

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

**Заочная школа  
ФИЗИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ**

**8-й класс. Задание № 5 (2)**

**ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА**

Новосибирск

## **Уважаемый ученик!**

Приступая к выполнению задания, внимательно прочтите теоретическую часть задания, которая содержит материал в концентрированном виде, удобном для более глубокого понимания физических законов и понятий, и практического использования при решении задач. Попробуйте самостоятельно решить задачи, указанные в качестве примера. Сравните свой ход решения с решением в задании. Затем приступайте к задачам для самостоятельного решения. Присылайте нам свою работу, даже если Вам не удается довести решение до ответа<sup>1</sup>.

Работа может быть оформлена на бумажном носителе (в ученической тетради в клетку) или в виде файла: лучше всего в виде набранного документа в формате .doc, .docx, .rtf, формулы и рисунки можно делать с помощью встроенного в Word редактора или вставлять в виде небольших картинок, отсканированных (или сфотографированных) с белых листов бумаги. Если Вы собираетесь сканировать работу, то оформляйте **не в тетради, а на белых листах формата А4**. Страйтесь, чтобы количество листов было минимальным. Пишите разборчиво, т. к. после сканирования иногда сложно разобрать текст. **Не нужно** присылать отдельным файлом каждую страницу Вашей работы. Сканируйте все страницы подряд – в один файл! Лучше сохранять в PDF формате.

Обязательно пишите краткое условие задачи, а затем ее решение. Указывайте номера задач – они должны совпадать с теми, которые указаны в задании. Обязательно оставляйте поля для замечаний преподавателя.

### Кроме того, желательно:

1. разделить решения разных задач горизонтальной чертой;
2. если решение задачи делится на этапы, отмечать начало каждого нового этапа;
3. выделить ответ<sup>2</sup>;
4. как правило, решение пишите в виде формул, а цифры подставляйте в конце.

На обложке тетради или (если работа в файле, то на 1 странице) нужно указать:

1. Отделение (физическое).
2. Класс, в котором Вы учитесь в Заочной школе.

---

<sup>1</sup> Преподаватель оценит объем задания, который Вам удалось выполнить.

<sup>2</sup> Например, обвести его рамкой.

3. Номер задания, тема.
4. Ваш почтовый адрес (с индексом отделения), конт. телефон, e-mail.

5. Фамилию, имя, отчество.

Убедительно просим оформлять обложку по указанному образцу.

Работу отправлять любым удобным для Вас способом:

- **на бумажном носителе:** простой или заказной бандеролью. В тетрадь вложите листок бумаги размером 6x10 см с Вашим почтовым адресом;

• **в электронном виде:**

➤ по e-mail. Тема письма должна совпадать с названием файла с работой: Фамилия\_предмет класс - № задания (напр.: Иванов\_Физика 7 - 2) В письме обязательно укажите: ФИО, класс, предмет, № задания, тема, регион, конт. телефон. Мы всегда подтверждаем получение Вашей работы;

➤ или через личный кабинет сайта ЗШ.

Требования к оформлению работ в электронном виде и вся подробная информация есть на сайте ЗШ: <https://sesc.nsu.ru/education/zfmsh>

Тел. +7(383)363 40 66; E-mail: [zfmsh@yandex.ru](mailto:zfmsh@yandex.ru)

Адрес: ЗШ СУНЦ НГУ, ул. Ляпунова, 3, к. 455, Новосибирск-90, 630090

Вместе с рецензией к проверенной работе Вам будут высланы методические указания к решению задач и ответы. Настоятельно рекомендуем прочесть их, даже если Вы получили правильный ответ.<sup>3</sup>

## ОТРАЖЕНИЕ И ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА

Световой луч – это линия, вдоль которой распространяется энергия от источника света.

На границе двух сред наблюдаются явления **отражения и преломления** света.

При **отражении** света от плоской поверхности луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр к отражающей поверхности, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости, и угол отражения равен углу падения.

При пересечении двух прозрачных сред лучи света испытывают **преломление**. Скорость света в различных средах различна. В воде, стекле скорость света меньше, чем в воздухе, а в воздухе меньше, чем в вакууме. Среда, в которой скорость распространения меньше, является **оптически более плотной средой**. Скорость света  $V$  в среде определяется формулой:  $V = \frac{c}{n}$ . Здесь  $c$  – скорость света в вакууме:

$c = 3 \cdot 10^8$  м/с<sup>2</sup>,  $n$  – **оптическая плотность среды (оптический показатель среды, коэффициент преломления)**.

