

10 класс

Задача 1 (25 баллов)

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

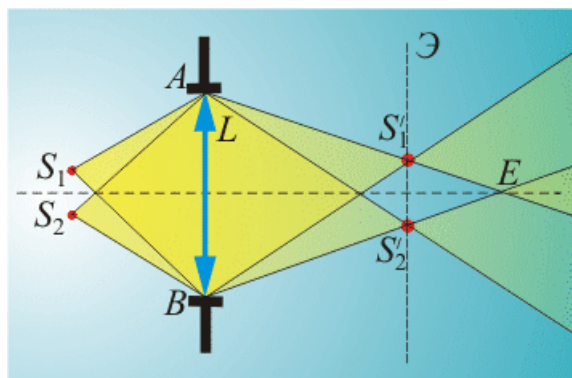
Решение

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 линзую

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.

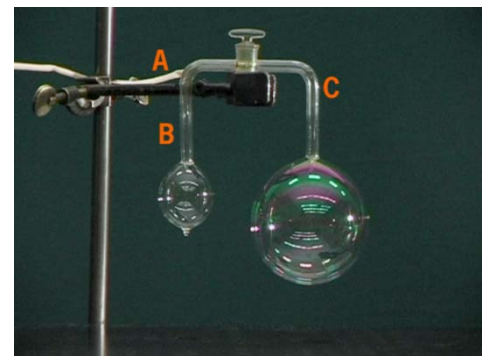
Если уменьшить диаметр светового пучка пропуская его через диафрагму, или через “решетку” ресниц, уменьшение телесных

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)

На концах стеклянной трубочки надули два мыльных пузыря разных радиусов. Что произойдет, если позволить воздуху беспрепятственно переходить из пузыря в пузырь?



Решение

Как известно, вдоль поверхности жидкости действуют силы поверхностного натяжения.

Рассмотрим состояние равновесия маленькой части поверхности мыльного пузыря, сечение которой показано на [рис. 1](#). Это состояние достигается, когда сила давления F , действующая изнутри пузыря, уравнивает силу атмосферного давления F_0 и равнодействующую сил поверхностного натяжения F_n :

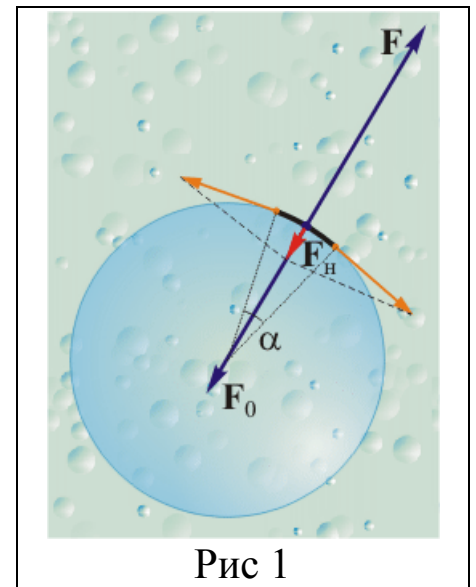


Рис 1

$$p \cdot s = p_0 \cdot s + F_n \quad (1)$$

(здесь s – площадь выбранной части поверхности, p и p_0 – давления внутри и вне пузыря).

Из рисунка видно, что величина F_n зависит от угла α . Чем меньше α , тем меньше F_n . Выделим одинаковые по площади элементы поверхности двух пузырей разного радиуса ([рис. 2](#)).

Очевидно, что $\alpha_1 > \alpha_2$. При этом $F_{н1} > F_{н2}$. Тогда из уравнения (1) следует, что давление внутри пузыря меньшего радиуса будет больше. Если теперь соединить полости этих пузырей, воздух будет перетекать из меньшего в больший. Это и наблюдалось в показанном опыте.

Величину F_n/s , называют давлением Лапласа, в честь французского ученого, который показал, что разность давлений снаружи p_1 и внутри p_2 жидкости равна (формула Лапласа):

$$p_2 - p_1 = \frac{2\sigma}{R},$$

если поверхность жидкости является сферой радиуса R , а коэффициент поверхностного натяжения равен σ .

Для мыльного пузыря разность давлений воздуха внутри и вне пузыря вдвое больше:

$$p - p_0 = \frac{4\sigma}{R}.$$

Это связано с тем, что оболочка пузыря имеет две поверхности жидкость – газ: наружную и внутреннюю. Такая оболочка ведёт себя как поверхность с удвоенным поверхностным натяжением.

Задача 3 (25 баллов)

В результате сложной ядерной реакции в вершинах квадрата со стороной l оказались две α -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 α -частиц, мы можем считать, что сначала улетают позитроны, а потом разлетаются α -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

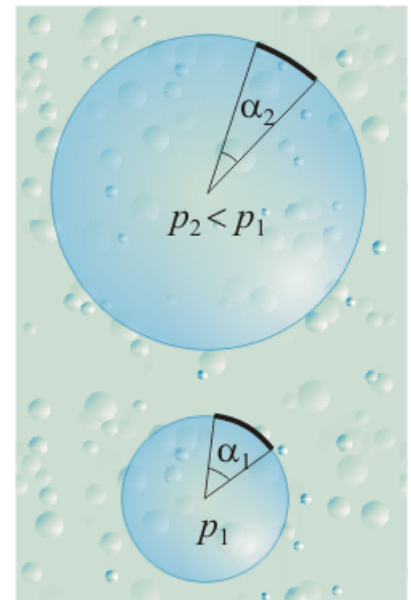
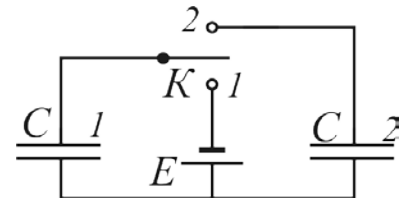


Рис 2

перейдёт в кинетическую энергию позитрона: $2mv^2/2$. После разлёта позитронов мы можем рассмотреть движение α -частиц. Их первоначальная потенциальная энергия $\frac{(2e)^2}{\sqrt{2}l}$ превращается в кинетическую $2MV^2/2$. Таким образом, $v = e\sqrt{\frac{8\sqrt{2}+1}{lm\sqrt{2}}}$, $V = e\sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{lM}}$

Задача 4 (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 $1/8$.