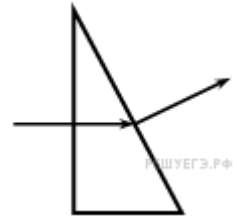


**Комплекс тестовых заданий по разделу «Оптика»  
для подготовки к ЕГЭ по физике**

**Часть 1**

*При выполнении заданий части 1 запишите номер выполняемого задания, а затем номер выбранного ответа или ответ. Единицы физических величин писать не нужно.*

1. Ученик выполнил задание: «Нарисовать ход луча света, падающего из воздуха перпендикулярно поверхности стеклянной призмы треугольного сечения» (см. рисунок). При построении он



- 1) ошибся при изображении хода луча только при переходе из воздуха в стекло
- 2) правильно изобразил ход луча на обеих границах раздела сред
- 3) ошибся при изображении хода луча на обеих границах раздела сред
- 4) ошибся при изображении хода луча только при переходе из стекла в воздух

2. При переходе луча света из одной среды в другую угол падения равен  $30^\circ$ , а угол преломления  $60^\circ$ . Каков относительный показатель преломления первой среды относительно второй?

- 1) 0,5
- 2)  $\frac{1}{\sqrt{3}}$
- 3) 2
- 4)  $\sqrt{3}$

3. Световой луч падает на границу раздела двух сред: воздух — стекло. Какое направление — 1, 2, 3, или 4 — правильно указывает ход преломленного луча?

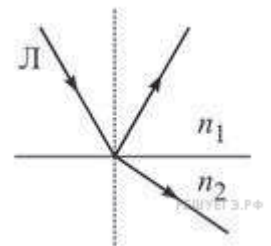


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

4. Если свет идет из среды, имеющей абсолютный показатель преломления  $n_1$  и скорость света в которой  $v_1$ , в среду с абсолютным показателем преломления  $n_2$  и скоростью света  $v_2$ , то отношение синуса угла падения к синусу угла преломления равно

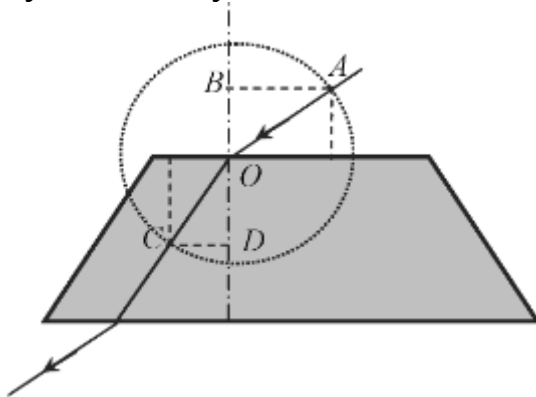
- 1)  $\frac{n_1}{n_2}$
- 2)  $\frac{v_2}{v_1}$
- 3)  $\frac{v_1}{v_2}$
- 4) ответить на вопрос по этим данным невозможно

5. На рисунке показан ход светового луча Л после его падения на границу раздела двух сред с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$ . Из рисунка следует, что



- 1)  $n_1 > n_2$
- 2)  $n_1 < n_2$
- 3)  $n_1 = n_2$
- 4) может быть как  $n_1 > n_2$ , так и  $n_1 < n_2$

6. На рисунке показан ход светового луча сквозь стеклянную призму, находящуюся в воздухе.



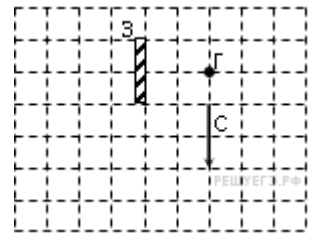
Если точка  $O$  — центр окружности, то показатель преломления стекла  $n$  равен

- 1)  $\frac{CD}{AB}$
- 2)  $\frac{AO}{CD}$
- 3)  $\frac{AB}{CD}$
- 4)  $\frac{OB}{OD}$

7. Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отраженным лучами равен  $30^\circ$ . Угол между отраженным лучом и зеркалом равен

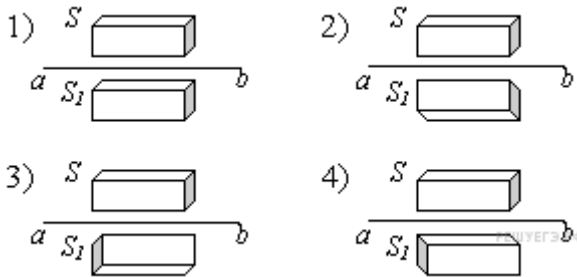
- 1)  $75^\circ$
- 2)  $115^\circ$
- 3)  $30^\circ$
- 4)  $15^\circ$

8. В плоском зеркале  $Z$  наблюдается изображение стрелки  $C$ , глаз находится в точке  $\Gamma$ . Какая часть изображения стрелки видна глазу?



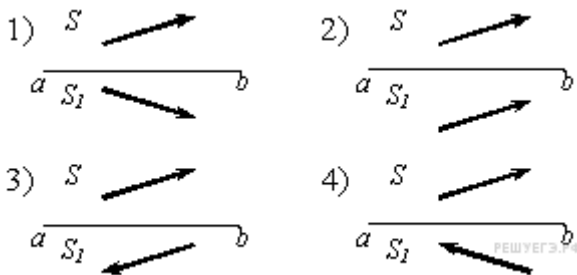
- 1) вся стрелка
- 2)  $\frac{1}{2}$
- 3)  $\frac{1}{4}$
- 4) не видна вообще

9. Предмет  $S$  отражается в плоском зеркале  $ab$ . Изображение предмета  $S_1$  верно показано на рисунке



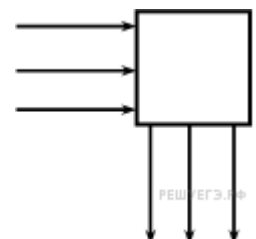
- 1) 1    2) 2    3) 3    4) 4

10. Предмет  $S$  отражается в плоском зеркале  $ab$ . Изображение предмета  $S_1$  верно показано на рисунке



- 1) 1    2) 2    3) 3    4) 4

11. Пройдя некоторую оптическую систему, параллельный пучок света поворачивается на  $90^\circ$  (см. рисунок). Оптическая система в простейшем случае представляет собой

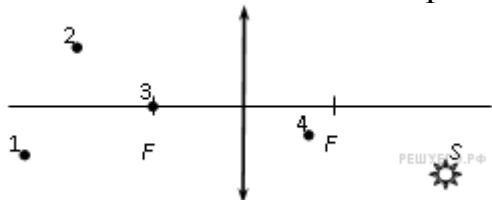


- 1) собирающую линзу
- 2) рассеивающую линзу
- 3) плоское зеркало
- 4) матовую пластинку

12. Могут ли линзы давать мнимые изображения предметов?

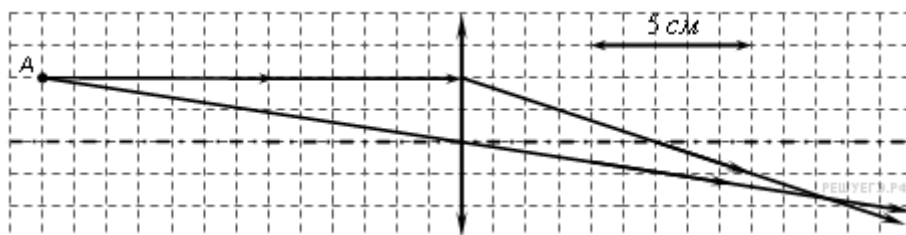
- 1) могут только собирающие линзы
- 2) могут только рассеивающие линзы
- 3) могут собирающие и рассеивающие линзы
- 4) никакие линзы не могут давать мнимые изображения.

13. Какая из точек (1, 2, 3 или 4), показанных на рисунке, является изображением точки  $S$  в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием  $F$ ?



- 1) точка 1
- 2) точка 2
- 3) точка 3
- 4) точка 4

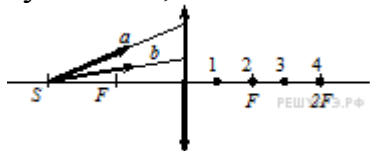
14. На рисунке показан ход лучей от точечного источника света  $A$  через тонкую линзу.



