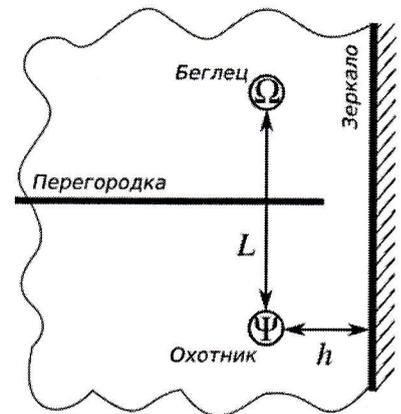


ОТВЕТЫ К ЗАДАНИЯМ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА ПО ФИЗИКЕ

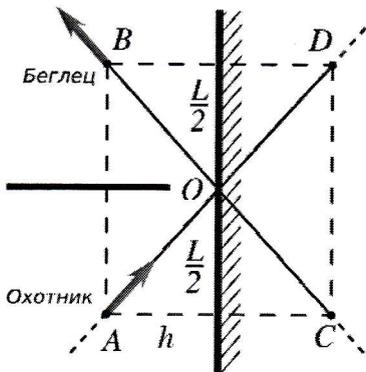
Время выполнения заданий – 180 минут. Максимальное количество баллов – 100

Задание 1: Глупый робот. (20 баллов)

Роботы-охотники запрограммированы преследовать роботов-беглецов. Охотник Ψ и беглец Ω находятся в одной комнате, разделённой непрозрачной перегородкой, но по разные стороны от нее. На боковой стене комнаты висит зеркало. Ψ видит беглеца в зеркале и начинает преследовать его отражение со скоростью v , а Ω убегает от отражения охотника со скоростью u . Изначально расстояние между роботами равно L , а расстояние от них до зеркала одинаково и равно h . Какой путь успеет пройти робот-охотник, прежде чем «поймает» зеркало?



Решение.



1). Охотник и беглец в ходе преследования будут двигаться прямолинейно. Покажем это. Построим изображения роботов в зеркале. В начальный момент охотник и беглец находятся в точках A и B, а их отражения – в C и D соответственно (см. рисунок). В начале движения охотник будет двигаться вдоль прямой AD из точки A в сторону зеркала, а беглец – по прямой BC из B от зеркала. Это означает, что их изображения также будут двигаться вдоль этих прямых: изображение охотника – по прямой BC из в сторону зеркала, а изображение беглеца – по AD из D от зеркала. Но в этом случае скорости охотника и беглеца не будут меняться по направлению, значит, они будут двигаться вдоль прямых.

2). Охотник достигнет зеркала в точке O. Путь, который он пройдёт перед этим, равен длине отрезка AO. Найдём его по теореме Пифагора:

$$S = AO = \sqrt{h^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2} = \sqrt{h^2 + \frac{L^2}{4}}. \quad (1)$$

Критерии:

Используется утверждение о том, что охотник и беглец будут двигаться прямолинейно
 Приведено его доказательство
 Получено соотношение (1) или аналогичное

Баллы
 8
 8
 4

Задание 2: Конструктор. (15 баллов)

Рядом с папиным паяльником лежали два резистора. Второклассник Петя соединил их параллельно, а когда измерил результирующее сопротивление, измерительный прибор показал 2,4 Ом. Затем эти же резисторы он соединил последовательно. На этот раз показания прибора составили 4,7 МОм. По этим данным Петя определил сопротивление каждого из двух резисторов. Как он это сделал, если юный радиотехник знает необходимые законы физики, но не умеет решать квадратные уравнения? Какие получились значения сопротивлений?

Решение.

По условию задачи, сопротивление последовательно соединённых резисторов более чем в миллион раз больше сопротивления тех же резисторов, соединённых параллельно. Это возможно только в том случае, когда сопротивление одного из резисторов R много больше сопротивления другого r .

$$R \gg r. \quad (1)$$

Когда резисторы соединены параллельно, почти весь ток течёт через резистор с меньшим сопротивлением r , поэтому сопротивление всей цепи 2,4 Ом почти не зависит от наличия второго резистора и приблизительно равно r :

$$r \approx 2,4 \text{ Ом}. \quad (2)$$

Насколько справедливы подобные рассуждения, можно видеть из следующих соображений. В случае параллельного соединения через большой резистор протекает менее чем миллионная доля полного тока. Следовательно, погрешность в приближённом равенстве (2) не превышает $1/1000000$, т.е. заведомо меньше погрешности прибора. Это значит, что все значащие цифры в (2) достоверны.

