

C5. Элементы теории относительности, квантовой и ядерной физики (2006)

1. Фотокатод облучают светом с длиной волны $\lambda = 300$ нм. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода $\lambda_0 = 450$ нм. Какое напряжение U нужно создать между анодом и катодом, чтобы фототок прекратился? Ответ: $\approx 1,4$ В.
2. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода $\lambda_0 = 450$ нм. При облучении катода светом с длиной волны λ фототок прекращается при напряжении между анодом и катодом $U = 1,4$ В. Определите длину волны λ . Ответ: ≈ 300 нм
3. При облучении катода светом с длиной волны $\lambda = 300$ нм фототок прекращается при напряжении между анодом и катодом $U = 1,4$ В. Определите красную границу фотоэффекта λ_0 для вещества фотокатода. Ответ: $\lambda_0 = 450$ нм
4. Фотокатод облучают светом с частотой $\nu = 1,0 \cdot 10^{15}$ Гц. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода соответствует частоте света $\nu_0 = 6,6 \cdot 10^{14}$ Гц. Какое напряжение U нужно приложить между анодом и катодом, чтобы фототок прекратился? Ответ: $\approx 1,4$ В.
5. На рисунке изображены энергетические уровни атома и указаны длины волн фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Экспериментально установлено, что минимальная длина волны для фотонов, излучаемых при переходах между этими уровнями, равна $\lambda_0 = 250$ нм. Какова величина λ_{13} , если $\lambda_{32} = 545$ нм, $\lambda_{24} = 400$ нм? Ответ: $3 \cdot 10^{-7}$ м.
6. На рисунке (см. рисунок к задаче 5) изображены энергетические уровни атома и указаны длины волн фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Какова длина волны для фотонов, излучаемых при переходе с уровня E_4 на уровень E_1 , если $\lambda_{13} = 400$ нм, $\lambda_{24} = 500$ нм, $\lambda_{32} = 600$ нм? Ответ: ≈ 350 нм.
7. На рисунке (см. рисунок к задаче 5) изображены энергетические уровни атома и указаны длины волн фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Какова минимальная длина волны для фотонов, излучаемых атомом при любых возможных переходах между уровнями E_1, E_2, E_3 и E_4 , если $\nu_{13} = 7 \cdot 10^{14}$ Гц, $\nu_{24} = 5 \cdot 10^{14}$ Гц, $\nu_{32} = 3 \cdot 10^{14}$ Гц? Ответ: $3,3 \cdot 10^{-7}$ м.
8. Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) в сосуде, из которого откачан воздух, но содержится небольшое количество водорода. Электрон разгоняется постоянным электрическим полем с напряженностью $E = 10^3$ В/м до энергии, равной энергии ионизации атома водорода $W = 13,6$ эВ, и ионизирует атом. Каков промежуток времени Δt между моментом вылета электрона из пластины и моментом, в который возникший ион водорода (протон), двигаясь в том же электрическом поле, долетит до катода? Начальную скорость иона считать равной нулю. Ответ: $\approx 0,5$ мкс.
9. Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) в сосуде, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем с напряженностью $E = 5 \cdot 10^4$ В/м. Какой должна быть длина пути электрона в электрическом поле, чтобы он разогнался до скорости, составляющей 10 % от скорости света в вакууме? Релятивистские эффекты не учитывать. Ответ: ≈ 5 см.
10. Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) в сосуде, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется постоянным электрическим полем с напряженностью $E = 1,8 \cdot 10^3$ В/м. За какое время t электрон может разогнаться в электрическом поле до скорости, составляющей 10 % от скорости света в вакууме? Релятивистские эффекты не учитывать. Ответ: $\approx 0,1$ мкс.
11. Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) в сосуде, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется постоянным электрическим полем с напряженностью $E = 10^4$ В/м. Какую скорость будет иметь электрон, долетев до анода, находящегося на расстоянии $l = 10$ см от катода? Ответ: 19000 км/с
12. Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) в сосуде, из которого откачан воздух, но содержится небольшое количество водорода. Электрон разгоняется постоянным электрическим полем с напряженностью $E = 10^3$ В/м до энергии, равной энергии ионизации атома водорода $W = 13,6$ эВ, и ионизирует атом. Возникший свободный электрон имеет нулевую начальную скорость и ускоряется тем же электрическим полем. На каком расстоянии от пластинки его энергия окажется достаточной для ионизации другого атома водорода? Ответ: ≈ 27 мм.
13. Неподвижное ядро франция Fr с массовым числом $A = 221$ претерпевает альфа-распад. Определите энергетический выход данной реакции, если кинетическая энергия образовавшегося ядра астата At равна $E_{At} = 0,1184$ МэВ, а его атомный номер $Z = 85$. При расчетах учесть движение образовавшихся ядер и считать, что скорости частиц много меньше скорости света. Ответ: $E = E_{At} [1 + (m_{At}/m_\alpha)] \approx 6,54$ МэВ
14. Неподвижное ядро плутония Pu с массовым числом $A = 236$ претерпевает альфа-распад. Определите энергетический выход данной реакции, если кинетическая энергия образовавшегося ядра урана U равна $E_U = 0,09977$ МэВ. При расчетах учесть движение образовавшихся ядер и считать, что скорости частиц много меньше скорости света. Ответ: $E = E_U [1 + (m_U/m_\alpha)] \approx 5,89$ МэВ
15. При реакции синтеза ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ образуется ядро изотопа гелия ${}^3_2\text{He}$ и нейтрон и выделяется энергия $E = 3,27$ МэВ. Какую кинетическую энергию уносит ядро изотопа гелия, если суммарный импульс исходных частиц равен нулю, а их кинетическая энергия пренебрежимо мала по сравнению с выделившейся? Ответ: $E_{He} = m_n E / (m_n + m_{He}) \approx 0,82$ МэВ
16. При реакции синтеза ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ выделяется энергия $E = 3,27$ МэВ. Какую кинетическую энергию уносит нейтрон, если суммарный импульс исходных частиц равен нулю, а их кинетическая энергия пренебрежимо мала по сравнению с выделившейся? Ответ: $E_n = m_{He} E / (m_n + m_{He}) \approx 2,54$ МэВ
17. При реакции синтеза ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_1\text{H} + {}^1_1\text{p}$ выделяется энергия $E = 4,03$ МэВ. Какую кинетическую энергию уносит ядро трития, если суммарный импульс исходных частиц равен нулю, а их кинетическая энергия пренебрежимо мала по сравнению с выделившейся? Ответ: $E_{\text{трит}} = m_p E / (m_p + m_{\text{трит}}) \approx 1,01$ МэВ