Оптическая сила линзы приблизительно равна

- 1) 17 дптр
- 2) 10 дптр
- 3) 8 дптр
- 4) -8 дптр

15. От точечного источника света  $S$ , находящегося на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии  $2F$  от нее, распространяются два луча  $a$  и  $b$ , как показано на рисунке.



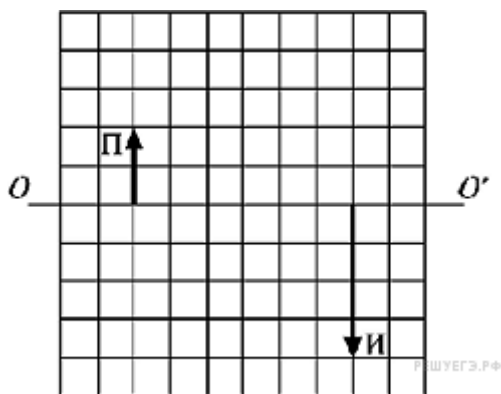
После преломления линзой эти лучи пересекутся в точке

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

16. На сетчатке глаза изображение предметов получается

- 1) увеличенным прямым
- 2) увеличенным перевернутым
- 3) уменьшенным прямым
- 4) уменьшенным перевернутым

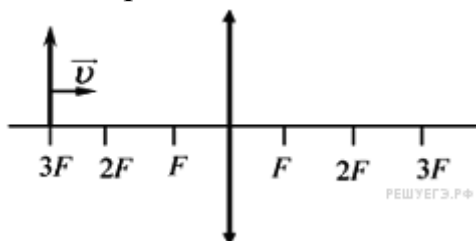
17. На рисунке показаны предмет П и его изображение И, даваемое тонкой собирающей линзой с главной оптической осью  $OO'$ .



Чему равно даваемое этой линзой увеличение?

- 1) 0,5    2) 2    3) 4    4) 0,25

18. Предмет, расположенный на тройном фокусном расстоянии от тонкой собирающей линзы, передвигают к двойному фокусу (см. рисунок). Его изображение при этом движется



- 1) движется от фокуса к двойному фокусу  
 2) не перемещается  
 3) движется от положения на расстоянии  $1,5F$  от линзы к двойному фокусу  
 4) движется от положения на расстоянии  $1,5F$  от линзы к фокусу

19. После прохождения белого света через красное стекло свет становится красным. Это происходит из-за того, что световые волны других цветов в основном

- 1) отражаются            2) рассеиваются  
 3) поглощаются        4) преломляются

20. Изменяется ли частота и длина волны света при его переходе из воды в вакуум?

- 1) длина волны уменьшается, частота увеличивается  
 2) длина волны увеличивается, частота уменьшается  
 3) длина волны уменьшается, частота не изменяется  
 4) длина волны увеличивается, частота не изменяется

21. Сложение в пространстве когерентных волн, при котором образуется постоянное во времени пространственное распределение амплитуд результирующих колебаний, называется

- 1) интерференцией    2) поляризацией  
3) дисперсией            4) преломление

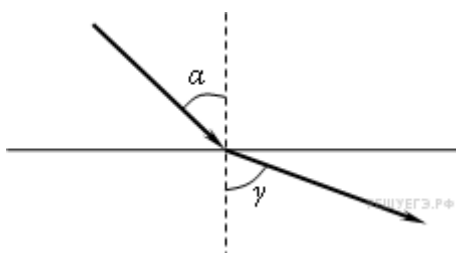
22. Непрозрачный круг освещается точечным источником света и отбрасывает круглую тень на экран. Определите диаметр тени, если диаметр круга 0,1 м. Расстояние от источника света до круга в 3 раза меньше, чем расстояние от источника до экрана.

- 1) 0,03 м    2) 0,1 м  
3) 0,3 м    4) 3 м

23. Солнце находится над горизонтом на высоте  $45^\circ$ . Определите длину тени, которую отбрасывает вертикально стоящий шест высотой 1 м.

- 1) 0,45 м    2) 1 м  
3) 2 м        4) 0,5 м

24. Световой пучок выходит из стекла в воздух (см. рисунок).



Что происходит при этом с частотой электромагнитных колебаний в световой волне, скоростью их распространения, длиной волны?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается;  
2) уменьшается;  
3) не изменяется.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота	Скорость	Длина волны

25. Предмет находится перед собирающей линзой между фокусным и двойным фокусным расстоянием. Как изменятся расстояние от линзы до его изображения, линейный размер изображения предмета и вид изображения (мнимое или действительное) при перемещении предмета на расстояние больше двойного фокусного ( $d > 2F$ )?

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИЗМЕНЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ
А) Расстояние от линзы до изображения предмета	1) Увеличивается
Б) Линейный размер изображения предмета	2) Уменьшается
В) Вид изображения предмета	3) Не изменится

А	Б	В

Из рисунка видно, что линейные размеры предмета и изображения связаны с расстояниями от предмета и изображения до линзы соотношением  $\frac{H}{h} = \frac{f}{d}$ . Таким образом, при удалении предмета, линейный размер изображения будет уменьшаться (Б — 2).

26. Пучок света переходит из воздуха в стекло. Частота световой волны  $\nu$ , скорость света в воздухе  $c$ , показатель преломления стекла относительно воздуха  $n$ . Установите соответствие между физическими величинами и комбинациями других величин, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите нужную позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	РАВНЫЕ ИМ КОМБИНАЦИИ ДРУГИХ ВЕЛИЧИН
А) Скорость света в стекле	1) $cn$
Б) Длина волны света в стекле	2) $c\nu$
	3) $c/n$
	4) $c/(n\nu)$

А	Б

27. Первый источник света расположен на расстоянии  $L_1$  от точки А, а второй на расстоянии  $L_2$  от точки А. Источники когерентны и синфазные и испускают свет с частотой  $\nu$ .

Установите соответствие между физическими явлениями и условиями, при наблюдении которых эти явления можно наблюдать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	УСЛОВИЯ НАБЛЮДЕНИЯ
А) Наблюдение в точке А максимума интерференционной картины Б) Наблюдение в точке А минимума интерференционной картины	1) $L_1 - L_2 = \frac{mc}{\nu}$ , где $m$ — целое число 2) $L_1 + L_2 = \frac{mc}{\nu}$ , где $m$ — целое число 3) $L_1 - L_2 = \frac{(2m-1)c}{2\nu}$ , где $m$ — целое число 4) $L_1 + L_2 = \frac{(2m-1)c}{2\nu}$ , где $m$ — целое число

А	Б



## Часть 2

**При выполнении заданий части 2 запишите номер выполняемого задания, а затем полное обоснованное решение и ответ.**

**28.** Карандаш высотой 9 см расположен перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 50 см от линзы. Оптическая сила линзы 5 дптр. Чему равна высота изображения карандаша? Ответ приведите в м.

**29.** Дифракционная решетка с периодом  $10^{-5}$  м расположена параллельно экрану на расстоянии 1,8 м от него. Между решеткой и экраном вплотную к решетке расположена линза, которая фокусирует свет, проходящий через решетку, на экране. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 21 см от центра дифракционной картины при освещении решетки нормально падающим пучком света длиной волны 580 нм? Угол отклонения лучей решеткой  $\alpha$  считать малым, так что  $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha \approx \alpha$ .

**30.** На дифракционную решетку с периодом 0,004 мм падает по нормали плоская монохроматическая волна. Количество дифракционных максимумов, наблюдаемых с помощью этой решетки, равно 19. Какова длина волны света? Ответ приведите в нм.

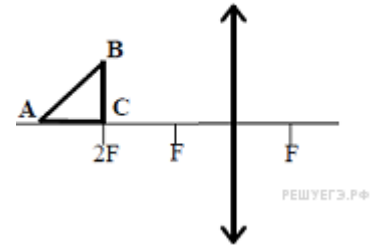
**31.** Линза с фокусным расстоянием  $F = 0,3$  м даёт на экране изображение предмета, увеличенное в 3 раза. Каково расстояние от линзы до изображения? Ответ приведите в метрах.

**32.** На экране наблюдается спектр с помощью дифракционной решетки, имеющей 500 штрихов на миллиметр. Расстояние от решетки до экрана  $l = 40$  см. Спектральная линия в спектре первого порядка отклоняется на расстоянии  $a = 9$  см от центра экрана. Определите длину волны наблюдаемой спектральной линии.