При последовательном соединении резисторов результирующее сопротивление равно $R+r$.

$$R + r = 4,7 \text{ МОм.} \quad (3)$$

В равенстве (3) можно пренебречь меньшим сопротивлением r , т.к. его величина заведомо меньше погрешности измерительного прибора.

$$R \approx 4,7 \text{ МОм.} \quad (4)$$

Критерии:

	Баллы
Указан метод решения (в т.ч. с помощью квадратного уравнения, графический и т.д.)	5
Присутствует условие (1) или аналогичное	6
Обосновано условие (2) или аналогичное	2
Обосновано условие (4) или аналогичное	2

Задание 3: "Чудесная" труба. (25 баллов)

Волшебник Глюк мастерил подзорную трубу, состоящую из чередующихся тонких рассеивающих и собирающих линз с одинаковым фокусным расстоянием. Линзы в этой трубе расположены параллельно, их главные оптические оси совпадают, а расстояние между любыми двумя соседними линзами равно фокусному. После 1000-й линзы Волшебник Глюк сбился со счёту. Хотя он заметил, что, если направить трубу на далёкие звёзды, то их изображение не изменится по сравнению с тем, как они видны невооружённым глазом. Какое минимальное число линз может быть в подзорной трубе Глюка?

Решение.

1). Первая линза в трубе волшебника Глюка может быть рассеивающей или собирающей. Начнём рассмотрение с собирающей линзы. Построим ход луча, изначально параллельного оптической оси линз, на начальном участке системы линз, учитывая, что расстояние между линзами равно фокусному расстоянию линзы (рисунок 1).

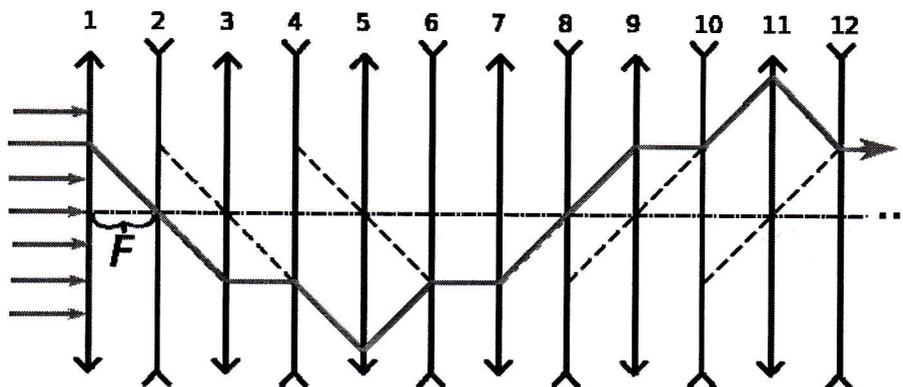


Рисунок 1. Ход лучей в системе линз, начинающейся с собирающей линзы.

Видно, что после 12-й линзы ход луча в системе линз будет периодически повторяться. Кроме того, отметим, что после третьей, шестой и девятой линз будет образовываться параллельный оптической оси линз пучок световых лучей. Однако, согласно построению, после третьей и шестой линз такой пучок будет перевернут относительно исходного. Следовательно, лучи будут иметь идентичное начальному направлению распространения после девятой и двенадцатой линзы. В трубе с 1000 линзами укладывается 83 периода по 12 линз и ещё остаётся $1000 - 83 \cdot 12 = 4$ линзы. Таким образом, наименьшее количество линз в такой трубе составляет $83 \cdot 12 + 9 = 1005$ линз.

2). Ход луча, параллельного оптической оси, в системе линз, начинающейся с рассеивающей линзы, показан на рисунке 2. Параллельный неперевернутый пучок лучей в такой системе получается после третьей и двенадцатой линз. $83 \cdot 12 + 3 = 999 < 1000$, следовательно, наименьшее возможное количество линз в этом случае равно $84 \cdot 12 = 1008$ линз.

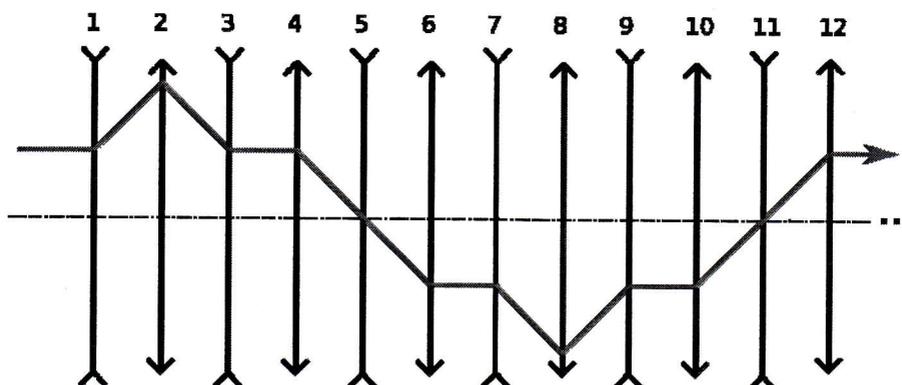


Рисунок 2. Ход лучей в системе линз, начинающейся с рассеивающей линзы.

