



Кубок ЛФИ

9.s05.e05

Hint 2

ВАЖНО! Задача является одновременно и хинтом, и альтернативой к основной задаче. Три важных момента:

1. Вы можете продолжать присылать решение основной задачи.
2. В любой момент до финального дедлайна вы можете перейти на решение *альтернативной задачи*. Если вы это делаете, то в самом начале решения напишите: *Я перехожу на решение альтернативной задачи!* В этом случае Штрафной коэффициент за альтернативную задачу будет равен

$$0,7 \cdot \sum_i \frac{k_i \cdot p_i}{10},$$

где p_i — балл за пункт, а k_i — штрафной коэффициент за соответствующий пункт на момент перехода на Альтернативную задачу. Другими словами, максимальный балл за альтернативную задачу равен максимальному баллу, который вы можете получить в момент перехода на нее, умноженному на 0,7. Заметим, что штрафной коэффициент не может быть меньше 0,1. Также напоминаем, что решения основной задачи с этого момента не проверяются. Будьте внимательными!

3. Задача состоит из нескольких пунктов. Штрафной множитель, заработанный до **этого** применяется ко всем пунктам. В дальнейшем каждый пункт оценивается как отдельная задача. Если вы присылаете решение без какого-либо пункта, то его решение считается Incorrect. Более подробно о начислении баллов для составных задач смотрите в Правилах проведения Кубка. **С момента перехода на альтернативную подборку возможности вернуться к решению основной задачи нет.** Также, после перехода на альтернативную задачу **баллы за основную задачу обнуляются.**

Введение

Рядом с папкой были черновики, из которых внимательный Наблюдатель мог узнать как Ганс пришел к тем или иным результатам своей основной работы.

Альтернативная задача

Часть 1. При чем тут ядерные реакции?

Правильный игральный кубик бросили 3 раза и сумма результатов оказалась равной 6.

1. (0 баллов) Какие возможны последовательности результатов бросков кубика?
2. (0 баллов) Какая последовательность самая вероятная?
3. (2 балла) Какой набор результатов самый вероятный?

Часть 2. Столкновения. Порог

1. (1 балл) Атом кислорода ^{16}O сталкивается с атомом цезия ^{133}Cs . Известно, что энергия ионизации атома цезия равна $E_1 = 3,9$ эВ. Чему равна минимальная кинетическая энергия атома кислорода при которой произойдет ионизация атома цезия? Удар считайте центральным.

Часть 3. Нецентральный удар

Рассмотрим две материальные точки массами m_1 и m_2 , которые движутся со скоростями \vec{v}_1 и \vec{v}_2 соответственно.

1. (0 баллов) Найдите скорость центра масс такой системы?
2. (0 баллов) Покажите, что импульс материальной точки в системе отсчета центра масс равен $\mu\vec{v}_{\text{отн}}$, где $\mu = m_1m_2/(m_1 + m_2)$ – приведенная масса, а $\vec{v}_{\text{отн}}$ – относительная скорость этих двух точек.
3. (0 баллов) Докажите, что кинетическая энергия системы материальных точек в системе отсчета центра масс равна $\mu v_{\text{отн}}^2/2$
4. (0 баллов) Используя результаты предыдущих пунктов, покажите, что если эти две материальные точки упруго столкнутся, то в системе отсчета центра масс модуль импульса каждой из них не изменится.
5. (0 баллов) Покажите, что для центрального удара в лабораторной системе отсчета скорости материальных точек после столкновения равны $2\vec{v}_{\text{цм}} - \vec{v}_1$ и $2\vec{v}_{\text{цм}} - \vec{v}_2$.

Пусть частица массы M налетает на покоящуюся частицу массы $m < M$. Удар упругий и нецентральный.

6. (0 баллов) Изобразите на одном рисунке скорость частицы M в исходной системе отсчета, скорость центра масс и скорость частицы в системе отсчета центра масс.
7. (0 баллов) Изобразите геометрическое место точек, конца вектора скорости частицы массы M после удара.
8. (2 балла) Найдите максимальный угол отклонения вектора скорости тяжелой частицы после столкновения.
9. (1 балл) Чему равен угол между векторами скоростей частиц после удара.
10. (0 баллов) Как изменится рисунок задачи, если удар будет неупругим?

Часть 4. Самостоятельный разряд. Дежа вю

Рассмотрим качественно процесс возникновения самостоятельного газового разряда. Пространство между двумя плоскими проводящими электродами (катодом и анодом), находящихся на расстоянии d друг от друга, заполнено газом, а сами электроды подключены к источнику постоянного напряжения.

Процесс формирования газового разряда состоит из двух частей. Первая – формирования электронами в процессе ионизации тока электронов и ионов в среде заполняющей пространство между электродами. Вторая часть – выбивание ионами новых вторичных электронов из катода. Для упрощения задачи мы заменим процесс выбивания ионами электронов из катода на схожий: будем считать, что каждый достигший анода электрон улавливается каким-то элементом, который провоцирует рождение электронов в области катода и при этом все ионы в нашей системе не будут ни на что влиять.

Рассмотрим каждый из этих процессов более детально. Пусть между электродами в силу каких-то причин образовался электрон. Под действием электрического поля, он начинает разгоняться и двигаться от катода к аноду и в процессе движения сталкиваться с молекулами газа, ионизуя их. Образовавшиеся новые электроны также придут в движение к аноду. При этом они будут образовывать все новые и новые электронно-ионные пары, а ионы этого делать не будут (т.к. их скорость, которая является в этом процессе одним из определяющих параметров, будет существенно меньше, чем скорость электронов). А затем при достижении анода специальный элемент спровоцирует рождение новых электронов в области катода пропорционально (с коэффициентом η) пришедшим на анод электронам.

Будем называть общим коэффициентом ионизации α количество электронов в конце (в области анода) лавины, порожденной от одного электрона, начавшего свой путь в области катода. Внешней ионизацией мы будем называть некоторый процесс, который создает первичные электроны. Это могут самые разные процессы: ультрафиолетовое или γ излучение, проходящее через газ, дополнительный проводник, создающий небольшой ток электронов и так далее. В нашем рассмотрении мы будем считать, что этот процесс локализован в области катода.

1. (1 балл) Известно, что электронный ток в области катода равен I_{ek} , в который входит ток внешнего ионизатора и ток вторичных электронов, рожденных специальным элементом. Коэффициент общей ионизации α известен. Найдите электронный ток в области анода.
2. (1 балл) Определите, чему равен ток создаваемый специальным элементом в области катода I_{xk} .
3. (1 балл) Выразите электронные токи катода и анода I_{ek} и I_{ea} через ионизационный ток I_i .

Пробоем называем ситуацию, когда электронный ток I_{ea} бесконечно нарастает при сколько угодно малом ионизационном токе. Если после возникновения пробоя убрать внешний ионизатор и ток не прекращается, то разряд называют самостоятельным: ионизация поддерживается процессами в самом разряде. (В нашем упрощенном случае процессами в разряде и специальном элементе)

4. (1 балл) Определите, при каком условии на α , η и d произойдет пробой и разряд станет самостоятельным?