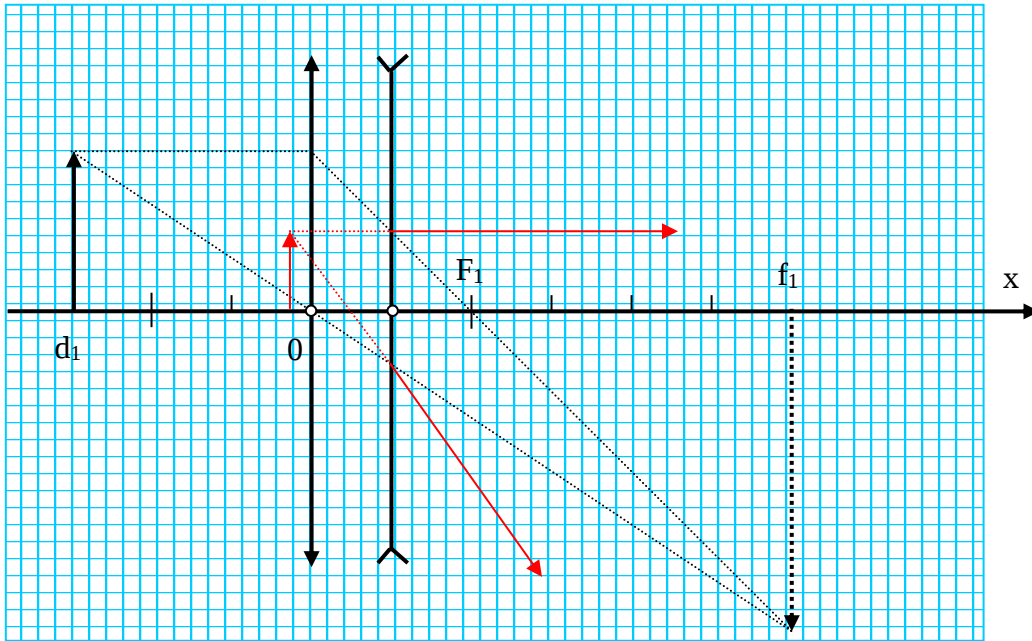
Примечание для жюри

Полностью правильное решение, полученное неавторским методом, оценивается полным баллом. Недопустимо снижать оценку за «неправильное» оформление или неаккуратные записи.

5. Система линз (Зайцев Р.). Определите координату, увеличение и вид изображения предмета в системе двух тонких линз с общей главной оптической осью. Первая линза – собирающая с фокусным расстоянием $F_1 = 2F$ и находится в начале координат. Вторая линза – рассеивающая с фокусным расстоянием $F_2 = F$. Расстояние между линзами $S = F$. Предмет расположен перед собирающей линзой на расстоянии $3F$. Ось системы координат направим «вправо». Постройте примерный ход двух лучей при преломлении света в системе линз.



Возможное решение



Действительный предмет для первой линзы – $d_1 = 3F$. Первоначально рассчитываем положение изображения в первой линзе (действительное, увеличенное, перевернутое)

$$f_1 = \frac{3F \cdot 2F}{3F - 2F} = 6F.$$

«Предмет» (первое изображение) относительно второй линзы расположен справа, поэтому

$d_2 = -5F < 0$. «Рабочий» второй фокус – отрицательный. Рассчитываем положение второго изображения (мнимое, уменьшенное, прямое)

$$f_2 = \frac{(5F) \cdot (-F)}{5F - F} = -\frac{5}{4}F.$$

Рассчитываем первый и второй коэффициенты увеличения

$$k_1 = \frac{6F}{3F} = 2.$$

Всероссийская олимпиада школьников по физике
Муниципальный этап. 29.11.2024 г.
10 класс

$$k_2 = \frac{5F}{4 \cdot 5F} = \frac{1}{4}.$$

Общий коэффициент увеличения оптической системы равен произведению коэффициентов увеличения ее составных частей.

$$k = k_1 \cdot k_2 = 2 \cdot 0,25 = 0,5.$$

Таким образом, изображение в оптической системе находится в отрицательной области относительно первой линзы ($-F/4 = -F_1/8$). Изображение уменьшено в два раза, является «прямым» и «мнимым». Примерный ход двух световых лучей показан на рисунке выше.

Критерии оценивания

№	Критерий	Баллы
1	Первоначально рассчитываем положение изображения в первой линзе (действительное, увеличенное, перевернутое) $f_1 = \frac{3F \cdot 2F}{3F - 2F} = 6F.$	1
2	«Предмет» (первое изображение) относительно второй линзы расположен справа, поэтому $d_2 = -5F < 0.$	0,5
3	«Рабочий» второй фокус - отрицательный.	0,5
4	Рассчитываем положение второго изображения (мнимое, уменьшенное, прямое) $f_2 = \frac{(5F) \cdot (-F)}{5F - F} = -\frac{5}{4}F.$	1
5	Рассчитываем первый коэффициент увеличения $k_1 = \frac{6F}{3F} = 2.$	0,5
6	Рассчитываем второй коэффициент увеличения $k_2 = \frac{5F}{4 \cdot 5F} = \frac{1}{4}.$	0,5
7	Общий коэффициент увеличения оптической системы равен произведению коэффициентов увеличения ее составных частей. $k = k_1 \cdot k_2 = 2 \cdot 0,25 = 0,5.$	0,5
8	Изображение в оптической системе находится в отрицательной области относительно первой линзы ($-F/4 = -F_1/8$) (1 балл) Изображение уменьшено в 2 раза, является «прямым» и «мнимым» (0,5 балла)	1,5
9	Верно построен ход 2 лучей после преломления в собирающей линзе (без учета рассеивающей линзы) (по 1 баллу за луч)	2

Всероссийская олимпиада школьников по физике
Муниципальный этап. 29.11.2024 г.
10 класс

10	Верно построен ход 2 лучей после преломления в рассеивающей линзе (по 1 баллу за луч)	2
----	---	---

Примечание для жюри

Полностью правильное решение, полученное неавторским методом, оценивается полным баллом.
Недопустимо снижать оценку за «неправильное» оформление или неаккуратные записи.