

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»
Кафедра электронных приборов

ВАКУУМНАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания к практическим занятиям
для студентов направления подготовки

«11.03.04 – Электроника и наноэлектроника»

Профиль: Микроэлектроника и твердотельная электроника;

Профиль: Промышленная электроника

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль: Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике

Автор и составитель: Аксенов, Александр Иванович

Вакуумная и плазменная электроника = Вакуумная и плазменная электроника: методические указания к практическим занятиям для студентов направлений подготовки: 11.03.04– Электроника и наноэлектроника (профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника, Промышленная электроника); 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (профиль: Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике).

Томск 2018. - 39 с.

Материал пособия поможет в закреплении теоретических знаний, а также вырабатывать навык в решении практических вопросов и задач.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой ЭП
_____С.М. Шандаров
«___» _____ 2018 г.

ВАКУУМНАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания к практическим занятиям
для студентов направления подготовки

«11.03.04 – Электроника и наноэлектроника»

Профиль: Микроэлектроника и твердотельная электроника;
Профиль: Промышленная электроника

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль: Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике

Разработчик
Доцент каф. ЭП
_____ А.И. Аксенов
«___» _____ 2018 г.

2018

Содержание

Введение.....	5
Практическое занятие 1. Термоэлектронная эмиссия, фотоэлектронная эмиссия, вторичная эмиссия	6
1.1 Примеры решения задач по термоэлектронной эмиссии	6
1.2 Примеры решения задач по фотоэлектронной эмиссии	7
1.3 Примеры решения задач по вторичной эмиссии	8
Практическое занятие 2. Диодный промежуток, вакуумный и ионный фотоэлемент, многокаскадные ФЭУ.....	9
2.1 Примеры решения задач.....	9
Практическое занятие 3. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях	9
3.1 Примеры решения задач.....	9
Практическое занятие 4. Отклоняющие и фокусирующие системы, токопрохождение в ЭЛТ.....	10
4.1 Примеры решения задач.....	10
Практическое занятие 5. Тлеющий разряд	13
5.1 Примеры решения задач.....	13
Задачи для проработки тем	13

Введение

Материал пособия должен помогать закреплению теоретических знаний, а также вырабатывать навык в решении практических вопросов и задач.

В результате решения задач студент приобретает способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения (ПК-9); способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения (ПК-20).

Прежде чем решить задачу или ответить на поставленный вопрос, надо понять их сущность, физический смысл заданных величин, вспомнить физические процессы, законы и соотношения, относящиеся к данному вопросу.

Все аналитические решения следует проводить, используя общеизвестные физические законы, физические постоянные и физические системы единиц. Сначала надо написать исходные формулы, сделать, если это необходимо, соответствующие преобразования, получить конечные формулы, а затем подставить в эти формулы числовые значения и найти результат. Помните, что все физические величины в формуле должны быть в одной системе единиц. Не забывайте в ответе давать размерность полученной величины.

Ход всех преобразований и вычислений должен быть четко показан в решении задачи. Вычисления, как правило, достаточно делать до третьего знака, а в ряде случаев и до второго.

Полученный в виде числа ответ надо постараться проверить каким-либо способом. Полезно обратиться к справочной литературе и сравнить полученную величину с известными подобными величинами в справочнике. Если отличие в несколько порядков, то ищите ошибку в своем решении.

Ответы на вопросы следует давать кратко, но ясно и точно.

Практическое занятие 1. Термоэлектронная эмиссия, фотоэлектронная эмиссия, вторичная эмиссия

1.1 Примеры решения задач по термоэлектронной эмиссии

Задача 1. Определить плотность тока термоэмиссии (в А/м^2), если материал термокатода имеет эффективную работу выхода $\varphi_{\text{эфф}} = 1,5$ эВ, температура катода $T_{\text{к}} = 900$ К, проницаемость потенциального барьера $D = 0,95$.

Решение. Плотность тока термоэмиссии можно определить, используя уравнение Ричардсона-Дэшмана:

$$j_{\text{Э}} = A_0 \cdot D \cdot T_{\text{к}} \cdot e^{-\frac{e\varphi_{\text{эфф}}}{k \cdot T_{\text{к}}}} = 120 \cdot 10^4 \cdot 0,95 \cdot 900^2 \cdot e^{-\frac{1,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 900}} = 3,85 \cdot 10^3 \text{ А/м}^2,$$

где $A_0 = 120 \cdot 10^4 \frac{\text{А}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}^2}$ – универсальная постоянная термоэмиссии;

$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана.

Задача 2. Определить эффективную работу выхода материала термокатода $\varphi_{\text{эфф}}$, если температура катода $T_{\text{к}} = 900$ К, проницаемость потенциального барьера $D = 0,95$, а плотность тока термоэмиссии $j_{\text{Э}} = 3,85 \cdot 10^3 \text{ А/м}^2$. Определить ток эмиссии термокатода, если площадь катода $S_{\text{к}} = 0,1 \text{ см}^2$.

Решение. Ток эмиссии термокатода можно определить из уравнения:

$$j_{\text{Э}} \cdot S_{\text{к}} = 3,85 \cdot 10^3 \cdot 10^{-5} = 3,85 \cdot 10^{-2} \text{ А} = 38,5 \text{ мА}.$$

Для определения $\varphi_{\text{эфф}}$ используем уравнение Ричардсона-Дэшмана:

$$j_{\text{Э}} = A_0 \cdot D \cdot T_{\text{к}} \cdot e^{-\frac{e\varphi_{\text{эфф}}}{k \cdot T_{\text{к}}}}.$$

$$3,85 \cdot 10^3 = 120 \cdot 10^4 \cdot 0,95 \cdot 900^2 \cdot e^{-\frac{\varphi_{\text{эфф}} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 900}};$$

$$3,85 \cdot 10^3 = 205,2 \cdot 10^9 \cdot e^{-12,88 \cdot \varphi_{\text{эфф}}};$$

$$\varphi_{\text{эфф}} = 2,4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 1,5 \text{ эВ}.$$

Постоянные представлены в задаче 1.

1.2 Примеры решения задач по фотоэлектронной эмиссии

Задача 3. Найти максимальную энергию (в эВ), выходящих с поверхности фотокатода под действием монохроматического пучка света с длиной волны $\lambda = 2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$, если эффективная работа выхода фотокатода $\varphi_{\text{эфф}} = 0,5 \text{ эВ}$.

Решение. Фотон имеет энергию $h\nu$ и, попадая на фотокатоду, всю энергию отдает электрону в кристалле. Электрон, получив энергию $h\nu$, покидает кристалл фотокатода, если этой энергии достаточно для выхода. При выходе из кристалла электрон теряет энергию, равную эффективной работе выхода кристалла ($\varphi_{\text{эфф}}$).

Выйдя из кристалла фотокатода, электрон в вакууме имеет кинетическую энергию, равную $\frac{mv^2}{2}$. В результате можно записать уравнение:

$$\frac{mv^2}{2} \equiv h \cdot \frac{c}{\lambda} - \varphi_{\text{эфф}} = 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^{-7}} - 0,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 9,139 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 5,7 \text{ эВ},$$

где $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}$ – постоянная Планка;

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ – скорость света в вакууме;

$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ – масса электрона;

$\nu = \frac{c}{\lambda}$ – связь между частотой и длиной волны кванта.

Если известна начальная энергия электрона в кристалле (φ_0), то уравнение баланса энергий можно записать:

$$\varphi_0 + h\nu - \varphi_{\text{эфф}} = \frac{mv^2}{2}.$$

Задача 4. Электрон фотокатода получил энергию кванта, покинул кристалл и имеет энергию в вакууме 5,7 эВ. Эффективная работа выхода фотокатода $\varphi_{\text{эфф}} = 0,5 \text{ эВ}$. Какой станет энергия электрона в вакууме (в эВ), если длину волны кванта увеличить в 5 раз.

Решение. Энергию кванта можно найти из уравнения:

$$h\nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{mv^2}{2} + \varphi_{\text{эфф}} = 5,7 + 0,5 = 6,2 \text{ эВ}.$$

При увеличении длины волны в 5 раз энергия кванта уменьшается в 5 раз и становится равной 1,24 эВ.

Теперь можно найти энергию электрона в вакууме:

$$h\frac{c}{\lambda} - \varphi_{\text{эфф}} = 1,24 - 0,5 = 0,74 \text{ эВ.}$$

1.3 Примеры решения задач по вторичной эмиссии

Задача 5. Динод имеет коэффициент вторичной эмиссии $\sigma = 3,5$. На этот электрод падает поток первичных электронов, и во внешней цепи электрода протекает ток $I = 5$ мА. Каким станет этот ток (в мА), если $\sigma = 2$?

Решение. Динод (вторичный электрод) в приборах предназначен для того, чтобы умножать ток первичных электронов. Первичные электроны падают на поверхность динода, выбивают вторичные электроны, которые все уходят на следующий динод. Ток в цепи динода можно записать:

$$\begin{aligned} I_g &= I_{e2} - I_{e1}, \text{ а } I_{e2} = \sigma I_{e1}; \\ I_g &= I_{e1}(\sigma - 1), \quad 5 = I_{e1}(3,5 - 1); \\ I_{e1} &= 2 \text{ мА}, \quad I_{e2} = \sigma I_{e1} = 7 \text{ мА}, \end{aligned}$$

где σ – коэффициент вторичной эмиссии;

I_{e1} – ток первичных электронов;

I_{e2} – ток вторичных электронов;

I_g – ток динода.