**33.** Для наблюдения явления интерференции света используется точечный источник света и небольшой экран с двумя малыми отверстиями у глаза наблюдателя. Оцените максимальное расстояние  $d$  между малыми отверстиями в экране, при котором может наблюдаться явление интерференции света. Разрешающая способность глаза равна  $1'$ , длина световой волны  $5,8 \cdot 10^{-7}$  м.

**34.** Бассейн глубиной 4 м заполнен водой, относительный показатель преломления на границе воздух-вода 1,33. Какой кажется глубина бассейна наблюдателю, смотрящему в воду вертикально вниз?

35. Равнобедренный прямоугольный треугольник  $ABC$  площадью  $50 \text{ см}^2$  расположен перед тонкой собирающей линзой так, что его катет  $AC$  лежит на главной оптической оси линзы. Фокусное расстояние линзы  $50 \text{ см}$ . Вершина прямого угла  $C$  лежит ближе к центру линзы, чем вершина острого угла  $A$ . Расстояние от центра линзы до точки  $C$  равно удвоенному фокусному расстоянию линзы (см. рисунок). Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



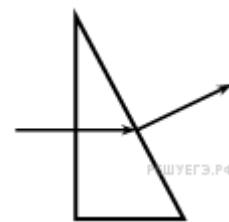
36. В телескопе установлен объектив с фокусным расстоянием  $1,5 \text{ м}$  и окуляр фокусным расстоянием  $6 \text{ см}$ . Найдите диаметр изображения Солнца, который можно получить с помощью этого телескопа, если есть возможность отнести экран от окуляра не далее, чем на  $1,5 \text{ м}$ . Угловой диаметр Солнца  $30'$ .

37. У самой поверхности воды в реке летит комар, стая рыб находится на расстоянии  $2 \text{ м}$  от поверхности воды. Каково максимальное расстояние до комара, на котором он еще виден рыбам на этой глубине? Относительный показатель преломления света на границе воздух-вода равен  $1,33$

38. На дифракционную решетку с периодом  $d = 2 \text{ мкм}$  нормально падает пучок света, состоящий из фотонов с импульсом  $p = 1,32 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ . Под каким углом  $\varphi_k$  направлению падения пучка наблюдается дифракционный максимум второго порядка?

## Возможные решения тестовых заданий

1. Ученик выполнил задание: «Нарисовать ход луча света, падающего из воздуха перпендикулярно поверхности стеклянной призмы треугольного сечения» (см. рисунок). При построении он



- 1) ошибся при изображении хода луча только при переходе из воздуха в стекло
- 2) правильно изобразил ход луча на обеих границах раздела сред
- 3) ошибся при изображении хода луча на обеих границах раздела сред
- 4) ошибся при изображении хода луча только при переходе из стекла в воздух

### Решение.

Поскольку луч света падает перпендикулярно поверхности стеклянной призмы, он не претерпевает преломления. Следовательно, ученик правильно изобразил ход луча при переходе из воздуха в стекло. Угол падения луча на вторую границу уже отличен от нуля, а значит, луч испытывает преломление согласно закону Снеллиуса. При построении преломленного луча ученик допустил ошибку, он нарисовал его перпендикулярно поверхности, что неверно. Таким образом, ученик ошибся при изображении хода луча только при переходе из стекла в воздух.

Правильный ответ: 4.

2. При переходе луча света из одной среды в другую угол падения равен  $30^\circ$ , а угол преломления  $60^\circ$ . Каков относительный показатель преломления первой среды относительно второй?
- 1) 0,5
  - 2)  $\frac{1}{\sqrt{3}}$
  - 3) 2
  - 4)  $\sqrt{3}$

### Решение.

Согласно закону преломления Снеллиуса, относительный показатель преломления второй среды относительно первой связан с синусами углов падения и преломления связаны с соотношением

$$n_{21} = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}.$$

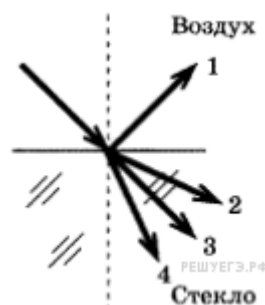
Следовательно, относительный показатель преломления первой среды относительно второй равен

$$n_{12} = \frac{1}{n_{21}} = \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}/2}{1/2} = \sqrt{3}.$$

Правильный ответ: 4.

3. Световой луч падает на границу раздела двух сред: воздух — стекло. Какое направление — 1, 2, 3, или 4 — правильно указывает ход преломленного луча?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4



**Решение.**

Стекло является средой оптически более плотной, чем воздух, поэтому, со-

гласно закону Снеллиуса ( $\frac{\sin \alpha_{\text{пад}}}{\sin \beta_{\text{прел}}} = n$ ), угол преломления должен быть меньше, чем угол падения. Следовательно, правильное направление преломленного луча показано под цифрой 4.

Правильный ответ: 4.

4. Если свет идет из среды, имеющей абсолютный показатель преломления  $n_1$  и скорость света в которой  $v_1$ , в среду с абсолютным показателем преломления  $n_2$  и скоростью света  $v_2$ , то отношение синуса угла падения к синусу угла преломления равно

- 1)  $\frac{n_1}{n_2}$
- 2)  $\frac{v_2}{v_1}$
- 3)  $\frac{v_1}{v_2}$
- 4) ответить на вопрос по этим данным невозможно

**Решение.**

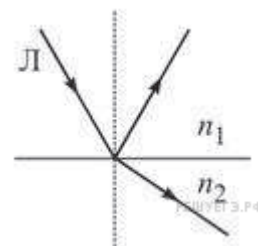
Скорость света в среде связана с ее абсолютным показателем преломления и скоростью света в вакууме соотношением  $nv = c$ . По закону преломления Снеллиуса, отношение синусов угла падения и угла отклонения равно

$$\frac{\sin \alpha_{\text{пад}}}{\sin \alpha_{\text{прел}}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c/v_2}{c/v_1} = \frac{v_1}{v_2}.$$

Правильный ответ: 3.

5. На рисунке показан ход светового луча Л после его падения на границу раздела двух сред с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$ . Из рисунка следует, что

- 1)  $n_1 > n_2$
- 2)  $n_1 < n_2$
- 3)  $n_1 = n_2$
- 4) может быть как  $n_1 > n_2$ , так и  $n_1 < n_2$



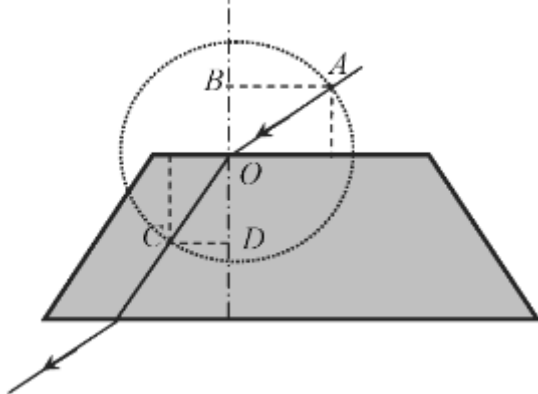
**Решение.**

Синус угла падения  $\alpha$  и синус угла преломления  $\beta$  связаны друг с другом следующим соотношением (закон преломления Снеллиуса):  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$ . Из рисунка

видно, что  $\alpha < \beta$ , следовательно,  $\frac{n_2}{n_1} < 1 \Leftrightarrow n_1 > n_2$ . Свет переходит в оптически менее плотную среду.

Правильный ответ: 1.

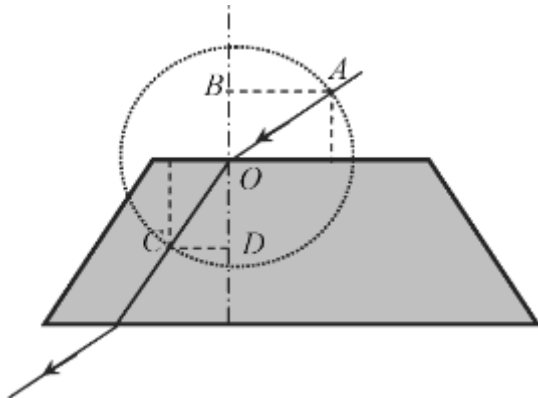
6. На рисунке показан ход светового луча сквозь стеклянную призму, находящуюся в воздухе.



