

Задача 9-2 Газоразрядная лампочка

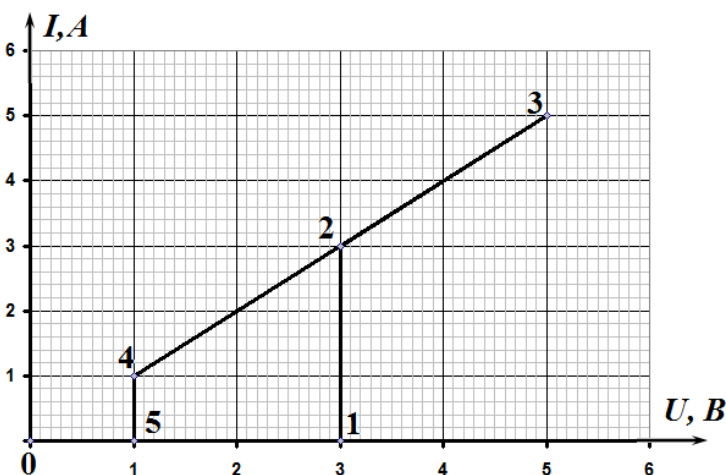
Комментарии к условию. Главная особенность данной задачи заключается в том, что в программе курса физики до 9 класса не изучаются ни конденсаторы, ни нелинейные электрические элементы. Но это олимпиадная задача, предполагается, что участники должны уметь извлекать нужную информацию из условия задачи (поэтому и размер условия заметно превышает задания ЦТ), использовать известные физические законы и принципы для описания неизвестных явлений. Кстати, последнее положение фигурирует и в правилах проведения международных физических олимпиад.

К удовольствию членов жюри, многие из участников олимпиад успешно справились с решением этой задачи. Отметим также, что каждому участнику были выданы подготовленные бланки для построения требуемых графиков.

Приступим к обсуждению решения данной задачи. Прежде всего следует сообразить, что неоновая лампочка является своеобразным выключателем: в диапазоне низких напряжений она «выключена», ток через нее практически не идет; при более высоких напряжениях она «включена» - ее сопротивление становится малым. Существенно, что это сопротивление постоянно, не зависит от напряжения, поэтому в этом режиме лампочка работает как обыкновенный резистор, для которого выполняется закон Ома для участка цепи. Существенно, что эти диапазоны перекрываются: в диапазоне от 1 до 3 вольт лампочка может находиться в обоих состояниях. Выбор одного из них зависит от «предыстории», от того, в каком состоянии находилась лампочка до попадания в этот бистабильный диапазон.

Понимание этих принципов работы достаточно, что выполнить первый пункт задачи, построение вольтамперной характеристики.

