Геометрическая и волновая оптика

1. Задание 32 № 3014

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 находится на расстоянии $a = 9$ см от центра экрана. Определите длину волны наблюдаемой спектральной линии.

2. Задание 32 № 3016

Масляная пленка на воде при наблюдении вертикально к поверхности кажется оранжевой. Каково минимальное возможное значение толщины пленки? Показатель преломления воды 1,33, масла — 1,47. Длина световой волны $588 \cdot 10^{-9}$ м. Учтите, что отражение света от оптически более плотной среды происходит с потерей полуволны, а от оптически менее плотной среды без потери полуволны.

3. Задание 32 № 3017

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.

4. Задание 32 № 3018

Человек читает книгу, держа ее на расстоянии 50 см от глаз. Если это для него расстояние наилучшего видения, то какой оптической силы очки позволят ему читать книгу на расстоянии 25 см?

5. Задание 32 № 3020

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?

6. Задание 32 № 3022

Бассейн глубиной 3 м заполнен водой, относительный показатель преломления на границе воздух — вода 1,33. Каков радиус светового круга на поверхности воды от электрической лампы на дне бассейна?

7. Задание 32 № 3023

Телескоп имеет объектив с фокусным расстояние 1 м и окуляр с фокусным расстоянием 5 см. Какого диаметра изображение Солнца можно получить с помощью этого телескопа, если есть возможность удалять экран от окуляра до расстояния 1,5 м? Угловой диаметр Солнца $30'$.

8. Задание 32 № 3028

Небольшой груз, подвешенный на нити длиной 2,5 м, совершает гармонические колебания, при которых его максимальная скорость достигает 0,1 м/с. При помощи собирающей линзы с фокусным расстоянием 0,2 м изображение колеблющегося груза проецируется на экран, расположенный на расстоянии 0,6 м от линзы. Главная оптическая ось линзы перпендикулярна плоскости колебаний маятника и плоскости экрана. Определите амплитуду колебаний смещения груза на экране.

9. Задание 32 № 3029

Небольшой груз, подвешенный на длинной нити, совершает гармонические колебания, при которых его максимальная скорость достигает 0,1 м/с. При помощи собирающей линзы с фокусным расстоянием 0,2 м изображение колеблющегося груза проецируется на экран, расположенный на расстоянии 0,5 м от линзы. Главная оптическая ось линзы перпендикулярна плоскости колебаний маятника и плоскости экрана. Максимальное смещение изображения груза на экране от положения равновесия равно $A_1 = 0{,}1$ м. Чему равна длина нити l?

10. Задание 32 № 3032

В горизонтальное дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, полностью скрытая под водой. При угле падения солнечных лучей на поверхность воды, равном 30°, свая отбрасывает на дно водоема тень длиной 0,8 м. Определите высоту сваи. Коэффициент преломления воды $n = \frac{4}{3}$.

11. Задание 32 № 3033

В горизонтальное дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, полностью скрытая под водой. Высота сваи 2 м. При угле падения солнечных лучей на поверхность воды, равном 30°, определите длину тени сваи на дне водоёма. Коэффициент преломления воды $n = \frac{4}{3}$.

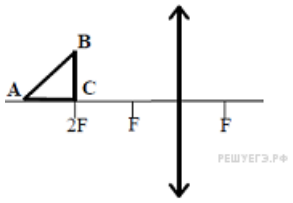
12. Задание 32 № 3034

Условимся считать изображение на пленке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на пленке получается изображение пятна диаметром не более некоторого предельного значения. Поэтому, если объектив находится на фокусном расстоянии от пленки, то резкими считаются не только бесконечно удаленные предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния d. Оцените предельный размер пятна, если при фокусном расстоянии объектива 50 мм и диаметре входного отверстия 5 мм резкими оказались все предметы, находившиеся на

расстояниях более 5 м от объектива. Сделайте рисунок, поясняющий образование пятна.

