

9 класс Теоретический тур

Задача №1. Лифт

Лифт начинает движение из состояния покоя и останавливается на два этажа выше через время $t_2 = 5,0$ с, а на четыре этажа выше — через $t_4 = 8,0$ с. Лифт, не останавливаясь между этажами, преодолевает необходимую дистанцию за минимально возможное время, при этом модули его скорости и ускорения не превышают некоторых неизвестных значений v_0 и a_0 , соответственно. Высота всех этажей одинакова, временем открытия и закрытия дверей можете пренебречь. Используя без доказательства тот факт, что при подъёме на два этажа вверх лифт достигает предельного значения скорости v_0 , найдите:

1. за какое время t_3 лифт поднимется на три этажа?
2. за какое время t_1 лифт поднимется на один этаж?

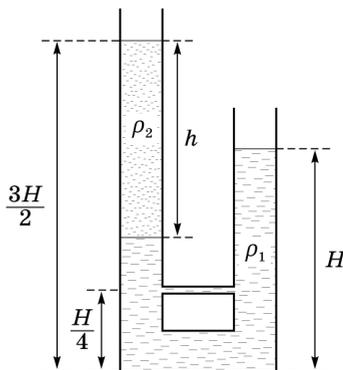
Задача №2. Сообщающиеся сосуды

Два сообщающихся сосуда с одинаковой площадью сечения S соединены дополнительной тонкой трубочкой на высоте $\frac{H}{4}$ от их дна. В сосуды налили жидкость с плотностью ρ_1 . После этого в левый сосуд добавили жидкость с плотностью $\rho_2 < \rho_1$, высота столба которой оказалась равной h (см. рисунок). Высота столба жидкости в правом сосуде равна H , а суммарная высота столба жидкости в левом сосуде равна $\frac{3H}{2}$. Жидкости не смешиваются.

1. Чему равна плотность ρ_2 , если плотность ρ_1 известна?

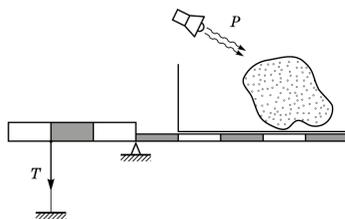
В левом сосуде на жидкость положили массивный поршень. Поршень скользит без трения, а жидкость между поршнем и стенками сосуда не подтекает.

2. Определите, при какой массе m поршня верхние границы жидкостей в левом и правом сосуде в положении равновесия будут расположены на одном уровне.

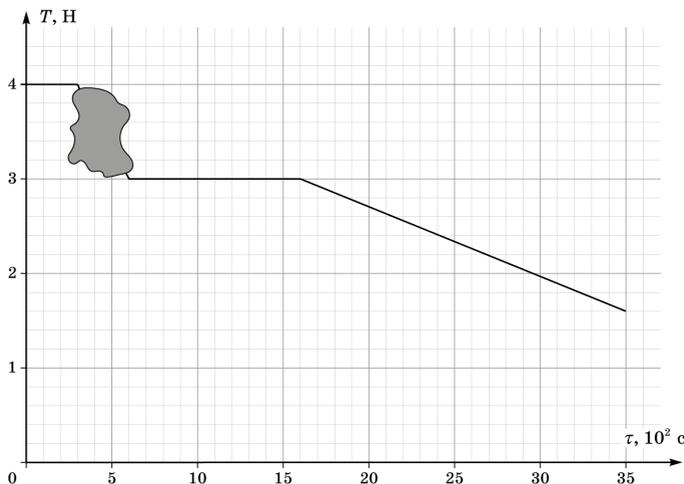


Задача №3. Эквилибр

На неоднородном рычаге, установленном на опору, стоит вертикальный сосуд прямоугольного сечения. Слева рычаг привязан тонкой невесомой нитью к жесткому основанию. При этом нить не натянута, рычаг горизонтален.



В сосуд кладут кусок льда, после чего нагревают его содержимое с постоянной мощностью (тепловыми потерями, а также теплоёмкостью сосуда можно пренебречь). Одновременно с этим строят график зависимости силы натяжения нити от времени (начало графика совпадает с моментом начала нагрева). График приведён на рисунке. Один из участков графика утерян по неосторожности экспериментатора (на него пролилась тушь).



