

Межрегиональные предметные олимпиады КФУ
профиль «Физика»
заключительный этап (разбор задач)
2020-2021 учебный год
11 класс

Задача 11.1 (20 б.) Замерзание водоема.

Водоем покрыт льдом толщиной $d_0 = 7.5$ см. Сколько времени займет увеличение толщины льда до $d_1 = 15$ см? Температура воздуха постоянна и равна -15 °С, температура воды 0 °С, теплообменом с дном водоема пренебречь.

Принять во внимание, что полная мощность теплопередачи может быть вычислена по формуле $P = \frac{\chi S \Delta T}{d}$, где χ – коэффициент теплопроводности материала. В данном случае речь идёт о стационарном потоке тепла от одной грани параллелепипеда площадью S к другой, расстояние между гранями равно d , разность температур ΔT . Плотность льда $\rho = 900$ кг/м³, теплота плавления $\lambda = 330$ кДж/кг, коэффициент теплопроводности льда $\chi = 2.1$ Вт/(К·м).

Задача 11.2 (15 б.) Тепловой баланс.

Вдалеке от Солнца по круговой орбите летает астероид, который нагревается излучением, достоящим к нему от Солнца. Сам астероид быстро вращается вокруг своей оси и имеет достаточно высокую теплопроводность, по этой причине можно считать, что он равномерно прогревается до температуры T . Найдите эту температуру, если известно, что астероид находится на расстоянии трех астрономических единиц от Солнца. Для простоты считайте астероид абсолютно черным телом. Излучение единицы площади поверхности абсолютно черного тела в космосе определяется законом Стефана-Больцмана

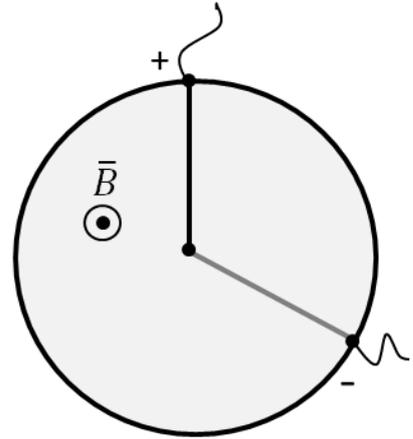
$$N = \sigma T^4$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}^4}$$

Солнечную постоянную считать равной 1367 Вт/м^2 . Солнечная постоянная – это суммарная мощность солнечного излучения, проходящего через единичную площадку, ориентированную перпендикулярно потоку, на расстоянии одной астрономической единицы от Солнца вне земной атмосферы.

Задача 11.3 (20 б.) Циферблат в магнитном поле.

Исследуемая система представляет собой циферблат от настенных часов (без часового механизма) с металлическими стрелками. Циферблат окаймлен проводящим недеформируемым ободом. Стрелки находятся в электрическом контакте с ободом и друг с другом (на оси). Стрелки могут свободно вращаться без сухого трения. Диаметр обода D , сопротивление стрелок и обода на единицу длины τ . Стрелки имеют одинаковую массу и длину. Циферблат расположен горизонтально и помещен в достаточно сильное постоянное однородное магнитное поле \vec{B} , направленное перпендикулярно плоскости циферблата. В начальный момент времени часы "показывают" ровно 4 часа (см. Рис.) и находятся в состоянии покоя.

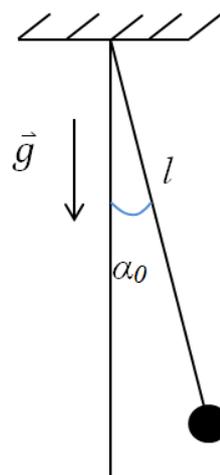


К точкам обода "12" и "4" подключают батарейку с ЭДС ξ и внутренним сопротивлением $r = D\tau/4$. Сопротивлением подводящих проводов можно пренебречь. Найдите силу, действующую на стрелки в момент подключения батарейки. Найдите положение стрелок, когда они окончательно остановятся. Изобразите качественный (без масштаба осей) характер зависимости тока через "минутную" стрелку от времени. За положительное направление тока примите ток от обода к центру. Магнитным взаимодействием между стрелками можно пренебречь.

Задача 11.4 (25 б.) Притягательная пластина.

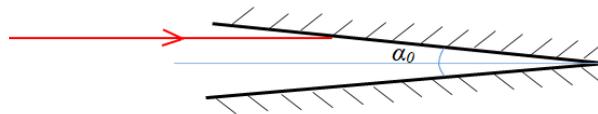
Маленький шарик с зарядом q и массой m закреплен на невесомом непроводящем жестком стержне таким образом, что он может свободно отклоняться на любой угол в плоскости рисунка. Вертикально, перпендикулярно плоскости рисунка, расположена бесконечная проводящая плоскость (заземленная) с очень высокой проводимостью. В состоянии равновесия стержень отклоняется от вертикали на угол α_0 . Найти период малых колебаний (в плоскости рисунка) вблизи точки равновесия, если таковые имеют место. Длина стержня l . Достаточно учесть электростатическое взаимодействие шарика только с проводящей плоскостью. Электромагнитным излучением и сопутствующими явлениями можно пренебречь.

Возможно, Вам будет полезна формула $(1 + x)^\gamma \approx 1 + \gamma x$ при $x \ll 1$.



Задача 11.5 (20 б.) Многократное отражение.

Два бесконечных плоских зеркала образуют двугранный угол $\alpha_0 = \pi/n$, где n – натуральное число ≥ 2 . Параллельно биссектрисе линейного



угла* данного двугранного угла, на одно из зеркал падает луч лазера. Найдите количество отражений луча в зеркалах и угол между падающим и вышедшим лучом после всех отражений.

*Угол между двумя перпендикулярами к ребру двугранного угла, проведенными в его гранях из одной точки ребра, называется линейным углом двугранного угла.