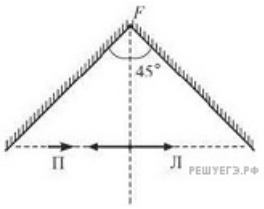
13. Задание 32 № 3077

Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC площадью 50 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.



14. Задание 32 № 3901

Два плоских зеркала образуют прямой двугранный угол, перпендикулярно биссектрисе которого расположена небольшая собирающая линза Л, а её фокус F находится в вершине угла (см.
рисунок). В плоскости линзы рядом с ней находится небольшой предмет П. Постройте изображение предмета, которое получится в результате двух отражений от зеркал и последующего преломления света линзой. На каком расстоянии от предмета будет находиться его изображение?



15. Задание 32 № 4145

Свет с длиной волны $\lambda = 5461$ ангстрем падает нормально на дифракционную решётку. Одному из главных дифракционных максимумов соответствует угол дифракции 30°, а наибольший порядок наблюдаемого спектра равен 5. Найдите период данной решётки.

Справка: 1 ангстрем = 10^{-10} м.

16. Задание 32 № 4168

Свет с неизвестной длиной волны падает нормально на дифракционную решётку с периодом $d = 4$ мкм, и одному из главных дифракционных максимумов соответствует угол дифракции 30°. При этом наибольший порядок наблюдаемого спектра равен 5. Найдите длину волны λ света, падающего на решетку, и выразите его в ангстремах.

Справка: 1 ангстрем = 10^{-10} м.

17. Задание 32 № 4442

Определите фокусное расстояние тонкой линзы, если линейные размеры изображения тонкого карандаша, помещённого на расстоянии a = 60 см от линзы и расположенного перпендикулярно главной оптической оси, меньше размеров карандаша в n = 3 раза.

18. Задание 32 № 4477

Определите фокусное расстояние тонкой линзы, если линейные размеры изображения тонкого карандаша, помещённого на расстоянии a = 48 см от линзы и расположенного перпендикулярно главной оптической оси, меньше размеров карандаша в n = 2 раза.

19. Задание 32 № 4757

Объективы современных фотоаппаратов имеют переменное фокусное расстояние. При изменении фокусного расстояния «наводка на резкость» не сбивается. Условимся считать изображение на плёнке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на плёнке получается изображение пятна диаметром не более 0,05 мм. Поэтому если объектив находится на фокусном расстоянии от плёнки, то резкими считаются не только бесконечно удалённые предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния d. Оказалось, что это расстояние равно 5 м, если фокусное расстояние объектива 50 мм. Как изменится это расстояние, если, не меняя «относительного отверстия» изменить фокусное расстояние объектива до 25 мм? («Относительное отверстие» — это отношение фокусного расстояния к диаметру входного отверстия объектива.) При расчётах считать объектив тонкой линзой. Сделайте рисунок, поясняющий образование пятна.

20. Задание 32 № 4792

Условимся считать изображение на плёнке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на плёнке получается изображение пятна диаметром не более 0,05 мм. Поэтому если объектив находится на фокусном расстоянии от плёнки, то резкими считаются не только бесконечно удалённые предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния d. Найдите фокусное расстояние объектива, если при «относительном отверстии» $\alpha = 4$ резкими оказались все предметы далее 12,5 м. («Относительное отверстие» — это отношение фокусного расстояния к диаметру входного отверстия объектива.) Сделайте рисунок, поясняющий образование пятна.

21. Задание 32 № 4827

Условимся считать изображение на плёнке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на плёнке получается изображение пятна диаметром не более некоторого предельного значения. Поэтому если объектив находится на фокусном расстоянии от плёнки, то резкими считаются не только бесконечно удалённые предметы, но и все

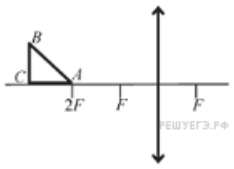
предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния d. Оцените предельный размер пятна, если при «относительном отверстии» $\alpha = 4$ резкими оказались все предметы, находившиеся на расстояниях более 12,5 м от объектива. («Относительное отверстие» — это отношение фокусного расстояния к диаметру входного отверстия объектива.) Фокусное расстояние объектива 50 мм. Сделайте рисунок, поясняющий образование пятна.