Критерии:

- Рассмотрены оба возможных случая, 1) и 2)
- Правильно построен ход лучей в нескольких начальных линзах
- Установлено, что ход луча будет повторяться с периодом в 12 линз
- Определены линзы, после которых будет параллельный неперевернутый пучок лучей
- Получен верный ответ 1005 линз

Критерии	Баллы
Рассмотрены оба возможных случая, 1) и 2)	5
Правильно построен ход лучей в нескольких начальных линзах	5
Установлено, что ход луча будет повторяться с периодом в 12 линз	8
Определены линзы, после которых будет параллельный неперевернутый пучок лучей	5
Получен верный ответ 1005 линз	2

Задание 4: Безграничное гостеприимство. (25 баллов)

Крокодил Гена и Чебурашка решили угостить друзей супом: поставили кастрюлю с воды на плиту, и ушли смотреть кино. Когда вода нагрелась до температуры 90 °С, через открытую форточку заглянула Старушка Шапокляк, и закинула в суп первый снежок. Затем она продолжила бросать снежки с постоянным интервалом t . Снег имеет начальную температуру 0 °С и удельную теплоту плавления $\lambda = 330$ Дж/г, масса одного снежка $m = 10$ г. Через какое время T вода впервые закипит? Какие случаи, в зависимости от t , возможны? Мощность плиты постоянная и равна $P = 1500$ Вт, теплоемкость кастрюли с водой $C = 9000$ Дж/°С, а теплоемкость воды - $c = 4200$ Дж/кг·°С. Считайте, что содержимое кастрюли быстро перемешивается и приходит в состояние теплового равновесия до закидывания очередного снежка. Теплотерями пренебречь.

Решение. Возможны три варианта, в которых энергия, поступающая в систему вода-кастрюля-снежок, в сравнении с теплотой, необходимой для плавления и нагрева очередного снежка до 90 °С: 1). меньше (вода остывает); 2). такая же (устанавливается температура 90 °С) 3). больше (вода нагревается). Случай 3) делится на две возможности: А). вода не закипит вообще никогда Б). вода закипит до того, как в кастрюлю попадет снежок с номером N . В случае 3Б) определим зависимость времени закипания от интервала t .

1). Количество теплоты Q_1 , необходимое для плавления снежка и нагрева получившейся воды до 90 °С, находится из условия

$$Q_1 = \lambda \cdot m + c \cdot m \cdot \Delta t_1, \tag{1}$$

где $\Delta t_1 = 90$ °С - 0 °С = 90 °С. Если $Q_1 < P \cdot t$, то вода остывает. При этом

$$\tau < \frac{(\lambda \cdot m + c \cdot m \cdot \Delta t_1)}{P} = 4,72 \text{ с.} \tag{2}$$

2). Чтобы перед каждым новым снежком температура воды вновь устанавливалась равной 90 °С, интервал t должен быть строго равен

$$\tau = \frac{(\lambda \cdot m + c \cdot m \cdot \Delta t_1)}{P} = 4,72 \text{ с.} \tag{3}$$

3А). Чтобы вода нагревалась, должно выполняться условие $t > 4,72$ с. Но, с другой стороны, чтобы она когда-нибудь закипела, интервал между снежками должен превышать

$$\tau > \frac{(\lambda \cdot m + c \cdot m \cdot \Delta t_1 + c \cdot m \cdot \Delta t_2)}{P} = 5 \text{ с,} \tag{4}$$

Физика 8 класс

где $\Delta t_2 = 100^\circ\text{C} - 90^\circ\text{C} = 10^\circ\text{C}$. Если же значение τ лежит в пределах

$$\frac{(\lambda \cdot m + c \cdot m \cdot \Delta t_1)}{P} < \tau \leq \frac{(\lambda \cdot m + c \cdot m \cdot \Delta t_1 + c \cdot m \cdot \Delta t_2)}{P}, \quad (5)$$

то вода будет все время нагреваться, но так и не закипит. Температура воды будет бесконечно долго приближаться к некоторому значению в интервале между 90°C и 100°C .

3Б). Если же τ удовлетворяет соотношению (4), то вода закипит через время T . Выясним теперь связь между τ и T . Пусть кипение началось перед попаданием снежка с номером $N+1$. Количество теплоты Q_2 , которое к этому моменту получила система, равно

$$Q_2 = C \cdot \Delta t_2 + N \cdot (\lambda \cdot m + c \cdot m \cdot \Delta t_1 + c \cdot m \cdot \Delta t_2). \quad (6)$$

Расчет показывает, что

$$Q_2 = 60 \cdot P + 5 \cdot N \cdot P. \quad (7)$$

Энергия, отданная плиткой, находится как

$$E_2 = T \cdot P. \quad (8)$$

Из того, что $Q_2 = E_2$, получается соотношение

$$T = 60 + 5 \cdot N. \quad (9)$$

В свою очередь,

$$N \cdot \tau \geq T, \quad (10)$$

т.к. первый снежок был закинут "сразу", в начальный момент времени.

