

Ход лучей в линзах

ЗАДАЧА 1. (Всеросс., 2007, ОЭ, 9) Две одинаковые собирающие тонкие линзы L_1 и L_2 с фокусным расстоянием F каждая расположены на расстоянии l друг от друга ($l > 2F$). Линзу L_3 с каким фокусным расстоянием F' следует поставить посередине между линзами L_1 и L_2 , чтобы любой луч, падающий на оптическую систему под малым углом к главной оптической оси, выходил бы из неё параллельно своему первоначальному направлению? Главные оптические оси всех трёх линз совпадают.

$$\frac{1}{F'} = \frac{1}{l - 2F}$$

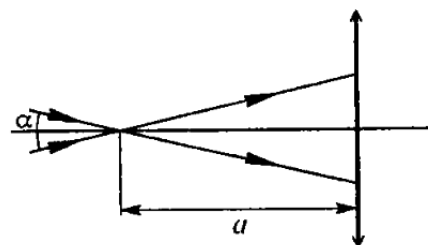
ЗАДАЧА 2. (МФТИ, 1992) Луч, падающий на тонкую собирающую линзу под углом $\alpha = 23^\circ$ к главной оптической оси, пересекает ось на расстоянии $a = 14$ см от плоскости линзы. Под каким углом к главной оптической оси пойдёт преломлённый линзой луч? Фокусное расстояние линзы 21 см.

8

ЗАДАЧА 3. (МФТИ, 1992) На тонкую рассеивающую линзу падает луч под углом $\alpha = 8^\circ$ к главной оптической оси, пересекая её на расстоянии $a = 4$ см от плоскости линзы. Найти фокусное расстояние линзы, если преломлённый линзой луч идёт под углом $\beta = 12^\circ$ к главной оптической оси.

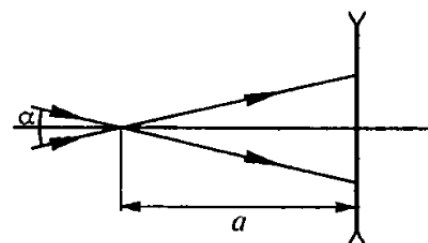
8

ЗАДАЧА 4. (МФТИ, 1998) Два луча симметрично пересекают главную оптическую ось собирающей линзы на расстоянии $a = 7,5$ см от линзы под углом $\alpha = 4^\circ$ (см. рисунок). Определить угол между этими лучами после прохождения ими линзы, если фокусное расстояние линзы $F = 10$ см.



$$\angle 10'0 = \left(\frac{\alpha}{\nu} \sin \frac{a}{\nu - F} \right) \sin \nu = \beta$$

ЗАДАЧА 5. (МФТИ, 1998) Два луча симметрично пересекают главную оптическую ось рассеивающей линзы на расстоянии $a = 24$ см от линзы под углом $\alpha = 6^\circ$ (см. рисунок). Определить угол между этими лучами после прохождения ими линзы, если фокусное расстояние линзы $F = 12$ см.



$$\angle 10'0 = \left(\frac{\alpha}{\nu} \sin \frac{a}{\nu + F} \right) \sin \nu = \beta$$

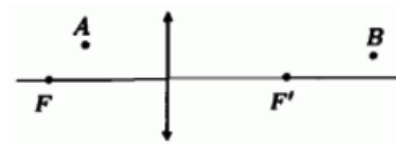
ЗАДАЧА 6. («Покори Воробьёвы горы!», 2017, 10–11) Луч света падает на тонкую собирающую линзу под углом $\alpha = 0,1$ рад к главной оптической оси в точке, находящейся на расстоянии $x = 0,05F$ от этой оси (F — фокусное расстояние). Под каким углом к оси пойдёт преломлённый луч?

$$\nu = \arcsin \left(\frac{\alpha x}{F} \right) = \beta$$

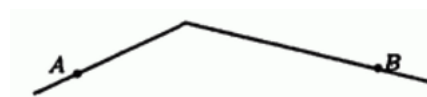
Говорят, что в архиве Снеллиуса...

С таких слов начинаются оптические задачи на построение, часто встречающиеся на Всероссийской олимпиаде.

ЗАДАЧА 7. (Всеросс., 2002, ОЭ, 9) Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли чертёж оптической схемы (рис.), на котором были изображены тонкая собирающая линза, её фокусы и ход луча, идущего через линзу. От времени чернила выцвели, и на чертеже от луча остались видны только две точки A и B . Восстановите по этим данным ход луча.