Определите, что произошло в конце утерянного участка графика (момент перелома). А также найдите:

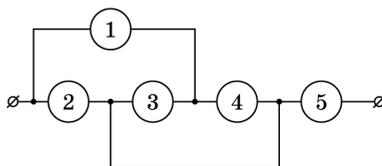
1. массу m куска льда;
2. мощность P , с которой нагревали содержимое сосуда;
3. начальную температуру t_0 льда.

Отметки на рычаге делят его на 8 равных по длине частей. Боковая грань сосуда параллельна плоскости рисунка.

Справочные данные: удельная теплоёмкость льда $2100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, удельная теплоёмкость воды $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, удельная теплота плавления льда $330 \text{ кДж}/\text{кг}$, удельная теплота парообразования воды $2300 \text{ кДж}/\text{кг}$.

Задача №4. Запутанная схема

Школьник из трёх одинаковых вольтметров и двух одинаковых амперметров собрал электрическую цепь, схема которой показана на рисунке. Школьник был не очень внимательным и забыл, какие приборы были установлены

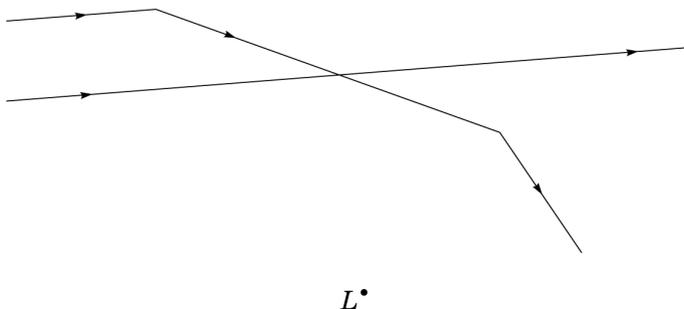


в каком месте схемы, но записал показания приборов. Вольтметры показывали 2 В, 12 В и 14 В, показания амперметров 200 мкА и 520 мкА.

1. Определите, на каких местах в схеме стояли амперметры, а на каких — вольтметры.
2. Определите внутренние сопротивления вольтметров и амперметров.

Задача №5. Архив Снеллиуса

Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли чертёж оптической системы (см. рисунок). От времени чернила выцвели, и на чертеже остались видны только ход параллельных лучей через две тонкие линзы и точка L , принадлежащая плоскостям обеих линз.



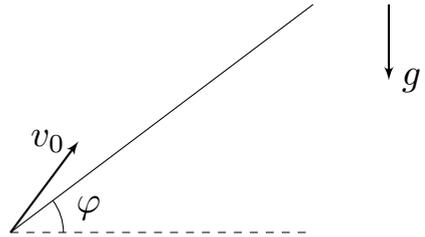
1. Восстановите построением положения плоскостей обеих линз.
2. По имеющимся данным определите тип каждой линзы (собирающая или рассеивающая).
3. Найдите положения оптических центров и главных фокусов линз.

Примечание. Принципы построения параллельных и перпендикулярных прямых, проходящих через заданную точку, деление отрезка пополам и подобные стандартные геометрические процедуры считайте известными. Указанные геометрические построения не доказывайте.

10 класс Теоретический тур

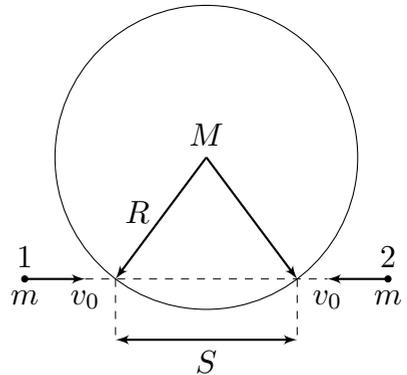
Задача №1. Хитрая пушка

Скорость вылета снаряда из игрушечной пушки зависит от угла с вертикалью, под которым производится выстрел. Особенность этой зависимости состоит в том, что угловая скорость вращения вектора скорости снаряда сразу после выстрела не зависит от угла, под которым произведён выстрел, и равна $\omega = 0,5$ рад/с. Пушка располагается у подножия длинной горки, образующей угол $\varphi = 30^\circ$ с горизонтом. Траектория снаряда лежит в плоскости рисунка и такова, что в определённый момент снаряд падает на горку. Соппротивлением воздуха, а также размерами пушки и снаряда можно пренебречь. Чему равно максимально возможное время полёта снаряда t_{max} до падения на горку?



