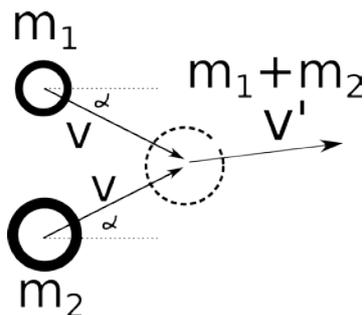


Физика

Вариант 1

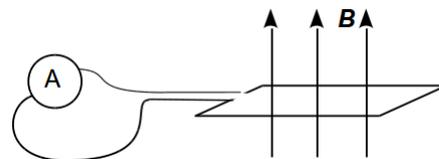
Задача 1.

Для создания наночастиц учёные используют метод лазерной абляции — испарение вещества мишени под действием лазерного импульса, которое затем образует наноклапты, а в дальнейшем — наночастицы. В вакуумной камере абсолютно неупруго сталкиваются две наноклапты массами $m_1 = m$, $m_2 = 2m$, которые летят со скоростью $v = 6$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, и образуется новая наноклапты. Найти скорость новой наноклапты (**8 баллов**).



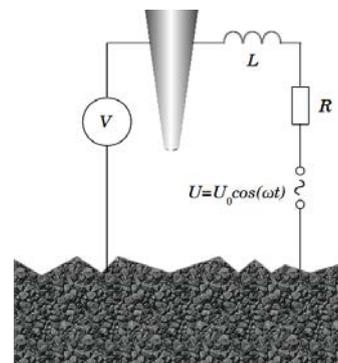
Задача 2.

Для того, чтобы определить состояние магнитного домена жесткого диска, было решено использовать индукционный флюксметр (прибор для измерения магнитного потока). Флюксметр представляет собой прямоугольную медную рамку, подключенную к баллистическому гальванометру. Размеры рамки: 500 нм на 1 мкм. Определите величину индукции магнитного поля B , которое создавала доменная область, если в результате процесса стирания информации через гальванометр протек заряд $q = 0.1$ нКл. Электрическое сопротивление проволоки $R = 2$ мОм. (**8 баллов**)



Задача 3.

С помощью ёмкостного зонда определяют профиль поверхности, имеющей нанометровые шероховатости. В цепь последовательно включены индуктивность, резистор, источник переменного напряжения, а роль обкладок конденсатора выполняют сам зонд и исследуемая поверхность. Индуктивность равна $L = 0.01$ Гн. Независимым методом определяют значение ёмкости, которое оказалось равным $C = 10^{-10}$ Ф. При каком значении сопротивления резонанс в контуре исчезнет? (**8 баллов**).



Задача 4.

Известно, что тонкие пленки выглядят окрашенными в различные цвета радуги при освещении их белым светом. При какой минимальной толщине пленки субоксида кремния (показатель преломления – 2,5), нанесенной на кремниевую подложку (показатель преломления – 3,6), она приобретет определенный цвет? (4 балла). Как изменится минимальная толщина, необходимая, чтобы пленка стала окрашенной, если вместо кремниевой будет использована кварцевая подложка (показатель преломления кварца – 1,5)? Ответ пояснить. (4 балла). Нижнюю границу видимого света считать равной 380 нм.

Задача 5.

Современные высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП) – это высокотехнологичный материал, представляющий из себя многослойную структуру с толщинами отдельных слоев от нескольких нанометров до сотен микрометров. Важным для практического применения параметром такого сверхпроводника является критический ток, т.е. предельное значение незатухающего постоянного тока, при превышении которого происходит разрушение сверхпроводящего состояния и появление у материала сопротивления.

Какова должна быть максимальная индукция внешнего однородного магнитного поля, чтобы созданный с помощью него сверхток в замкнутом сверхпроводящем кольце площадью 100 см² и индуктивностью 1 мГн не превысил критическое значение равное 250 А? Ответ пояснить. (8 баллов)

Задача 6. Наносенсор.

