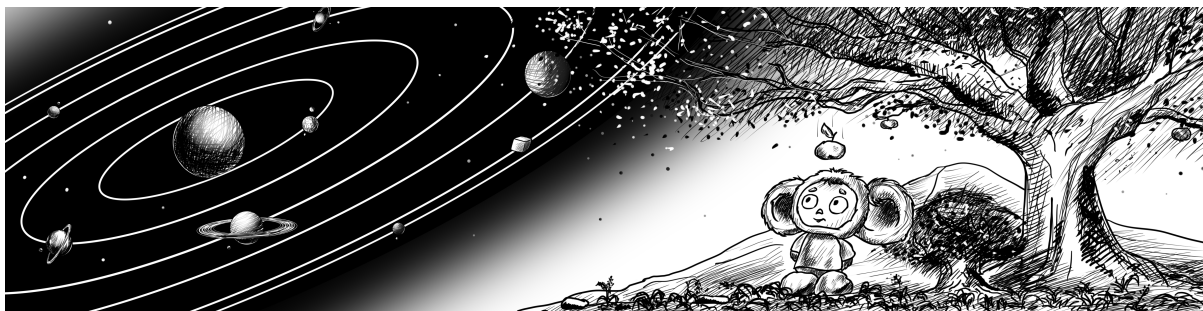


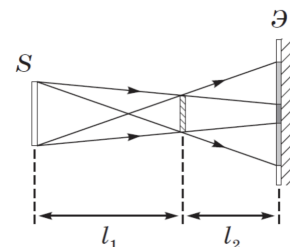


Оптика — это раздел, который очень удобно изучить в формате интенсива. Основные сложности с ней вызваны тем, что первый раз она изучается в 8м классе, когда ребята еще не «на ты» с геометрией, которой в геометрической оптике, очевидно, очень много. Но после начала 9го класса планиметрия становится более понятной и, если оптику изучить по второму разу, то она станет одним из любимых разделов в олимпиадной физике. Чего мы и достигнем на нашем интенсиве по геометрической оптике.

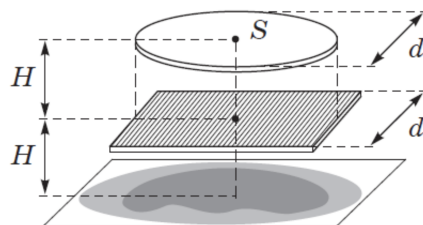
Программа составлена так, что интенсив подойдет всем, кто хочет подготовить как к перечневым олимпиадам (Физтех, МОШ, Росатом и т. д.), так и к различным этапам Всероссийской олимпиады по физике.

Занятие 1. Распространение света

1. Между экраном и источником света в форме диска радиусом $R = 30$ см поместили соосный ему круг из картона радиусом $r = 20$ см (см. рисунок). Найдите расстояние l_1 между источником и кругом, если площадь полутени на экране в три раза больше площади тени, а расстояние от круга до экрана равно $l_2 = 4$ м.



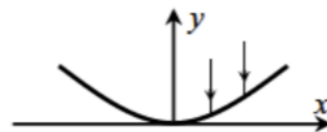
2. Над горизонтальной поверхностью параллельно ей расположен светящийся диск диаметра $d = 2$ м. Между диском и поверхностью помещен соосный диску непрозрачный квадрат со стороной d . Расстояния от диска до квадрата и от квадрата до поверхности равны $H = 3$ м (см. рисунок). Чему равна площадь полной тени на горизонтальной поверхности? На рисунке тень изображена условно.



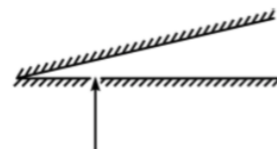
3. Фотографировать тигра с расстояния менее 20 метров опасно. Какой размер должна иметь камера-обскура с отверстием диаметром 1 мм, чтобы тигр на фотографии был полосатым? Расстояние между полосами на шкуре тигра равно 20 см.

Занятие 2. Отражение света

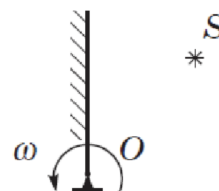
4. Зеркало образовано вращением параболы $y = 2x^2$ вокруг оси y (параболическое зеркало). На зеркало параллельно оси y падают два луча: один на некотором расстоянии x , второй — на расстоянии $2x$ от оси y . Какой из лучей после отражения от поверхности зеркала пересечет ось y ближе к вершине параболы и на сколько? Найти расстояние от вершины параболы до точки пересечения этого луча с осью y .



5. Два зеркала сложены под углом 7° . Школьник Станислав направил через маленькое отверстие в одном из зеркал луч лазерной указки перпендикулярно этому зеркалу. Сколько всего отражений испытает луч от этих зеркал.

