

## ПРОГРАММА ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА «Решение задач повышенного уровня сложности по теме «Оптика»

*Номинация:* углубление отдельных тем обязательных предметов федерального компонента и обязательных предметов по выбору

*Автор программы:*

Багаутдинова Диля Рашитовна,  
учитель физики Государственного бюджетного  
общеобразовательного учреждения Самарской области  
средняя общеобразовательная школа №2 им. В.Маскина  
ж.-д. ст. Клявлино муниципального района Клявлинский  
Самарской области

### *ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ПРОГРАММЕ*

Элективный курс представляет собой *углубление отдельных тем обязательных предметов федерального компонента и обязательных предметов по выбору.*

*Цель* – научить решать задачи повышенного уровня по теме «Оптика» обязательно-го предмета по выбору «Физика».

Цель курса определена в соответствии с *выявленными запросами учащихся*. Так, каждый год в школе среди учащихся 10-х классов по выявлению удовлетворенности учащихся программой профильного курса проводится анкетирование по методике, предложенной аттестационной комиссией. В 2013/2014 учебном году в анкетировании участвовали 72 десятиклассника. Учащимся было предложено ответить на вопросы анкеты: «Какие темы по физике более интересны? Хотели бы изучить их на углубленном уровне?» Для того чтобы ответ учеников был осознанным, в целях ознакомления была предложена программа профильного курса обучения физике под редакцией Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева. Учащимся сообщили, что в рамках программ базового и профильного уровня не рассматриваются такие оптические явления, как закат солнца, мираж, гало, не обучают решать задачи на закон Рэлея и задачи повышенного уровня на законы дифракции, интерференции, геометрической оптики, на применение формулы тонкой линзы для системы линз. В результате выяснилось, что 23 учащихся 11-х классов изъявили желание научиться решать задачи повышенного уровня по теме «Оптика».

Поскольку освоение программы элективного курса связана возможно только после освоения темы «Оптика», запланированного на первое полугодие 11-го класса, элективный курс планируется к реализации во 2-м полугодии 11-го класса.

### *Планируемые образовательные результаты*

1. Решают задачи на закон Рэлея.
2. Решают задачи повышенного уровня на законы геометрической оптики (получение расчетных формул, применяя законы геометрии (косинуса, синуса, Пифагора)).
3. Решают задачи повышенного уровня на формулу тонкой линзы для системы линз.
4. Решают задачи повышенного уровня на законы дифракции и интерференции (получение расчетных формул, применяя законы геометрии (косинуса, синуса, Пифагора)).

### Оценка планируемых образовательных результатов

По итогам каждой темы ученики выполняют задание на оценку полученных образовательных результатов. Оценивание по итогам курса является накопительным и складывается из суммы оценок по каждой теме (количество тем курса равно количеству планируемых результатов – 4). Оценка бинарная: освоил / не освоил. Курс считается освоенным, если ученик получил положительную оценку («освоил») по всем темам.

Критерии оценивания задач, предлагаемых учащимся в рамках самостоятельных работ с целью накопительного оценивания:

1) результативность (дано решение), 2) обоснованность (даны ссылки на соответствующие законы), 3) логичность (обоснование выстроено логично).

Оценочные материалы курса см. в Приложении 1.

### Организация освоения содержания

В рамках систематического курса обучающиеся осваивают принцип Гюйгенса; законы отражения и преломления света; полное отражение света; линзы; построение изображений, даваемых линзами; оптические приборы; формулу линзы; дисперсию, интерференцию, дифракцию и поляризацию света. Элективный курс предполагает незначительное увеличение единиц содержания по сравнению с основным курсом, необходимое для получения результатов более высокого уровня: применение законов оптики для решения задач повышенного уровня сложности (получение расчетных формул, применяя законы геометрии (косинуса, синуса, Пифагора); применение формулы тонкой линзы для системы линз).

Курс разделен на 4 темы – в соответствии с количеством планируемых результатов. Освоение каждой темы организовано по следующему алгоритму: определение собственных дефицитов для решения задачи повышенного уровня сложности → ввод новых единиц содержания → эксперимент (для тем «Решение задач повышенного уровня на закон Рэлея», «Решение задач повышенного уровня на законы геометрической оптики») → решение задач. Заявленный алгоритм обеспечивают получение заявленных результатов – умений решать задачи повышенного уровня сложности.

Формы проведения занятий соответствуют шагу алгоритма освоения темы:

- 1) Составление перечня недостающих единиц содержания в рамках фронтального обсуждения.
- 2) Ввод новых единиц содержания осуществляется через лекцию, которая сопровождается PowerPoint презентацией.
- 3) Эксперимент (в тех темах, где он предусмотрен) проводится при работе учащихся в парах, результаты эксперимента обсуждаются фронтально.
- 4) Решение задач проводится как демонстрационно на доске с параллельным фронтальным обсуждением, так и в индивидуальном режиме. При работе в индивидуальном режиме ученики решают такое количество задач, которое им необходимо для освоения планируемого результата (определяется индивидуально).