Установлен закон преломления: при переходе из одной среды в другую с различными оптическими показателями:

**Лучи падающий, преломленный и перпендикуляр, проведенный к границе раздела двух сред в точке падения луча, лежат в одной плоскости. Отношение синуса угла падения  $\alpha$  из среды с оптическим показателем  $n_1$ , к синусу угла преломления  $\gamma$  в среде с оптическим показателем  $n_2$  определяется условием:**

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Для управления световыми пучками применяют различные оптические системы: зеркала, линзы. Часто эти системы состоят из многих и достаточно сложных составляющих. Мы ограничиваемся рассмотрением плоских зеркал и **тонких линз**.

**Тонкими линзами называются прозрачные тела, ограниченные с двух сторон сферическими поверхностями.** При этом толщина линз должна быть много меньше радиусов поверхностей, их ограничивающих, именно такие линзы называются тонкими.

Из курса физики 8 класса известны понятия: **оптическая ось, фокусное расстояние, оптическая сила линзы**.

А также показаны способы построения изображения при прохождении лучей через линзы. Схематически собирательные линзы принято изображать, как на рис. 1, *a*, а рассеивающие, как на рис. 1,*b*.

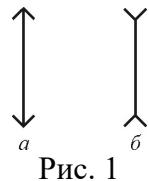


Рис. 1

## ФОРМУЛА ЛИНЗЫ

Обозначим через *a* расстояние между линзой и предметом, определено вдоль оптической оси, а через *b* - расстояние между линзой и изображением. Оказывается, что между ними существует простая связь:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}.$$

Это соотношение называется **формулой тонкой линзы**. Выразим из этой формулы *b*:

$$b = \frac{aF}{a - F}.$$

Построив любое изображение, из подобия треугольников получим, что поперечное увеличение предмета (отношение величины изображения к величине предмета) равно отношению

$$\frac{|b|}{a} = \frac{F}{a - F}.$$

Знак модуля стоит потому, что значение *b* может быть отрицательным. Докажите этот результат сами.

Рассмотрим подробнее случай собирающей линзы ( $F > 0$ ). Из выражения для расстояния от линзы до изображения, видно, что возможны три варианта:

- 1) если предмет размещен между фокусом и линзой  $b < 0$  изображение мнимое и увеличенное. Так «работает» линза;
- 2) если предмет расположен между фокусом и двойным фокусным расстоянием ( $2F > a > F$ ) изображение действительное и увеличенное;
- 3) если предмет расположен за двойным фокусным расстоянием получим действительное и уменьшенное изображение.

Теперь рассмотрим рассеивающую линзу. В этом случае  $F < 0$ , расстояние от линзы до изображения можно записать в виде:

$$b = -\frac{a|F|}{a+|F|}.$$

Это значение всегда отрицательно, то есть имеется мнимое уменьшенное изображение.

Часто «последним прибором» в оптической системе является глаз человека. Принято считать, что человек с нормальным зрением лучше всего различает детали предмета с расстояния 25 см.

### ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. Угол между падающим и отраженным лучами  $30^\circ$ . Каким будет угол отражения, если угол падения увеличится на  $15^\circ$ ?

*Решение.* Угол между падающим и отраженным лучами складывается из двух одинаковых по величине углов: падения и отражения, то есть первоначально угол падения был  $15^\circ$ . При увеличении он стал равен  $30^\circ$ . Таким же будет и угол отражения.

2. На рис. 2 изображен в определенном масштабе предмет и фокусы линзы. Постройте изображение предмета.

*Решение.* Проведем два луча: «1», параллельный главной оптической оси линзы, который после преломления в линзе проходит через задний фокус. Второй луч («2»), проходящий через центр линзы, не испытывает преломления.

Построение показано на рис. 3.

3. Построить изображение стрелки, расположенной перпендикулярно главной оптической оси рассеивающей линзы с фокусным расстоянием  $F$ , на расстоянии  $2F$ . Как относятся размеры изображения и предмета – стрелки?

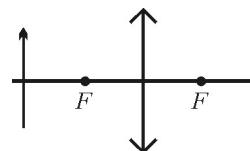


Рис. 2

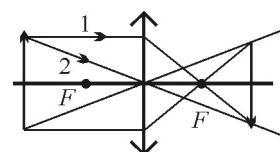


Рис. 3

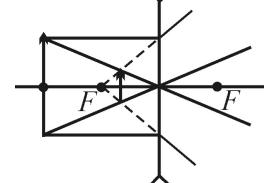


Рис. 4

*Решение.* Построение проводится аналогично тому, как и в предыдущем примере (рис. 4). Из построения видно, что отношение размеров равно  $1/3$ .