Если $\sigma = 2$, то $I_g = 2 \cdot (2 - 1) = 2$ мА.

Задача 6. Диод работает в режиме насыщения. На анод падает поток первичных электронов, то во внешней цепи анода $I_a = 1$ мА, при этом коэффициент вторичной эмиссии материала анода $\sigma = 3$. Определить ток первичных электронов.

Решение. Диод – это прибор, в котором два электрода: катод и анод. Режим насыщения в диоде, когда все электроны, вышедшие из катода, ускоряются полем анода и приходят на анод, вызывая появление тока первичных электронов. Вторичные электроны, покинув анод, попадают в ускоряющее поле анода и захватываются им снова. Поэтому ток во внешней цепи анода будет определяться потоком первичных электронов:

$$I_a = I_{e1} = 1 \text{ мА.}$$

Практическое занятие 2. Диодный промежуток, вакуумный и ионный фотоэлемент, многокаскадные ФЭУ.

2.1 Примеры решения задач

Задача 1. В электронном фотоэлементе интегральная чувствительность $K = 50 \text{ мкА/Лм}$, на фотокатод падает световой поток $\Phi = 6 \text{ Лм}$. Чему равен ток фотоэмиссии (в мА)?

Решение. Ток фотоэмиссии можно найти:

$$I_{\phi} = K\Phi = 50 \cdot 6 = 300 \text{ мкА} = 0,3 \text{ мА}.$$

Ответ: 0,3 мА.

Задача 2. В ФЭУ чувствительность катода $K = 10 \text{ мкА/Лм}$, световой поток $\Phi = 4 \text{ Лм}$, число каскадов $n = 5$, коэффициент вторичной эмиссии $\sigma = 3$, коэффициент передачи тока $\alpha = 0,8$. Определить ток в цепи анода I_a (в мкА). Как изменится σ , если световой поток уменьшить в два раза?

Решение. Определим фототок с катода:

$$I_{\phi} = K\Phi = 10 \cdot 4 = 40 \text{ мкА} = 0,04 \text{ мА}.$$

Определим коэффициент усиления ФЭУ:

$$M = \sigma^n \alpha^n = 3^5 \cdot 0,8^5 = 79,6.$$

Определим ток анода:

$$I_a = I_{\phi} M = 40 \cdot 79,6 = 3184 \text{ мкА} = 3,2 \text{ мА}.$$

Коэффициент вторичной эмиссии не зависит от светового потока, поскольку фотон всю свою энергию отдает одному электрону.

Ответ: 3,2; «не изменится».

Практическое занятие 3. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях

3.1 Примеры решения задач

Задача 1. Электрон прошел разность потенциалов 200 В . Определить скорость электрона (в м/с) у поверхности положительного электрода, если начальная скорость электрона $V_0 = 0$.

Решение. Электрон у поверхности анода будет иметь энергию, соответствующую потенциалу электрода $E_a = eU_a$. Это кинетическая энергия, выраженная формулой $E_k = \frac{mV^2}{2}$. Учитывая, что $\frac{mV^2}{2} = eU_a$, можно определить скорость электрона:

$$V = \sqrt{\frac{2eU_a}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 200}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 8,4 \cdot 10^6 \text{ м/с},$$

где $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ – масса электрона.

Ответ: $8,4 \cdot 10^6$ м/с

Задача 2. Каким полем ускорился ион, имеющий массу протона, если его скорость $V = 10^6$ м/с? Ответ дать в кВ.

Решение.

$$U = \frac{m_{pr}V^2}{2e} = \frac{1,7 \cdot 10^{-27} \cdot 10^{12}}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 5,3 \text{ кВ},$$

где $m_{pr} = 1,7 \cdot 10^{-27}$ кг – масса протона.

Ответ: $U = 5,3$ кВ.

Практическое занятие 4. Отклоняющие и фокусирующие системы, токопрохождение в ЭЛТ

4.1 Примеры решения задач

Задача 1. В электронно-лучевой трубке отклоняющие пластины по оси X имеют размеры: $d = 5$ мм; $l = 10$ мм; $L = 30$ см; напряжение на втором аноде $U_{a2} = 3$ кВ. Определить чувствительность к отклонению (в мм/В). Какой величины сигнал подан на пластины, если луч отклонился на 2 см на экране?

Решение. Чувствительность к отклонению можно найти из выражения:

$$\varepsilon = \frac{l \cdot L}{2U_a d} = \frac{10 \cdot 300}{2 \cdot 5 \cdot 3000} = 0,1 \text{ мм/В}.$$

Учитывая, что размерность в мм/В, все размеры подставляем в мм, а напряжение в В.

На экране луч отклонился на $l_1 = 2$ см, тогда напряжение, поданное на пластины:

$$U_{пл} = \frac{l_1}{\varepsilon} = \frac{20}{0,1} = 200 \text{ В}.$$

Ответ: $U = 200$ В.

Задача 2. В кинескопе магнитная отклоняющая система. На экране видна горизонтальная линия в центре длиной $l = 25$ см. При этом ток в катушке 50 мА, а число витков 2000. Определить чувствительность к отклонению (в мм/А·вит). Как запитаны катушки, отклоняющие по Y? Как изменится чувствительность к отклонению, если напряжение на третьем аноде увеличить в 1,5 раза?

Решение. Чувствительность можно определить из выражения:

$$\varepsilon = \frac{l}{nI} = \frac{250}{2000 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 2,5 \text{ мм/А} \cdot \text{вит}.$$

Обратите внимание: в размерности чувствительности расстояние подставляем в мм, а ток – в А.

На экране видна горизонтальная линия, значит на отклоняющие катушки по Y ток не подан.

Чувствительность к отклонению не зависит от потенциала A_3 .

Ответ: 2,5 мм/А·вит; «не запитаны»; «не изменится».

Задача 3. В ЭЛТ температура катода 2000 К, напряжение на модуляторе $U_m = -5 В$, напряжение на ускоряющем электроде $U_{yэ} = 1 кВ$, проницаемость модулятора 0,02, напряжение на втором аноде $U_{a2} = 10 кВ$. Какова максимальная энергия (в эВ) электрона у катода, в плоскости модулятора, ускоряющего электрода, второго анода и экрана? Как изменится эта энергия в плоскости экрана, если на отклоняющие катушки подано $B = 1 Тл$?

Решение. Электрон, находясь в кристалле, получает энергию, соответствующую $T = 2000 К$. Эту энергию можно определить по формуле:

$$\frac{m\bar{v}^2}{2} = 3kT = \frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 2000}{2} = 4,14 \cdot 10^{-20} Дж = 0,26 эВ.$$

Поскольку в задаче не дана эффективная работа выхода из катода, можно считать, что максимальная энергия, которую будет иметь электрон при выходе из катода, составляет 0,26 эВ.

В плоскости модулятора на электрон действует поле самого модулятора и поле ускоряющего электрода. Результирующее поле определяется действующим напряжением:

$$U_d = U_M + DU_{yэ} = -5 + 0,02 \cdot 1000 = 15 эВ.$$

ЭЛТ – высоковакуумный прибор, поэтому электрон при движении к экрану не претерпевает столкновений с молекулами. Электрон, двигаясь от одного электрода до другого, ускоряется и в плоскости электрода имеет энергию, соответствующую потенциалу того электрода:

$$U_{yэ} = 1000 эВ; U_{a2} = 10000 эВ; U_s = 10000 эВ$$

Магнитное поле изменяет только траекторию электрона и не изменяет его энергию.

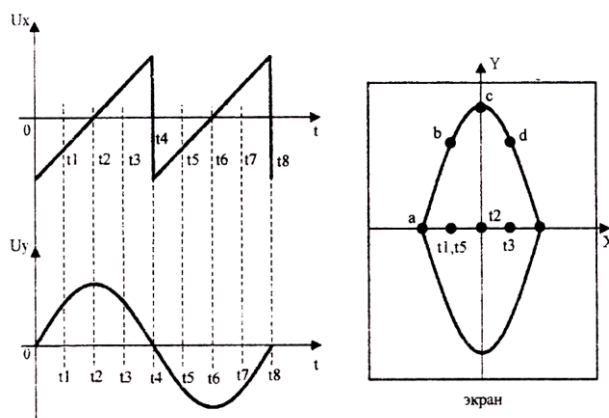
Ответ: 0,26 эВ; 1000 эВ; 10000эВ; 10000эВ; «не изменится».

Задача 4. В электронно-лучевой трубке запитаны все электроды. На отклоняющие пластины сигналы не поданы. Что видим на экране? На

пластины, отклоняющие по X, подана «пила», а по Y – синусоида, причем $\tau = \frac{1}{2}T$, где τ – длительность «пилы», T – период синусоиды. Что видим на экране?

Решение. Если в электронно-лучевой трубке запитаны все электроды, то получен и сфокусирован луч электронов. На отклоняющие пластины не поданы сигналы, значит, отклонения нет, луч проходит в центр экрана. Таким образом, в центре экрана видим светящуюся точку.

