

Время выполнения задания – 180 мин., язык - русский.

Решите задачи.

Разрешается пользоваться калькулятором любой сложности.

1. По железной дороге по инерции движется поезд, состоящий из одинаковых вагонов и без локомотива. Сначала дорога идет горизонтально, затем проходит по холму, и снова выходит на горизонтальный участок на той же высоте. Холм задан возвышением $h(x)$, причем $dh/dx \ll 1$, где x – координата вдоль железной дороги. С какой минимальной скоростью должен двигаться поезд, чтобы перевалить через холм? Считайте, что длина поезда L больше ширины холма. Потерями на трение можно пренебречь.
2. В замкнутом сосуде объемом 10 литров при температуре 10 градусов Цельсия находится некоторое количество воды. При нагревании до 100 градусов Цельсия вода полностью испаряется. Найдите ограничение сверху на количество воды, находившейся в сосуде при комнатной температуре.
3. Цилиндрический соленоид имеет радиус $r = 2$ см, длину $l = 40$ см и число витков $N = 5 \cdot 10^3$. Сопротивление соленоида на нулевой частоте равно $R = 5$ ом. Соленоид включен в сеть переменного тока $V=220$ вольт, 50 герц. В соленоиде в результате короткого замыкания образовался короткозамкнутый виток. Найдите мощность, которая выделяется на этом витке в виде тепла.
4. Непрерывный аргоновый лазер мощностью $P=1$ ватт работает на длине волны $\lambda=488$ нм. Его луч с выходным диаметром $d=1$ см направлен на поверхность Луны. Оцените мощность на единицу площади, которая будет достигаться в световом пятне, которое лазер создает на поверхности Луны. Потерями в атмосфере можно пренебречь.
5. Экситон является связанным состоянием электрона и дырки (заряд который положителен и по абсолютной величине совпадает с зарядом электрона), экситоны наблюдаются в полупроводниках. Найдите энергию связи экситона, если эффективные массы электрона и дырки в полупроводнике равны $m/2$ и $2m$ (m – масса электрона), а относительная диэлектрическая проницаемость полупроводника равна $\epsilon=20$. Энергия связи атома водорода равна 13.6 эв.