

При изучении фотоэффекта на установке, изображённой на рис. а, измеряется сила тока в цепи  $I$  в зависимости от напряжения  $U$  между электродами. В опыте фотокатод освещается монохроматической волной заданной частоты  $\nu$  постоянной интенсивности. Наблюдаемая зависимость силы тока в цепи от напряжения изображена на рис. б.

Как изменится положение точек  $U_3$  и  $I_n$  на графике при увеличении интенсивности световой волны? Объясните эти изменения, опираясь на законы квантовой физики.

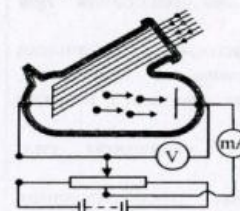


Рис. а

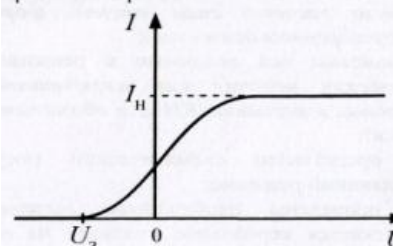


Рис. б

#### Возможное решение

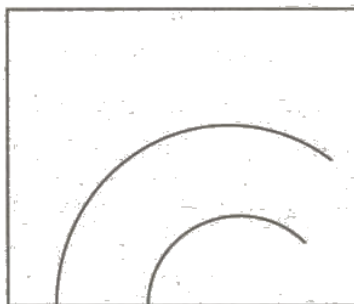
1. Ток насыщения возрастёт. Запирающее напряжение не изменится.
2. При фотоэффекте электрон фотокатода поглощает из падающей волны только один фотон, энергия которого определяется частотой волны  $E_{\text{ф}} = h\nu$ . В соответствии с уравнением Эйнштейна, при вылете из фотокатода он обладает кинетической энергией, не превышающей значения  $E_{\text{кин}} = E_{\text{ф}} - A_{\text{вых}}$ , где  $A_{\text{вых}}$  – работа выхода.
3. Если между электродами имеется ускоряющее электрическое поле, то сила тока будет увеличиваться до тех пор, пока все выбитые фотоэлектроны не станут падать на положительный электрод. Максимальная сила тока  $I_n$  пропорциональна количеству поглощенных фотонов волны, т. е. интенсивности световой волны  $I_n \sim W$ . Если поле тормозит электроны, возвращая большую их часть на фотокатод, то сила тока постепенно уменьшается до нуля при напряжении  $U_3$ , когда кинетическая энергия даже самых быстрых фотоэлектронов будет меньше работы сил поля в пространстве между электродами. Напряжение  $U_3$  определяется из условия  $E_{\text{кин}} = h\nu + A = eU_3$ , где  $e$  – модуль заряда электрона.
4. При увеличении интенсивности световой волны количество фотонов, падающих в секунду на фотокатод, возрастает, поэтому возрастает и количество фотоэлектронов. Следовательно, возрастает ток насыщения  $I_n$ . Запирающее напряжение не изменяется, поскольку энергия фотонов не зависит от интенсивности волны.

#### Критерии оценки выполнения задания

Приведены полное правильное решение, включающее ответ (в данном случае – *увеличение тока насыщения, неизменность напряжения задержания*) и полное объяснение (в данном случае – п. 2–4) с указанием явлений и законов (в данном случае – *законы фотоэффекта*)

3

На рисунке показаны два трека заряженных частиц в камере Вильсона, помещенной в однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости рисунка. Трек I принадлежит протону.



II I

Какой из частиц (протону, электрону или  $\alpha$ -частице) принадлежит трек II? Известно, что частицы влетели в камеру Вильсона в плоскости рисунка с одинаковыми скоростями. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

**Образец возможного решения:**

1. Трек II принадлежит  $\alpha$ -частице.
2. Попадая в магнитное поле, перпендикулярное их скорости, заряженные частицы начинают двигаться по окружности под действием силы Лоренца. Направление движения частиц показывает, что действующие на них силы Лоренца направлены одинаково, следовательно, обе частицы имеют заряд одного и того же знака.
3. Применяя II закон Ньютона, можно определить радиус движения частиц  $R = mv/qB$ . Заряд  $\alpha$ -частицы в 2 раза больше заряда протона, а масса — в 4 раза больше массы протона. При одинаковой скорости частиц радиус траектории  $\alpha$ -частицы будет в 2 раза больше радиуса траектории протона, что соответствует рисунку в задании.