### Требования к ресурсам

Специальных *организационных* ресурсов для реализации курса не требуется. Занятия проходят в классной комнате в соответствии с расписанием.

При работе над программой использован следующий *дидактический* ресурс: Багаутдинова Д.Р. Дидактические материалы для реализации элективного курса «Решение задач повышенного уровня сложности по теме «Оптика»: сборник материалов. – На правах рукописи. – Клявлино, 2015. В сборник вошли специально подготовленные презентации, иллюстрирующие оптические явления; перечислены источники, являющиеся информационной основой лекций; описаны проводимые эксперименты; даны исходные данные сборников, содержащих задачи для тренировки.

Дидактические материалы представлены в Приложении 2.

Для реализации темы 1 необходимы следующие материально-технические ресурсы:

- ноутбук;
- мультимедийный проектор;
- экран;
- приборы для эксперимента: аквариум (1 шт.), вода, молоко (для получения мутной воды), фонарик (1 шт.);
- фотография картины распределения молекул воздуха в пространстве в разные моменты времени.

Для реализации темы 2 необходимы следующие материально-технические ресурсы:

- ноутбук;
- мультимедийный проектор;
- экран;
- приборы для эксперимента: аквариум (1 шт.), вода, воронка (1 шт.), шланг (1 шт.);
- насыщенный раствор соли (300 г на литр воды);
- фонарик (1 шт.);
- щепотка хвойного концентрата.

Для реализации тем 3 и 4 специальных материально-технических ресурсов не требуется.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

### Тема 1. Решение задач на закон Рэлея

Закат солнца.

Закон Рэлея. Красный цвет заходящего солнца и голубой цвет дневного неба.

Алгоритм решения задачи на исследование зависимости интенсивности рассеянного света от частоты света.

Рассеяние света на флуктуациях плотности воздуха.

*Практическая деятельность учащихся*

Проводят эксперимент: исследуют зависимость интенсивности рассеянного света от частоты света.

Рассматривают рассеяние света на флуктуациях плотности воздуха.

Решают качественные задачи на закон Рэлея.

### Тема 2. Решение задач повышенного уровня на законы геометрической оптики

«Сплюснутость» заходящего солнца по вертикали. Причины появления «слепой полосы». Алгоритм решения задачи на искривление световых лучей при прохождении в атмосфере, вызванное оптической неоднородностью атмосферного воздуха.

Причины появления «зеленого луча». Алгоритм решения задачи на изменение показателя преломления с частотой света.

Мираж. Виды миражей. Причины возникновения «озерных» миражей. Причины возникновения верхних миражей. Причины возникновения прямых миражей. Причины возникновения перевернутых миражей. Причины возникновения двойных миражей. Причины возникновения тройных миражей. Причины возникновения миражей сверхдальнего видения. Алгоритм решения задач на астрономическую и земную рефракцию света.

Структура «гало». Алгоритм решения задачи на ход светового луча в призме. Причины возникновения малого гало. Причины возникновения большого гало. Причины возникновения горизонтального (парелического) круга, светящихся столбов и крестов. Причины возникновения ложных солнц - парантелии.

*Практическая деятельность учащихся*

Проводят эксперимент: искривление светового луча в оптически неоднородной среде.

Решают задачи на искривление световых лучей при прохождении в атмосфере, вызванное оптической неоднородностью атмосферного воздуха.

Решают задачи на изменение показателя преломления с частотой света.

Решают задачи на астрономическую и земную рефракцию света.

Решают задачи на ход светового луча в призме.

### Тема 3. Решение задач повышенного уровня на формулу тонкой линзы

Алгоритм решения задач повышенного уровня на формулу тонкой линзы для системы линз.

*Практическая деятельность учащихся*

Решают задачи повышенного уровня на формулу тонкой линзы для системы собирающих линз.

Решают задачи повышенного уровня на формулу тонкой линзы для системы рассеивающих линз.

Решают задачи повышенного уровня на формулу тонкой линзы для сложной системы линз.

### Тема 4. Решение задач повышенного уровня на законы дифракции и интерференции

Алгоритм решения задач повышенного уровня на закон дифракции света.

Алгоритм решения задач повышенного уровня на закон интерференции света.

*Практическая деятельность учащихся*

Решают задачи повышенного уровня на закон дифракции света.

Решают задачи повышенного уровня на закон интерференции света.

## УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

№	Тема	КОЛ-ВО ЧАСОВ			
		всего	аудиторных	из них на практ. деят.	на самост. работу
1	Решение задач на закон Рэлея	3	3	1	0
2	Решение задач повышенного уровня на законы геометрической оптики	5	5	4	0
3	Решение задач повышенного уровня на формулу тонкой линзы	5	5	4	0
4	Решение задач повышенного уровня на законы дифракции и интерференции	4	4	3	0
ИТОГО		17	17	12	0

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат В.Л. Оптические явления в природе. – М.: Просвещение, 2000.
2. Бурова С.А. Необычные природные явления. – Физика (газета издательского дома «Просвещение»). – №30. – 2003.
3. Вишнякова Е.А. Отличник ЕГЭ. – М.: Интеллект-Центр, 2012.
4. Вопросы современной физики / В.В.Стручков, Б.М.Яворский. – М.: Просвещение, 1995.
5. Вопросы современной физики / В.В.Стручков, Б.М.Яворский. – М.: Просвещение, 1995.
6. Монастырский Л.М., Богатин А.С., Игнатова Ю.А. Физика. Задания высокого уровня сложности. Ростов-на-Дону: Легион, 2012.
7. Оптические явления в природе // АИФ. Детская энциклопедия №3(113) от 21.03.2005.

8. Проклова В.Ю. Оптические явления в природе. – Физика (газета издательского дома «Просвещение»). – №2. – 2005.
9. Савельев И.В. Курс общей физики. – М.: Астрель, 2001. Книга 4. Волны. Оптика. – С. 81-92, 93-213, 230-232.
10. Саранин В.А. Физика. Сборник задач повышенной сложности для подготовки к ЕГЭ и олимпиадам. – Ростов-на-Дону: Легион, 2014.
11. Тарасов Л.В. Физика в природе. – М.: Просвещение, 1988. – С. 20-24, 24-44, 131-140.
12. Физика 10-11 класс / Под ред. А.А.Пинского. – М.: Просвещение, 2003.
13. Хрестоматия по физике / Под ред. Б.И.Спасского. – М.: Просвещение, 2000.
14. Эллиот Л., Уилкоккс У. Объективное и субъективное восприятие цвета. Физика. – М., 2002.
15. Энциклопедический словарь юного физика. – М.: Педагогика, 2002.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Тема 1. Решение задач на закон Рэлея (качественные задачи на закон Рэлея)

*Задача 1*

Почему нижняя часть заходящего солнечного диска выглядит более красной, нежели его верхняя часть?

*Решение*

По закону Рэлея: интенсивность рассеянного света пропорциональна четвертой степени частоты цвета, или обратно пропорциональна четвертой степени длины световой волны. Интенсивнее рассеиваются световые волны с более высокими частотами. Глядя на солнце, наблюдатель воспринимает свет, прошедший через атмосферу без рассеяния. Спектр этого света сдвинут к низким частотам. Чем ближе солнце к линии горизонта, тем более длинный путь проходят в атмосфере световые лучи, тем в большей мере сдвигается их спектр. В результате, нижняя часть заходящего солнечного диска выглядит более красной, нежели его верхняя часть.

*Подсчет баллов*

(5 баллов - освоил). Приведено полное правильное решение, включающий правильный ответ (в данном случае: Интенсивнее рассеиваются световые волны с более высокими частотами. Глядя на солнце, наблюдатель воспринимает свет, прошедший через атмосферу без рассеяния. Спектр этого света сдвинут к низким частотам. Чем ближе солнце к линии горизонта, тем более длинный путь проходят в атмосфере световые лучи, тем в большей мере сдвигается их спектр. В результате, нижняя часть заходящего солнечного диска выглядит более красной, нежели его верхняя часть.), и полное верное объяснение с указанием используемых для анализа процесса законов (в данном случае: закон Рэлея).

(4 балла - освоил). Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении содержится один из следующих недостатков.

В объяснении не указаны явления или физический закон, необходимых для полного верного объяснения.

или

Объяснения представлены не в полном объеме, или в них содержится один логический недочет.

(3 балла- освоил). Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.

Дан правильный ответ на вопрос задания, но не приведено объяснение и не указаны явления и физический закон, необходимый для полного верного объяснения.

или

Указаны необходимые явления и закон, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос, не доведены до конца.

или

Указаны необходимые явления и закон, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.

(2 балла – не освоил). Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 5, 4, 3 балла.

*Задача 2*

Почему в ясную тихую погоду закат золотистый, а в ветреную – багровый?

*Решение*

Благодаря работам М.Смолуховского, А.Эйнштейна и Л.Мандельштама, было установлено, что важно рассеяние света не на самих молекулах воздуха, а на объектах, возникающих вследствие хаотичного теплового движения молекул, - на флуктуациях плотности воздуха, т.е. случайно возникающих микроскопических сгущениях и разрежениях возду-

ха. Характер этих флуктуаций в значительной мере зависит от состояния атмосферы: температуры различных слоев воздуха, характера и силы ветра. В ясную тихую погоду интенсивность рассеяния света солнца от флуктуаций меньше – видим свет большей частоты (золотистый), в ветреную погоду рассеяние света солнца от флуктуаций больше – остается свет меньшей частоты (багровый).