22. Задание 32 № 4932

Условимся считать изображение на плёнке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения точки на плёнке получается изображение пятна диаметром не более 0,05 мм. Поэтому если объектив находится на фокусном расстоянии от плёнки, то резкими считаются не только бесконечно удалённые предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния d. Объектив имеет переменное фокусное расстояние. При этом расстояние, на которое он настроен (в данном случае ∞), не изменяется. При «относительном отверстии» $\alpha = 4$ минимальное расстояние, на котором предметы получаются резкими, меняется (при изменении фокусного расстояния объектива) от 12,5 до 50 м. («Относительное отверстие» — это отношение фокусного расстояния к диаметру входного отверстия объектива.) В каком диапазоне изменяется фокусное расстояние объектива? При расчётах считать объектив тонкой линзой. Сделайте рисунок, поясняющий образование пятна.

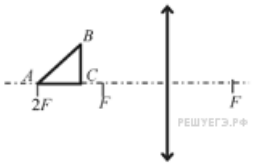
23. Задание 32 № 4967

Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC площадью 50 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 дальше от центра линзы, чем вершина острого угла A. Расстояние от центра линзы до точки A равно удвоенному фокусному расстоянию линзы (см. рисунок). Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



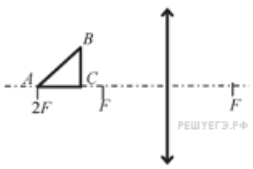
24. Задание 32 № 5177

Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC расположен перед тонкой собирающей линзой оптической силой 2,5 дптр так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы (см. рисунок). Вершина прямого угла C лежит ближе к центру линзы, чем вершина острого угла A. Расстояние от центра линзы до точки A равно удвоенному фокусному расстоянию линзы, AC = 4 см. Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



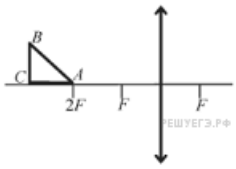
25. Задание 32 № 5212

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



26. Задание 32 № 5317

Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC расположен перед тонкой собирающей линзой оптической силой 2,5 дптр так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы (см. рисунок). Вершина прямого угла C лежит дальше от центра линзы, чем вершина острого угла A. Расстояние от центра линзы до точки A равно удвоенному фокусному расстоянию линзы, AC = 4 см. Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



27. Задание 32 № 5985

На экране, перпендикулярном главной оптической оси некоторой тонкой линзы, получили действительное изображение небольшого предмета, находящегося на расстоянии a = 25 см от этой линзы, с линейным увеличением Γ = 2. После замены этой линзы на другую, находящуюся в том же месте и на том же расстоянии до предмета, увеличение изображения предмета при новом положении экрана, соответствующем резкому изображению, стало больше в n = 2,5 раза. Чему равна оптическая сила D_2 второй линзы?

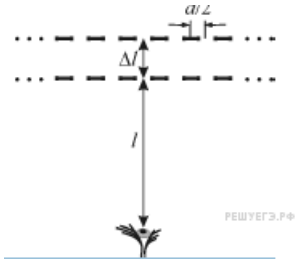
28. Задание 32 № 6020

На экране, перпендикулярном главной оптической оси некоторой тонкой линзы, получили действительное изображение небольшого предмета, находящегося на расстоянии a = 50 см от этой линзы, с линейным увеличением Γ = 1. После замены этой линзы на другую, находящуюся в том же месте и на том же расстоянии до предмета, увеличение изображения предмета при новом положении экрана, соответствующем резкому изображению, стало меньше в n = 0,5 раза. Чему равна оптическая сила D_2 второй линзы?