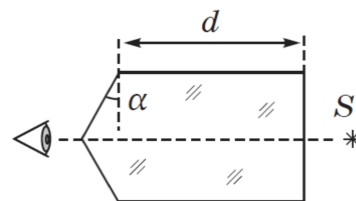


6. Плоское зеркало вращается с угловой скоростью ω вокруг оси O (см. рисунок). С какой скоростью v движется изображение S' точки S , если расстояние $OS = L$.

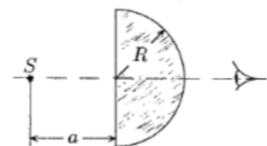


Занятие 3. Преломление света

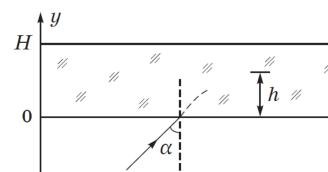
7. Экспериментатор Глюк рассматривает точечный источник света S через стеклянную пятиугольную призму. Известно, что расстояние от источника до передней по отношению к нему грани призмы 80 см, угол $\alpha = 0,1$ рад, продольный размер призмы $d = 30$ см, а ее показатель преломления $n = 1,5$. На каком расстоянии друг от друга будут все изображения, которые увидит Глюк?



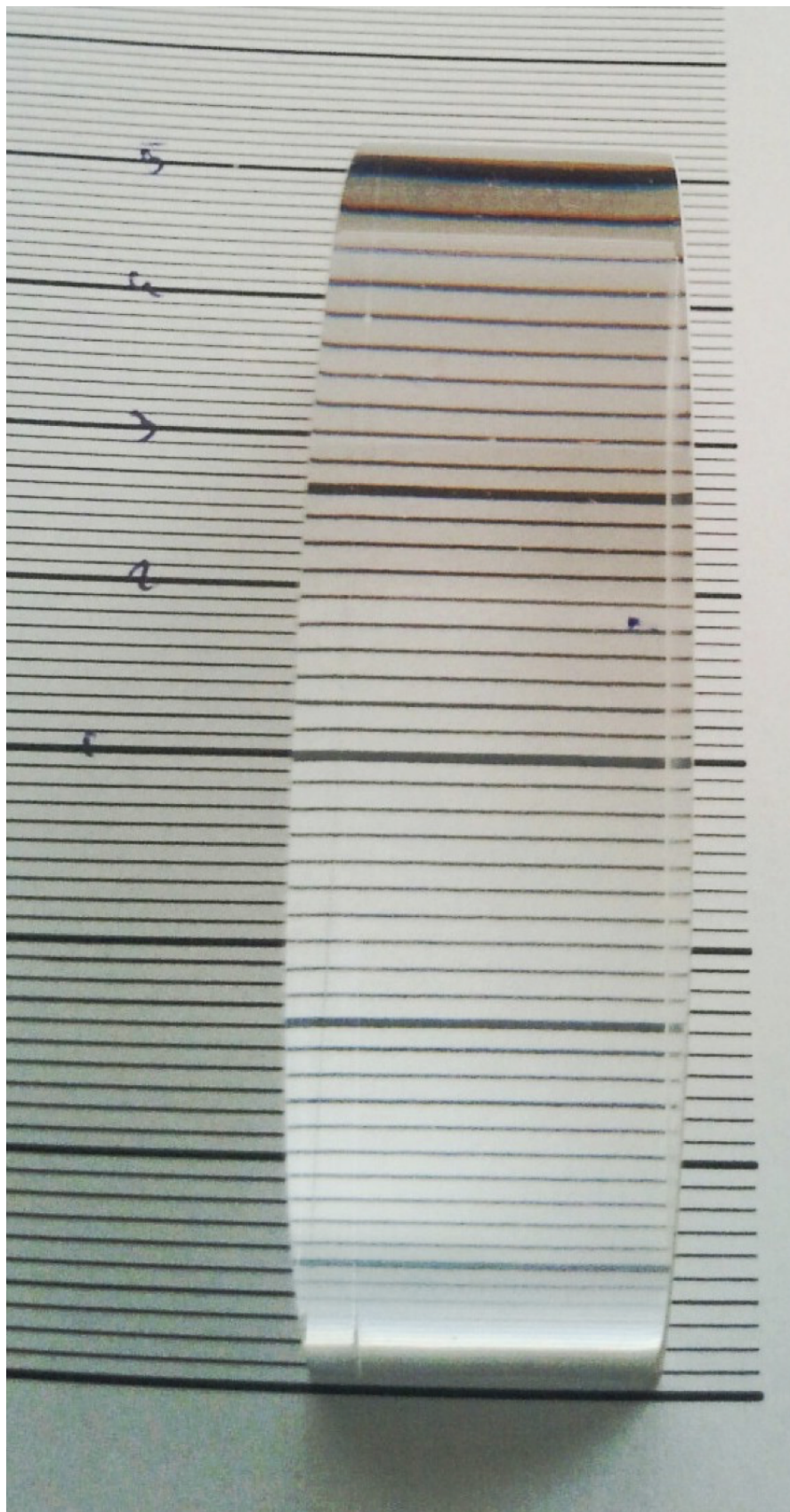
8. Из стеклянной пластинки с показателем преломления $n = 1,5$ вырезали толстую линзу в форме полушара радиусом $R = 10$ см. Через такую линзу рассматривается точечный источник света S , расположенный на расстоянии $a = R/2$ от плоской поверхности полушара (см. рис.). На каком расстоянии от этой поверхности наблюдатель видит изображение источника света?