*Подсчет баллов*

(5 баллов - освоил). Приведено полное правильное решение, включающий правильный ответ (в данном случае: В ясную тихую погоду интенсивность рассеяния света солнца от флуктуаций меньше – видим свет большей частоты (золотистый), в ветреную погоду рассеяние света солнца от флуктуаций больше – остается свет меньшей частоты (багровый)), и полное верное объяснение с указанием используемых для анализа процесса законов (в данном случае: Благодаря работам М.Смолуховского, А.Эйнштейна и Л.Мандельштама, было установлено, что важно рассеяние света не на самих молекулах воздуха, а на объектах, возникающих вследствие хаотичного теплового движения молекул, - на флуктуациях плотности воздуха, т.е. случайно возникающих микроскопических сгущениях и разрежениях воздуха).

(4 балла - освоил). Дан правильный ответ, и приведено объяснение но в решении содержится один из следующих недостатков.

В объяснении не указаны явления или физический закон, необходимых для полного верного объяснения.

или

Объяснения представлены не в полном объеме, или в них содержится один логический недочет.

(3 балла - освоил). Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.

Дан правильный ответ на вопрос задания, но не приведено объяснение и не указаны явления и физический закон, необходимый для полного верного объяснения.

или

Указаны необходимые явления и закон, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос, не доведены до конца.

или

Указаны необходимые явления и закон, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.

(2 балла – не освоил). Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 5, 4, 3 балла.

## Тема 2. Решение задач повышенного уровня на законы геометрической оптики

**Задача**

Определите показатель преломления скипидара, если известно, что при угле падения  $45^\circ$  угол преломления  $30^\circ$  (рис. 18).



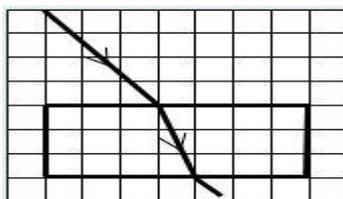
Рис. 18

<b>Дано:</b> $\alpha = 45^\circ$ $\gamma = 30^\circ$ $n = ?$	<b>Решение</b> По закону преломления на границе двух сред $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$ . Следовательно, $n = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\sqrt{2} \cdot 2}{2 \cdot 1} = 1,4$ .
---	---

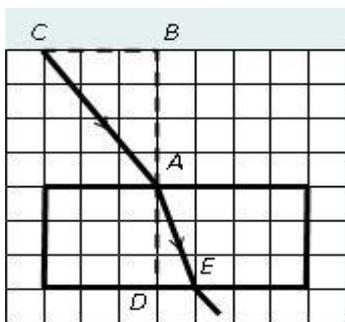
**Ответ:** показатель преломления скипидара 1,4.

*Задача*

Плоскопараллельная пластинка находится в воздухе. Ход светового луча в пластинке показан на рисунке. Чему равен показатель преломления материала пластинки?



Решение



Все необходимые данные для получения правильного ответа мы возьмем из предложенного нам рисунка.

По закону преломления

$$\sin\alpha/\sin\beta = n_2/n_1 = n_2 = n,$$

так как  $n_1 = 1$  для воздуха.

Для определения синусов углов, в точку падения луча на границе двух сред, восстановим перпендикуляр и рассмотрим прямоугольные треугольники ABC и ADE.

Отношение противолежащего катета к гипотенузе дает нам синус угла лежащего против этого катета в прямоугольном треугольнике

$$\sin\alpha = CB/CA = CB/\sqrt{CB^2 + AB^2},$$

$$\sin\beta = DE/AE = DE/\sqrt{DE^2 + AD^2}.$$

Отношение синусов углов

$$\sin\alpha/\sin\beta = (CB/\sqrt{CB^2 + AB^2})/(DE/\sqrt{DE^2 + AD^2}).$$

Теперь перейдем к вычислениям, воспользовавшись условным масштабом:

CB = 3 кл., AB = 4 кл., DE = 1 кл., AD = 3 кл.

Тогда

$$\sin\alpha/\sin\beta = (3/\sqrt{3^2 + 4^2})/(1/\sqrt{1^2 + 3^2}) = 1,89.$$

Следовательно, показатель преломления пластинки равен  $n = 1,9$ .

Ответ: 1,9.

*Подсчет баллов*

(5 баллов - освоил) Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:

1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – закон преломления света);

2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ.

При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).

(4 балла - освоил) Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:

– в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка;

или

– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены;

или

– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде;

или

– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.

(3 балла - освоил) Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:

– представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа;

или

– в решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи;

или

– в ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

(2 балла – не освоил) Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 3, 4, 5 баллов.