Если точка  $O$  — центр окружности, то показатель преломления стекла  $n$  равен

- 1)  $\frac{CD}{AB}$    2)  $\frac{AO}{CD}$    3)  $\frac{AB}{CD}$    4)  $\frac{OB}{OD}$

**Решение.**



Согласно закону преломления Снеллиуса, показатель преломления стекла связан с углом падения и углом преломления соотношением

$$n = \frac{\sin \angle AOB}{\sin \angle COD} = \frac{AB \cdot OC}{AO \cdot CD}.$$

Поскольку  $AO = OC$ , показатель преломления стекла равен  $n = \frac{AB}{CD}$ .

Правильный ответ: 3

7. Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отраженным лучами равен  $30^\circ$ . Угол между отраженным лучом и зеркалом равен  
 1)  $75^\circ$  2)  $115^\circ$  3)  $30^\circ$  4)  $15^\circ$

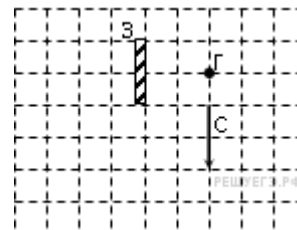
**Решение.**

Угол падения равен углу отражения:  $\alpha_{\text{пад}} = \beta_{\text{отр}}$ . По условию, угол между падающим и отраженным лучами равен  $30^\circ$ :  $\alpha_{\text{пад}} + \beta_{\text{отр}} = 30^\circ$ . Следовательно, угол отражения равен  $15^\circ$ . Отсюда находим угол между отраженным лучом и зеркалом:  $90^\circ - 15^\circ = 75^\circ$ .

Правильный ответ: 1.

8. В плоском зеркале  $Z$  наблюдается изображение стрелки  $C$ , глаз находится в точке  $\Gamma$ . Какая часть изображения стрелки видна глазу?

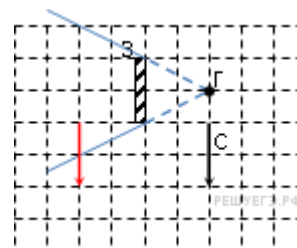
- 1) вся стрелка  
 2)  $\frac{1}{2}$   
 3)  $\frac{1}{4}$   
 4) не видна вообще



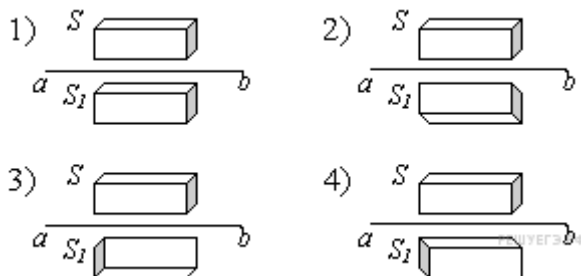
**Решение.**

На рисунке построено изображение стрелки  $C$  в плоском зеркале и обозначена область, которая видна глазу в зеркале из точки  $\Gamma$ . Из рисунка ясно, что глазу видна половина стрелки.

Правильный ответ: 2.



9. Предмет  $S$  отражается в плоском зеркале  $ab$ . Изображение предмета  $S_1$  верно показано на рисунке



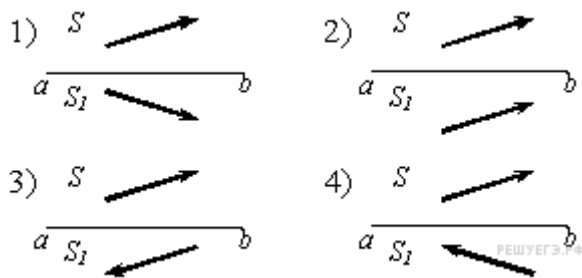
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

**Решение.**

Изображение объекта, полученное с помощью плоского зеркала, расположено симметрично объекту относительно зеркала. Изображение  $S_1$  предмета  $S$  в плоском зеркале правильно показано на рисунке 2.

Правильный ответ: 2.

10. Предмет  $S$  отражается в плоском зеркале  $ab$ . Изображение предмета  $S_1$  верно показано на рисунке



1) 1    2) 2    3) 3    4) 4

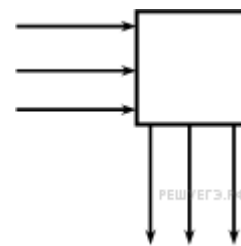
**Решение.**

Изображение объекта, полученное с помощью плоского зеркала, расположено симметрично объекту относительно зеркала. Изображение  $S_1$  предмета  $S$  в плоском зеркале правильно показано на рисунке 1.

Правильный ответ: 1.

11. Пройдя некоторую оптическую систему, параллельный пучок света поворачивается на  $90^\circ$  (см. рисунок). Оптическая система в простейшем случае представляет собой

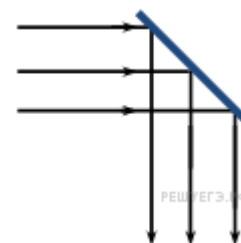
- 1) собирающую линзу
- 2) рассеивающую линзу
- 3) плоское зеркало
- 4) матовую пластинку



**Решение.**

Простейшей оптической системой, способной повернуть пучок света на  $90^\circ$  является плоское зеркало.

Правильный ответ: 3.



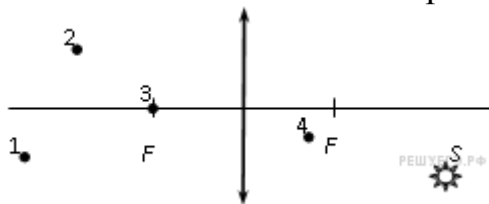
12. Могут ли линзы давать мнимые изображения предметов?

- 1) могут только собирающие линзы
- 2) могут только рассеивающие линзы
- 3) могут собирающие и рассеивающие линзы
- 4) никакие линзы не могут давать мнимые изображения.

**Решение.**

Рассеивающие линзы всегда дают мнимое изображение. Собирающие линзы также могут давать мнимое изображение, для этого предмет должен быть приближен к линзе на расстояние меньшее, чем фокусное. Верно утверждение 3.

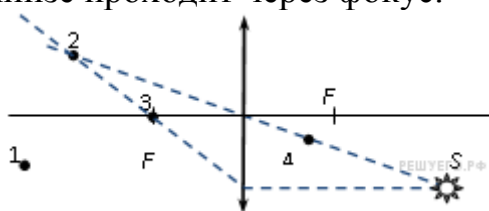
13. Какая из точек (1, 2, 3 или 4), показанных на рисунке, является изображением точки  $S$  в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием  $F$ ?



- 1) точка 1    2) точка 2    3) точка 3    4) точка 4

**Решение.**

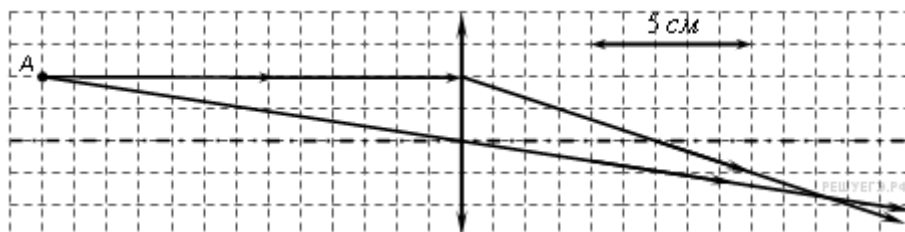
Построим изображение точки  $S$  в тонкой собирающей линзе. Луч, проходящий через оптический центр линзы, не меняет своего направления. Луч, направленный параллельно главной оптической оси, после преломления в линзе проходит через фокус.



Из рисунка видно, что изображением точки  $S$  является точка 2.

Правильный ответ: 2.

14. На рисунке показан ход лучей от точечного источника света  $A$  через тонкую линзу.



Оптическая сила линзы приблизительно равна

- 1) 17 дптр    2) 10 дптр    3) 8 дптр    4) -8 дптр

**Решение.**

Оптическая сила линзы обратно пропорциональна фокусному расстоянию:

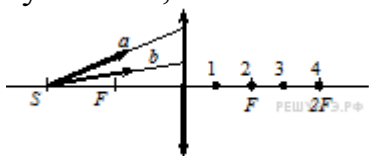
$D = \frac{1}{F}$ . Определим фокусное расстояние. Луч, параллельный главной оптической оси, после преломления в тонкой линзе пройдет через главный фокус. Из рисунка видно, что такой луч пересекает главную оптическую ось на расстоянии 6 клеток от линзы. Поскольку масштаб рисунка одна сторона клетки — 1 см, получаем, что  $F = 0,06$  м. Следовательно, оптическая сила линзы

равна приблизительно  $D = \frac{1}{0,06 \text{ м}} \approx 17$  дптр.