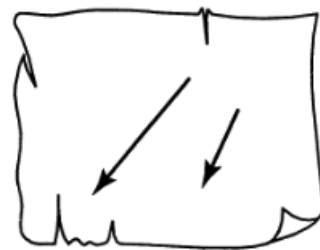


ЗАДАЧА 8. (Всеросс., 2002, ОЭ, 10) Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли чертёж оптической схемы (рис.). От времени чернила выцвели, и на чертеже остался виден только луч, идущий через тонкую линзу, и две точки A и B пересечения его с передней и задней фокальными плоскостями. При помощи построения восстановите положение линзы и её фокусы.

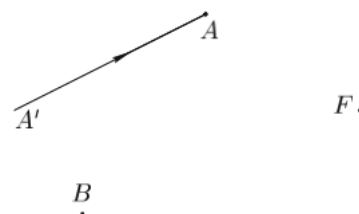


ЗАДАЧА 9. (Всеросс., 1997, финал, 10) Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли рисунок с оптической схемой. От времени чернила выцвели, и на бумаге остались видны только предмет (стрелка) и его изображение, даваемое тонкой линзой (рис.).

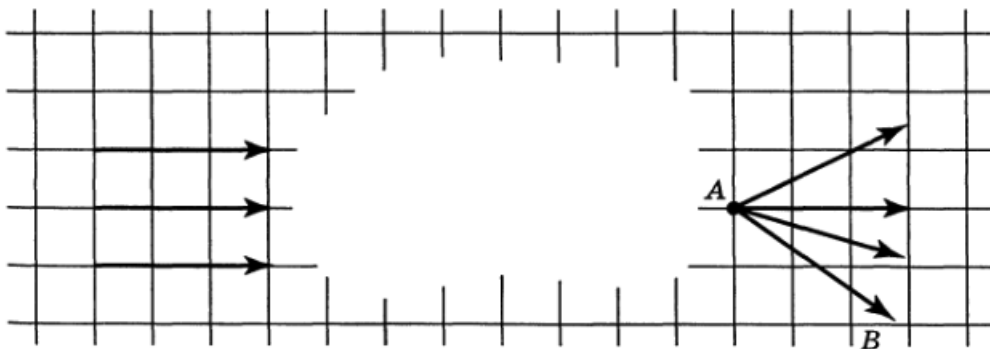
- 1) Восстановите построением по имеющимся данным положение линзы.
- 2) Найдите положение фокусов линзы.
- 3) Можно ли, исходя из рисунка, сказать, какая (собирающая или рассеивающая) была линза?



ЗАДАЧА 10. (Всеросс., 2009, финал, 10) Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли чертёж оптической системы (рис.). От времени чернила выцвели, и на чертеже остались видны только падающий луч да три точки: правый фокус F тонкой линзы, точка A , в которой преломился падающий луч $A'A$, и точка B , принадлежащая левой фокальной плоскости линзы. Восстановите по этим данным положение линзы, её главной оптической оси и ход луча за линзой.

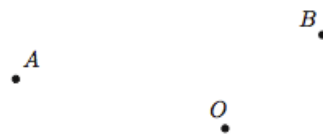


ЗАДАЧА 11. (Всеросс., 2001, ОЭ, 11) Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли рукопись с оптической схемой (рис.). От времени чернила выцвели, и на рисунке остались видны некоторые лучи из пучка параллельных лучей, падающих на идеальную тонкую линзу, и пучок лучей, выходящих из точки A , находящейся в фокальной плоскости линзы. Из текста рукописи следовало, что путём изменения наклона линзы относительно падающего пучка Снеллиус добился того, что луч AB , проходящий через край линзы, претерпел наибольшее возможное отклонение. Известно, что диаметр линзы равен двум дюймам (на схеме размер одной клетки равен 0,5 дюйма). Найдите построением по этим данным положения линзы и главной оптической оси.

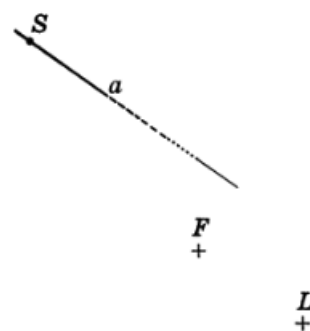


Примечание. Линза называется идеальной, если любой пучок параллельных лучей после прохождения линзы собирается в ее фокальной плоскости.

ЗАДАЧА 12. (Всеросс., 2002, ОЭ, 11) Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли чертёж оптической схемы (рис.). От времени чернила выцвели, и на чертеже остались видны только три точки: оптический центр тонкой линзы O , точка A передней фокальной плоскости и точка B задней фокальной плоскости. Из пояснений к чертежу следовало, что точки A и B лежат на луче, идущем через линзу. Восстановите построением по этим данным ход луча и положение линзы.