Подаем напряжение на отклоняющие пластины:



Рассмотрим движение луча по экрану при подаче отклоняющих сигналов. По оси X подали сигнал в виде «пилы», а по оси Y не подали сигнала, что видим? Луч в центре экрана. В момент времени t_0 на отклоняющих пластинах X отрицательное напряжение – луч смещается в крайнее левое положение. Напряжение на пластине растет равномерно (пила), и луч равномерно движется вправо. В момент времени t_2 луч оказывается в центре экрана, а в момент времени t_4 – в крайнем правом положении. Таким образом, когда по оси X подана «пила», на экране видим горизонтальную прямую линию в центре.

Теперь дополнительно подали синусоиду по оси Y. В момент времени t_0 луч на левом краю экрана и по Y смещения нет (точка «a»), в момент времени t_1 луч смещается по X в точку «t1», а по Y – в точку «b». В момент времени t_2 по X луч оказался в центре, а по Y в точке «c» – амплитуда синусоиды. При дальнейшем движении луча вырисовывается $\frac{1}{4}T$ синусоиды за время $t_2 - t_4$. Итак, за время τ (длительность «пилы») на экране получили полпериода синусоиды. В момент времени t_4 луч по оси X смещается (скачком) в крайнее левое положение. Луч опять равномерно движется к центру. Но по оси Y теперь идет отрицательная полуволна синусоиды, которая и вырисовывается на экране за время $t_4 - t_7$.

Практическое занятие 5. Тлеющий разряд

5.1 Примеры решения задач

Задача 1. В тиратроне с электростатическим управлением моментом зажигания горит разряд между катодом и анодом. При этом $U_{c1} = 90 \text{ В}$, $U_{c2} = 110 \text{ В}$, $U_c = 150 \text{ В}$. Напряжение на второй сетке понизили до нуля. Как изменится при этом ток разряда? Как изменится напряжение горения (U_c)?

Решение. Когда разряд горит, сетка теряет свое управляющее действие. Вокруг сетки образуется двойной слой (радиус Дебая), на котором падает разность напряжений между потенциалом плазмы и потенциалом сетки. При этом напряжение горения зависит от материала и геометрии электродов, от давления и рода газа, но не зависит от потенциала сетки. Ток разряда определяется балластным сопротивлением и не зависит от потенциала сетки.

Ответ: «не изменится»; «не изменится».

Задача 2. Электрон движется в электрическом поле с напряженностью 400 В/м . При этом средняя длина свободного пробега электрона $\bar{\lambda} = 10 \text{ см}$, а потенциал ионизации газа $U_i = 20 \text{ В}$. Будет ли электрон ионизировать газ?

Решение. При напряженности поля 400 В/м электрон набирает энергию 400 эВ на пути 1 м . Чтобы набрать энергию 20 эВ , электрон должен пройти путь d :

$$d = \frac{U_i}{E} = \frac{20}{400} = 0,05 \text{ м} = 5 \text{ см}.$$

Двигаясь в газе, электрон набирает энергию в электрическом поле на пути $\bar{\lambda}$. При столкновении он теряет и направление, и энергию. Учитывая, что $d < \bar{\lambda}$, можно сказать, что на пути $\bar{\lambda}$ электрон наберет энергию 40 эВ и будет ионизировать газ.

Ответ: «будет».

Задачи для проработки тем

Задача 1

В диоде $T_k = 1700 \text{ К}$. На анод подано напряжение U_a и ток в цепи анода I_a возрос в 1,2 раза ($d_{ak} = 0,6 \text{ см}$).

Определить:

- 1) какое напряжение подали на анод;
- 2) как изменился потенциальный барьер;

3) как изменится ток I_a , если σ возрастает в 4 раза.

Задача 2

Термокатод работает при $T_k = 1200\text{K}$, имеет $U_{эфф} = 2,2\text{эВ}$. За счет электронного поля потенциальный барьер понижается на $\Delta\varphi = 0,2\text{эВ}$. Определить плотность тока термоэмиссии с электрическим полем и без него, величину этого поля.

Задача 3

В диоде $T_k = 1800\text{K}$, $S_k = 0,2\text{см}^2$, $U_{эфф} = 1,6\text{эВ}$, $d_{ак} = 0,2\text{см}$, $\Delta\varphi = 0,1\text{эВ}$, $\sigma = 1$. Определить U_a и I_a при этом.

Задача 4

В диоде $T_k = 1700\text{K}$. На анод подано напряжение U_a , плотность тока с катода возросла на 10% ($d_{ак} = 0,5\text{см}$).

Определить:

- 1) какое напряжение подали на анод;
- 2) как изменился потенциальный барьер после подачи напряжения;
- 3) как изменится ток I_a , если σ возрастает в 6 раз.

Задача 5

Оцените величину плотности термоэлектронного тока C_s – фотокатода при комнатной температуре $T_k = 20^\circ\text{C}$. Во сколько раз этот ток понизится, если фотокатод охладить до $T_k = -23^\circ\text{C}$ ($\varphi = 1,2\text{эВ}$).

Задача 6

Температура катода $T_k = 1100\text{K}$ понизили температуру до $T_k = 600\text{K}$. Как изменилась плотность тока термоэмиссии, если $\varphi_{эфф} = 1,2\text{эВ}$.

Задача 7

Термокатод имеет плотность тока $200\frac{\text{А}}{\text{м}^2}$ при $T_k = 1800\text{K}$. Определите эффективную работу выхода $\varphi_{эфф}$.

Задача 8

Катод с поверхностью $0,1\text{см}^2$ имеет ток эмиссии $0,5\text{А}$ при $T_k = 1400\text{K}$ и $1,9\text{А}$ при $T_k = 1600\text{K}$. Определить постоянные в уравнении термоэмиссии. Определить ток в цепи анода I_a , если $\sigma = 3$, $U_a = 200\text{В}$. Весь ток с катода идет на анод.

Задача 9

Определить ток эмиссии термокатод, если $T_k = 1500K$, $S_k = 0.3\text{см}^2$, $\varphi_{эфф} = 1,5\text{эВ}$.

Задача 10

При какой напряженности электрического поля можно получить плотность тока эмиссии $10^3 \text{ A}/\text{м}^2$, если $T_k = 1800K$, а $\varphi_{эфф} = 2,8\text{эВ}$. На сколько электрон-вольт изменится при этом работа выхода?

Задача 11

Термокатод имеет плотность тока $10 \text{ A}/\text{м}^2$ при $T_k = 1000K$. Определите эффективную работу выхода $\varphi_{эфф}$?

Задача 12

Термокатод имеет плотность тока $100 \text{ A}/\text{м}^2$ при $T_k = 1100K$ и эффективную работу выхода $\varphi_{эфф}$. Определить напряженность электрического поля при этом у поверхности анода и изменение работы выхода.

Задача 13

На фотокатод падает поток света с $\lambda = 3000\text{Å}$, $\varphi_{эфф} = 2,34\text{эВ}$. Определить скорость, вылетающих электронов? Определить $\Delta\varphi$, если к катоду приложено $E = 10^5 \text{ В}/\text{м}$.

Задача 14

Какова работа выхода электрона из металла, если повышение температуры накала от $2000K$ до $2001K$ увеличивает ток эмиссии катода на 1%?

Задача 15

Какой процент электронов, находящихся в оксидном катоде при $T_k = 1400K$, может преодолеть потенциальный барьер $0,8\text{эВ}$

Задача 16

Фотокатод имеет площадь $S_k = 20\text{см}^2$. Он обеспечивает при определенном освещении $I_{эл} = 2\text{мкА}$. При определенном напряжении на аноде ток становится 3мкА . Рабочая температура 23°C . Определить изменение работы выхода катода при наложении электрического поля.

Задача 17

Ток эмиссии катода с площадью поверхности $S_k = 0.1 \text{ см}^2$ равен 0.5 А при $T_k = 1400 \text{ К}$. Определить $\varphi_{эфф}$. Если все электроны, вышедшие с катода, достигают анод, какой ток протекает в цепи анода. Как он изменится, если σ анода увеличить в 8 раз?

Задача 18

Ток термоэмиссии $I_{\text{э}} = 10 \text{ мА}$, при $T_k = 1200 \text{ К}$ ($S_k = 3 \text{ мм}^2$). Между плоскими анодом и катодом приложили электрическое поле при этом потенциальный барьер изменился $\Delta\varphi = 0.1 \text{ В}$. Какое напряжение подали на анод, если $d_{\text{КА}} = 0.1 \text{ см}$? А σ изменился и стал равен. Какой ток протекает в цепи анода?

Задача 19

Фотокатод обеспечивает термоток $I_{\text{э}} = 10 \text{ мкА}$, а в цепи анода протекает ток $I_a = 14 \text{ мкА}$, $\varphi_{эфф} = 0.8 \text{ В}$, $T_k = 40^\circ \text{ С}$. Определить напряжение на аноде, если $d_{\text{КА}} = 0.5 \text{ см}$ (электроды плоские). Каким станет ток в цепи анода, если σ уменьшить в 4 раза?

