

Рис. 3

груз, то момент нагрузки равен произведению силы натяжения веревки, которая равна весу груза, на радиус вала. Холостой ход электрической машины соответствует значению $M_0 = 0$. В случае ненулевой нагрузки частота вращения ω_* определяется балансом моментов (рис.4):

$$M(\omega_*) = M_0.$$

Что же получается, электрический мотор сам выбирает понравившуюся ему мощность? Действительно, если момент нагрузки меньше момента, создаваемого мотором, то ротор раскручивается все сильнее и сильнее, пока частота не достигнет значения ω_* . В противоположном случае, когда момент нагрузки больше момента, создаваемого мотором, ротор тормозится до тех пор, пока баланс моментов не восстановится. Иными словами, значение ω_* соответствует

положению устойчивого равновесия. Следовательно, несмотря на формальную возможность выбора частоты вращения ротора для заданной величины полезной мощности P_0 , ротор раскручивается до тех пор (до такой частоты ω_*), пока не выполнится условие равенства моментов. Мощность в этом случае определяется внешней нагрузкой M_0 :

$$P_* = M_0 \omega(M_0) = M_0 \left(\frac{U}{\Phi_0} - \frac{R M_0}{\Phi_0^2} \right) = \frac{M_0}{\Phi_0} \left(U - \frac{R}{\Phi_0} M_0 \right).$$

Этот простой пример показывает, как непросто навязать свою волю машинам, даже если это всего лишь электрические машины постоянного тока.

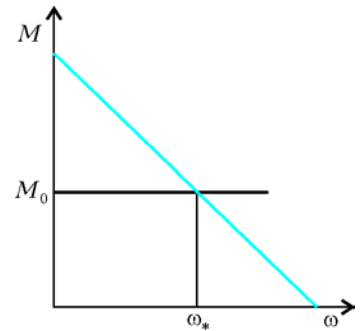


Рис. 4

Фокус шара

Д.ВИКТОРОВ

*И даль свободного романа
Я сквозь магический кристалл
Еще не ясно различал.*

А.С.Пушкин

ОДНАЖДЫ У МЕНЯ В РУКАХ ОКАЗАЛСЯ ОПТИЧЕСКИЙ раритет – хрустальный шар диаметром 5,5 сантиметров, изготовленный предположительно в Великобритании. Предпоследний владелец использовал этот магический кристалл в конце XIX – начале XX века (точный год изготовления изделия неизвестен). Сквозь толщу лет пробиваются староанглийские слова, переведенные на русский язык:

«...Наблюдатель должен сесть спиной к свету, держа шар на ладони руки, которая может удобно покоиться на коленях, или шар можно поместить на столе на подставке под ним и поставить сзади экран из черного бархата или темного материала. Последний физически помогает отключить боковой свет и отражение.

Постоянное «глядение» в полной тишине абсолютно необходимо, так как в отличие от других оккультных явлений отвлечение внимания или первичного (обычного) сознания очень неблагоприятно.

Успех обнаруживается, когда сфера, прекращая отражать, становится молочной. Появляется туманный цвет (обычно красный и его дополнительный – зеленый), превращаясь в темноту, которая откатывается прочь, подобно занавесу, который открывает взгляду наблюдателя картины, сцены, фигуры в движении, интересные сентенции и т.д.

Оживление скрытой памяти или воспоминаний о будущем является одной из главных особенностей этого опыта.

Признаю, что у меня не получилось разглядеть в шаре что-либо необычное. Видимо, я отношусь к тем 25% людей, которые «ничего не смогут сделать вообще», как говорится в обращении к читателю (покупателю шара). Из этого,

конечно, не следует, что ни у кого не получится, хотя инструкция, с современной точки зрения, и выглядит весьма фантастично. С другой стороны, магические кристаллы выпускались в XIX веке явно не единичными экземплярами. И если бы в них ничего и никому нельзя было увидеть, то кто бы их стал приобретать? В любом случае, последнее слово за достаточно массовым экспериментом...

В солнечную погоду легко экспериментально убедиться в том, что шар фокусирует солнечные лучи, действуя как собирающая линза. Данный шар собирает лучи на расстоянии 5 мм от его поверхности.

Интересно, что маленькие капельки воды на листьях растений имеют почти сферическую форму (из-за значительного преобладания сил поверхностного натяжения над силой тяжести). Такие капельки, фокусируя солнечные лучи на листьях, точно обжигают их. Вот почему растения не надо поливать в то время, когда они освещены солнцем.

Рассчитаем теперь теоретически фокусное расстояние шара $F = OC$ (рис.1). Рассмотрим луч, идущий вблизи одной из главных оптических осей шара параллельно ей. Место пересечения вышедшего из шара луча и оси – точка C – и есть фокус «толстой» линзы, т.е. нашего шара. Параксимальность лучей гарантирует нам, что углы α, β, γ будут малыми, т.е. значительно меньшими одного радиана. По закону преломления света в точках A и B имеем соответственно

$$\sin \alpha = n \sin \beta, \quad n \sin \beta = \sin \gamma,$$

где n – показатель преломления материала шара. Отсюда получаем $\gamma = \alpha$. Применим к треугольнику OBC теорему синусов:

$$\frac{F}{\sin(180^\circ - \alpha)} = \frac{R}{\sin(2\alpha - 2\beta)},$$

откуда получим

$$F = \frac{R \sin \alpha}{\sin(2\alpha - 2\beta)},$$

где R – радиус шара. Так как синус малого (в радианной мере) угла можно (и нужно) заменить самим углом, то окончательно имеем

$$F = \frac{R\alpha}{2(\alpha - \beta)} = \frac{Rn}{2(n-1)}. \quad (1)$$

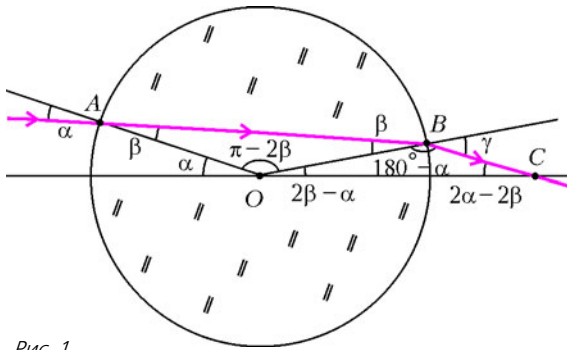


Рис. 1

Факт отсутствия здесь величины β говорит о том, что все параксиальные лучи собираются в одной точке C , т.е. мы нашли действительно фокус.

