

Условие задачи:

Сила тока, характеризующая поток электронов в электронно-лучевой трубке, 400 мкА, ускоряющее напряжение 10 кВ. Найдите силу давления электронного пучка на экран трубки, полагая, что все электроны поглощаются экраном.



Задача №7.3.23 из «Сборника задач для подготовки к вступительным экзаменам по физике УГНТУ»

Дано:

$$I = 400 \text{ мкА}, U = 10 \text{ кВ}, F = ?$$

Решение задачи:

Чтобы определить силу давления F электронного пучка на экран трубки, запишем второй закон Ньютона в общем виде (то есть в том виде, в котором его вывел Ньютон):

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad (1)$$

Поскольку электроны поглощаются экраном, значит их конечная скорость будет равна нулю, поэтому изменение импульса электронного пучка (то есть всех электронов, а не только одного!) Δp можно найти по следующей формуле:

$$\Delta p = mv$$

Если в пучке содержится N электронов, то суммарную массу всех электронов m , очевидно, можно представить в виде:

$$m = Nm_e$$

Здесь m_e – масса одного электрона, равная $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

Принимая во внимание все написанное выше, формула (1) примет вид (символ изменения Δ у времени мы опустим):

$$F = \frac{Nm_e v}{t} \quad (2)$$

Для того, чтобы определить скорость электронов v в момент, когда они доберутся до экрана, необходимо воспользоваться законом сохранения энергии. Электроны, пройдя ускоряющую разность потенциалов U , увеличат свою кинетическую энергию, то есть электрическое поле совершило работу по увеличению скорости электронов, поэтому верно записать:

$$eU = \frac{m_e v^2}{2}$$

Откуда выразим скорость v :

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}} \quad (3)$$

Также мы знаем силу тока I , характеризующую поток электронов. Известно, что сила тока равна отношению протекшего заряда Q ко времени t :

$$I = \frac{Q}{t}$$

Аналогично, если в пучке содержится N электронов, то суммарный заряд всех электронов Q , очевидно, можно определить таким образом:

$$Q = Ne$$

Здесь e – модуль заряда одного электрона, равный $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Тогда:

$$I = \frac{Ne}{t}$$

Из полученной формулы выразим следующее отношение:

$$\frac{N}{t} = \frac{I}{e} \quad (4)$$

Осталось только подставить выражения (3) и (4) в формулу (2):

$$F = \frac{m_e I}{e} \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$$

Окончательное решение этой задачи в общем виде выглядит так:

$$F = I \sqrt{\frac{2Um_e}{e}}$$

Посчитаем численный ответ:

$$F = 400 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{1,6 \cdot 10^{-19}}} = 1,35 \cdot 10^{-7} \text{ Н} = 135 \text{ нН}$$

Ответ: 135 нН.