Задача №2. Шайбами по барабану

На гладкой горизонтальной поверхности лежит большой твёрдый цилиндрический барабан массой M и радиусом R . Две одинаковые маленькие, но тяжёлые шайбы массами $m = 2M$ скользят по поверхности с одинаковыми неизвестными скоростями v_0 вдоль одной прямой, пересекающей барабан. Расстояние между точками пересечения этой прямой с боковой поверхностью барабана равно S . Шайба 1 сталкивается с барабаном на мгновение раньше, чем с ним столкнулась бы шайба 2, если бы не было столкновения с шайбой 1. Если расстояние S равно $S_1 = R/2$, то после всех соударений шайб с барабаном скорость последнего оказалась равной u_1 . Считайте известным, что во всех случаях шайбы друг с другом не сталкиваются. Трения между шайбами и барабаном нет, барабан никогда не отрывается от поверхности, а все их столкновения являются упругими и настолько быстрыми, что барабан никогда не контактирует с обеими шайбами одновременно.

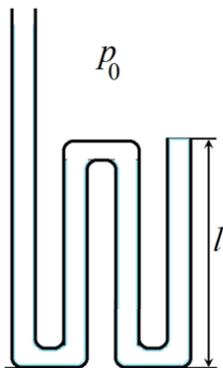


1. Определите величину скорости v_0 налетающих шайб.
2. Чему будет равна скорость барабана u_2 , если расстояние S изменить до значения $S_2 = R$?

Задача №3. Загогулина

Изогнутая в трех местах металлическая трубка состоит из четырех прямых параллельных участков: трех – одинаковой длины l и четвертого, длина которого существенно больше (см. рисунок). Длина изогнутых участков трубки мала по сравнению с l , их объемом можно пренебречь. Площадь внутреннего сечения трубки S , поперечные размеры трубки также много меньше l . Трубка установлена вертикально открытыми концами вверх. В самое длинное колено начинают медленно наливать воду.

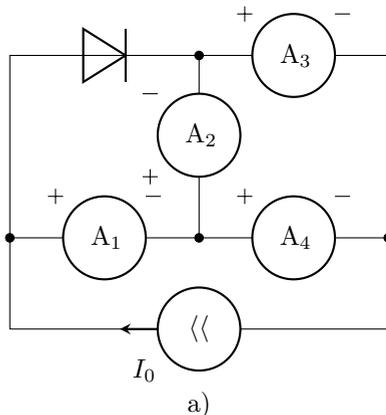
Плотность воды – ρ , атмосферное давление p_0 , ускорение свободного падения g . Все процессы в трубке протекают при постоянной температуре. Капиллярными эффектами и влиянием колебаний уровня воды можно пренебречь.



1. До какой высоты вода заполнит левое колено трубки к моменту, когда она начнет вытекать из крайнего правого колена? Считайте, что из левого колена вода не вытекает.
2. Какой объем воды будет находиться в трубке в этот момент?

Задача №4. Источник стабильности

Готовясь к олимпиаде по физике, десятиклассник Денис собрал электрическую цепь (см. рис. а), состоящую из четырёх одинаковых амперметров, диода и регулируемого источника тока. Полярность подключения амперметров и направление тока через источник указаны на схеме, а зависимость силы тока, протекающего через диод, от напряжения на нём представлена на рис. б. Изменяя силу тока I_0 , выдаваемую источником, Денис выяснил, что зависимость си-



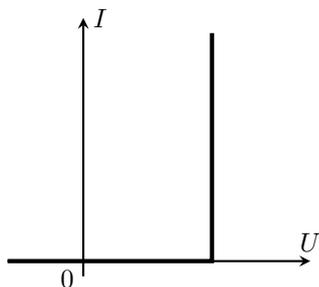
лы тока через один из амперметров от I_0 имеет вид, изображённый на рис. в, где I_1 — известный параметр.

1. Для какого из амперметров (A_1 , A_3 или A_4) справедлива зависимость, изображённая на рис. в? Свой ответ обоснуйте.

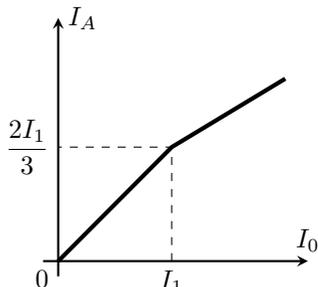
2. Определите, при каком значении I_0 ток через амперметр A_2 не течёт.