Задача 20

Какой процент электронов, находящихся в вольфрамовом катоде при $T_k = 2600 \text{ К}$, может преодолеть потенциальный барьер 1 В ?

Задача 21

При какой напряженности электрического поля у поверхности вольфрамового катода работа выхода уменьшится на 3%? Температура катода $T_k = 2400 \text{ К}$.

Задача 22

Максимальная скорость электронов в вольфрамовом катоде равна $1.77 \cdot 10^6 \text{ м/с}$. До какого значения должна быть повышена скорость электрона, чтобы он мог выйти из катода ($\varphi_{эфф} = 3.52 \text{ В}$)?

Задача 23

Как изменится эффективная работа выхода, если между катодом и анодом приложено напряжение 50 кВ , а расстояние между катодом и анодом 0.5 см ? ($\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$)

Определить максимальную скорость электронов, вылетевших из металла при облучении фотокатода светом $\lambda = 0.2 \text{ мкм}$, если $\varphi_{эфф} = 1 \text{ В}$?

Задача 24

Вычислить максимальную скорость электронов, выбиваемых с поверхности сурьмяно-цезиевого фотокатода под действием монохроматического пучка света с длиной волны $0,4\text{ мкм}$. Работа выхода катода равна $1,5\text{ эВ}$.

Задача 25

Фоточувствительная поверхность имеет $\varphi_{\text{эфф}} = 2,5\text{ эВ}$. Какова энергия самых быстрых фотоэлектронов, если длина волны ультрафиолетового излучения составляет $\lambda = 2536\text{ \AA}$

Задача 26

Вычислить длину волны монохроматического пучка света, падающего на фотокатод, работа выхода которого равна 1 эВ , если известно, что максимальная скорость электронов, выбиваемых с поверхности катода равна 500 км/с .

Задача 27

Чему равна энергия фотона с длиной волны:

- 1) $\lambda = 5000\text{ \AA}$
- 2) $\lambda = 0,5\text{ \AA}$

Задача 28

На фотокатод с эффективной работой выхода $1,3\text{ эВ}$ падает пучок света (монохроматический) под действие которого из фотокатода вылетают электроны со скоростью 400 км/с . Определить длину волны падающего света, какова будет эмиссия света, если λ увеличить в 5 раз?

Определить первый коэффициент Таунсенда при формировании самостоятельного разряда, если $\alpha = 1$, $d = 10\text{ см}$.

Задача 29

Какой разряд горит в индикаторном тиратроне? Перечислите способы управления моментом зажигания разряда в этом тиратроне. Между какими электродами горит разряд в режиме «память», «плазменный катод»?

Задача 30

Какой разряд горит в индикаторной панели переменного тока? Напишите условие записи и стирания информации в ячейки этой памяти. Что изменится в ячейки, если рабочий ток разряда уменьшить в три раза?

Задача 31

Определите минимальную скорость, необходимую электрону для того, чтобы ионизировать атом неона, если потенциал ионизации его 12,5В. Какое расстояние должен пройти электрон в поле с напряженностью $100 \frac{B}{cm}$, чтобы приобрести эту скорость?

Задача 32

Ток термоэмиссии с катода 10мА. Катод бомбардируют ионами ($I_i = 2mA$). Каким должен быть γ , чтобы ток катода увеличился в 1,5 раз?

Задача 33

В ячейки индикаторной панели переменного тока горит тлеющий разряд, напряжение горения $U_z = 95B$, рабочий ток разряда $I_p = 3mA$. Как изменится U_z , если $I_p = 6mA$?

Задача 34

В тиратроне горит тлеющий разряд при этом напряжение на сетке $U_c = 120B$, а напряжение горения на аноде $U_z = 180B$. Напряжение на сетке уменьшили на 120В ($U_c = 0B$). Как при этом уменьшится напряжение горения? Как изменится ток разряда?

Задача 35

На анод тиратрона подали напряжение в виде синусоиды с амплитудой 200В. При токе в цепи сетки $I_c = 0,3mA$ разряд загорается через $\frac{1}{4}T$ синусоиды, после подачи напряжения. Чему равен потенциал зажигания разряда? (ответ дать в В)

Задача 36

При каком расстоянии между электродами зажигается самостоятельный разряд, если $\gamma = 0.4$, $\alpha = 5$.

Задача 37

В ячейки индикаторной панели постоянного тока светиться не весь катод, а только его половина. Какой параметр разряда изменили и как?

Задача 38

Средняя длина свободного пробега электрона в неоне ($U_i = 24B$) составляет $8 \cdot 10^{-4}m$ при $T = 300K$ и $p = 133Pa$. Определить минимальную напряженность электрического поля при которой электрон сможет ионизировать, начальную скорость электрона принять равной нулю.

Задача 39

В разрядной трубке $d = 2,5\text{ м}$, $U_3 = 200\text{ В}$, $\gamma = 0,04$. Определить первый коэффициент Таунсенда α и во сколько раз I_a больше I_k . Газ – аргон.

Задача 40

В тиратроне с электростатическим управлением горит тлеющий разряд. Нарисуйте потенциальную диаграмму с 80В до 2В. Что изменится в диаграмме?

Задача 41

В индикаторной панели со сканированием горит самостоятельный, тлеющий разряд. Напряжение зажигания $U_3 = 200\text{ В}$, напряжение горения $U_2 = 120\text{ В}$, ток разряда $I_p = 1\text{ мА}$. Можно ли изменить напряжение зажигания, изменяя параметры?

Задача 42

В тиратроне между анодом и катодом горит самостоятельный тлеющий разряд. Определить, как изменится ток в цепи анода ΔI , если ток в цепи сетки первой уменьшится в 4 раза?

Задача 43

В ячейки индикаторной панели постоянного тока светиться не весь катод, а только его половина. Какой параметр разряда надо изменить и как, чтобы светился весь катод?

Задача 44

В ячейки индикаторной панели со сканированием горит самостоятельный, тлеющий разряд. Напряжение горения $U_2 = 150\text{ В}$, ток разряда $I_p = 2\text{ мА}$. Как изменится напряжение горения, если ток разряда уменьшится в 2 раза?

Какое расстояние должен пройти электрон в электрическом поле, если $U_i = 20\text{ В}$, $U_a = 100\text{ В}$, $d_{ak} = 0,04\text{ м}$.

Задача 45

В ячейке ГИП $I_{\min} = 5\text{ мА}$, $I_{\max} = 40\text{ мА}$. Рассчитать необходимое сопротивление ограничительного резистора, если напряжение на нагрузке $U_n = 150\text{ В}$, $R_n = 10\text{ кОм}$ и номинальное E_a в 1,5 раза больше напряжения на ячейке. Задачу решить для трех случаев:

- 1) E_a может уменьшиться и увеличиться;
- 2) E_a уменьшается;
- 3) E_a увеличивается.

Задача 46

Потенциал ионизации газа $U_i = 21B$, средняя длина свободного пробега электрона $\lambda = 0,3m$. Определить напряженность электрического поля ($e \frac{B}{m}$), при котором электрон сможет ионизировать газ.

Задача 47

Определить третий коэффициент Таунсенда (γ) при формировании самостоятельного разряда, если $\alpha = 1$, $d = 20cm$.

Задача 48

Как изменится рабочая область на вольт - амперной характеристике тиратрона тлеющего разряда, если площадь катода уменьшится в 3 раза? Как при этом изменится потенциал зажигания, если электроды плоско – параллельные?

Задача 49

Нарисуйте вольт – амперную характеристику ячейки индикаторной панели переменного тока. Покажите рабочую точку на этой характеристике. Как запоминается сигнал?

Задача 50

Напишите условие зажигания индикаторной ячейки в панели с самосканированием, нарисуйте вольт – амперную характеристику и покажите рабочую точку.

Задача 51

Нарисуйте вольт – амперную характеристику ячейки газоразрядного индикатора. Покажите рабочую точку на этой характеристике.

Задача 52

Нарисуйте пусковую характеристику тиратрона тлеющего разряда с токовым управлением. Нарисуйте потенциальную диаграмму для двух случаев, когда разряда нет, и когда он горит.

Задача 53

Задача Нарисуйте пусковую характеристику тиратрона тлеющего разряда с токовым управлением, выберите рабочую точку. Нарисуйте потенциальную диаграмму для данной точки, когда разряда нет, и когда он горит.

Задача 54

В тиратроне тлеющего разряда с электростатическим управлением нарисуйте потенциальную диаграмму для случая $U_{c2} > U_a$ (разряд горит).

Задача 55

Какой минимальной скоростью должен обладать электрон для возбуждения молекулы аргона, имеющей потенциал возбуждения $U_L = 11.6B$.

Задача 56

Определите коэффициент газового усиления, если $\alpha = 2,3\text{см}^{-1}$, $d = 5\text{см}$. Какой разряд горит в фотоэлементе?

Задача 57

В индикаторной ячейки панели разряд зажигается при $U_3 = 230B$, $\alpha = 8,3\text{см}^{-1}$, $d = 0,4\text{см}$. Определить третий коэффициент Таунсенда, начертить потенциальные диаграммы для следующих случаев, когда есть разряд, и когда его нет.

Задача 58

В тиратроне с электростатическим управлением в момент зажигания горит «паразитный» разряд (между катодом-сеткой первой и между сеткой второй-анодом). Напряжение какого электрода и как надо изменить, чтобы зажегся основной разряд катод-анод?