29. Задание 32 № 6072

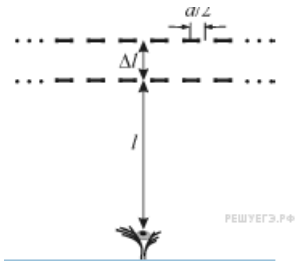
Пассажир автобуса едет в нём по шоссе и смотрит вбок, на поле, огороженное двумя одинаковыми заборами – рядами тёмного штакетника, параллельными дороге. Зазор между вертикальными штакетинами в каждом из заборов равен их

ширине $d/2 = 5$ см, расстояние от наблюдателя до первого забора равно $l = 50$ м, а до второго — на $\Delta l = 10$ м больше. Поле, наблюдаемое пассажиром через первый забор, видно через мелькающий штакетник достаточно хорошо, а то, что пассажир видит сквозь оба забора, пересечено периодическими темными вертикальными полосами. Найдите период D (по горизонтали) этих полос на уровне первого забора, считая, что наблюдение ведётся почти перпендикулярно к заборам.



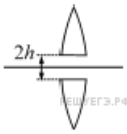
30. Задание 32 № 6107

Пассажир автобуса едет в нём по шоссе и смотрит вбок, на поле, огороженное двумя одинаковыми заборами — рядами тёмного штакетника, параллельными дороге. Зазор между вертикальными штакетинами в каждом из заборов равен их ширине $d/2 = 6$ см, расстояние от наблюдателя до первого забора равно $l = 60$ м, а до второго — на $\Delta l = 15$ м больше. Поле, наблюдаемое пассажиром через первый забор, видно через мелькающий штакетник достаточно хорошо, а то, что пассажир видит сквозь оба забора, пересечено периодическими темными вертикальными полосами. Найдите период D (по горизонтали) этих полос на уровне первого забора, считая, что наблюдение ведётся почти перпендикулярно к заборам.



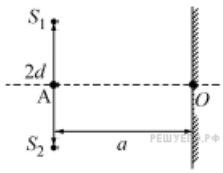
31. Задание 32 № 6176

Из собирающей линзы с фокусным расстоянием $f = 20$ см вырезали центральную часть шириной $2h = 1$ см (см. рис.), а затем симметрично сдвинули оставшиеся части до соприкосновения, изготовив так называемую билинзу. Точечный источник света поместили на расстоянии $a = 40$ см от билинзы на её оси симметрии. На каком расстоянии $2d$ друг от друга находятся изображения, даваемые билинзой?



32. Задание 32 № 6177

Расстояние между двумя точечными монохроматическими когерентными источниками света S_1 и S_2 равно $2d = 1$ мм. Мысленно соединим источники отрезком S_1S_2 и восстановим срединный перпендикуляр к этому отрезку (он пересечет S_1S_2 в точке A). Расположим плоский экран так, чтобы его середина O лежала на указанном срединном перпендикуляре, а сам экран был перпендикулярен отрезку AO (на рисунке экран показан линией со штриховкой). Каков будет период интерференционных полос вблизи точки O, если $|AO| = a = 1$ м, а длина волны света источников равна $\lambda = 600$ нм. Угол φ падения интерферирующих лучей на экран можно считать малым, так что $\sin\varphi \approx \varphi$.



33. Задание 32 № 6477

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'.

34. Задание 32 № 6873

Ныряльщик, находящийся в бассейне, смотрит вверх с глубины h на спокойную поверхность воды и видит через неё, что его тренер стоит на кромке бассейна, причём ступни ног находятся на уровне воды, а голова видна ныряльщику под углом $\varphi = 45^\circ$ к вертикали. Показатель преломления воды $n = 4/3$, расстояние по горизонтали от глаз ныряльщика до ног тренера равно $l = 7$ м, рост тренера $H = 1{,}77$ м. Чему равна глубина h, с которой смотрит ныряльщик?

