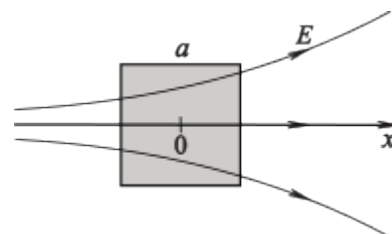


Задача 1.

Резиновый шарик падает вертикально с некоторой высоты и упруго сталкивается с доской, закрепленной под углом 45° к горизонту. Оказалось, что непосредственно перед ударом шарик двигался с ускорением $a = g/2$. Найдите ускорение шарика сразу после удара (его величину и направление).

Задача 2.

Металлический кубик, ребро которого равно a , помещен в неоднородное электрическое поле (см. рисунок). Напряженность поля на оси x в окрестности кубика можно считать равной $E(x) = E_0 - k \cdot x$, где E_0 – поле в центре кубика, k – известный коэффициент. На масштабе ребра кубика поле изменяется слабо: $\frac{k \cdot a}{E_0} \ll 1$.



а) Пусть заряд кубика равен нулю. На него при этом все равно будет действовать некоторая электрическая сила. Почему? Куда будет направлена эта сила? (Требуется качественное объяснение.)

б) Сообщим теперь кубику некоторый положительный заряд q . Тогда, если этот заряд не слишком велик (меньше некоторого q_0), то направление электрической силы будет таким же, как в пункте а). Если же $q > q_0$, то сила изменит свое направление на противоположное. Объясните это явление.

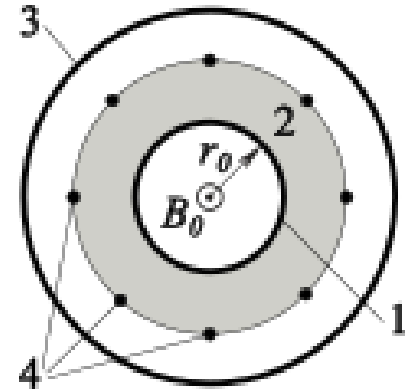
в) Оцените величину граничного заряда q_0 .

Задача 3.

Один из методов получения сверхсильных импульсных магнитных полей состоит в быстром сжатии проводящего контура, помещенного во внешнее магнитное поле. В таком контуре вследствие явления электромагнитной индукции возникает очень большой ток и магнитное поле внутри него многократно возрастает. На рисунке показана схема установки, реализующей этот метод.

Главная ее часть – тонкостенный металлический цилиндр 1 (лайнер). Он окружен цилиндрическим слоем взрывчатого вещества 2.

Конструкция помещена внутрь соленоида (катушки) 3, создающего начальное магнитное поле B_0 , направленное вдоль оси цилиндра. На внешней поверхности слоя взрывчатки размещено большое число детонаторов 4, при одновременном срабатывании которых в нем возникает цилиндрическая волна детонации, сходящаяся к оси. Когда эта волна достигает лайнера, она с огромной скоростью сжимает его, превращая в цилиндр все меньшего и меньшего радиуса.

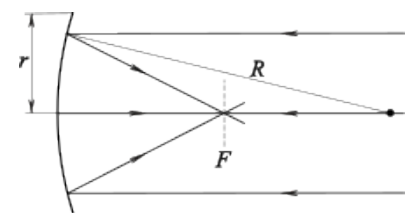


а) Покажите, что если можно пренебречь сопротивлением лайнера (считать его идеальным проводником), то магнитный поток через него (произведение индукции поля на площадь сечения) при сжатии остается неизменным.

б) Оцените максимальное магнитное поле, которое можно получить в такой установке. Индукция начального магнитного поля $B_0 = 1$ Тл, начальный радиус лайнера $r_0 = 10$ см, его длина (высота цилиндра) $l = 50$ см. Взрывчатое вещество – тротил, его масса $m = 5$ кг, удельная теплота взрыва $q = 4190$ кДж/кг. Магнитная постоянная $\mu_0 \approx 1,26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м.

Задача 4.

Объективом любого телескопа-рефлектора является вогнутое зеркало. Пучки параллельных лучей, приходящие к нему от астрономических объектов, после отражения фокусируются в точки, образуя в фокальной плоскости действительное изображение этих объектов (см. рисунок). Далее это изображение можно рассматривать глазом с помощью короткофокусной линзы-окуляра.



Реальные оптические схемы рефлекторов несколько сложнее описанной здесь идеи, но для нашей задачи это несущественно.

Как известно, чтобы зеркало сфокусировало в точку пучок параллельных лучей, оно должно иметь форму параболоида вращения. Большие профессиональные телескопы используют именно такие зеркала. Но для небольших любительских телескопов зеркала, как правило, делают в форме сегмента сферы. Такое зеркало гораздо проще в изготовлении и дешевле. Но сферическое зеркало, в отличие от параболического, фокусирует пучок параллельных лучей лишь приближенно. Из-за этого у таких телескопов возникают харак-

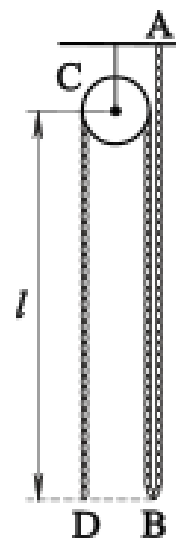
терные искажения изображения – сферические аберрации. В частности, использование зеркала упрощенной формы снижает разрешающую способность телескопа – его способность давать отдельные изображения двух очень близких друг к другу объектов на небе.

а) Радиус кривизны сферического зеркала равен R . Найдите его фокусное расстояние для параксиальных (близких к оптической оси) лучей.

б) Сферическое зеркало телескопа имеет форму диска радиуса $r = 1$ м, радиус кривизны его поверхности $R = 10$ м. Оцените предел разрешающей способности такого телескопа, то есть минимальное угловое расстояние между точечными объектами на небе, при котором он еще дает их отдельные (не сливающиеся в единое пятно) изображения.

Задача 5.

Однородная нерастяжимая цепочка подвешена так, как показано на рисунке. Один ее конец прикреплен к потолку в точке А. От этой точки цепочка идет вниз до «точки перегиба» В, где разворачивается и начинает подниматься вверх до маленького неподвижного блока С. Обогнув этот блок, цепочка снова идет вниз, пока не заканчивается в точке D. Точки В и D находятся на одном уровне, расстояния $CB = CD = l$. Блок легкий и вращается без трения. Линейная плотность цепочки (масса единицы длины) равна ρ .



а) Свободно свисающий конец цепочки (точку D) резко дернули, сообщив ему скорость ν_0 , направленную вниз. Найдите ускорение движущейся части цепочки сразу после этого.

б) Конец цепочки D опустили на расстояние $x < l$, вытянув часть цепочки через блок. Какую скорость нужно сообщить этому концу, чтобы ускорение движущейся части цепочки сразу после этого было равно нулю?

в) Допустим, в какой-то момент конец цепочки D движется вниз со скоростью ν . Найдите тепловую мощность – количество тепла, выделяющегося в этой системе за единицу времени.