Правильный ответ: 1.



15. От точечного источника света  $S$ , находящегося на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии  $2F$  от нее, распространяются два луча  $a$  и  $b$ , как показано на рисунке.



После преломления линзой эти лучи пересекутся в точке

- 1) 1   2) 2   3) 3   4) 4

**Решение.**

Согласно формуле тонкой линзы, расстояние от предмета до линзы, расстояние от линзы до изображения и фокусное расстояние связаны соотношением  $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ . Источник света расположен на двойном фокусном расстоянии  $d = 2F$ . Следовательно, изображение этого источника также будет расположено на двойном фокусном расстоянии от линзы. Таким образом, лучи  $a$  и  $b$  после преломления линзой соберутся в точке 4.

Правильный ответ: 4.

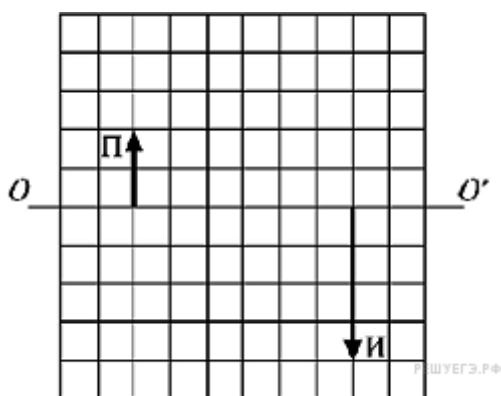
16. На сетчатке глаза изображение предметов получается

- 1) увеличенным прямым      2) увеличенным перевернутым  
3) уменьшенным прямым      4) уменьшенным перевернутым

**Решение.**

Оптическую систему глаза можно рассматривать как собирающую линзу с переменным фокусным расстоянием и неизменной «глубиной» (расстоянием от линзы до экрана), так как расстояние от хрусталика до сетчатки меняться не может. Поток излучения, отраженный от наблюдаемого предмета, проходит через оптическую систему глаза и фокусируется на сетчатке, образуя на ней перевернутое и уменьшенное изображение (мозг «переворачивает» обратное изображение, и оно воспринимается как прямое). Теоретически, собирающая линза может давать и увеличенное изображение, но глаз не может настолько сильно изменять фокусное расстояние, чтобы аккомодировать зрение на рассмотрение совсем близких предметов. Правильный ответ: 4.

17. На рисунке показаны предмет  $\Pi$  и его изображение  $\text{И}$ , даваемое тонкой собирающей линзой с главной оптической осью  $OO'$ .



Чему равно даваемое этой линзой увеличение?

- 1) 0,5    2) 2    3) 4    4) 0,25

**Решение.**

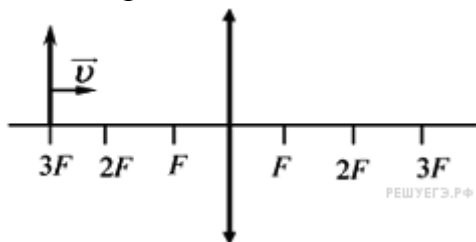
Из рисунка видно, что предмет и его изображение перпендикулярны главной оптической оси линзы. Увеличение линзы связано с поперечными размерами предмета и изображения соотношением

$$\Gamma = \frac{H_{\text{изобр}}}{H_{\text{предмет}}}$$

Из рисунка видно, что изображение в два раза длиннее, чем предмет, а значит, увеличение данной линзы равно 2.

Правильный ответ: 2.

**18.** Предмет, расположенный на тройном фокусном расстоянии от тонкой собирающей линзы, передвигают к двойному фокусу (см. рисунок). Его изображение при этом движется



- 1) движется от фокуса к двойному фокусу
- 2) не перемещается
- 3) движется от положения на расстоянии  $1,5F$  от линзы к двойному фокусу
- 4) движется от положения на расстоянии  $1,5F$  от линзы к фокусу

**Решение.**

Согласно формуле тонкой линзы, расстояние от предмета до линзы  $d$ , расстояние от линзы до изображения  $f$  и фокусное расстояние  $F$ , связаны соотношением

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Leftrightarrow f = \frac{Fd}{d-F}$$

Таким образом, в начальный момент изображение находится на расстоянии  $f_0 = \frac{F \cdot 3F}{3F - F} = \frac{3}{2}F$ . Конечное положение изображения:  $f_1 = \frac{F \cdot 2F}{2F - F} = 2F$ .

Правильный ответ: 3.

**19.** После прохождения белого света через красное стекло свет становится красным. Это происходит из-за того, что световые волны других цветов в основном

- 1) отражаются            2) рассеиваются
- 3) поглощаются        4) преломляются

**Решение.**

Красное стекло имеет красный цвет, потому что оно непрозрачно для света других цветов. Световые волны других цветов в основном поглощаются в красном стекле, поэтому после прохождения белого света через красное стекло свет становится красным.

Правильный ответ: 3.

**20.** Изменяется ли частота и длина волны света при его переходе из воды в вакуум?

- 1) длина волны уменьшается, частота увеличивается
- 2) длина волны увеличивается, частота уменьшается
- 3) длина волны уменьшается, частота не изменяется
- 4) длина волны увеличивается, частота не изменяется

**Решение.**

Частота волны света не изменяется при переходе из воды в вакуум, поскольку она не зависит от того, в какой среде распространяется волна. Вода — оптически более плотная среда, чем вакуум. Следовательно, скорость распространения световой волны возрастает. Скорость распространения света в среде, частота световой волны и длина волны связаны соотношением  $\lambda v = v$ . Таким образом, при переходе из воды в вакуум длина волны увеличивается.

Правильный ответ: 4.

**21.** Сложение в пространстве когерентных волн, при котором образуется постоянное во времени пространственное распределение амплитуд результирующих колебаний, называется

- 1) интерференцией
- 2) поляризацией
- 3) дисперсией
- 4) преломление

**Решение.**

Сложение в пространстве когерентных волн, при котором образуется постоянное во времени пространственное распределение амплитуд результирующих колебаний, называется интерференцией.

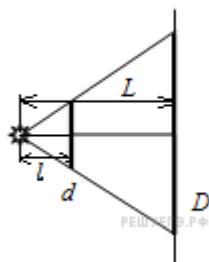
Правильный ответ: 1.

**22.** Непрозрачный круг освещается точечным источником света и отбрасывает круглую тень на экран. Определите диаметр тени, если диаметр круга 0,1 м. Расстояние от источника света до круга в 3 раза меньше, чем расстояние от источника до экрана.

- 1) 0,03 м
- 2) 0,1 м
- 3) 0,3 м
- 4) 3 м

**Решение.**

Так как источник отбрасывает на экран круглую тень, он расположен на оси симметрии непрозрачного круга.



Используя рисунок, получаем (из подобия треугольников):

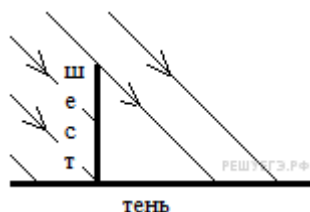
$$D = d \frac{L}{l} = 3d = 0,3 \text{ м}$$

Правильный ответ: 3.

**23.** Солнце находится над горизонтом на высоте  $45^\circ$ . Определите длину тени, которую отбрасывает вертикально стоящий шест высотой 1 м.

- 1) 0,45 м    2) 1 м  
3) 2 м        4) 0,5 м

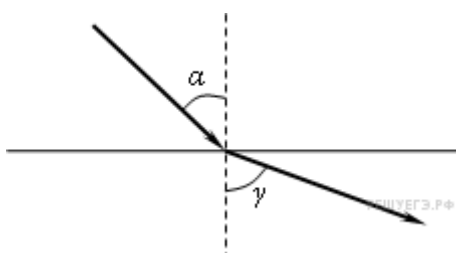
**Решение.**



Так как солнце находится над горизонтом на высоте  $45^\circ$ , лучи от него падают на землю также под углом  $45^\circ$ . Следовательно, длина тени, которую отбрасывает вертикально стоящий шест высотой 1 м, равна 1 м.