Задача 59

Оцените:

- 1) скорость электрона с энергией 10^3эВ ;
- 2) протона с энергией 10^6эВ ;
- 3) молекулы N_2 при $T = 1000K$.

Задача 60

Начальная скорость электрона $\mathcal{V}_0 = 0$. Определите разность потенциалов, пройденную электроном, набравшем скорость $\mathcal{V} = 4,8 \cdot 10^8 \text{км/с}$.

Задача 61

Между пластинами расстояние 2см и разность потенциалов 500В. Электрон начальной нулевой скоростью летит к положительной пластине. Определите скорость и энергию в момент удара о пластину.

Задача 62

Заряженная частица, движущаяся со скоростью $0,8 \cdot c$, обладает кинетической энергией 340кэВ. Что это за частица?

Задача 63

Ион имеет начальную скорость $\mathcal{V}_0 = 0$ и массу $m = 5 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$. Какую скорость будет иметь ион в плоскости анода, если $U_a = 200 \text{ В}$?

Задача 64

За какое время электрон, прошедший разность потенциалов 1 В , сможет преодолеть 100 км ?

Задача 65

Электрон с начальной скоростью $\mathcal{V}_0 = 2 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ влетает в область электрического поля и проходит в нем разность потенциалов 200 кВ . определить скорость электрона в конце пути.

Задача 66

При каком ускоряющем напряжении масса электрона увеличивается в конце пробега на 15% ?

Задача 67

Какую разность потенциалов должен пройти электрон, чтоб его масса сравнялась с массой пули (9 г)? А ион азота?

Задача 68

Определите:

- 1) скорость электрона с энергией 10 эВ ;
- 2) скорость протона с энергией 10^4 эВ .

Задача 69

Между пластинами расстояние 3 см и разность потенциалов 2000 В . Электрон начальной нулевой скоростью летит к положительно заряженной пластине. Определить:

- 1) какой путь он пройдет прежде чем достигнет скорости $\mathcal{V} = 10^7 \text{ м/с}$;
- 2) какой разности потенциалов соответствует эта скорость;
- 3) чему равна кинетическая энергия в конце пути.

Задача 70

За какое время электрон, прошедший разность потенциалов 1 В , сможет преодолеть 10 км , если после ускорения он движется с постоянной скоростью?

Задача 71

Электрон ускоряется разность потенциалов 1В. Начальная скорость его равна нулю. Определите конечную скорость электрона и его кинетическую энергию.

Задача 72

Электрон с начальной скоростью $v_0 = 2 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ влетает в область электрического поля и проходит в нем разность потенциалов 200кВ. Определить скорость электрона в конце пути. Нарисуйте потенциальную диаграмму.

Задача 73

Электрон с начальной скоростью $v_0 = 5 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ в электронном поле проходит разность потенциалов 1кВ. Будет ли он ускоряться?

Задача 74

Какой разности потенциалов соответствует скорость электрона $v = 200 \text{ км/с}$, если начальная скорость $v_0 = 0$.

Задача 75

Электрон имеет скорость $v = 4,2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$. Определить потенциал анода, при котором электрон не сможет попасть на анод?

Задача 76

Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтоб его длина волны была равна 1 \AA ?

Ион проходит ускоряющую разность потенциалов 50В, а потом движется в пространстве, где поле отсутствует, пролетая $d = 5 \text{ см}$ за $t = 5 \cdot 10^{-6} \text{ с}$. Найти массу иона.

Задача 77

Электрон, пройдя через сетку, потенциал которой $U_c = 30 \text{ В}$, попадает в поле анода $U_a = 300 \text{ В}$. Какую энергию имеет электрон в плоскости анода?

Задача 78

Электрон, прошедший в ускоряющем поле $U = 1,3 \text{ кВ}$, влетает в поперечное электромагнитное поле и движется по окружности с радиусом $r = 2,5 \text{ см}$. Определить индукцию магнитного поля.

В диоде на анод подают напряжение $U_a = 150 \text{ В}$. Включили в цепь анода сопротивление нагрузки $R_H = 0,5 R_0$ и ток в точке пересечения

нагрузочной прямой с осью тока стал $I = 60 \text{ мА}$. Определите, каким стал ток в цепи анода после включения R_H .

Задача 79

В диоде $P_{A_{\text{пр}}} = 4 \text{ Вт}$. При $U_a = 80 \text{ В}$ мощность рассеивания анодом P_A составляет 25% от $P_{A_{\text{пр}}}$, а при $U_a = 180 \text{ В}$ $P_A = 60\%$ от $P_{A_{\text{пр}}}$. Определить S и R_i .

Задача 80

При изменении U_a на 2В анодный ток диода изменился на 4мА. Определить крутизну характеристики S и внутреннее сопротивление R_i .

Задача 81

В диоде определить S и R_i , если при $U_a = 40 \text{ В}$ $R_0 = 2 \text{ кОм}$, а при $U_a = 50 \text{ В}$ $P_A = 2 \text{ Вт}$.

Задача 82

Линия нагрузки диода с R_H пересекает ось I_a в точке, соответствующей 50мА. Определить R_H , если $E = 200 \text{ В}$.

Задача 83

Диод плоскими электродами работает в режиме ограничения тока пространственным зарядом. $I_a = 20 \text{ мА}$ при $U_a = 100 \text{ В}$. Определить:

- 1) каков закон, связывающий I_a и U_a ;
- 2) при каком U_a анодный ток увеличится вдвое;
- 3) чему равен I_a , если $U_a = 200 \text{ В}$

Задача 84

В диоде, работающем в режиме пространственного заряда $E_a = 180 \text{ В}$, $I_a = 10 \text{ мА}$, а половина напряжения падает на R_H . Какая мощность рассеивается на аноде? Чему будет равна эта мощность, если $R_H = 0$?

Задача 85

В электронном фотоэлементе $E_a = 350 \text{ В}$, а $K = 200 \frac{\text{мкА}}{\text{лм}}$. Параллельно с сопротивлением нагрузки включен электронный ключ. Определить R_H , если порог срабатывания ключа 100В, а $\Phi = 0,4 \text{ лм}$.

Задача 86

Диод, работающий в режиме ограничения тока пространственным зарядом, при $U_a = 100 \text{ В}$ $I_a = 8 \text{ мА}$. Определить I_a , если $P_a = 2 \text{ Вт}$.

Задача 87

Нагрузочная прямая на анодной характеристике диода пересекает ось тока $I_a = 20 \text{ мА}$ при $U_{RH} = 150 \text{ В}$. Определите R_n и R_0 , если половина E_a падает между катодом и анодом.

Задача 88

Ток эмиссии катода 10 мА , все электроны достигают анод. Какой ток измеряем во внешней цепи если:

- 1) $\sigma = 0$;
- 2) $\sigma = 1$;
- 3) $\sigma = 0,5$

Задача 89

В вакуумном фотоэлементе $I_\phi = 15 \text{ мкА}$, при $U_a = 60 \text{ В}$, $I_a = 12 \text{ мкА}$. Каким станет I_a в мкА, если $U_a = 100 \text{ В}$?

Задача 90

В диодном промежутке ток эмиссии с катода $I_\phi = 20 \text{ мА}$, а при $U_a = 50 \text{ В}$ ток $I_a = 10 \text{ мА}$. Определить I_a и P_A , если расстояние между катодом и анодом уменьшили в 4 раза.

Задача 91

В диодном вакуумном промежутке при $U_a = 200 \text{ В}$, $P_A = 2 \text{ Вт}$. Расстояние между катодом и анодом уменьшили в 3 раза. Определить P_A .

Задача 92

В диоде $I_a = 20 \text{ мА}$, $P_A = 3 \text{ Вт}$. Включить в цепь анода R_n , ток в точке пересечения нагрузочной прямой с осью стал 60 мА . Определить каким стал I_a , если половина E_a падает на R_n .

Задача 93

Диод, работающий в режиме ограничения тока пространственным зарядом, при $U_a = 200 \text{ В}$ $I_a = 15 \text{ мА}$. При каком U_a анодный ток увеличится вдвое? Чему равен I_a , если $U_a = 100 \text{ В}$?

При какой продольной энергии электронов (в эВ) в области отклоняющих пластин в ЭЛТ предельная частота сигнал 300 МГц , если длина отклоняющих пластин 20 мм ?

Задача 94

В ЭЛТ определить при какой длине отклоняющих пластин в см можно наблюдать без искажения сигнал с предельной частотой $f_{np} = 250 \text{ МГц}$, если энергия электронов в луче $2,5 \text{ кэВ}$.

Задача 95

В ЭЛТ определить смещение пятна на экране в мм, если $l = 10 \text{ мм}$, $L = 15 \text{ см}$, $d = 8 \text{ мм}$, $U_{nn} = 32 \text{ В}$, а U_{a2} изменяется от 1 кВ до 2 кВ.

Задача 96

В кинескопе $U_{a2} = 8 \text{ кВ}$. Определить во сколько раз надо изменить ток отклоняющей катушки, чтобы чувствительность к отклонению сохранялась прежней при $U_{a2} = 2 \text{ кВ}$.