ЗАДАЧА 13. (Всеросс., 1996, финал, 11) В архиве Снеллиуса найден чертёж оптической схемы (рис.). От времени чернила выцвели, и на чертеже остались видны только три точки — фокус линзы F , источник света S , точка L , принадлежащая плоскости тонкой линзы, и часть прямой линии a , соединяющей источник света S и его изображение S' . Из текста также следовало, что точка S' отстоит от плоскости линзы дальше, чем S . Возможно ли по этим данным восстановить исходную схему? Если да, то покажите, как это сделать. Чему равно фокусное расстояние линзы, которая была изображена на схеме?

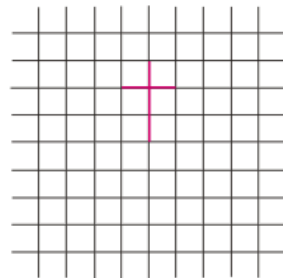


ЗАДАЧА 14. (Всеросс., 1995, финал, 11) В архиве Снеллиуса нашли чертёж оптической схемы. Чернила от времени выцвели, и на чертеже остались видны только три точки: фокус f , точечный источник света S и его изображение S' . Измерения показали, что расстояние между фокусом f и источником света равно 1 дюйму, между источником света S и его изображением равно 27 дюймам, и между фокусом f и изображением источника света равно $\sqrt{730}$ дюймам. Из пояснений к чертежу следовало, что линза была положительная и находилась в воздухе. Чему равно фокусное расстояние этой линзы?

$$\boxed{l = 10 \text{ дюйма}}$$

ЗАДАЧА 15. (Всеросс., 2001, финал, 11) Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли оптическую схему, на которой были изображены линза, предмет — палочка длины l , и её изображение длины l' . От времени чернила выцвели, и остались видны только две точки: вершина палочки S и её изображение S' . Из текста следовало, что главная оптическая ось проходила через середину палочки перпендикулярно ей. Определите построением положения линзы, главной оптической оси, фокусов линзы, предмета и его изображения и укажите, какая это линза (собирающая или рассеивающая), если $l = 5$ см, $l' = 2$ см, $SS' = 15$ см.

ЗАДАЧА 16. (Всеросс., 2002, финал, 11) Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли оптическую схему, на которой были линза, предмет и его изображение. От времени чернила высохли, и остался только предмет на масштабной сетке (рис.). Из текста следует, что предмет и изображение были одинаковых размеров и формы, а главная оптическая ось была параллельна некоторым линиям масштабной сетки. Восстановите оптическую схему (изображение, линзу, фокусы).



ЗАДАЧА 17. (Всеросс., 2013, финал, 11) Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли оптическую схему, на которой были изображены идеальная тонкая линза, предмет и его изображение. Из текста следует, что предмет представляет собой стержень длины l с двумя точечными источниками на концах. Стержень и главная оптическая ось находились в плоскости рисунка, а также стержень не пересекал плоскость линзы. От времени чернила выцвели, и на рисунке остались видны лишь сами источники и их изображения, причём неизвестно, какая из четырёх точек чему соответствует. Интересно, что эти точки располагаются в вершинах и в центре равностороннего треугольника (рис.).



1) Определите, самому предмету или его изображению принадлежит точка в центре треугольника.

2) Восстановите оптическую схему (предмет, изображение, линзу, её главную оптическую ось, фокусы) с точностью до поворота рисунка на 120° и отражения.

3) Найдите фокусное расстояние линзы.

Примечание. Линза называется идеальной, если любой пучок параллельных лучей фокусируется в фокальной плоскости.

$$\boxed{l = \frac{8}{3} f}$$

ЗАДАЧА 18. (*Всеросс., 2012, финал, 11*) Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли рукопись, в которой обсуждалось, как может идти луч через систему из N одинаковых линз, оптические центры которых лежат на окружности, а их плоскости перпендикулярны этой окружности и проходят через её центр. От времени чернила выцвели, и на схеме остались видны только следы от плоскостей двух соседних линз и фокус одной из них (рисунок слева). Из текста следовало, что луч, преломляясь в каждой из линз, идёт по сторонам правильного N -угольника. Вид линзы и её диаметр D приведены на рисунке справа.



- 1) Какие это могли быть линзы — собирающие или рассеивающие?
- Построением (с помощью циркуля и линейки без делений) восстановите:
- 2) положение ещё двух линз (слева и справа от изображённых на рисунке плоскостей линз);
 - 3) возможные положения оптических центров четырёх получившихся линз;
 - 4) возможный ход луча через эти линзы.
- Ответ обоснуйте.

ЗАДАЧА 19. (*Всеросс., 2008, финал, 11*) Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли чертёж оптической схемы. От времени чернила выцвели, и на чертеже остались видны только параллельные друг другу собирающая линза, объект и его действительное изображение (рис.). Из пояснений к чертежу было ясно, что за линзой было расположено плоское зеркало. Восстановите построением по имеющимся данным положение зеркала и найдите положения фокусов линзы.