Правильный ответ: 2.

**24.** Световой пучок выходит из стекла в воздух (см. рисунок).



Что происходит при этом с частотой электромагнитных колебаний в световой волне, скоростью их распространения, длиной волны?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается;  
2) уменьшается;  
3) не изменяется.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота	Скорость	Длина волны

**Решение.**

При переходе светового пучка из стекла в воздух частота электромагнитных колебаний в световой волне не изменяется, поскольку она не зависит от того, в какой среде распространяется волна. Так как стекло является оптически более плотной средой, чем воздух, при выходе из стекла скорость распространения световой волны увеличивается. В свою очередь, длина волны связана с частотой электромагнитных колебаний и скоростью распространения соотношением  $\lambda v = v$ . В виду неизменности частоты и увеличения скорости отсюда следует, что длина волны увеличивается.

**25.** Предмет находится перед собирающей линзой между фокусным и двойным фокусным расстоянием. Как изменятся расстояние от линзы до его изображения, линейный размер изображения предмета и вид изображения (мнимое или действительное) при перемещении предмета на расстояние больше двойного фокусного ( $d > 2F$ )?

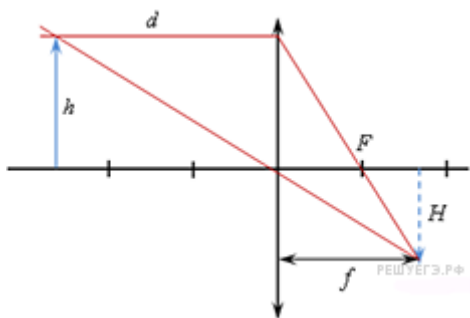
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИЗМЕНЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ
А) Расстояние от линзы до изображения предмета	1) Увеличивается
Б) Линейный размер изображения предмета	2) Уменьшается
В) Вид изображения предмета	3) Не изменится

А	Б	В

**Решение.**

Собирающая линза дает действительное изображение предмета, если он удален от линзы на расстояние, большее чем фокусное. Следовательно, при переносе предмета из положения между фокусным и двойным фокусным расстояниями на расстояние, большее двойного фокусного, вид изображения не изменится, он останется действительным (В — 3). Согласно формуле тонкой линзы, расстояние от предмета до линзы, расстояние от линзы до изображе-

ния и фокусное расстояние связаны соотношением  $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ . Следовательно, в результате переноса расстояние от линзы до изображения уменьшится (А — 2).



Из рисунка видно, что линейные размеры предмета и изображения связаны с расстояниями от предмета и изображения до линзы соотношением  $\frac{H}{h} = \frac{f}{d}$ . Таким образом, при удалении предмета, линейный размер изображения будет уменьшаться (Б — 2).

**26.** Пучок света переходит из воздуха в стекло. Частота световой волны  $\nu$ , скорость света в воздухе  $c$  показатель преломления стекла относительно воздуха  $n$ . Установите соответствие между физическими величинами и комбинациями других величин, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите нужную позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	РАВНЫЕ ИМ КОМБИНАЦИИ ДРУГИХ ВЕЛИЧИН
А) Скорость света в стекле Б) Длина волны света в стекле	1) $cn$ 2) $c\nu$ 3) $c/n$ 4) $c/(n\nu)$

А	Б

**Решение.**

При переходе светового пучка из воздуха в стекло частота электромагнитных колебаний в световой волне не изменяется, поскольку она не зависит от того, в какой среде распространяется волна. Так как стекло является оптически более плотной средой, чем воздух, при переходе в стекло скорость распро-

странения световой волны уменьшается и оказывается равной  $v = \frac{c}{n}$  (А — 3). В свою очередь, длина волны связана с частотой электромагнитных колебаний и скоростью распространения соотношением  $\lambda\nu = v$ . Следовательно,

длина волны света в стекле равна  $\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{c}{n\nu}$  (Б — 4).

**27.** Первый источник света расположен на расстоянии  $L_1$  от точки А, а второй на расстоянии  $L_2$  от точки А. Источники когерентны и синфазные и испускают свет с частотой  $\nu$ .

Установите соответствие между физическими явлениями и условиями, при наблюдении которых эти явления можно наблюдать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	УСЛОВИЯ НАБЛЮДЕНИЯ
А) Наблюдение в точке А максимума интерференционной картины	1) $L_1 - L_2 = \frac{mc}{v}$ , где $m$ — целое число
Б) Наблюдение в точке А минимума интерференционной картины	2) $L_1 + L_2 = \frac{mc}{v}$ , где $m$ — целое число
	3) $L_1 - L_2 = \frac{(2m-1)c}{2v}$ , где $m$ — целое число
	4) $L_1 + L_2 = \frac{(2m-1)c}{2v}$ , где $m$ — целое число

А	Б

**Решение.**

Первым условие для наблюдения интерференции является то, что источники должны быть когерентными. Это условие здесь выполнено, а значит, будет наблюдаться устойчивая интерференционная картина.

Определим длину волны излучения обоих источников:  $\lambda = \frac{c}{v}$ .

Для того, чтобы наблюдать в некоторой точки максимум интерференционной картины, необходимо, чтобы оптическая разность хода до этой точки от двух когерентных синфазных источников равнялась целому числу длин волн, то есть должно выполняться условие:

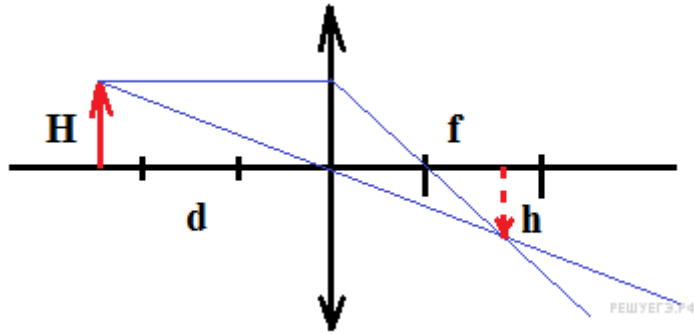
$$L_1 - L_2 = m\lambda = \frac{mc}{v}, \text{ где } m \text{ — целое число (А — 1).$$

Для наблюдения интерференционного минимума, необходимо, чтобы оптическая разность хода до этой точки от двух когерентных синфазных источников равнялась полуцелому числу длин волн, то есть должно выполняться условие:

$$L_1 - L_2 = \frac{(2m-1)\lambda}{2} = \frac{(2m-1)c}{2v}, \text{ где } m \text{ — целое число (Б — 3)}.$$

28. Карандаш высотой 9 см расположен перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 50 см от линзы. Оптическая сила линзы 5 дптр. Чему равна высота изображения карандаша? Ответ приведите в м.

**Решение.**



Определим сначала величину фокусного расстояния линзы:

$$F = \frac{1}{D} = \frac{1}{5 \text{ дптр}} = 0,2 \text{ м}$$

Используя формулу тонкой линзы, определим, на каком расстоянии от линзы будет располагаться объект:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Leftrightarrow f = \frac{Fd}{d-F}$ . Из рисунка видно, что высота изображения карандаша  $h$  связана с высотой самого карандаша  $H$  и расстояниями  $f$  и  $d$  соотношением (подобие треугольников):

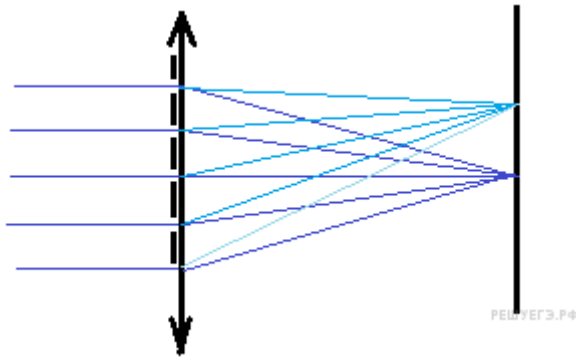
$$h = H \frac{f}{d} = \frac{HF}{d-F} = \frac{0,09 \text{ м} \cdot 0,2 \text{ м}}{0,5 \text{ м} - 0,2 \text{ м}} = 0,06 \text{ м}$$

Ответ: 0,06 м.

