

## 11 класс

### Задача 1 (25 баллов)

Почему, не очень хорошо видящие люди, если не носят очки, часто прищуриваются?

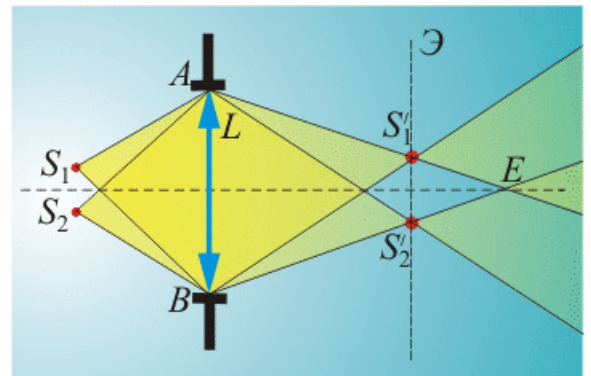
### Решение

Когда люди щурятся, ресницы частично перекрывают ход световых лучей. В результате, последние проходят не через весь хрусталик, а только через его часть. Хрусталик глаза представляет собой линзу, формирующую изображение на сетчатке, поэтому рассмотрим далее, что происходит с изображением, если некоторый непрозрачный экран (диафрагма) частично перекрывает линзу

Любой предмет, изображение которого мы хотим получить с помощью линзы, можно представить как набор светящихся точек. Каждая точка предмета будет давать своё изображение на экране, а все вместе они создают изображение предмета.

Какая картина возникнет на экране, если предмет состоит только из двух точек?

На рисунке показана линза  $L$ , диаметр которой  $|AB|$ . Перед линзой расположены две светящиеся точки  $S_1$  и  $S_2$ . Точка  $S_1$  посылает пучок лучей в телесный угол  $AS_1B$ . После линзы до точки  $S_1'$  этот пучок будет сходящимся, а после точки  $S_1'$  – расходящимся. Точка  $S_1'$  является изображением точки  $S_1$ .



Аналогично, формируется и точка  $S_2'$  – изображение точки  $S_2$ .

Если установить экран  $\mathcal{E}$  точно в плоскости изображений (это положение показано пунктирной линией на рисунке), то на нём будут наблюдаться две яркие точки. Если сместить экран, например, вправо, то, вместо точек  $S_1'$  и  $S_2'$  на нём образуются два светлых кружка, диаметры которых зависят от положения экрана. Если установить экран за точкой  $E$ , то кружки будут перекрываться тем сильнее, чем дальше от линзы окажется экран. Изображение полностью размоется.

Если уменьшить диаметр светового пучка пропуская его через диафрагму, или через “решетку” ресниц, уменьшение телесных

углов  $AS_1B$  и  $AS_2B$  приведет к уменьшению диаметров кружков в плоскости экрана. Кружки перестанут перекрываться, и резкость изображения возрастет.

Интересно так же отметить, что при стремлении диаметра диафрагмы к нулю резкое изображение предмета можно наблюдать даже в том случае, если экран значительно удалить от плоскости изображения. При этом значение фокусного расстояния линзы, а значит и её наличие (!), становятся неважными. Практическое использование малых отверстий для получения резкого изображения предметов ограничивается тем, что яркость получаемых изображений мала.

### **Задача 2 (25 баллов)**

Стеклянная, запаянная с одного конца трубка открытым концом опущена в сосуд со ртутью. После подъема трубки уровни ртути в сосуде и трубке совпадают. При этом длина части трубки, занятой воздухом,  $l = 100$  см. Затем трубку поднимают на 10 см. Какой будет после этого высота уровня ртути в трубке? (Капиллярными явлениями пренебречь.)

### **Решение**

Так как первоначально уровень ртути в сосуде и трубке совпадают, давление в трубке равно атмосферному. Когда трубку поднимают давление в трубке уменьшается и компенсируется подъемом ртути.

Тогда мы можем записать равенство давлений на уровне ртути в сосуде:

$$\rho g x + P = P_0$$

Здесь  $P_0$  атмосферное давление,  $P$  - давление в трубке,  $\rho g x$  давление ртути высотой  $x$ .

Запишем уравнение закона Бойля-Мариотта для газа внутри трубки:

$$P_0 l S = P(l + \Delta l - x)S$$

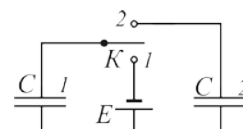
$S$ - площадь трубки.

Решая совместно эти два уравнения получаем результат:

$$x = \frac{P_0 + \rho g(l + \Delta l) - \sqrt{(P_0 + \rho g(l + \Delta l))^2 - 4\rho g\Delta l P_0}}{2\rho g}$$

### Задача 3 (25 баллов)

В показанной на рис схеме ключ сначала устанавливают в положение 1, а затем – 2. Найдите отношение энергии второго конденсатора в состоянии равновесия к работе, затраченной источником  $C_1 = C_2$



### Решение

Первый конденсатор зарядится до напряжения равного эдс источника тока, при этом на нём соберётся заряд  $q = E \cdot C$ , после переключения ключа этот заряд распределится между конденсаторами поровну. На втором конденсаторе заряд будет  $E \cdot C/2$ . Его энергия  $E^2 \cdot C/8$ . Работа эдс будет равна  $E^2 \cdot C$ . Отношение составит  $1/8$ .

### Задача 4 (25 баллов)

В результате сложной ядерной реакции в вершинах квадрата со стороной  $l$  оказались две  $\alpha$ -частицы и два позитрона. Причём одинаковые частицы расположены на диагоналях. Оцените скорости, с которыми они покинут зону наблюдения с характерным размером в несколько сантиметров.

### Решение

Так как масса позитронов намного меньше массы  $\alpha$ -частиц, мы можем считать, что сначала улетают позитроны, а потом разлетаются  $\alpha$ -частицы. Потенциальная энергия позитрона в начальный момент времени:  $\frac{2 \cdot 2 \cdot 2e^2}{l} + \frac{e^2}{\sqrt{2}l}$  на бесконечности она перейдёт в кинетическую энергию позитрона:  $2mv^2/2$ . После разлёта позитронов мы можем рассмотреть движение  $\alpha$ -частиц. Их первоначальная потенциальная энергия  $\frac{(2e)^2}{\sqrt{2}l}$  превращается в кинетическую  $2MV^2/2$ . Таким образом,  $v = e \sqrt{\frac{8\sqrt{2}+1}{lm\sqrt{2}}}$ ,  $V = e \sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{lM}}$

**Критерии определения победителей и призеров очного тура (заключительного этапа)  
Межрегиональных предметных олимпиад федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанский  
(Приволжский) федеральный университет»**

**(далее - Межрегиональные предметные олимпиады КФУ)**

Победители и призеры Межрегиональных предметных олимпиад КФУ определяются по результатам личного (индивидуального) зачета по каждому предмету и категории участников (9, 10, 11 класс).

**Победителями** заключительного этапа Межрегиональных предметных олимпиад КФУ признаются участники, набравшие не менее 70% баллов, при условии, что количество победителей не превышает 10% от общего числа участников этапа по соответствующему предмету.

**Призерами** заключительного этапа Межрегиональных предметных олимпиад КФУ признаются участники, набравшие не менее 45% баллов, при условии, что общее количество победителей и призеров не превышает 35% от общего числа участников этапа по соответствующему предмету.

Председатель Оргкомитета

Межрегиональных предметных олимпиад КФУ  
проректор по образовательной деятельности КФУ



Р.Г. Минзарипов

20.05.2014

*Handwritten signature*