Исключая из (9) и (10) T , получаем

$$N \geq \frac{60}{\tau - 5}, \quad (11)$$

или

$$N \geq \frac{C \cdot \Delta t_2}{P \cdot \tau - (\lambda \cdot m + c \cdot m \cdot \Delta t_1 + c \cdot m \cdot \Delta t_2)}. \quad (12)$$

Условия (11) и (12) определяют множество N , при которых вода кипит. Мы должны выбрать минимальное целое число N_{\min} , удовлетворяющее (11) и (12):

$$N_{\min} = \left[\frac{60}{\tau - 5} + 1 \right], \quad (13)$$

где под $[x]$ подразумевается целая часть числа x . С помощью (13) легко находится T :

$$T = 60 + 5 \cdot N_{\min}, \quad (14)$$

или

$$T = \frac{C \cdot \Delta t_2 + N_{\min} \cdot (\lambda \cdot m + c \cdot m \cdot \Delta t_1 + c \cdot m \cdot \Delta t_2)}{P}. \quad (15)$$

К достоинству решения следует отнести указание на то, что некорректно было бы искать верхнюю оценку для N из выражения (9) в сочетании с соотношением

$$(N - 1) \cdot \tau \leq T. \quad (16)$$

Как только вода закипела в первый раз, необходим учет процессов испарения, а значит уравнения (6), (7) пополнятся новыми слагаемыми. Без изменения (6), (7) подобный анализ невозможен.

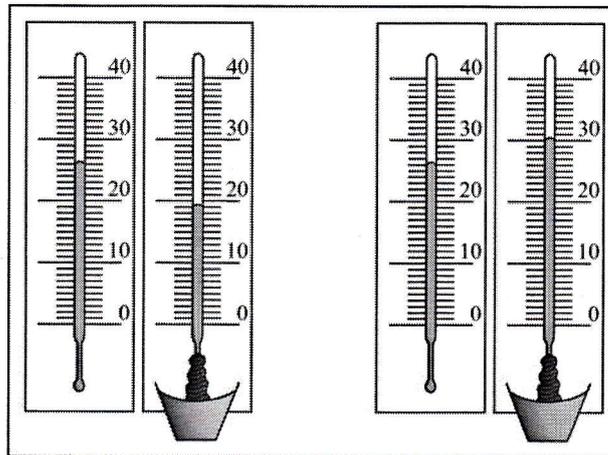
Критерии:

	Баллы
Рассмотрен случай 1) и получено выражение (2) или его аналог	5
Рассмотрен случай 2) и определено условие, при котором он реализуется	2
Выделен как отдельный случай 3А), и верно определены условия его реализации	5
Рассмотрен случай 3Б). Получено верное выражение (9) или ему аналогичное	8
Показан правильный способ получения выражения (13) или ему аналогичного	5
Если предоставлено верное объяснение того, почему нельзя для оценки N пользоваться неравенством (16), начисляется дополнительно до 2-х баллов, но только если общая оценка этой задачи остается в пределах 25 баллов.	

Задание 5: Мамонт. (15 баллов)

В музее для наблюдений за влажностью воздуха работники пользовались психрометром. Он состоит из двух термометров: влажного, обмотанного мокрой тканью, и сухого, который свободно контактирует с окружающим воздухом. Термометры расположены рядом, но показывают разную температуру. По разности показаний можно определить влажность в комнате с помощью специальной таблицы.

Над особо важным экспонатом в одинаковых внешних условиях висело два психрометра, но со временем один из них начал "врать". Спустя некоторое время после начала экскурсии группа школьников заметила показания приборов, как на рисунке. Какой психрометр неисправен, левый или правый, и чем объяснить его показания? Учтите, что персонал музея бережно относится к приборам, и на них не может быть грязи, и тем более механических повреждений.



Решение. С влажного термометра психрометра постоянно испаряется вода, поэтому его показания должны быть ниже, чем у сухого. Исправный психрометр изображен слева. Ткань правого психрометра полностью высохла, поэтому он «сломался». Когда в помещение зашла экскурсия, влажность воздуха увеличилась из-за дыхания людей, на сухой ткани начала конденсироваться влага, и ее температура повысилась.

Критерии:

	Баллы
Указание на то, что левый психрометр исправен	6
Рациональная причина неисправности правого психрометра	4
Наличие в решении обоснованных причин повышенной температуры «влажного» термометра	5