Полученная формула дает возможность, используя предыдущие измерения, узнать показатель преломления стекла, из которого изготовлен шар:

$$n = \frac{2F}{2F - R} = \frac{4F}{4F - d} = \frac{4 \cdot 3,25}{4 \cdot 3,25 - 5,5} = 1,73.$$

Видим, что магический кристалл сделан из качественного оптически плотного стекла.

Из формулы (1) для фокусного расстояния легко вывести, что

$$\text{при } 1 < n < 2 \quad F > R,$$

$$\text{при } n = 2 \quad F = R,$$

$$\text{при } n > 2 \quad F < R.$$

Ясно, что рисунок 1 и выведенная на его основе формула справедливы при $1 < n < 2$. А для $n > 2$ придется сделать другой рисунок (рис.2) и получить другую формулу фокуса шара. Вычисления весьма похожи на первый случай, поэтому будем кратки: применим теорему синусов к треугольнику AOC и запишем закон преломления света в точке A . Синусы малых углов сразу заменим самими углами. Тогда из уравнений

$$\frac{F}{\beta} = \frac{R}{\alpha - \beta} \quad \text{и} \quad \alpha = n\beta$$

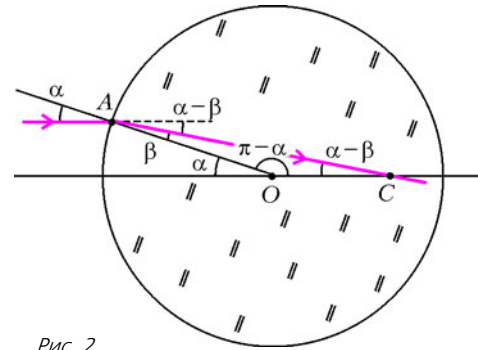


Рис. 2

сразу находим

$$F = \frac{R}{n-1}. \quad (2)$$

Отметим, что для $n = 2$ подходят обе формулы фокусного расстояния шара – (1) и (2). А бывает ли показатель преломления стекла больше двух? Обычно в задачах встречаются числа, меньшие двух, но в «Справочнике по физике» А.С.Еноховича, например, указан диапазон показателей преломления оптического стекла от 1,47 до 2,04. Можно надеяться, что при неизбежном совершенствовании техники и технологии изготовления оптического стекла удастся получить образцы и с большими показателями преломления.

В заключение сравним «толстую» и «тонкую» линзы. Если для шара мы получили две разные формулы фокусного расстояния: одну для $n \leq 2$, другую для $n \geq 2$, то для тонкой линзы такая формула, как известно, одна:

$$F = \frac{1}{(n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)},$$

где R_1 и R_2 – радиусы сферических поверхностей, ограничивающих тонкую линзу. В частности, при $R_1 = R_2 = R$

$$F = \frac{R}{2(n-1)}. \quad (3)$$

Видно, что формула (3) отличается и от формулы (1), и от формулы (2).

«Непослушные колючки»

(Начало см. на 2-й с. обл.)

Чемпионаты по решению занимательных задач-головоломок проводятся в нашей стране с 1998 года. Организует их московский клуб «Диоген», объединяющий сотни любителей головоломок из многих городов России и зарубежных стран.

Летом 2006 года в Москву приехали 34 претендента на звание чемпиона России. Они завоевали это право по итогам заочных соревнований, которые проводятся круглый год на сайте www.diogen.h1.ru. Итоговое состязание в Москве проходило в несколько туров и длилось более шести часов. В результате четвертый год подряд чемпионом стал Андрей Богданов из города Железнодорожный Московской области.

На подобных соревнованиях, как правило, предлагаются задачи, для решения которых достаточно иметь лист бумаги и карандаш или ручку. Но для некоторых заданий и этого не потребовалось. Участникам раздали предметные (механические) головоломки в разобранном виде. Задача состояла в том, чтобы собрать их, т.е. расположить детали головоломок определенным образом.

Головоломку «Непослушные колючки» вы легко можете сделать самостоятельно. Для этого перенесите контуры пластины и колючки с обложки журнала на лист клетчатой бумаги, а затем вырежьте копию пластины и четыре одинаковые колючки.

Понятно, что первую и вторую колючки уложить внутрь шестиугольника очень легко. При укладке третьей детали вам придется изрядно потрудиться. На чемпионате быстрее всех головоломку решила Наталья Налимова из Екатеринбурга, вторым был Андрей Богданов. Им понадобилось для этого менее пяти минут.

Организаторы считали, за 15 минут головоломку должны решить все, но за это время с ней справились только 12 человек. Поэтому откроем секрет, которого не знали участники чемпионата: укладывать в шестиугольник легче сразу четыре колючки, а не три! Подумайте сами: все детали одинаковы, а шестиугольник симметричен, следовательно, можно заранее предположить, что из колючек надо складывать компактную и симметричную фигуру, состоящую из двух одинаковых половинок. Если до этого догадаться, то решение будет найдено быстро.

А.Калинин