3. Постройте качественный график зависимости показаний амперметра A_2 от силы тока через источник, указав на нём координаты характерных точек.

Примечание: Источником тока называется устройство, через которое течёт заданный ток, независимо от параметров внешней цепи.



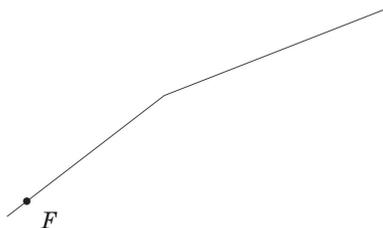
б)



в)

Задача №5. В фокусе внимания

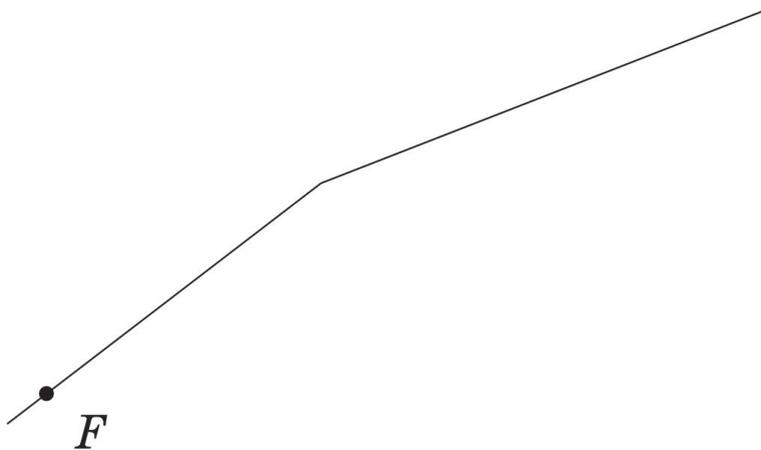
Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли чертёж оптической схемы, на котором были изображены тонкая линза, её фокусы и луч, проходящий через один из фокусов. От времени чернила выцвели, и на чертеже остались видны только луч и фокус F , через который он проходил.

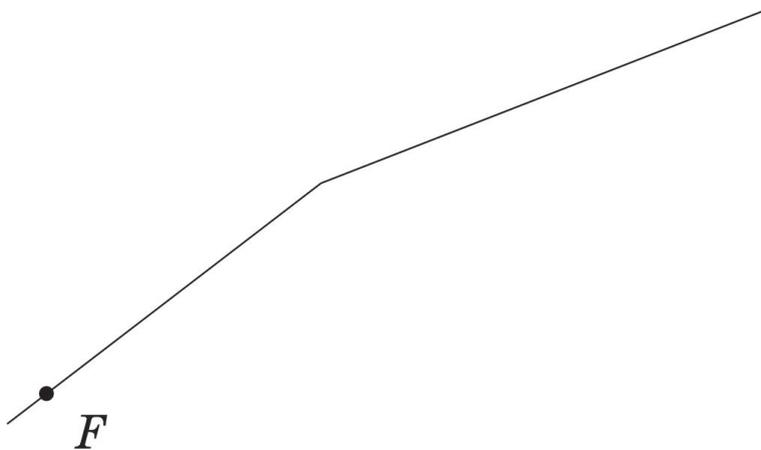


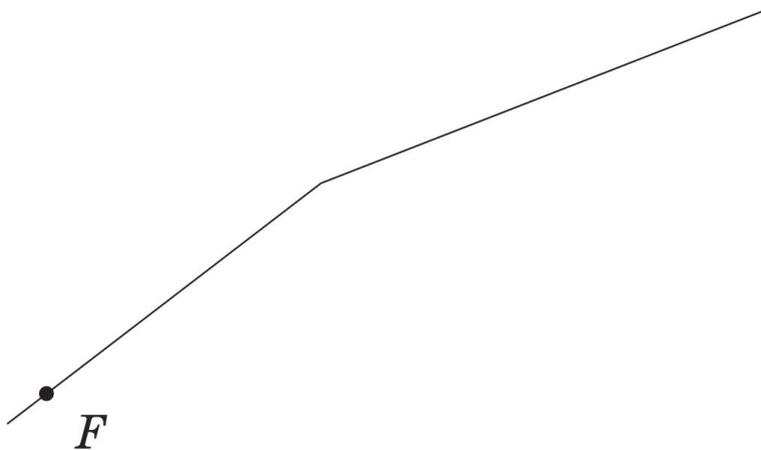
Найдите построением с помощью циркуля и линейки (без делений) положение линзы.