Задача 97

ЭЛТ имеет чувствительность к отклонению $0,2 \frac{\text{мм}}{\text{А} \cdot \text{вит}}$, диаметр экрана 40 см, число витков в катушки 200. Какой ток в амперах надо пропустить через катушку, чтобы луч переместился на расстояние равное радиусу экрана.

Задача 98

В ЭЛТ определить предельную частоту сигнала, если $\varepsilon = 0,25 \frac{\text{мм}}{\text{В}}$, $L = 28 \text{ см}$, $d = 7 \text{ мм}$, $l = 2 \text{ см}$.

Задача 99

В ЭЛТ определить чувствительность к отклонению магнитной катушки, если амплитуда сигнала на экране 5 см, $n = 1000$, $I = 250 \text{ мА}$.

Задача 100

В кинескопе определить число витков в магнитной отклоняющей катушке, если $I_k = 50 \text{ мА}$, $\varepsilon = 0,5 \frac{\text{мм}}{\text{А} \cdot \text{вит}}$, луч отклоняется при этом на 10 см.

В ЭЛТ определить энергию электрона в плоскости второго анода (в эВ), если $l = 10 \text{ мм}$, $L = 40 \text{ см}$, $d = 5 \text{ мм}$, $\varepsilon = 0,4 \frac{\text{мм}}{\text{В}}$.

Задача 101

В суперорбитроне электрон с фотокатода ускоряется на мишень. Во сколько раз усиливается видеосигнал на мишени, если коэффициент вторичной эмиссии мишени $\sigma = 5$?

Задача 102

В ЭЛТ на все электроды поданы рабочие напряжения: $U_m = -5 \text{ В}$, $U_{y3} = 1,5 \text{ кВ}$, $U_{a1} = 5 \text{ кВ}$, $U_{a2} = 10 \text{ кВ}$. Под электронным лучом коэффициент люминофора $\sigma < 1$. До потенциала, какого электрода заряжается люминофор под лучом?

Задача 103

Как изменится видеосигнал, снимаемый с суперорбитрона, если ток считывающего луча увеличить в 10 раз?

Задача 104

В ЭЛТ поданы рабочие напряжения на все электроды. Сигнал – синусоида с периодом T . какой сигнал надо подать по X , какова должна была быть длительность сигнала по X , чтобы на экране было 4 периода синусоиды?

Задача 105

В ЭЛТ на пластины, отклоняющие по оси X и Y поданы пилообразные напряжения, причем $\tau_x = \tau_y$. На экране виден один зубец пилы. Напряжения на модуляторе изменили от -10В до -7В. Как изменилась амплитуда сигнала?

Задача 106

В цветном кинескопе видео сигнал не пода, на катушку, отклоняющуюся по оси X подана пила, а по Y - синусоида, причем период синусоиды равен длительности пилы ($T = \tau$). Что видим на экране?

Задача 107

В цветном кинескопе все электроды запитаны в рабочем режиме. Изменяя напряжение, на каких электродах, можно изменить яркость свечения экрана.

Задача 108

Как изменится видеосигнал, снимаемый с суперорбитрона, если ток считывающего луча увеличить в 3 раза?

Задача 109

В суперорбитроне есть ФЭУ с параметрами: $n = 9, \alpha = 0.8, \sigma = 4$. Определить амплитуду видеосигнала с суперорбитрона, если коэффициент вторичной эмиссии мишени $\sigma = 1$.

Задача 110

В цветном кинескопе изображение формируется за счет изменения яркости свечения экрана от точки к точке. По какому закону изменяется коэффициент вторичной эмиссии люминофора при этом?

Задача 111

В ЭЛТ напряжение модулятора $U_m = -10В$, напряжение ускоряющего электрода $U_{yэ} = 1,5кВ$, проникаемость $D = 0.01$. Определить энергию электрона в плоскости модулятора эВ.

Задача 112

В ЭЛТ напряжение модулятора $U_m = -20B$, напряжение запираения $U_{3M} = -50B$, ток луча $I_l = 600мкА$. Как изменится ток луча, если повысить $U_{вэ} = -5B$, а $U_m = -70B$.

Задача 114

Определите напряжение запираения на модуляторе ЭЛТ, если $U_{вэ} = 1,5кВ$, $D = 0.02$. Какова будет энергия электрона в плоскости модулятора (в эВ), если $U_m = -10B$.

Задача 115

В кинескопе при $U_{вэ} = 2кВ$, $D = 0.02$, $U_m = -20B$ ток луча $100мкА$. Каков будет ток луча, если напряжение на модуляторе станет $U_m = -40B$?

Задача 116

В кинескопе при $U_{вэ} = 2кВ$, $D = 0.02$ действующее напряжение $U_d = 5B$, определить потенциал модулятора. При напряжении на модуляторе то луча равен нулю?

Задача 117

В ЭЛТ между модулятором и ускоряющим электродом поставлены две короткофокусные магнитные фокусирующие катушки. Определить ток луча в мкА, если $U_m = -10B$, $U_{вэ} = 1,5кВ$.

Задача 118

Определить коэффициент усиления ФЭУ-24, если $I_f = 18нА$, $I_a = 160мкА$.

Задача 119

В вакуумном фотоэлементе $E_a = 200B$, $R_a = 20Мом$, $I_f = 5мкА$. Определить мощность, выделяющуюся на аноде фотоэлемента.

Задача 120

Определить как изменится световой поток для ФЭУ – 9, если его интегральная чувствительность $21 \frac{мкА}{лм}$, а ток в цепи анода изменяется на $148 мкА$.

Задача 121

Как изменится световой поток для ФЭУ с $n=13$, $\Delta I_a = 4 \text{ мА}$, $h = 100 \text{ мкА/лм}$, $\sigma = 3,1$, $\alpha = 0,9$. Определить ток в цепи второго динода ФЭУ.

Задача 122

Как измениться ток в цепи четвертого динода ФЭУ, если $\Delta I_a = 4 \text{ мА}$, $\sigma = 2,8$, $\alpha = 0,8$, $\Delta \phi = 0,3 \text{ лм}$, $K = 50 \text{ мкА/лм}$. Сколько динодов у ФЭУ?

Задача 123

На фотокатод с интегральной чувствительностью $K = 200 \text{ мкА/лм}$ падает световой поток $\Phi = 0,2 \text{ лм}$, $R_n = 800 \text{ кОм}$. Сигнал с R_n снимается на усилитель, управляющий реле с током срабатывания 5 мА , при $U = 200 \text{ В}$. Определить коэффициент усиления по мощности и по напряжению.

Задача 124

Определить ток в мкА во внешней цепи анода и динода однокаскадного ФЭУ, если ток с фотокатода 200 мкА , $\sigma = 10$ напряжение на аноде 20 В , а напряжение на диноде 300 В (прибор работает в режиме насыщения).

Задача 125

Как измениться ток в цепи первого динода ФЭУ, если $\Delta I_a = 4 \text{ мА}$, $\sigma = 4,7$, $\alpha = 0,8$, $\Delta \phi = 0,4 \text{ лм}$, $K = 50 \text{ мкА/лм}$. Сколько динодов у ФЭУ?

Задача 126

Как измениться ток в цепи третьего динода ФЭУ, если $\Delta I_a = 125 \text{ мА}$, $\sigma = 10$, $\alpha = 0,5$, $\Delta \phi = 2 \text{ лм}$, $K = 20 \text{ мкА/лм}$. Сколько динодов у ФЭУ?

Задача 127

Как изменится световой поток, падающий на фотокатод ФЭУ, если $n = 7$ $\Delta I_a = 4 \text{ мА}$, $\sigma = 5$, $\alpha = 0,8$, $K = 40 \text{ мкА/лм}$. Сколько динодов у ФЭУ?

Задача 128

В девятикаскадном ФЭУ при изменении напряжении на аноде от 2 кВ до 3 кВ чувствительность по току анода возросла в 10^3 раз. Как изменился σ каждого каскада и коэффициент усиления ФЭУ, если коэффициент передачи тока изменился?

Задача 129

В ионном фотоэлементе при $K = 50 \text{ мкА/лм}$, а $\Phi = 2 \text{ лм}$ на $R_n = 100 \text{ кОм}$ выделяется мощность $P_R = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ Вт}$, при этом $R_0 = R_H$ в рабочей точке. Определить коэффициент газового усиления.

Задача 130

Чувствительность катода 6 – каскадного ФЭУ 100 мкА/лм , а анода $72,9 \text{ мкА/лм}$, при этом $\alpha = 0,6$. Определить коэффициент вторичной эмиссии каскада.

Задача 131

В ФЭУ чувствительность по катодному току 10 мкА/лм , по анодному току 10 мкА/лм , $I_\phi = 5 \text{ мкА}$ сопротивление в цепи анода $R_n = 10 \text{ кОм}$. Какое необходимо усиление по напряжению, чтобы сигналом с нагрузки засечь разряд $U_3 = 250 \text{ В}$.

Задача 132

В ионном фотоэлементе при $K = 80 \text{ мкА/лм}$, а $\Phi = 0,5 \text{ лм}$ на $R_n = 1 \text{ МОм}$ выделяется мощность $P_R = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ Вт}$ в рабочей точке. Определить коэффициент газового усиления в этой точке.