Российские учёные разработали сверхчувствительный наносенсор на NO₂, который срабатывает при адсорбции на его поверхности одной молекулы NO₂. Чувствительный элемент расположили на внутренней поверхности герметичной камеры, содержащей NO₂. Молекулы NO₂ перемещаются внутри камеры и не сталкиваются друг с другом. При этом, столкновение молекулы со стенками камеры приводит к её «прилипанию» к стенке на время $\tau = 2$ мс при комнатной температуре (27°C). После этого молекула снова летит в произвольном направлении. Среднее время пролёта молекулы от стенки до стенки равно $\tau_0 = 4$ мс. Известно, что сенсор срабатывает в среднем за время $t_c = 1$ мин. За какое время t_n сработает сенсор, если камеру нагреть на 300°C (20 баллов)? Время прилипания экспоненциально зависит от температуры T: $\tau = \tau_0 \exp(-E_a/kT)$, где E_a — энергия адсорбции, равная 26 мэВ, $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К — постоянная Больцмана.

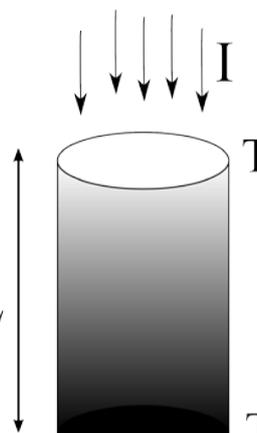
Задача 7. Термоэлектрические нанонити

Учёные из МГУ разработали новый термоэлектрический элемент (т. е. преобразователь тепловой энергии в электрическую) на основе кремниевых нанонитей длиной $L = 200$ мкм. Юная изобретательница София решила использовать это устройство как фотоэлемент и поставила его под прямые солнечные лучи с интенсивностью $I = 1300$ Вт/м². При этом всё солнечное излучение поглощалось в тонком слое на верхней поверхности нанонити, а нижняя поверхность имела постоянную температуру $T_1 = 300$ К. Найдите температуру верхней поверхности нанонити (**13 баллов**).

Оцените максимальный КПД такого солнечного элемента, считая, что солнечный свет поглощается полностью (**7 баллов**).

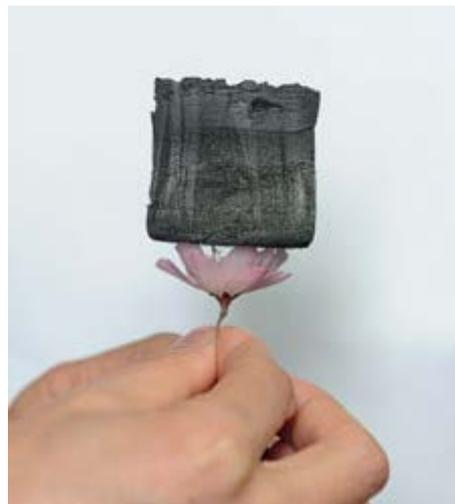
Теплопроводность кремниевой нанонити

Теплопередачей с боковых стенок нанонити в окружающую среду пренебречь.



Задача 8. Графеновый аэрогель

В стремлении создать самый легкий и вместе с тем твердый материал ученые из Китая изобрели недавно графеновый аэрогель – пористое вещество на основе монослойного углерода, имеющее плотность всего $0,16$ мг/см³ (для сравнения плотность воздуха – $1,225$ мг/см³). Может показаться, что столь легкое вещество должно свободно парить в воздухе, однако этого не происходит, пока поры аэрогеля заполнены этим же самым воздухом. Какой минимальный процент пор необходимо заполнить гелием (плотность $0,179$ мг/см³) взамен воздуха, чтобы графеновый аэрогель приобрел способность свободно взлетать, если известно, что в обычном состоянии он на 90 % состоит из воздуха? (**10 баллов**).



С какой установившейся скоростью будет подниматься кубик аэрогеля объемом 1 см³, поры которого полностью заполнены гелием, если на него действует сила сопротивления пропорциональная скорости с коэффициентом пропорциональности $k = 9 \cdot 10^{-4}$ (Н·с)/м? (**10 баллов**).