29. Дифракционная решетка с периодом  $10^{-5}$  м расположена параллельно экрану на расстоянии 1,8 м от него. Между решеткой и экраном вплотную к решетке расположена линза, которая фокусирует свет, проходящий через решетку, на экране. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 21 см от центра дифракционной картины при освещении решетки нормально падающим пучком света длиной волны 580 нм? Угол отклонения лучей решеткой  $\alpha$  считать малым, так что  $\sin \alpha \approx \text{tg} \alpha \approx \alpha$ .

**Решение.**





Поскольку в условии сказано, что линза фокусирует свет на экран, а после прохождения дифракционной решетки на нее по-прежнему падают параллельные пучки света (правда направленные под разными углами к главной оптической оси), значит, что на экране располагается фокальная плоскость линзы? ее фокус равен  $F = 1,8$  м. Дифракционные максимумы наблюдаются под углами (эти углы отсчитываются как раз от оптической оси линзы), определяемыми соотношением  $d \sin \alpha = k\lambda$ , где  $k$  — номер максимума. После прохождения решетки все лучи, относящиеся к определенному максимуму параллельны друг другу. Линза преломляет все лучи, кроме луча, прошедшего через ее оптический центр. Пересечение этого луча с плоскостью экрана и определяет положение дифракционного максимума на экране. Нулевой максимум располагается прямо за оптическим центром. Определим номер макси-

мума, отстоящего от этой точки на  $h = 21$  см. Из рисунка ясно, что  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{F}$  В условии задачи сказано, что углы можно считать малыми, а значит, для номе-

ра максимума имеем:

$$k = \frac{d \sin \alpha}{\lambda} \approx \frac{d \operatorname{tg} \alpha}{\lambda} = \frac{dh}{\lambda F} = \frac{10^{-5} \cdot 0,21}{580 \cdot 10^{-9} \cdot 1,8} \approx 2$$

Ответ: 2.

**30.** На дифракционную решетку с периодом  $0,004$  мм падает по нормали плоская монохроматическая волна. Количество дифракционных максимумов, наблюдаемых с помощью этой решетки, равно 19. Какова длина волны света? Ответ приведите в нм.

**Решение.**

Условие дифракционных максимумов имеет вид:  $d \sin \alpha = k\lambda$ . Здесь  $\alpha$  — угол, под которым наблюдается дифракционный максимум. Дифракционная решетка дает симметричную картинку, поэтому, поскольку на экране наблюдается 19 максимумов, самые дальние максимумы имеют номера 9 и  $-9$ . В задаче предложено четыре варианта ответа, пойдем, какой из них отвечает описанной в условии ситуации.

Определим, в каких пределах может меняться длина волны, чтобы наблюдать ровно 19 интерференционных максимумов. Минимально возможная длина волны определяется тем, что лучи, соответствующие 20 и 21 максимумам (с номерами 10 и  $-10$  соответственно) еще не попадают на экран, то есть в предельном случае они должны быть направлены под углом в  $90^\circ$ , это отвечает

ситуации, когда свет после прохождения решетки идет вдоль нее. Используя эту информацию нетрудно оценить минимальную длину волны:

$$\lambda_{min} = \frac{d \sin 90^\circ}{10} = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{10} = 400 \text{ нм.}$$

Это действительно минимальная длина волны, так как если длину волны уменьшить, то на экране сразу появятся дополнительные максимумы. Определим теперь максимально возможную длину волны. Она определяется тем, что лучи, соответствующие 18 и 19 максимумам (с номерами 9 и -9 соответственно) все еще попадают на экран, то есть угол, под которым они наблюдаются должен быть меньше  $90^\circ$ :

$$\lambda_{max} = \frac{d \sin 90^\circ}{9} = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{9} \approx 444 \text{ нм.}$$

Таким образом, чтобы наблюдать ровно 19 максимумов длина волны должна удовлетворять условию  $\lambda \in [\lambda_{min}, \lambda_{max}]$ .

Ответ: 444 нм.

**31.** Линза с фокусным расстоянием  $F = 0,3$  м даёт на экране изображение предмета, увеличенное в 3 раза. Каково расстояние от линзы до изображения? Ответ приведите в метрах.

**Решение.**

Фокусное расстояние связано с расстоянием от предмета до линзы и расстоянием от линзы до изображения формулой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}.$$

Увеличение линзы равно отношению высоты изображения к высоте объекта:

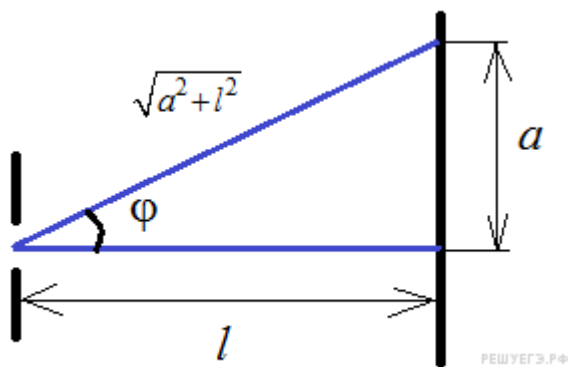
$$\Gamma = \frac{H}{h}. \text{ Из геометрического построения также } \Gamma = \frac{f}{d}. \text{ Тогда}$$

$$\frac{f}{d} = 3 \Leftrightarrow f = 3d \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{3}{f} + \frac{1}{f} = \frac{4}{f} \Leftrightarrow f = 4F = 1,2 \text{ м.}$$

Ответ: 1,2 м.

**32.** На экране наблюдается спектр с помощью дифракционной решетки, имеющей 500 штрихов на миллиметр. Расстояние от решетки до экрана  $l = 40$  см. Спектральная линия в спектре первого порядка отклоняется на расстоянии  $a = 9$  см от центра экрана. Определите длину волны наблюдаемой спектральной линии.

**Решение.**



№ этапа	Содержание этапа решения	Чертёж, график, формула	Оценка этапа в баллах
1	Условие первого максимума дифракционной решетки:	$d \sin \varphi = \lambda$ .	1
2	Значение синуса угла $\varphi$ по условию задачи равно: Постоянная решетки равна:	$\sin \varphi = \frac{a}{\sqrt{l^2 + a^2}}$ . $d = \frac{1}{N}$ .	1
3	Длина волны равна: Получение правильного числового значения длины волны:	$\lambda = \frac{a}{N \cdot \sqrt{l^2 + a^2}}$ . $\lambda \approx 4,39 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ .	1
	Максимальный балл		3

Ответ:  $\lambda \approx 4,39 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ .

**33.** Для наблюдения явления интерференции света используется точечный источник света и небольшой экран с двумя малыми отверстиями у глаза наблюдателя. Оцените максимальное расстояние  $d$  между малыми отверстиями в экране, при котором может наблюдаться явление интерференции света. Разрешающая способность глаза равна  $1'$ , длина световой волны  $5,8 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ .

**Решение.**

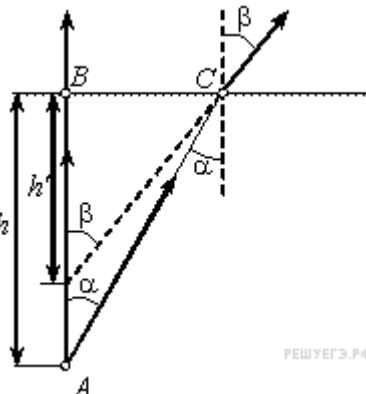
№ этапа	Содержание этапа решения	Чертёж, график, формула	Оценка этапа в баллах
1	Параллельные пучки света от двух отверстий как от когерентных источников фокусируются глазом в одну точку на сетчатке. Лучи, перпендикулярные плоско-	$\Delta = d \sin \varphi$ , где $d$ — расстояние между отверстиями.	1

	сти экрана, не имеют разности хода. Лучи, выходящие из отверстий под углом $\varphi_k$ перпендикулярно, имеют разность хода:		
2	Первый интерференционный максимум должен наблюдаться под углом $\varphi_1$ перпендикулярно, удовлетворяющим условию равенства разности хода $\Delta$ одной длине $\lambda$ световой волны: Отсюда максимальное расстояние $d$ равно:	$d \sin \varphi_1 = \lambda.$ $d = \frac{\lambda}{\sin \varphi_1}.$	1
3	Для малых значений угла значение синуса угла примерно равно значению угла, выраженному в радианах, поэтому: Тогда для расстояния $d$ между отверстиями при значении длины световой волны $5,8 \cdot 10^{-7}$ м получаем значение:	$\sin \varphi_1 = \sin 1' \approx \frac{2\pi}{360 \cdot 60} \approx 0,00029$ $d = \frac{5,8 \cdot 10^{-7}}{0,00029} \text{ м} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 2 \text{ мм}.$	1
	<i>Максимальный балл</i>		3

Ответ: 2 мм.