Задача 133

Какая будет выделяться мощность на аноде ФЭУ, если $I_{o2} = 20 \text{ мкА}$, $I_\phi = 5 \text{ мкА}$, $n = 6$, $U_a = 100 \text{ В}$. Ответ дать в мВт.

Задача 134

Определить число каскадов ФЭУ, если выходной ток 15 мА , $I_\phi = 1,5 \text{ мкА}$, $\sigma = 5,2$, $\alpha = 0,89$.

Задача 135

В ионном фотоэлементе коэффициент газового усиления $K_{гв} = 8$, $R_n = 700 \text{ кОм}$, $\Phi = 1 \text{ лм}$ при чувствительности по катодному току $K = 30 \text{ мкА/лм}$. Какое необходимо усиление по напряжению, чтобы сигналом с нагрузки зажечь разряд в тиратроне с $U_3 = 336 \text{ В}$.

Задача 136

В электронном фотоэлементе напряжение источника питания $E_a = 200B$, $R_n = 500k\Omega$, $K = 10 \frac{\mu A}{\text{лм}}$. Параллельно с включен электронный ключ. Определить световой поток, при котором откроется ключ, если порог его срабатывания 50В? Какое напряжение при этом между катода и анодом?

Задача 137

Чувствительность катода 4 – каскадного ФЭУ $25 \frac{\mu A}{\text{лм}}$, а анода $102,4 \frac{\mu A}{\text{лм}}$, при этом $\alpha = 0,8$. Определить коэффициент вторичной эмиссии для каждого каскада. Измениться ли σ , если световой поток увеличить в два раза?

Задача 138

Как измениться световой поток, падающий на фотокатод ФЭУ, если $n = 3$, $\Delta I_a = 7,2 \text{ мА}$, $\sigma = 10$, $\alpha = 0,9$, $K_k = 40 \frac{\mu A}{\text{лм}}$. Чему равен коэффициент усиления ФЭУ?

Задача 139

В ионном фотоэлементе при $K = 120 \frac{\mu A}{\text{лм}}$, а $\Phi = 0,5 \text{ лм}$ на $R_n = 0,3 M\Omega$ выделяется мощность $P_R = 4 \cdot 10^{-2} \text{ Вт}$, при этом $R_i = 3R_n$ в рабочей точке. Определить коэффициент газового усиления в этой точке.

Задача 140

Напряжение на делителе 11 каскадного ФЭУ увеличили в 2 раза, при этом коэффициент усиления возрос в 50 раз. Определите как изменились σ и чувствительность по анодному току S .

Задача 141

Определить ток в цепи анода и динода однокаскадного ФЭУ, если $I_{\text{фэ}} = 4 \text{ мА}$, $U_a = 200B$, $U_d = 50B$, $\sigma = 2,8$.

Определить величину фототока в ФЭУ - 25, если $\sigma = 3,2$, а ток в цепи четвертого динода 84мкА.

Задача 142

Определить величину фототока в ФЭУ - 13, если $\sigma = 1,85$, а ток в цепи четвертого динода 243мкА.

Задача 143

Определить величину фототока в ФЭУ - 24, если $\sigma = 2,2$, а ток в цепи четвертого динода 100мкА.

Задача 144

Определить коэффициент вторичной электронной эмиссии, если ток фотокатода 4мА, а ток в цепи первого динода 10нА.

Задача 145

В вакуумном фотоэлементе напряжение источника питания $E_a = 200В$, $R_n = 300кОм$, $I_\phi = 50мкА$. Определите мощность, выделяющуюся на аноде фотоэлемента.

Задача 146

В вакуумного фотоэлементе $R_n = 25МОм$, $I_\phi = 3мкА$ $R_i = R_H$. Определить величину напряжения источника питания.

Задача 147

В ЭЛТ отклоняющие пластины по Y имеют $l = 8мм$, $d = 3мм$, амплитуда сигнала 2см, чувствительность к отклонению $0,1 \frac{мм}{В}$.

- 1) определить горизонтальную составляющую энергии в эВ;
- 2) вертикальную составляющую энергии к моменту выхода из пластин;
- 3) предельную частоту.

Задача 148

Сколько зубцов пилы увидим на экране ЭЛТ, если на пластины, отклоняющие по X подать сигнал в виде пилы, время развертки τ_x , а по Y - пила с τ_y . Причем $\tau_x = 3\tau_y$.

Задача 149

На отклоняющие пластины ЭЛТ подано переменное напряжение (синусоида), а на экране видна прямая горизонтальная линия в центре экрана длина 5 см. Определите напряжение на пластинах и по X и по Y , если чувствительность отклонения обеих пар пластин $0,4 \frac{мм}{В}$?

Задача 150

В ЭЛТ определить в вольтах при каком напряжении на втором аноде U_{a2} с длиной отклоняющих пластин $l = 20мм$ можно без искажения наблюдать сигнал с частотой $f = 375МГц$. Как уменьшится чувствительность к отклонению, если $f_{сигнала} = 0,5f$ предельная.

Задача 152

При какой продольной энергии электронов (в эВ) в области отклоняющих пластин в ЭЛТ предельная частота сигнала 600 МГц, если длина отклоняющих пластин 15мм? Какова будет эта энергия, если длина пластин будет 30 мм.

В ЭЛТ на отклоняющие пластины по Y подан сигнал – прямолинейный импульс. Луч на экране вычертил прямую линии длиной 5 мм. Какой величины напряжение импульса, если чувствительность к отклонению $2 \text{ мм}/\text{В}$? Какой формы и величины подано напряжение на пластины, отклоняющие по X ?

Задача 153

На экране осциллографа видна синусоида (один период), амплитуда 5см, период 10см. На обе пары пластин подан сигнал с напряжением 50В. Определите чувствительность к отклонению обеих пар пластин, какой формы сигнал подан на пластины?

Задача 154

На сколько мм переместиться луч из центра на экране, если на вертикально отклоняющие пластины подано постоянное напряжение $U_Y = 100\text{В}$, а на горизонтально отклоняющие пластины $U_X = -40\text{В}$, при этом чувствительность к отклонению по Y $0,3 \text{ мм}/\text{В}$, по X - $0,4 \text{ мм}/\text{В}$?

Задача 155

В кинескопе система магнитного отклонения имеет 2 катушки, которые соединены последовательно по 3000 витков каждая с током 5мА. На экране в центре виден светящийся квадрат $30 \times 15 \text{ мм}$ (30мм по X). Кокой формы сигнал подан на катушки? Найти чувствительность к отклонению каждой катушки?

Задача 156

К кинескопе оксидный термокатод имеет температуру $T_k = 900\text{К}$ и эффективную работу выхода $\varphi_{\text{эфф}} = 1,1\text{эВ}$. Определить плотность тока термоэмиссии ($\text{А}/\text{м}^2$), если $D = 1$.

Задача 157

В кинескопе определить чувствительность магнитной катушки к отклонению, если амплитуда сигнала 5 см, число витков катушке 500, а ток через катушку 0,1А. Как изменится чувствительность к отклонению, если напряжение на модуляторе 3 раз?

Задача 158

В ЭЛТ определить напряжение второго анода и энергию электронов в плоскости второго анода, если чувствительность к отклонению $0,2\text{мм/В}$, $l = 20\text{мм}$, $L = 300\text{мм}$, $d = 10\text{мм}$. Определить предельную частоту.

Задача 159

Определить запирающее напряжение на модуляторе ЭЛТ, если $U_{vэ} = 2,5\text{кВ}$, $D = 0,01$. Какова будет энергия электронов в плоскости модулятора, если $U_M = -5\text{В}$?

Задача 160

В ЭЛТ напряжение модулятора $U_M = -15\text{В}$, напряжение ускоряющего электрода $U_{vэ} = 3\text{кВ}$, напряжение запирающего электрода $U_{зМ} = -25\text{В}$. Определить энергию электрона в плоскости модулятора и ускоряющего электрода в эВ.

Задача 161

В ЭЛТ действующее напряжение 7В , напряжение ускоряющего электрода $3,5\text{В}$, проницаемость $0,004$. Определить потенциал модулятора. При каком напряжении на модуляторе ток луча равен 0?

Задача 162

ЭЛТ с магнитной фокусировкой имеет потенциал запирающего электрода -40В при напряжении ускоряющего электрода 3кВ , а при напряжении модулятора -10В ток луча 500мА . Как изменится ток луча, если $U_{vэ} = 6\text{кВ}$, а $U_M = -50\text{В}$.

Задача 163

В ЭЛТ начертите траекторию электронов от катода до экрана, если после модулятора поставлены две короткофокусные магнитные фокусирующие катушки затем ускоряющий электрод и остальные электроды. Чему равен ток луча?

Задача 164

Для ЭЛТ определить величину приложенного напряжения на отклоняющие пластины, если $h = 0,3\frac{\text{мм}}{\text{В}}$, а перемещение пятна на экране 20мм .

Задача 165

Определить длину отклоняющих пластин, если $U_{a2} = 1,3\text{кВ}$, а предельная частота сигнала на отклоняющие пластины 240МГц .

Задача 166

При каком U_{a2} предельная частота сигнала на отклоняющие пластины 500МГц, если длина пластины 1,4см.