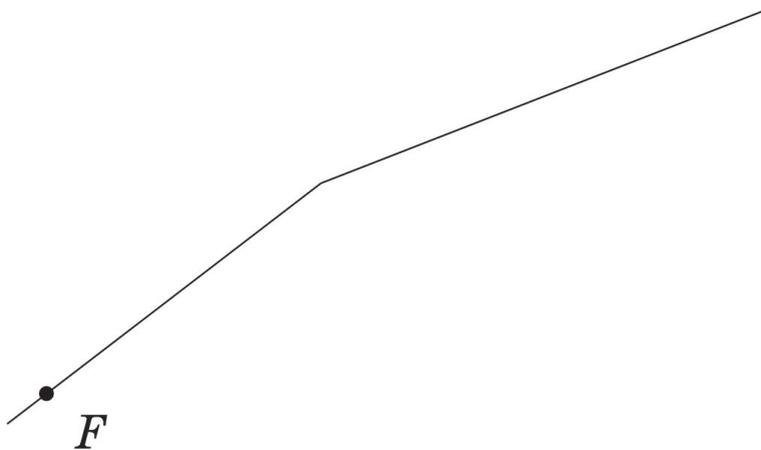
На двух отдельных листах приведены в увеличенном масштабе четыре экземпляра чертежа. Все построения выполняйте на этих листах. Описывать метод построения параллельных и перпендикулярных прямых, проходящих через заданную точку, деление отрезка пополам и подобные стандартные геометрические процедуры не обязательно.

Примечание: При построении данного чертежа Снеллиус предполагал, что данная линза **любые** лучи (даже непараксиальные) преломляет по тем же правилам, что и параксиальные. Параксиальный луч — это луч, идущий под малым углом к главной оптической оси линзы и на малом расстоянии от неё.





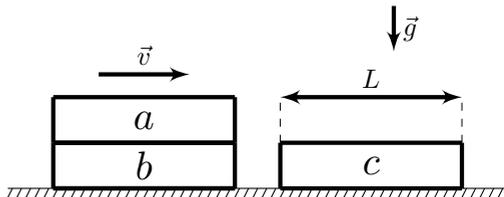




11 класс Теоретический тур

Задача №1. Вспоминая 90-е

Вспоминая 1997 год, теоретик Баг продолжил исследования следующей ситуации: Доска a лежит на такой же доске b . Они, как единое целое, движутся с некоторой скоростью по гладкой горизонтальной поверхности и сталкиваются с такой же доской c , верхняя поверхность которой покрыта тонким слоем резины. Трения между досками a и b нет, а трения между досками a и c есть. При ударе доски b и c прочно сцепляются. Длина досок равна L . Доска a перестала перемещаться относительно досок b и c в момент, когда она целиком расположилась на доске c . Найдите перемещение Δx доски a от момента соударения до момента прекращения относительного движения досок.



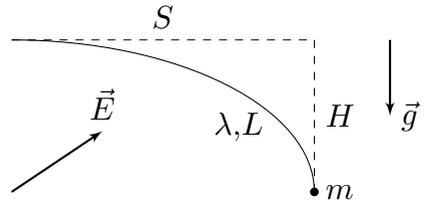
Задача №2. Нагревание насосом

Сосуд с теплоизолирующими стенками заполнен атмосферным воздухом при температуре T_0 и давлении p_0 . Через малый клапан в стенке сосуда с помощью насоса, соединённого с клапаном, в сосуд начинают закачивать воздух. Малая порция воздуха из атмосферы поступает в насос, сжимается, после чего в результате теплообмена с окружающей средой охлаждается до температуры T_0 , при этом после охлаждения давление воздуха в насосе всегда незначительно выше, чем в сосуде. Затем открывается клапан, и порция воздуха из насоса поступает в сосуд при практически постоянных давлении и температуре, сразу после чего клапан закрывается. Воздух можно считать идеальным двухатомным газом. Теплотерями за время, в течение которого клапан открыт, можно пренебречь. Считайте, что в процессе закачивания давление воздуха в насосе всегда больше, чем давление воздуха в сосуде, а газ, находящийся в сосуде, из него никогда не вытекает. В результате многократного повторения описанного процесса давление в сосуде повышается до p_1 .