## Задачи для самостоятельного решения

- Как следует расположить точечный источник света, плоский предмет и экран, чтобы контур тени на экране был подобен контуру предмета?
- Нередко, пытаясь увеличить яркость собственного изображения, ставят настольную лампу сзади. Эффективно ли это?
- Перед зеркалом поставлен источник света. Насколько изменится расстояние  $a$  между источником и его изображением, если зеркало отодвинуть от источника на расстояние  $x = 5 \text{ см}$ ?
- На горизонтальном столе лежит мяч. Под каким углом  $\alpha$  к плоскости стола нужно установить зеркало, чтобы при движении шара к зеркалу изображение шара двигалось по вертикали?
- Близорукий человек может читать газету с расстояния не больше, чем  $a = 0,1 \text{ м}$ . Какие очки следует ему прописать?
- Постройте изображения в собирающей линзе для рассмотренных в задании трех вариантов расположения предмета.

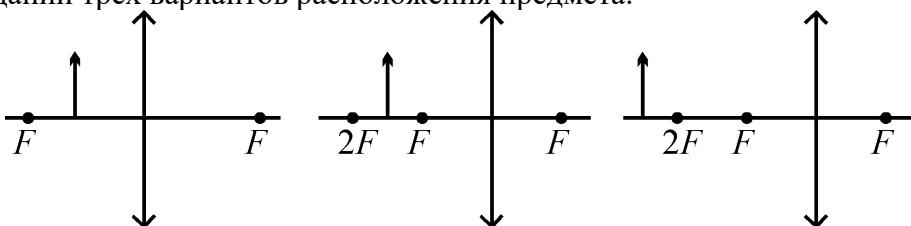


Рис.5

7. Истинная глубина водоема  $H$ . Какова его кажущаяся глубина  $h$ ?

8.\* Точка  $S$  находится на расстоянии  $2F$  от собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F$  и на расстоянии  $F$  от ее главной оптической оси (рис. 6). Найдите расстояние между точкой  $S$  и ее изображением  $S_1$ .

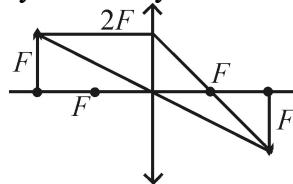


Рис 6

9.\* Фокусные расстояния двух тонких линз равны  $F_1$  и  $F_2$ . Чему равно фокусное расстояние системы из этих двух линз, если их поставить вплотную друг к другу?

**Желаем успехов!**

## **ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ НГУ**

Физический факультет Новосибирского государственного университета был основан в 1961 г. академиками Г.И. Будкером, В.В. Воеводским, М.А. Лаврентьевым, С.А. Христиановичем. Факультет осуществляет подготовку специалистов по широкому перечню физических специальностей по направлению «Физика» в рамках двух отделений: общефизического и физической информатики.

Преподавательский состав факультета сформирован из сотрудников институтов Сибирского отделения Российской Академии наук. Это обеспечивает интеграцию процесса обучения с передовой современной наукой. На факультете преподают более 300 человек. Ученую степень и звание имеют более 80 % преподавательского состава, в том числе около 30% преподавателей имеют степень доктора наук и звание профессора. Эти показатели находятся на уровне лучших университетов России. Основу преподавательского корпуса составляют бывшие выпускники физического факультета НГУ. Они представляют все физические научные школы, сложившиеся в Новосибирском научном центре. Источником талантливых ученых для этих школ стал физический факультет с системой физико-математических олимпиад и физико-математической школой при НГУ (ныне Специализированный учебно-научный центр - СУНЦ). Каждый пятый выпускник физфака НГУ успешно защищает кандидатскую диссертацию. Около 20 выпускников стали членами Российской Академии наук.

Уровень высшего образования на физическом факультете НГУ широко признан во всем мире. Каждый год десятки выпускников факультета, студентов и аспирантов едут в зарубежные страны читать лекции, проводить совместные исследования или продолжать обучение. На факультете развернута программа стажировок студентов магистратуры в зарубежных научных центрах.

Физики ценятся в современном обществе за универсальность знаний, способность решать самые сложные задачи разного характера. Большой объем исследовательской работы студентов является важной особенностью системы обучения. Начиная с 3 курса, каждый студент проходит практику в базовых институтах под руководством научных сотрудников, и к моменту защиты квалификационной работы бакалавра многие студенты уже имеют научные публикации. Высокий уровень образования на Физическом факультете НГУ признан как в России, так и за рубежом. Выпускники физфака работают в ведущих исследовательских центрах мира, таких, как Национальная ускорительная лаборатория им. Энрико Ферми (США), Национальный центр высокоразрешающей электронной микроскопии (Нидерланды) и многих других. Студенты старших курсов, выпускники и преподаватели ФФ принимали активное участие в исследованиях и экспериментах проекта Большого адронного коллайдера, связанного с открытием бозона Хиггса.

### **Разработка задания: доцент В.Г.Харитонов**

---

Подписано к печати 07.07.21

Формат 60x84/16

Уч.изд.л. 0,5

Тираж 100 экз.

---

© Специализированный учебно-научный центр НГУ, 2021