Задача 167

Определить потенциал второго анода в ЭЛТ, если $l = 11,5\text{мм}, L = 238\text{мм}, d = 7,3\text{мм}, h = 0.17\text{мм}/\text{В}$.

Задача 168

В кинескопе подано напряжение, и луч виден в виде точки в центре экрана. Как надо запитать электроды, чтобы получить на экране изображение.

Задача 169

В ЭЛТ какой параметр и как надо изменить, чтобы чувствительность к отклонению увеличилась в 1,5раз. (отклонение электростатическое).

Задача 170

В ЭЛТ определить l_2 ,

если

$$l_1 = 11.1\text{мм}, L = 263\text{мм}, d_1 = 4.3\text{мм}, d_2 = 12.99\text{мм}, U_{a2} = 3121\text{В}, h = 0.16\text{мм}/\text{В}.$$

Задача 171

Определить как изменится чувствительность к отклонению в ЭЛТ с электростатическим отклонением, если напряжение на пластинах увеличить в 2раза.

Задача 172

На экране кинескопа видна вертикальная линия. Какой сигнал подан на отклоняющие катушки по Y и X .

Задача 173

Какой величины и формы получим сигнал на выходном сопротивлении суперортика, если мишени коэффициент вторичной эмиссии $\sigma = 1$.

Задача 174

В цветном телевизоре напряжение на втором аноде 25кВ. отклонение луча обеспечивают две магнитные катушки с чувствительностью по Y $2\text{мм}/\text{А}\cdot\text{вит}$, по X - $1\text{мм}/\text{А}\cdot\text{вит}$ и i . Определить продольную энергию электронов в момент входа в область отклонения в момент выхода из нее в эВ.

Задача 175

В фотоэлектронном умножителе суперортикаона 5 динодов. Коэффициент вторичной эмиссии динода увеличился в 2 раза, коэффициент передачи тока при этом не изменился. Как изменилась амплитуда видео сигнала на выходе прибора?

Задача 176

В кинескопе все электроды имеют рабочее напряжение, экран не покрыт Al пленкой. Какой потенциал устанавливается на экране, если $\sigma > 1$? Что видим на экране? Что измениться, если потенциал модулятора изменить от $-25В$ до $-15В$?

Задача 177

В цветном кинескопе по паспорту записаны все электроды, только не подан видео сигнал. Что видим на экране? Что изменится на экране? Подали сигнал на модулятор. Что видим на экране?

Задача 178

В кинескопе температура катода $1000К$, напряжение модулятора $-15 В$, проницаемость его $0,02$, напряжение ускоряющего электрода $2 кВ$, напряжение второго анода $25кВ$. найти энергию электрона при выходе из катода в плоскость модулятора (в эВ).

Задача 179

В кинескопе при напряжении на модуляторе $-10 В$ и на ускоряющем электроде $1500 В$ при проницаемости $0,01$, ток в луче рабочий ($100 мкА$). Определить энергию электронов в плоскости модулятора в эВ? Каков ток луча, если напряжение на модуляторе $-15В$? Как изменится этот ток, если напряжение на A_3 увеличится в 2 раза?

Задача 180

В ЭЛТ определить при каком напряжении на втором аноде с длиной отклоняющей пластины $20мм$ можно без искажения наблюдать сигнал с частотой $f = 375МГц$. Если сигнал синусоида, какую часть периода электрон будет между отклоняющими пластинами?

Задача 181

При ускоряющем напряжении на электроде $1 кВ$ запирающее напряжение $-25 В$. Определить энергию электронов в плоскости модулятора и ускоряющего напряжения, если напряжение модулятора $-5 В$.

Задача 182

В ЭЛТ определить смещение пятна, если $U_{a2} = 1000B$, $U_{nl} = 100B$, длина пластин 2см, расстояние между ними 0,8см, расстояние до экрана 20см.

Задача 183

В осциллографе

$l_x = 6мм$; $d_x = 3мм$, $L_x = 300мм$, $l_y = 7мм$, $d_y = 3.5мм$, $L_y = 320мм$, $U_{a2} = 10кВ$, экран 50×60 мм. Рассчитать максимальную величину сигнала для каждой пары отклоняющих пластин.

Задача 184

Расстояние между пластинами отклоняющей системы ЭЛТ 1см, длина пластин 5см. Какое напряжение необходимо приложить между пластинами, чтоб луч с энергией 750эВ исчез с экрана?

Задача 185

В ЭЛТ отклоняющие пластины по Y имеют $l = 14мм$, $L = 170мм$, $d = 6мм$, $U_{a2} = 5кВ$. Определить:

- 1) горизонтальную составляющую энергии в эВ (в направлении экрана);
- 2) вертикальную составляющую энергии к моменту выхода из пластин;
- 3) предельную частоту.

Задача 186

Определить потенциал модулятора для ЭЛТ, если $I_k = 90мкА$, $k = 3$, $\gamma = 2$, $U_{3M} = -60B$.

Задача 187

В ЭЛТ поданы рабочие напряжения на все электроды, только не подан видео сигнал. Что видим на экране? Сигнал синусоида с периодом T . Как надо запитать электроды по X , чтобы на экране появилась синусоида, состоящая из 2 периодов.

Задача 188

Кинескоп запитан, но не подан видеосигнал, что видим на экране? На какой электрод подается видеосигнал? Видеосигнал необходимо усилить в 24 раза, предложите способ, рассчитайте.

Задача 189

Видеосигнал, снимаемый с иконоскопа, необходимо усилить в 68раз. Предложите способ, рассчитайте.

Задача 190

Определить величину отклонения на экране кинескопа, если индукция магнитного поля 5мТл , область действия магнитного поля $0,3\text{см}$, расстояние от катушки до экрана 20см , начальная скорость электрона 10^7 м/с .

Задача 191

В ЭЛТ напряжение на втором аноде 5кВ , длина отклоняющих пластин 1см . На отклоняющие пластины подано синусоидальное напряжение. Определить предельную частоту трубки? Определить частоту, при которой электрон будет оставаться в пространстве между пластинами в течение одного полупериода?

Задача 192

Кинескоп имеет чувствительность к отклонению $0,5\text{мм/А вит}$, диаметр экрана 200мм , число витков 200 . какой ток надо пропустить через катушку, чтобы луч переместился на расстояние равное радиусу экрана?

В ЭЛТ $U_y = 60\sin(2\pi \cdot 10^8 t)$,
если $l_1 = 0.02\text{м}$, $L = 0.16\text{м}$, $d = 8\text{мм}$, $U_{a2} = 1\text{кВ}$. Каково отклонение электрона на экране.

Задача 193

Определить, как изменится скорость электрона, имеющего скорость $1,5 \cdot 10^4 \text{ км/с}$ после того, как он пролетит между плоскопараллельными пластинами, имеющими разность потенциалов 25В и отстоящих друг от друга на расстоянии 2см . длина пластин $1,5\text{см}$.

Задача 194

В ЭЛТ с магнитным отклонением электронный луч проходит расстояние 5см через область поперечного магнитного поля. Определить магнитную индукцию, необходимую для отклонения луча на $17,5^\circ$.

Задача 195

Трубка с электростатической фокусировкой имеет запирающее напряжение -50В при $U_{a2} = 1500\text{В}$. Каково будет запирающее напряжение при $U_{a2} = 2100\text{В}$.

Задача 196

В ЭЛТ отклоняющая катушка имеет 5000 витков, ток 40мА , величина отклонения луча 135мм . Определить чувствительность отклоняющей системы трубки.

Задача 197

Труба с магнитной фокусировкой имеет запирающее напряжение - 50В при $U_a = 2,5кВ$. При напряжении модулятора -20В ток катода равен 600мкА. Как изменится ток катода, если повысить $U_a = 5кВ$, а $U_m = -70В$?

Задача 198

Для ЭЛТ изобразить фигуру, получающую на экране, если к отклоняющим пластинам подведены синусоидальные напряжения одинаковой частоты, амплитуды фазы. Чувствительность обеих пар пластин считать одинаковой.

Задача 199

В ЭЛТ определить U_{a2} , при котором луч будет отклоняться от центра на экране на 2см, если напряжение пластин 50В. Расстояние между пластинами 0,4см, длина пластин 5см, расстояние до экрана 16см.

Задача 200

В ЭЛТ используются отклоняющие пластины длиной 2см, расстояние между пластинами 0,5см. Пластины вертикального отклонения удалены от экрана на 49см, горизонтального – 52см. какова чувствительность к отклонению пластин вертикального и горизонтального отклонения, если:

- 1) $U_{a2} = 1кВ$;
- 2) $U_{a2} = 1,5кВ$.

Задача 201

Спираль, по которой движется электрон в однородном магнитном поле, имеет диаметр 80мм, шаг спирали 200мм, индукция магнитного поля 5мТл. Определить скорость электронов.

Задача 202

В ЭЛТ электроны с энергией 1000эВ пересекают отклоняющее электрическое поле. Эффективная длина поля и расстояние между отклоняющими пластинами равны 2 и 1 см. на расстоянии 20 см от конца пластин находится флуоресцирующий экран. К пластинам приложено переменное синусоидальное напряжение, амплитуда которого равна 100 В. Каков след луча на экране?