1. Во сколько раз изменилось количество вещества газа в сосуде?
2. Определите температуру T_1 в сосуде.

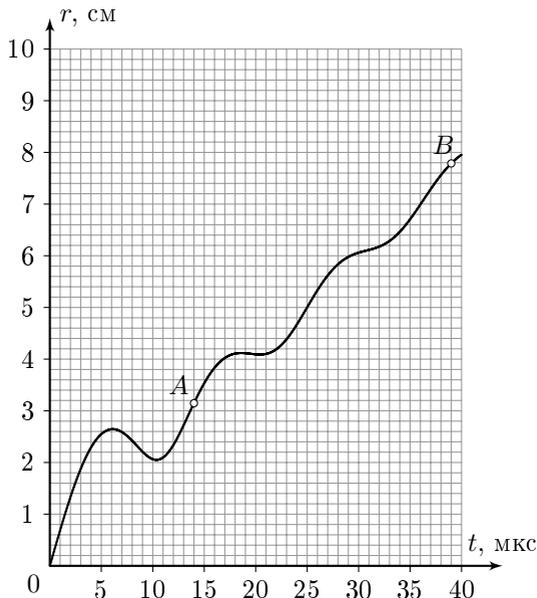
Задача №3. Равновесие в полях

Нерастяжимая невесомая нить длиной L равномерно заряжена по длине положительным зарядом с линейной плотностью λ . Один конец нити закреплён, а к другому прикреплен маленький груз массой m . Систему поместили в однородное электростатическое поле. В положении равновесия система расположилась таким образом, что касательные к нити в точке крепления и в месте расположения груза оказались горизонтальной и вертикальной соответственно. Груз расположился на расстоянии H ниже и на расстоянии S правее точки крепления (см. рисунок). Собственным электростатическим полем зарядов нити можно пренебречь. Ускорение свободного падения равняется g . Определите величину напряжённости E электростатического поля.



Задача №4. Полный улёт

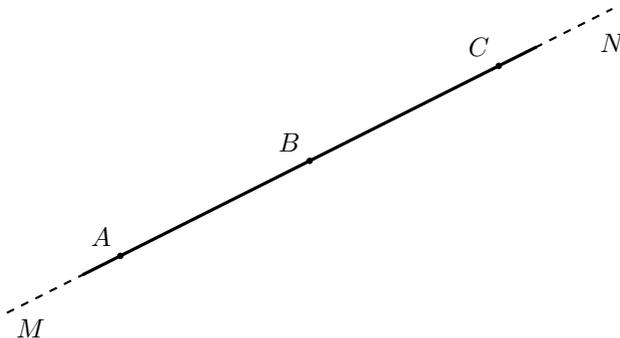
В однородном магнитном поле в отсутствие силы тяжести движется заряженная частица. На рисунке представлен график зависимости модуля перемещения этой частицы r относительно точки, в которой находилась эта частица в момент времени $t = 0$, от времени её дальнейшего движения t .



1. Определите модуль скорости v , с которой движется частица.
2. Определите угол α между вектором скорости частицы в момент $t = 0$ и вектором индукции магнитного поля.
3. Определите индукцию магнитного поля, если заряд частицы равен $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, масса частицы равна $m = 1,0 \cdot 10^{-26}$ кг.
4. Найдите расстояние между двумя положениями частицы, которые соответствуют точкам A и B на графике.

Задача №5. Троеточие

При очередном разборе архива Снеллиуса на глаза одному из специалистов попался небольшой рисунок с тремя точками A , B и C , лежащими на одной прямой MN . Из комментариев к рисунку следовало, что прямая MN проходила через оптический центр тонкой линзы под небольшим углом к главной оптической оси, а точки A , B и C обладали любопытным свойством: при помещении точечного источника света в любую из них изображение оказывалось в одной из двух других точек. Также было указано, что расстояния между точками A и B и между точками B и C , в которые помещали источник, были одинаковы и равнялись l , а модуль фокусного расстояния линзы был равен F .



1. Определите, о собирающей или рассеивающей линзе шла речь.
2. С какой стороны (слева или справа) от точки B располагался оптический центр линзы?
3. На каком расстоянии от точки B располагался оптический центр линзы?
4. Под каким углом к прямой MN наклонена главная оптическая ось линзы?