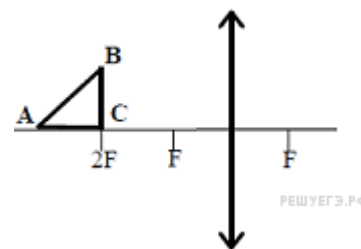
**34.** Бассейн глубиной 4 м заполнен водой, относительный показатель преломления на границе воздух-вода 1,33. Какой кажется глубина бассейна наблюдателю, смотрящему в воду вертикально вниз?

**Решение.**

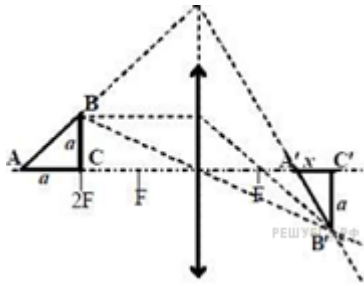
№ этапа	Содержание этапа решения	Чертёж, график, формула	Оценка этапа в баллах
1	Рассмотрен ход лучей из одной точки $A$ на дне бассейна. Вертикальный луч $AB$ не изменяет своего направления после прохождения границы раздела, остальные лучи испытывают преломление. При наблюдении из разных точек кажущаяся глубина имеет различные значения.		1
2	В любом случае отношение действительной глубины $h$ к кажущейся глубине $h'$ определяется одной и той же формулой:	$h' = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} h$	1
3	При наблюдении по вертикали вниз углы $\alpha$ и $\beta$ очень малы, они определяются расстоянием до поверхности воды и расстоянием между зрачками глаз. Для малых углов можно воспользоваться приближенным равенством синусов углов тангенсам углов: Подставлены значения параметров и получен ответ в числовой форме:	$h' = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} h \approx \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} h, \quad h' \approx \frac{h}{n}.$ $h' \approx \frac{4}{1,33} \text{ м} \approx 3 \text{ м}.$	1
	<i>Максимальный балл</i>	3	

Ответ: 3 м.

**35.** Равнобедренный прямоугольный треугольник  $ABC$  площадью  $50 \text{ см}^2$  расположен перед тонкой собирающей линзой так, что его катет  $AC$  лежит на главной оптической оси линзы. Фокусное расстояние линзы 50 см. Вершина прямого угла  $C$  лежит ближе к центру линзы, чем вершина острого угла  $A$ . Расстояние от центра линзы до точки  $C$  равно удвоенному фокусному расстоянию линзы (см. рисунок). Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



**Решение.**



Длина катетов  $AC = BC = a = \sqrt{2S} = 10$  см. Поскольку точка  $C$  располагается в двойном фокусе, ее изображение также попадет в двойной фокус. Длину  $x$  горизонтального катета  $A'C'$  изображения находим по формуле линзы (для этого надо понять, насколько далеко изображение  $A'$  точки  $A$  находится от двойного фокуса):  $\frac{1}{2F+a} + \frac{1}{2F-x} = \frac{1}{F}$ , откуда  $x = \frac{aF}{F+a}$ .

Длина вертикального катета  $B'C'$  изображения равна  $a$ , так как он находится на двойном фокусном расстоянии от линзы.

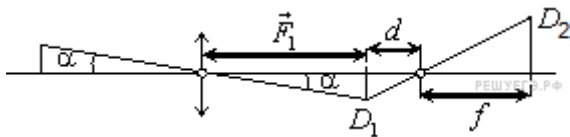
Найдем площадь изображения:

$$S_1 = \frac{1}{2} A'C' \cdot B'C' = \frac{1}{2} \cdot \frac{aF}{F+a} \cdot a = \frac{10^2 \cdot 50}{2 \cdot (50+10)} \text{ см}^2 \approx 41,7 \text{ см}^2$$

Ответ:  $S_1 \approx 41,7 \text{ см}^2$ .

**36.** В телескопе установлен объектив с фокусным расстоянием 1,5 м и окуляр фокусным расстоянием 6 см. Найдите диаметр изображения Солнца, который можно получить с помощью этого телескопа, если есть возможность отнести экран от окуляра не далее, чем на 1,5 м. Угловой диаметр Солнца  $30'$ .

**Решение.**



Объектив телескопа строит действительное изображение Солнца в фокальной плоскости, поэтому диаметр  $D_1$  созданного им изображения равен:  $D_1 = F_1 \text{tg} \alpha$ . Ход лучей при получении изображения Солнца с помощью объектива и окуляра представлен на рисунке. Из подобия треугольников следует:

$$\frac{D_1}{d} = \frac{D_2}{f}, \quad D_2 = D_1 \frac{f}{d} = F_1 \cdot \text{tg} \alpha \cdot \frac{f}{d} \approx F_1 \cdot \alpha \cdot \frac{f}{d}.$$

Расстояние  $d$  от окуляра до изображения Солнца, построенного объективом, находим, используя формулу тонкой линзы:

$$d = \frac{fF_2}{f - F_2}, \quad d = \frac{1,5 \cdot 0,06}{1,5 - 0,06} \text{ м} \approx 0,06 \text{ м}.$$

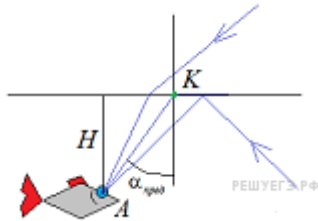
Подставляя числовые значения величин, вычисляем диаметр изображения  $D_2$  Солнца на экране:

$$\alpha = 30' = 0,5^\circ = \frac{2\pi \cdot 0,5}{360} \approx 0,0087 \text{ радиан}, \quad D_2 = \frac{1,5 \cdot 0,0087 \cdot 1,5}{0,06} \text{ м} \approx 0,32 \text{ м}.$$

Ответ: 0,32 м.

37. У самой поверхности воды в реке летит комар, стая рыб находится на расстоянии 2 м от поверхности воды. Каково максимальное расстояние до комара, на котором он еще виден рыбам на этой глубине? Относительный показатель преломления света на границе воздух-вода равен 1,33

**Решение.**



Рыба видит комара, если существует световой луч от него, который, переломившись на границе раздела воздух — вода, попадет ей в глаз. Вода — среда оптически более плотная чем воздух, поэтому угол преломления всегда меньше, чем угол падения. Так как комар, находится над самой водой, максимальное расстояние между комаром и рыбой определяется максимальным углом преломления, который можно найти при помощи закона преломления

Снеллиуса:  $\frac{1}{\sin \alpha_{\text{пред}}} = \frac{n}{1} = 1,33$ . Из рисунка видно, что расстояние между комаром и рыбой равно

$$AK = \frac{H}{\cos \alpha_{\text{пред}}} = \frac{H}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha_{\text{пред}}}} = \frac{H}{\sqrt{1 - 1/n^2}} = \frac{Hn}{\sqrt{n^2 - 1}} = \frac{2 \text{ м} \cdot 1,33}{\sqrt{1,33^2 - 1}} \approx 3 \text{ м}$$

Ответ: 3 м.

38. На дифракционную решетку с периодом  $d = 2 \text{ мкм}$  нормально падает пучок света, состоящий из фотонов с импульсом  $p = 1,32 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ . Под каким углом  $\varphi$  к направлению падения пучка наблюдается дифракционный максимум второго порядка?

**Решение.**

Углы, определяющие направления на дифракционные максимумы, при нормальном падении пучка на решетку удовлетворяют условию  $d \sin \varphi = m\lambda$ , где  $\lambda$  — длина волны света,  $m = 2$ .

Импульс фотона связан с его длиной волны  $\lambda$  соотношением  $p = \frac{h}{\lambda}$ , где  $h$  — постоянная Планка. Из записанных соотношений находим:

$$\sin \varphi = \frac{m\lambda}{d} = \frac{mh}{pd} = \frac{2 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34}}{2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,32 \cdot 10^{-27}} = 0,5$$

Таким образом,  $\varphi = \arcsin 0,5 = 30^\circ$ .

Ответ:  $30^\circ$