### Тема 3. Решение задач повышенного уровня на формулу тонкой линзы

#### Задача

Человек, страдающий дальнозоркостью, рассматривает предмет, находящийся на расстоянии  $d=20$  см перед его глазами. При этом изображение предмета оказывается смещенным за поверхность сетчатки глаза на расстояние  $\delta= 2,2$  м. Определить оптическую силу  $D$  контактной линзы, устраняющей это смещение. Считать, что оптическая система глаза – это тонкая линза с фокусным расстоянием  $F= 2$  см, а контактная линза вплотную примыкает к ней.

#### Решение

Обозначим через  $b$  расстояние от хрусталика до сетчатки глаза. Формирование изображения глазом, имеющим дефект дальнозоркости, происходит не на сетчатке, а несколько дальше. Наличие контактной линзы (в данном случае собирающей) устраняет этот недостаток. Учитывая, что оптическая сила системы «глаз + контактная линза» равна  $\frac{1}{F} + D$ , по формуле тонкой линзы имеем:  $\frac{1}{d} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} + D$ . Поскольку расстояние от хрусталика до изображения предмета в отсутствие контактной линзы равно  $b + \delta$ , формула тонкой линзы для этого случая имеет вид:  $\frac{1}{d} + \frac{1}{b + \delta} = \frac{1}{F}$ .

Исключая из этих соотношений  $b$ , получаем ответ:  $D = \frac{\delta (d-F)^2}{dF (dF + F\delta - d\delta)} \approx 5$  дптр.

Ответ: 5 дптр.

#### Подсчет баллов

(5 баллов - освоил) Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:

1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – формула тонкой линзы);

2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ.

(4 балла - освоил) Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:

– в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка;

или

– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены;

или

– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде;

или

– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.

(3 балла - освоил) Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:

– представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа;

или

– в исходной формуле, необходимой для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

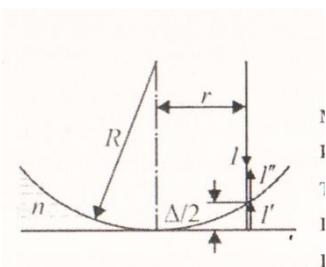
(2 балла – не освоил) Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 3, 4, 5 баллов.

#### Тема 4. Решение задач повышенного уровня на законы дифракции и интерференции

##### Задача

Интерференционная картина «кольца Ньютона» наблюдается в отраженном монохроматическом свете с длиной волны  $\lambda = 0,63$  мкм. Интерференция возникает в заполненном бензолом тонком зазоре между выпуклой поверхностью плоско-выпуклой линзы и плоской стеклянной пластинкой. Найти радиус первого (внутреннего) темного кольца, если радиус кривизны поверхности линзы  $R = 10$  м, а показатели преломления линзы и пластинки одинаковы и превышают показатель преломления бензола, равный  $n = 1,5$ . Свет падает по нормали к пластинке.

##### Решение



Сделаем рисунок. Обозначим через  $\Delta$  геометрическую разность хода двух лучей, идущих на расстоянии  $r$  от главной оптической оси линзы: луча  $1'$ , отраженного от верхней поверхности стеклянной пластинки, и луча  $1''$ , отраженного от нижней поверхности линзы. По теореме Пифагора имеем:  $R^2 = r^2 + (R - \Delta/2)^2$ . Отсюда  $R\Delta = r^2 + \Delta^2/4$ . Учитывая, что  $\Delta^2/4 \ll r^2$ , приближенно получаем  $\Delta \approx \frac{r^2}{R}$ . Поскольку волны  $1$  и  $1'$  распространяются в бензоле, заполняющем зазор между линзой и пластинкой, оптическая разность хода между волнами  $1'$  и  $1''$  равна  $\Delta_{\text{опт}} = n\Delta = \frac{nr^2}{R}$ . Дополнительный фазовый набег, равный  $\pi$ , волна  $1'$  приобретает при отражении волны  $1$  от оптически более плотной среды. Таким образом, условие первого интерференционного минимума имеет вид:

$$\Delta_{\text{опт}} + \frac{\lambda}{2} = \frac{3}{2}\lambda. \text{ Объединяя записанные выражения, получаем ответ: } r = \sqrt{\frac{\lambda R}{n}} \approx 2 \text{ мм.}$$

Ответ: 2 мм.

##### Подсчет баллов

(5 баллов - освоил) Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:

1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – закон интерференции, теорема Пифагора);

2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ;

3) записано выражение: при отражении волны от оптически более плотной среды возникает дополнительный набег фазы, равный  $\pi$ ;

4) сделан рисунок и даны пояснения.

(4 балла - освоил) Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:

– в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка;

или

– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены;

или

– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде;

или

- не даны пояснения к рисунку

или

– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.

(3 балла - освоил) Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:

– представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа;

или

– в исходной формуле, необходимой для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи;

или

- нет рисунка или пояснения к нему.

(2 балла – не освоил) Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 3, 4, 5 баллов.

ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Багаутдинова Д.Р. Дидактические материалы для реализации элективного курса «Решение задач повышенного уровня сложности по теме «Оптика»: Сборник материалов. – На правах рукописи. – Клявлино, 2015.

Тема 1. Решение задач на закон Рэлея

*Лекция*

Информационные источники

1. Савельев И.В. Курс общей физики. – М.: Астрель, 2001. Книга 4. Волны. Оптика. – С.230-232.
2. Тарасов Л.В. Физика в природе. – М.: Просвещение, 1988. – С.20-24.
3. Эллиот Л., Уилкоккс У. Объективное и субъективное восприятие цвета. Физика. – М., 2002.

*Презентация 1*



Слайд 1



Слайд 2



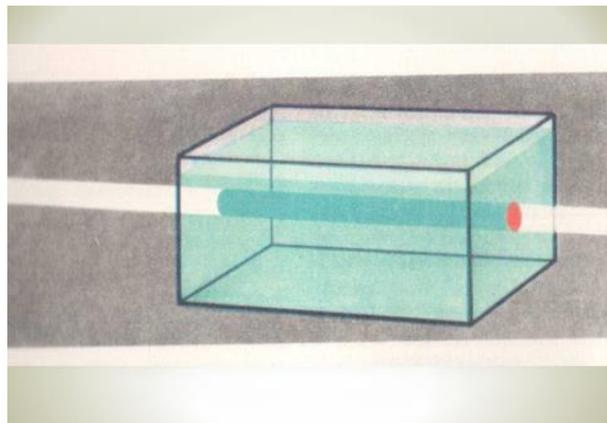
Слайд 3



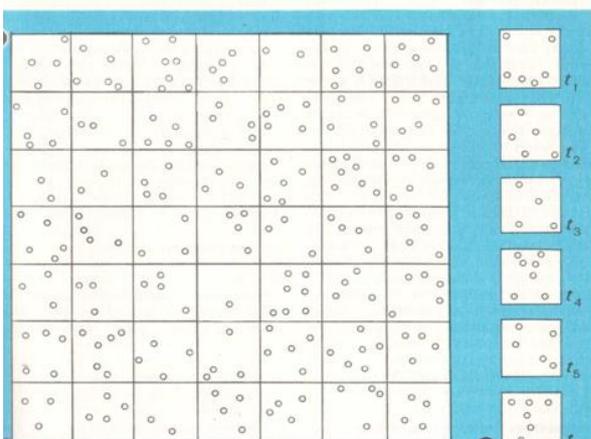
Слайд 4



Слайд 5



Слайд 6



Слайд 7

*Эксперимент «Исследование зависимости интенсивности рассеянного света от частоты света»*

Если направить на стенку аквариума с мутной водой слабо расходящийся узкий пучок света, можно наблюдать голубоватый оттенок у рассеянного света. Свет же, прошедший сквозь аквариум, приобретает красноватый оттенок. Это можно объяснить, если предположить, что синий свет рассеивается сильнее, чем красный.

Тема 2. Решение задач повышенного уровня на законы геометрической оптики

*Лекция*

Информационные источники

1. Булат В.Л. Оптические явления в природе. – М.: Просвещение, 2000.
2. Бурова С.А. Необычные природные явления. – Физика (газета издательского дома «Просвещение»). – №30. – 2003.
3. Вишнякова Е.А. Отличник ЕГЭ. – М.: Интеллект-Центр, 2012.
4. Монастырский Л.М., Богатин А.С., Игнатова Ю.А. Физика. Задания высокого уровня сложности. Ростов-на-Дону: Легион, 2012.
5. Оптические явления в природе // АИФ. Детская энциклопедия №3(113) от 21.03.2005.
6. Проклова В.Ю. Оптические явления в природе. – Физика (газета издательского дома «Просвещение»). – №2. – 2005.
7. Тарасов Л.В. Физика в природе. – М.: Просвещение, 1988. – С.24-44, 131-140.
8. Энциклопедический словарь юного физика. – М.: Педагогика, 2002.

