

Теоретический тур, 11 класс

1. Куда упадет шарик?

С лодки, движущейся по течению реки, опускают в воду металлический шарик. Шарик падает на дно реки на расстоянии l_1 по горизонтали от места, где его опустили в воду. Если опустить в воду шарик с лодки, движущейся против течения, то шарик падает на дно на расстоянии l_2 ниже по течению. Для лодки, переплывающей реку по траектории, перпендикулярной течению реки, расстояние до точки падения на дно составляет l_3 .

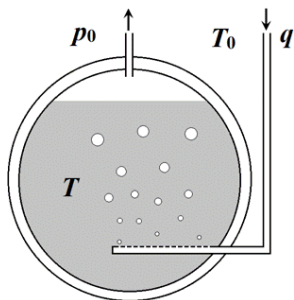
1 Чему равно расстояние до точки падения на дно для лодки, движущейся в озере той же глубины, что и река?

2 Во сколько раз скорость лодки больше скорости течения?

Величина проекции скорости шарика на вертикальное направление при падении в воду равна нулю, закон зависимости силы сопротивления при движении шарика в воде неизвестен, все расстояния отсчитываются по горизонтали от места падения шарика в воду до места падения его на дно. Течение реки и ее глубина везде одинаковы. Двигатель лодки развивает постоянную силу тяги независимо от направления движения.

2. «Буль-буль»

В реакторе в водном растворе некоторого вещества в результате химической реакции выделяется тепло с мощностью $N = 5$ кВт. Для регулирования температуры в реактор через трубки с маленькими отверстиями, проложенными на дне реактора, продувается воздух. Давление воздуха, подающегося в реактор, можно считать равным атмосферному $P_0 = 10^5$ Па, температуру – равной температуре помещения $T_0 = 22$ °С. Определите объемный расход воздуха q , необходимый для поддержания в реакторе температуры $T < T_K$, где $T_K = 100$ °С – температура кипения водного раствора при атмосферном давлении. Считайте $T_K - T \ll T_K$. Определите численное значение q для $T = 95$ °С.



Молярная теплота испарения при температуре T для воды известна: $\lambda = 40$ кДж/моль. Давление насыщенного водяного пара вблизи T_K меняется практически линейно с коэффициентом $\alpha = 3.5$ кПа/°С. Давление насыщенного пара над раствором в точности соответствует давлению насыщенного водяного пара. Теплотой, идущей на нагрев воздуха, можно пренебречь. Перепад давления на отводящей из реактора газ трубке пренебрежимо мал. В отсутствие подачи воздуха в реактор, теплообмена с окружающей средой нет.

Молярная теплота испарения при температуре T для воды известна: $\lambda = 40$ кДж/моль. Давление насыщенного водяного пара вблизи T_K меняется практически линейно с коэффициентом $\alpha = 3.5$ кПа/°С. Давление насыщенного пара над раствором в точности соответствует давлению насыщенного водяного пара. Теплотой, идущей на нагрев воздуха, можно пренебречь. Перепад давления на отводящей из реактора газ трубке пренебрежимо мал. В отсутствие подачи воздуха в реактор, теплообмена с окружающей средой нет.

3. Пластина с шайбой

Часть 1. Тонкий стержень из диэлектрика равномерно заряжен с линейной плотностью заряда λ . Точка A расположена на расстоянии h от стержня и равноудалена от его концов. Стержень виден из точки A под углом 2φ (рис. 1). Определите напряженность электрического поля в точке A .

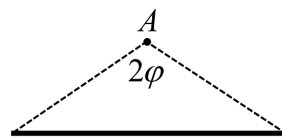


Рис. 1

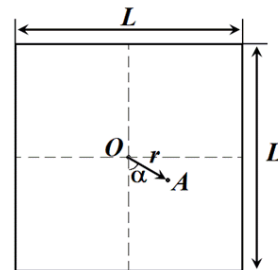


Рис. 2

Часть 2. Тонкая диэлектрическая квадратная пластина с длиной стороны L равномерно заряжена с поверхностной плотностью $\sigma > 0$. В точку A , смещенную в плоскости пластины на малое расстояние $r \ll L$ относительно ее центра (т. O) под углом $\alpha = 60^\circ$ к стороне квадрата (рис. 2), помещают маленькую гладкую диэлектрическую шайбу массы m с зарядом $q < 0$. Шайбу отпускают без начальной скорости.

2.1 Определите величину и направление ускорения шайбы сразу после того, как ее отпустили.

2.2 Через какое время шайба впервые окажется на минимальном расстоянии от центра пластины?

Силы тяжести нет, пластина закреплена.

4. Виток в витке

Индуктивность кольца радиуса R , сделанного из тонкой проволоки, равна L .

1 Найдите индуктивность проволочного кольца, у которого все геометрические размеры в 2 раза больше.

Если в плоскости кольца радиуса R поместить сверхпроводящее колечко с вдвое меньшими геометрическими размерами так, чтобы плоскости колец и их центры совпадали (рис. 3), то индуктивность кольца радиуса R оказывается равной L_1 .

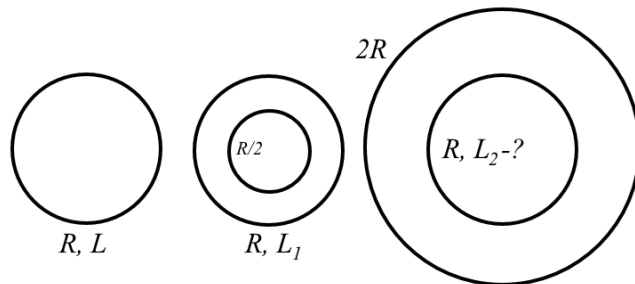


Рис. 3

2 Какой станет индуктивность кольца L_2 радиуса R при помещении его внутрь сверхпроводящего кольца со вдвое большими геометрическими размерами? Плоскости и центры колец во втором случае также совпадают.

5. Прозрачный слой

В шаре радиуса $2R$ из оптически прозрачного материала имеется сферическая полость радиуса R . Центры шара и полости совпадают. Внутри полости воздух. Из воздуха снаружи на поверхность шара падает луч света (рис. 4). При каких значениях угла падения луча на поверхность шара α луч проникнет внутрь полости? Рассмотрите два случая:

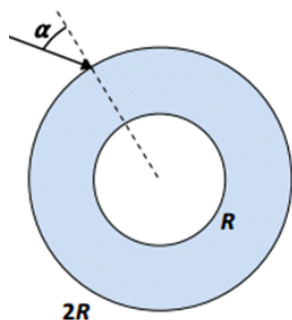


Рис. 4

1 Показатель преломления вещества шара постоянен и равен $n = 2$.

2 Показатель преломления вещества шара линейно уменьшается при увеличении расстояния r от центра: $n(r) = 2.5 - 0.5 \frac{r}{R}$, $R \leq r \leq 2R$.

Показатель преломления воздуха считать равным $n_0 = 1$.