9. Показатель преломления некоторой среды зависит от координаты y следующим образом: при $y < 0$ $n = n_0 = 1,4$; при $0 < y < H$, $n(y) = n_0 - ky$, где $k = 0,2 \text{ м}^{-1}$, а $H = 2$ м; при $y > H$, $n = 1$. На плоскость $y = 0$ падает узкий пучок света под углом $\alpha = 60^\circ$ (см. рис.). На какую максимальную глубину h в среду сможет проникнуть луч?

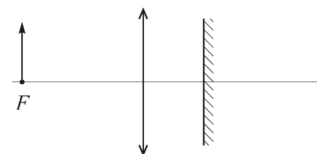


10. На следующем рисунке изображен стеклянный полуцилиндр, поставленный на бумагу с полосами (расстояние между полосами везде одинаковое). Найдите коэффициент преломления стекла.



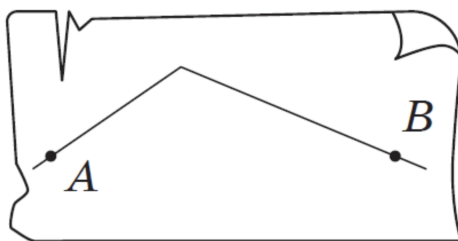
Занятие 4. Построения в линзах

11. Оптическая система состоит из собирающей линзы с фокусным расстоянием F и зеркала, находящегося на расстоянии $F/2$ за линзой (см. рис.). Плоскость зеркала перпендикулярна главной оптической оси линзы. Вначале объект (стрелка) находится на фокусном расстоянии от линзы.

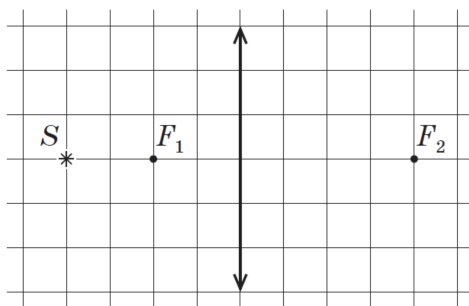


1. Найдите построением изображение объекта в этой системе.
2. На сколько (и в какую сторону) сместится изображение объекта, если его приблизить к линзе на расстояние $F/2$?
3. На сколько (и в какую сторону) сместится изображение объекта по сравнению с начальным, если зеркало установить справа на расстоянии F от линзы?

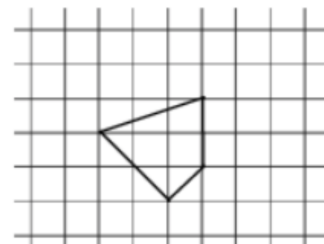
12. Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли чертеж оптической схемы. От времени чернила выцвели, и на чертеже остался виден только луч, идущий через тонкую линзу и две точки A и B пересечения его с передней и задней фокальными плоскостями. При помощи построения восстановите положение линзы и ее фокусы.



13. Постройте изображения точечного источника S в линзе с отличающимися передним и задним фокусными расстояниями.

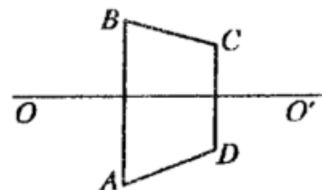


14. На рисунке изображён выпуклый четырёхугольник. Где нужно расположить тонкую собирающую линзу, и каким должно быть её фокусное расстояние, чтобы изображение четырёхугольника имело форму квадрата? Решить задачу графически и обосновать все сделанные построения на основе законов геометрической оптики (правильное построение без обоснования и комментариев не будет считаться правильным ответом). Оценить по рисунку фокусное расстояние этой линзы, считая, что одна клеточка на рисунке равна 1 см.

