Но левую часть (разность квадратов) можно представить в виде $(r_2 - r_1)(r_2 + r_1)$. Первый сомножитель и есть искомая разность хода, а второй можно приближенно записать так: $r_2 + r_1 = 2r$. Тогда

$$\Delta = \frac{d}{2}\sin\theta,$$

что можно было бы найти и сразу, если «кривосторонний» треугольник ABC приближенно заменить прямоугольным треугольником ABC'.

А теперь вспомним основную идею интерференции: если разность хода двух волн от двух источников света до одной и той же точки равна целому числу длин волн λ, то волны усилят друг друга, а если она равна нечетному числу полуволн, то эти две интерферирующие волны ослабят друг друга. Значит, на правой пластинке должна получиться вовсе не «ступенька» освещенности, изображенная на рисунке 1 приверженцем геометрической оптики, а более сложная картина чередующихся светлых и темных полос – как на рисунке 2 справа. Самая большая освещенность будет в середине пластинки, на линии, противолежащей середине щели ($y = 0$). Яркость других полос будет убывать с удалением от середины пластинки – ведь они все дальше отстоят от светящейся щели.

Для наших целей самым интересным является положение темных полос, ограничивающих центральную светлую полосу. Из вышесказанного следует, что в этом месте

$$\frac{d}{2}\sin\theta_1 = \pm\frac{\lambda}{2},$$

или

$$\sin\theta_1 = \frac{\pm y_1}{\sqrt{y_1^2 + x^2}} = \pm\frac{\lambda}{d}.$$

Вот тут и сбылось предвидение Опытного Читателя: действительно, распределение освещенности пластинки оказалось зависящим от важнейшего параметра – безразмерного отношения длины волны света к размеру отверстия, пропускающего свет! Это распределение называют *дифракционной картиной* от щели.

Но вернемся к нашим верблюдам. В этом случае «щелью» служит зрачок глаза (который вовсе не бесконечная щель, а круглое отверстие), а роль пластинки играет задняя внутренняя поверхность глаза – сетчатка. Оказывается, на ней возникнет дифракционная картина, очень похожая на изображенную на рисунке 2 справа. Только теперь, конечно, это уже не параллельные полосы, а темные и светлые кольца, окружающие центральное светлое

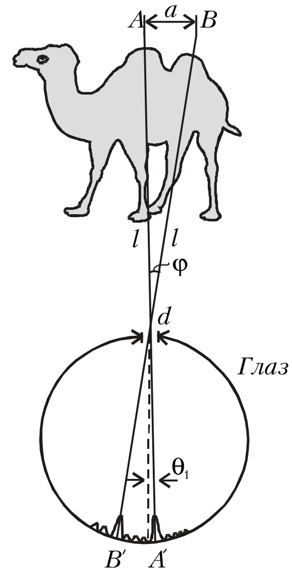

Рис. 3

пятно. И радиусу первой темной окружности соответствует несколько другой (больший) угол – такой, что

$$\sin\theta_1 = 1{,}22\frac{\lambda}{d},$$

где d – это уже диаметр зрачка.

Итак, каждая «точка» удаленного объекта (верблюда), пославшая в глаз почти параллельный пучок рассеянного ею солнечного света, изобразится на сетчатке в виде светлого пятнышка, окруженного системой колец. (Не напоминает ли это вам картину волн от камешка, брошенного в пруд?) Но нам нужно различить – физики говорят «разрешить» – *две* точки. Дифракционная картина от них качественно представлена на рисунке 3. И тут сразу понятно условие их разрешимости: если максимум освещенности от второй точки (B) попадет в первый минимум от первой точки (A) или будет дальше от него, то эти две точки можно рассмотреть как отдельные. В противном случае они сольются в одну.

Заметим, что наиболее четкое изображение на сетчатке глаза получается при диаметре зрачка $d = 3$ мм. При этом угловая разрешающая способность глаза, определяемая законами физической оптики, имеет порядок

$$\varphi = \frac{1{,}22\cdot 5\cdot 10^{-7}\ \text{м}}{3\cdot 10^{-3}\ \text{м}} \approx 50''$$

(здесь использована характерная длина волны $\lambda = 5000$ Å $= 5\cdot 10^{-7}$ м). Когда человек хочет хорошенько рассмотреть какой-либо объект, он поворачивает глаз так, что изображение проецируется на так называемое желтое пятно сетчатки, в котором 15000 колбочек (чувствительных клеток) выстилают площадку с угловым размером порядка 1,5°. Таким образом, на каждую колбочку приходится угол порядка

$$\varphi_1 = \frac{1{,}5^\circ\cdot 3600''/^\circ}{\sqrt{15000}} \sim 50''.$$

Можно сказать, что, создавая глаз, «природа знала дифракцию на отлично». Это еще один яркий пример поразительной целесообразности живых организмов.

В этой связи интересно обсудить фантастический рассказ Гулливера: «Лилипуты обладают несравненно лучшим зрением, чем мы... Природа приспособила зрение лилипутов к окружающим их предметам: они хорошо видят, но только на близком расстоянии... Мне большое удовольствие доставляло наблюдать повара, ощипывающего жаворонка величиной не больше нашей мухи, и девушку, вдевавшую шелковинку в ушко невидимой иголки». Между тем, Гулливер утверждает: «Я в двенадцать раз выше лилипута», и все предметы в Лилипутии во столько же раз меньше наших (в том числе и зрачок глаза). Таким образом, дифракционный угол для лилипута в 12 раз больше, так что диаметр изображения точки на сетчатке маленького глаза растягивается во столько же раз больше. Целесообразно ли при этом природе создавать клетки лилипутского глаза меньше, чем у Гулливера? И будет ли при этом их зрение «несравненно лучше», даже на «близком расстоянии»?

Таким образом, для разрешимости двух точек нужно потребовать выполнения приближенного соотношения

$$\varphi \geq \theta_1, \text{ или } \frac{a}{l} \geq 1{,}22\frac{\lambda}{d},$$

откуда получаем

$$l \leq \frac{ad}{1{,}22\lambda}. \qquad (*)$$

Остается провести численные оценки. Пусть расстояние между горбами верблюда $a \sim 0{,}5$ м, диаметр зрачка $d \sim 1$ мм (в пустыне яркий свет!), средняя длина волны солнечного света $\lambda \sim 0{,}5$ мкм. Тогда

$$l \leq \frac{0{,}5\cdot 10^{-3}}{1{,}22\cdot 0{,}5\cdot 10^{-6}}\ \text{м} \sim 800\ \text{м}.$$

Но разве дело только в верблюдах? А телескопы? Ведь объектив телескопа – тоже «зрачок», только очень большой. И теперь ясно, почему его стараются сделать как можно больше: наименьшее угловое расстояние на небесной сфере между двумя звездами φ, которые мы хотим разрешить, должно быть