*Презентация 2*



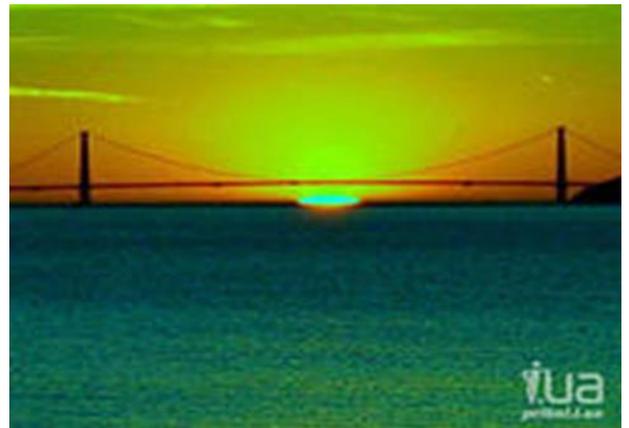
Слайд 1



Слайд 2



Слайд 3



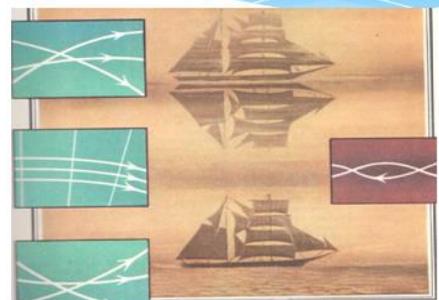
Слайд 4

Презентация 3



Слайд 1

Пустыня мертвая пылает, но не дышит.  
Блестит сухой песок, как желтая парча,  
И даль небес желта и так же горяча,  
Мираж струится в ней и сказки жизни пишет.  
А. М. Федоров



Слайд 2



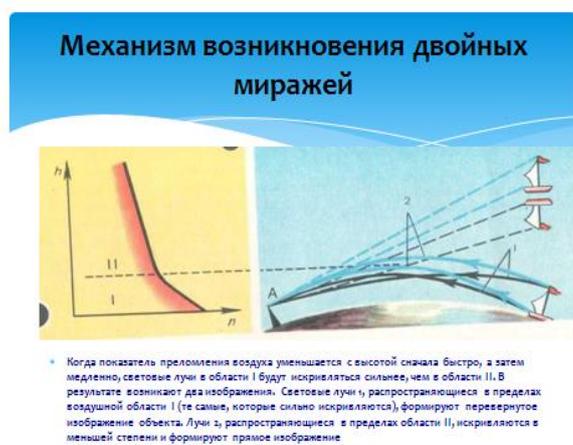
Слайд 3



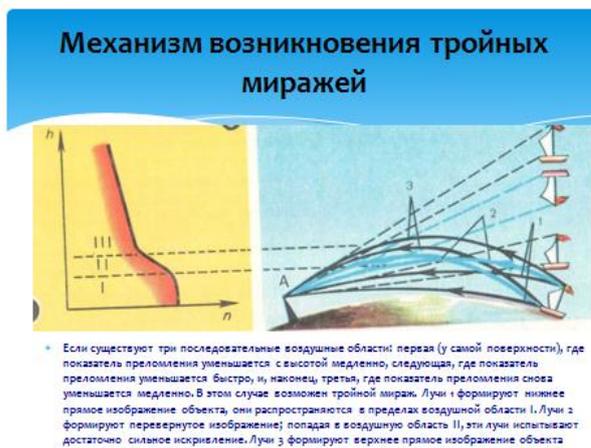
Слайд 4



Слайд 5



Слайд 6



Слайд 7



Слайд 8

**«Фата – Моргана»** К. Д. Бальмонт



- \* Фата – Моргана,
- \* Замки, узоры, цветы и цвета,
- \* Сказки, где каждая краска, черта
- \* С каждой секундой – не та.
- \* Фата – Моргана
- \* Явственно светит лишь тем, кто, внимательный, рано
- \* Утром, едва только солнце взойдет, Глянет с высокого камня на море...
- \* Правда ль тут будет, неправда ль обмана,
- \* Только роскошной цветной пеленой
- \* Быстро возникнет пред ним над волной
- \* Фата – Моргана.

Слайд 9

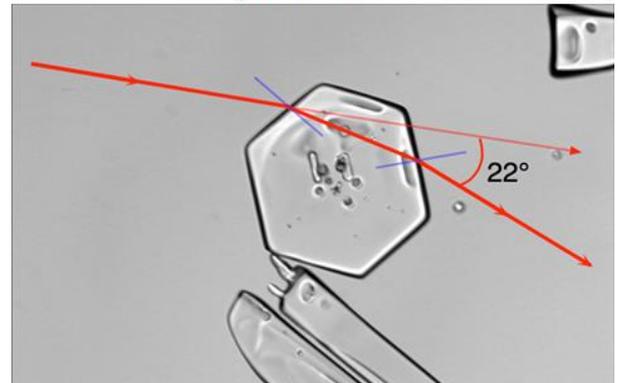
Презентация 4

# Гало



Слайд 1

Преломление света на ледяных кристаллах

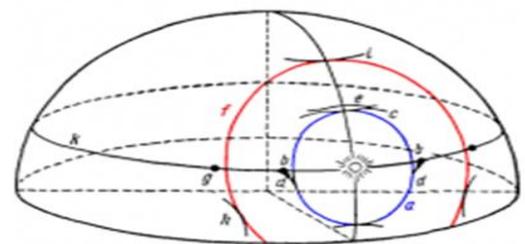


Слайд 2

Как отличить гало от радуги?