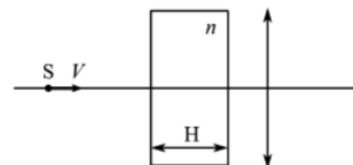


Занятие 5. Формула тонкой линзы

15. Трапеция $ABCD$ расположена так, что её параллельные стороны AB и CD перпендикулярны главной оптической оси тонкой линзы (см. рис.). Линза создаёт мнимое изображение трапеции $ABCD$ в виде трапеции с теми же самыми углами. Если повернуть трапецию $ABCD$ на 180° вокруг стороны AB , то линза создаёт её изображение в виде прямоугольника. С каким увеличением изображается сторона AB ?

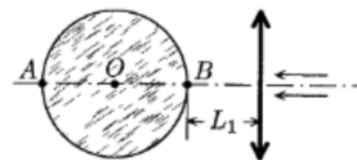


16. Жук S ползёт со скоростью $V = 1$ см/с вдоль главной оптической оси тонкой линзы с фокусным расстоянием $F = 10$ см (см. рис.). Между жуком и линзой, перпендикулярно главной оптической оси, расположена стеклянная пластина толщиной $H = 5$ см с показателем преломления $n = 5/3$. В некоторый момент жук находится на расстоянии $d = 14$ см от линзы.



1. На каком расстоянии от линзы находилось бы изображение жука при отсутствии пластины?
2. На каком расстоянии от линзы находится изображение жука при наличии пластины?
3. С какой скоростью движется изображение жука при наличии пластины?

17. На прозрачный шар с показателем преломления $n = 1,5$ вдоль диаметра AB шара падает параллельный пучок света. Диаметр пучка много меньше радиуса шара. Если на расстоянии $L_1 = 8$ см от шара поставить линзу с фокусным расстоянием $F = 10$ см (см. рис.), то фокусировка света, вошедшего в шар, произойдёт в центре шара O . На каком расстоянии L_2 от шара нужно поместить эту линзу, чтобы свет сфокусировался в точке A ? *Указание.* Для малых углов α можно считать, что $\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha$.



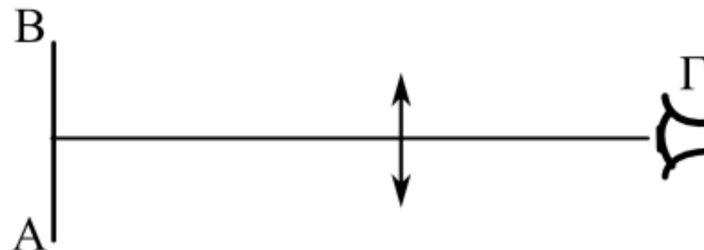
Занятие 6. Формула тонкой линзы 2.

Задачи с волновым фронтом и принцип Ферма

18. С помощью тонкой линзы на экране получили изображение предмета, расположенного перпендикулярно оптической оси линзы. Между линзой и экраном поставили вторую линзу на расстоянии 5 см от экрана, после чего экран пришлось отодвинуть от линз на 5 см, чтобы получить на нём новое изображение.

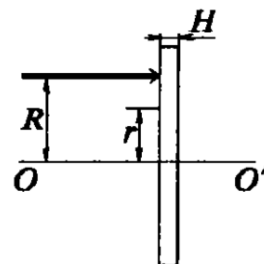
1. Найдите фокусное расстояние второй линзы.
2. Каково отношение размеров нового и старого изображений?

19. Тонкая линза с фокусным расстоянием 9 см закреплена на штативе. На стене висит небольшая круглая картина AB диаметром $H = 9$ см на расстоянии 36 см от линзы (см. рис.). Наблюдатель рассматривает глазом Γ действительное изображение картины в линзе, аккомодировав глаз на расстояние 24 см. Глаз и центр картины находятся на главной оптической оси линзы.



1. На каком расстоянии x от линзы расположен глаз?
2. Найти минимальный диаметр D_m линзы, при котором наблюдатель сможет увидеть целиком всё изображение картины.
3. На каком расстоянии от линзы и где между картиной и её изображением в линзе следует поместить небольшой непрозрачный экран, чтобы не видеть ни одной детали изображения? Размерами зрачка глаза и экрана пренебречь по сравнению с диаметром линзы.

20. На стеклянную плоскопараллельную пластинку толщиной $H = 4$ мм падает узкий пучок монохроматического света. Пучок параллелен оптической оси OO' которая перпендикулярна пластине и проходит через её центр (см. рис.). Расстояние между пучком и осью OO' равно $R = 5$ см. Показатель преломления стекла для падающего на пластинку света имеет радиальную зависимость



$$n(r) = n_0 \left(1 + \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \right),$$

где n_0 и r_0 — константы ($n_0 = 1,4$, $r_0 = 10$ см). Определите угол между выходящим пучком и осью OO' .