35. Задание 32 № 7719

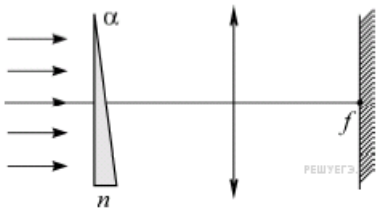
Для исследования рентгеновских лучей с длинами волн меньше 10 нм изготовить обычную дифракционную решётку с подходящим периодом не представляется возможным, однако есть способ обойти эту трудность. Возьмём обычную решётку с периодом $d = 30$ мкм и осветим её параллельным пучком рентгеновского излучения с длиной волны $\lambda = 4{,}5$ нм с углом падения на решётку $\alpha = 89{,}5°$ (скользящее падение лучей). Под каким углом γ к первоначальному пучку будет фиксироваться дифракционный максимум первого порядка? Считайте этот угол малым: $\gamma \ll 1$. Ответ выразите в градусах и округлите до целого числа.

36. Задание 32 № 7751

Для исследования рентгеновских лучей с длинами волн меньше 10 нм изготовить обычную дифракционную решётку с подходящим периодом не представляется возможным, однако есть способ обойти эту трудность. Возьмём обычную решётку с периодом $d = 20$ мкм и осветим её параллельным пучком рентгеновского излучения с длиной волны $\lambda = 3$ нм с углом падения на решётку $\alpha = 89{,}5°$ (скользящее падение лучей). Под каким углом γ к первоначальному пучку будет фиксироваться дифракционный максимум первого порядка? Считайте этот угол малым: $\gamma \ll 1$. Ответ выразите в градусах и округлите до целого числа.

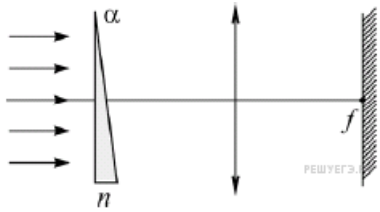
37. Задание 32 № 7808

Оптическая схема для наблюдения дисперсии света в стекле изображена на рисунке. Параллельный пучок белого света падает нормально на тонкую стеклянную призму с преломляющим углом $\alpha = 4°$. За призмой установлена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $f = 1{,}5$ м, в фокальной плоскости которой находится экран, на котором получается изображение спектра белого света. Линза и экран перпендикулярны исходному пучку света. Какова ширина h наблюдаемого на экране спектра, если показатель преломления призмы изменяется от $n_1 = 1{,}70$ для фиолетового света до $n_2 = 1{,}65$ для красного света? Углы считать малыми ($\sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha \approx \alpha$).



38. Задание 32 № 7840

Оптическая схема для наблюдения дисперсии света в стекле изображена на рисунке. Параллельный пучок белого света падает нормально на тонкую стеклянную призму с преломляющим углом $\alpha = 5°$. За призмой установлена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $f = 1$ м, в фокальной плоскости которой находится экран, на котором получается изображение спектра белого света. Линза и экран перпендикулярны исходному пучку света. Какова ширина h наблюдаемого на экране спектра, если показатель преломления призмы изменяется от $n_1 = 1{,}68$ для фиолетового света до $n_2 = 1{,}64$ для красного света? Углы считать малыми ($\sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha \approx \alpha$).

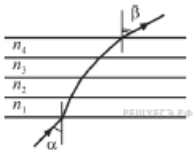


39. Задание 32 № 7963

Стержень AB длиной $l = 10$ см расположен параллельно главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием 20 см. Расстояние от главной оптической оси до стержня $h = 15$ см. Расстояние от линзы до дальнего конца A равно 40 см. Постройте изображение этого стержня и найдите длину изображения.