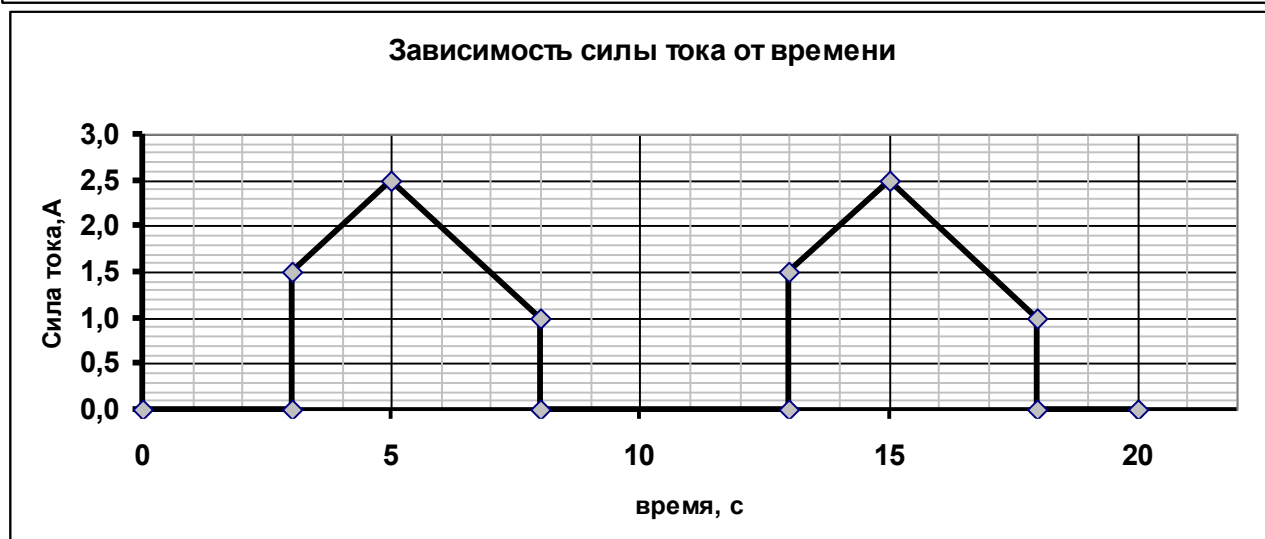
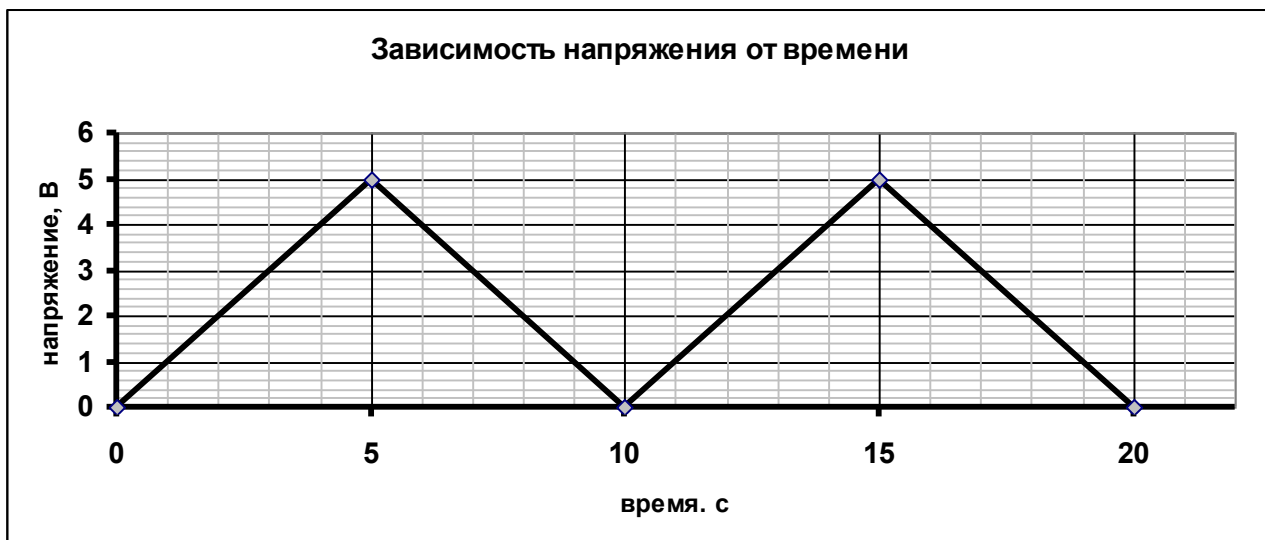
При увеличении напряжения от 0 до 3 вольт (участок 0-1) ток через лампочку отсутствует, при достижении напряжения в 3 В лампочка зажигается (переход 1-2), при дальнейшем увеличении напряжения сила тока прямо пропорциональна приложенному напряжению в соответствии с законом Ома (участок 2-3). При уменьшении напряжения, линейное уменьшение силы тока будет наблюдаться, пока напряжение не упадет до 1 В (участок 3-4), после чего лампочка гаснет. Итак, с точки зрения математики, самое сложное на этом этапе – умение построить график функции $I = \frac{U}{R}$, причем при $R = 1,00 \text{ Ом}$.



Небольшая сложность в решении следующего пункта заключается в том, что задана зависимость напряжения от времени не на лампочке, на всей цепи. Поэтому нужно аккуратно и с пониманием рассмотреть, как изменяется напряжение на именно лампочке, то есть правильно «поделить» суммарное напряжение между резистором и лампочкой: если лампочка не горит (ее сопротивление значительно больше сопротивление резистора), то напряжение на лампочке практически равно суммарному напряжению. Поэтому лампочка загорится, когда напряжение источника достигнет напряжения зажигания, т.е. 3 В. При горящей лампочке зависимость силы тока от напряжения описывается законом Ома

$$I = \frac{U}{R + R^*}.$$

Если же лампочка горит, ее сопротивление равно сопротивлению резистора, следовательно, лампочка погаснет, когда напряжение источника упадет до 2 В (в это момент напряжение на лампочке будет равно 1В). Требуемый график показан на следующем рисунке.



Во второй части задачи ситуация, в некотором смысле противоположная: пока напряжение меньше напряжения зажигания – напряжение растет по указанному закону. Когда напряжение достигает напряжения зажигания - открывается лампочка и конденсатор очень быстро разряжается до напряжения гашения. После этого процесс повторяется. Лампочка вспыхивает в момент разрядки конденсатора, когда напряжение скачком падает до нуля, после чего процесс зарядки повторяется. Лампочка вспыхивает в короткий промежуток времени разрядки конденсатора, когда напряжение на нем скачком падает до нуля. Отметим, что рассмотренная схема является схемой, так называемого, релаксационного генератора. Колебания в данном случае относятся к типу автоколебаний. Требуемая зависимость показана на рисунке.