- **Радуга**
- радугу наблюдают стоя спиной к солнцу
- радуга полноцветная, в ней есть все цвета спектра (Каждый Охотник Желает Знать Где Сидит Фазан)
- **Гало**
- гало (кроме нескольких редких видов) наблюдается около солнца
- в большинстве случаев гало слабо окрашено, присутствует только **красный** и **оранжевый** цвета, остальные видны хуже; в редких случаях гало бывает полноцветным

Слайд 3



Слайд 4



Слайд 5



Слайд 6

*Эксперимент «Искривление светового луча в оптически неоднородной среде»*

1. Наполним аквариум прямоугольной формы водой примерно до половины.
2. Через воронку со шлангом, конец которого надо опустить до самого дна, медленно наливать насыщенный раствор поваренной соли (300 г на литр воды).
3. Вследствие диффузии между жидкостями через некоторое время образуется переходный слой с плавно изменяющейся в вертикальном направлении плотностью, а значит, и показателем преломления
4. Чтобы световой луч был хорошо виден в жидкости, можно предварительно добавить в чистую воду и в солевой раствор щепотку хвойного концентрата, слабый раствор которого обладает способностью светиться зеленым светом (люминесцировать) под действием обычного (белого) света.
5. Через боковую стенку аквариума направим внутрь жидкости узкий световой луч, чтобы он шел снизу вверх под некоторым углом к вертикали. (Световой луч будет изгибаться; его направление будет приближаться к горизонтальному).
6. Направим луч сверху вниз под углом к вертикали (Угол луча с вертикалью будет уменьшаться).
7. Луч входит в аквариум строго горизонтально (Луч изгибается книзу).
8. Вывод: в оптически неоднородной среде световой луч изгибается так, что его траектория всегда оказывается обращена выпуклостью в сторону уменьшения показателя преломления среды.

*Решение задач*

Задачник	№ задачи
Вишнякова Е.А. Отличник ЕГЭ. – М.: Интеллект-Центр, 2012.	3.6.1 – 3.6.13
Монастырский Л.М., Богатин А.С., Игнатова Ю.А. Физика. Задания высокого уровня сложности. – Ростов-на-Дону: Легион, 2012.	Задача №1 с.46, Задача №2 с.47

Тема 3. Решение задач повышенного уровня на формулу тонкой линзы

*Лекция*

Информационные источники

1. Вишнякова Е.А. Отличник ЕГЭ. – М.: Интеллект-Центр, 2012.
2. Вопросы современной физики / В.В.Стручков, Б.М.Яворский. – М.: Просвещение, 1995.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. – М.: Астрель, 2001. Книга 4. Волны. Оптика. – С.81-92.
4. Саранин В.А. Физика. Сборник задач повышенной сложности для подготовки к ЕГЭ и олимпиадам. – Ростов-на-Дону: Легион, 2014.

Багаутдинова Д.Р. Решение задач повышенного уровня сложности по теме «Оптика»

5. Физика 10-11 класс / Под ред. А.А.Пинского. – М.: Просвещение, 2003.
6. Хрестоматия по физике / Под ред. Б.И.Спасского. – М.: Просвещение, 2000.

*Решение задач*

<b>Задачники</b>	<b>№ задачи</b>
Вишнякова Е.А. Отличник ЕГЭ. – М.: Интеллект-Центр, 2012.	3.6.14-3.6.19, 3.6.21-3.6.22
Саранин В.А. Физика. Сборник задач повышенной сложности для подготовки к ЕГЭ и олимпиадам. – Ростов-на-Дону: Легион, 2014.	3.6, 3.8 (с.179); 3.18 (с.184); 4.1 (с.187); 4.4 (с.188)

Тема 4. Решение задач повышенного уровня на законы дифракции и интерференции

*Лекция*

Информационные источники

1. Вишнякова Е.А. Отличник ЕГЭ. – М.: Интеллект-Центр, 2012.
2. Вопросы современной физики / В.В.Стручков, Б.М.Яворский. – М.: Просвещение, 1995.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. – М.: Астрель, 2001. Книга 4. Волны. Оптика. – С.93-213.
4. Саранин В.А. Физика. Сборник задач повышенной сложности для подготовки к ЕГЭ и олимпиадам. – Ростов-на-Дону: Легион, 2014.
5. Физика 10-11 класс / Под ред. А.А.Пинского. – М.: Просвещение, 2003.
6. Хрестоматия по физике / Под ред. Б.И.Спасского. – М.: Просвещение, 2000.

**2. Решение задач**

<b>Задачники</b>	<b>№ задачи</b>
Вишнякова Е.А. Отличник ЕГЭ. – М.: Интеллект-Центр, 2012.	3.6.24-3.6.26
Саранин В.А. Физика. Сборник задач повышенной сложности для подготовки к ЕГЭ и олимпиадам. – Ростов-на-Дону: Легион, 2014.	7.1 (с.204); 7.3 (с.206); 7.5 (с.207); 7.7 (с.208)