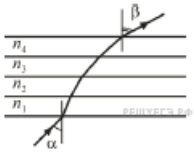
40. Задание 32 № 9075

Параллельный пучок света падает из воздуха на стопку из четырёх плоскопараллельных стеклянных пластин под углом $\alpha = 30°$ (см. рисунок). Под каким углом β пучок выйдет из этой стопки, если показатели преломления пластин равны $n_1 = 1{,}7$, $n_2 = 1{,}6$, $n_3 = 1{,}5$, $n_4 = 1{,}4$?



41. Задание 32 № 9230

Параллельный пучок света падает из воздуха на стопку из четырёх плоскопараллельных стеклянных пластин и выходит из нее под углом $\beta = 45°$ (см. рисунок). Под каким углом α пучок вошел в эту стопку, если показатели преломления пластин равны $n_1 = 1{,}7$, $n_2 = 1{,}6$, $n_3 = 1{,}5$, $n_4 = 1{,}4$?



42. Задание 32 № 9524

«Просветлением оптики» называется уменьшение отражения света от преломляющих поверхностей оптических систем, например, от объектива фотоаппарата. Для этого на поверхность объектива наносят тонкую плёнку с показателем преломления, отличающимся от показателя преломления n стекла объектива, и подбирают её толщину определённым образом. Какую минимальную толщину d должна иметь эта плёнка для того, чтобы максимально погасить отражение света в наиболее чувствительной для глаза человека желто-зелёной части спектра, при длине волны в воздухе $\lambda = 540$ нм, если показатель преломления плёнки при этой длине волны равен $n_{пл} = 1{,}35$? Какой оттенок цвета при этом имеют «просветлённые» объективы? Падение света на объектив можно считать практически нормальным.

43. Задание 32 № 9556

«Просветлением оптики» называется уменьшение отражения света от преломляющих поверхностей оптических систем, например, от объектива фотоаппарата. Для этого на поверхность объектива наносят тонкую плёнку с показателем преломления, отличающимся от показателя преломления n стекла объектива, и подбирают её толщину определённым образом. Какую минимальную толщину d должна иметь эта плёнка для того, чтобы максимально погасить отражение света в наиболее чувствительной для глаза человека желто-зелёной части спектра, при длине волны в воздухе $\lambda = 560$ нм, если показатель преломления плёнки при этой длине волны равен $n_{пл} = 1{,}4$? Какой оттенок цвета при этом имеют «просветлённые» объективы? Падение света на объектив можно считать практически нормальным.

44. Задание 32 № 9979

Палка, наполовину погружённая в вертикальном положении в воду, отбрасывает на дно бассейна тень длиной $l = 0{,}5$ м. Определите длину выступающей над водой части палки, если глубина воды равна $h = 3$ м, а угол падения солнечных лучей равен $\alpha = 30°$. (Показатель преломления воды — 4/3.)

45. Задание 32 № 10437

В плоскости, параллельной плоскости тонкой собирающей линзы, вращается точечный источник света по окружности с центром на главной оптической оси. Источник удален от линзы на расстояние 15 см. Скорость изображения равна 10 м/с, фокусное расстояние линзы составляет 10 см. Нарисуйте чертеж и покажите ход лучей. Найдите скорость источника.

46. Задание 32 № 10442

В горизонтальное дно водоема глубиной 4 м вертикально вбита свая. При угле падения солнечных лучей на поверхность воды, равном 30°, свая отбрасывает на дно водоема тень длиной 3 м. Постройте ход лучей и найдите длину непогруженной части сваи. Коэффициент преломления воды $n = \frac{4}{3}$.

47. Задание 32 № 10448

Предмет находится на главной оптической оси на расстоянии $a = 16$ см от собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 8$ см. Предмет перемещают на расстояние 20 см от линзы и на 3 см от главной оптической оси. Сделайте рисунок с построением хода лучей. Определите, на какое расстояние сместилось изображение предмета относительно начального положения.