

Федеральное агентство связи

СибГУТИ

Кафедра физики

Лабораторная работа № **берется из методических указаний**
НАЗВАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Выполнил: студент 1 курса Ф. АЭС, гр. АБ-65 Иванов Петр Григорьевич

Преподаватель, ведущий занятие	Доцент (должность уточняйте у вашего преподавателя)	Иванов Иван Иванович
	_____ должность	_____ Фамилия Имя Отчество

Сняты экспериментальные данные:	_____ дата	_____ подпись	_____ расшифровка подписи	
	_____ дата	_____ подпись	_____ расшифровка подписи	
Отчет принят:	_____ дата	_____ подпись	_____ расшифровка подписи	
Защита:	_____ оценка	_____ дата	_____ подпись	_____ расшифровка подписи

Новосибирск, 2019 г.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ

ЛР может выполняться рукописно в отдельной тетради, либо в компьютерной форме.

Прочитать теоретический материал по рекомендованным учебникам

А) Для получения допуска к ЛР необходимо представить заготовку отчета, которая содержит

- 1) титульный лист, название работы,
- 2) цель работы,
- 3) краткая теория: основные определения и изучаемые законы; использование законов для вывода расчетной формулы, вывод расчетной формулы;

3.1 – письменные ответы на контрольные вопросы с формулировкой самих вопросов (в соответствии с номером бригады),

3.2 – решенные задачи с приведенными условиями задач

- 4) рисунок или схема установки с расшифровкой названий основных элементов;

5) заготовленные таблицы для занесения в них измеряемых и расчетных величин с указанием размерности этих величин.

В) Получение допуска к выполнению ЛР:

Если раздел **А выполнен**, то ответить на следующие вопросы и объяснить:

- 1) Цель ЛР
- 2) Состав лабораторной установки
- 3) Порядок выполнения ЛР
- 4) Порядок обработки экспериментальных результатов для получения искомых величин и зависимостей; какие графики строятся.

Если отсутствуют п 3.1 и 3.2 раздела **А**, то студент отвечает дополнительно на вопрос «Изучаемое явление, его характеристики, основные формулы, описывающие изучаемое явление».

С) Выполнение ЛР:

- 1) После получения допуска, под руководством преподавателя проделать измерения, выключить установку, и рассчитать результаты измерения полностью (расчеты привести после таблицы с обязательным переводом всех величин в СИ).

ВНИМАНИЕ. Результатом выполнения ЛР являются:

- *заполненные таблицы,*
- *рассчитанные величины, требуемые в ЛР,*
- *построенные графики (допускается черновой вариант),*

В чистовом варианте графики строятся на миллиметровой бумаге (жаргон – миллиметровка) либо в экселе на миллиметровом фоне.

Е) Обязательный пункт:

Обязательно подписать выполненную работу у преподавателя, проводившего занятие. Без подписи преподавателя работа считается невыполненной.

Ф) ЗАЩИТА ЛР:

Результаты измерений должны быть полностью просчитаны и занесены в таблицу.

- a. Должны быть построены графики с указанием физических величин и размерностей. Если требуется сравнение с экспериментальными данными с теоретическими, то соответствующий график теоретической зависимости строится на том же графическом поле. Графики должны быть построены карандашом с использованием чертежных инструментов, размер графика не может быть меньше 12 см x 12 см.
- b. Должны быть рассчитаны погрешности полученных величин, используя формулы, приведенные в разделе «ЗАДАНИЕ».
- c. В конце отчета должен быть **записан вывод** (краткое резюме по экспериментальным результатам, графическим зависимостям и результатам расчетов).
- d. Непосредственно защита у преподавателя результатов проделанной работы.
- e. **Обязательно подписать заченную работу у преподавателя,** проводившего занятие. Без подписи преподавателя работа считается незащищенной.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ЛР

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить закон Стефана-Больцмана.

... и другие пункты из цели работы в методических указаниях

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ (должны быть обязательно формулы с пояснениями из методических указаний и все рисунки)

Излучением тел называется испускание телами в окружающее пространство электромагнитных волн. Излучение может возникать по разным причинам. Излучение, возникающее за счет внутренней энергии тел, т.е. вследствие теплового движения атомов и молекул, входящих в состав излучающего тела, называется тепловым или температурным. Тепловое излучение имеет место при любых температурах тел.

Совокупность частот, входящих в состав излучения, называется спектром излучения. Тепловое излучение твердых и жидких тел содержит все частоты от $\omega = 0$ до $\omega \rightarrow \infty$. Поэтому спектр теплового излучения твердых и жидких тел называется сплошным. В данной работе рассматривается излучение твердых тел.

Для описания теплового излучения используется несколько характеристик. Среди них большое значение имеют понятия излучательной способности r_ω , и энергетической светимости R .

Излучательной способностью r_ω называют количество энергии, которое излучается с единицы площади поверхности тела по всем направлениям за одну секунду в единичном спектральном интервале на частоте ω . Если интервал излучаемых частот равен $d\omega$ в окрестности частоты ω , элемент поверхности, с которого происходит излучение, равен dS , время, в течение которого осуществляется излучение равно dt , и при этих условиях по всем направлениям в окружающее пространство излучается энергия dW , то:

$$r_\omega = \frac{dW}{dS \cdot dt \cdot d\omega} \quad (1)$$

Так как

$$\frac{dW}{dt} = P \quad (2)$$

Таким образом необходимо законспектировать всю краткую теорию.

2.1 ОТВЕТЫ НА КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

(Должна быть формулировка вопроса и затем ответ на него)

Ответы на контрольные вопросы и задача должны быть представлены при допуске к выполнению ЛР, чтобы преподаватель смог вам дать замечания, которые вы исправите дома. Кроме этого, наличие ответов на вопросы и решенная задача освобождает студента от ответа на вопрос «Изучаемое явление, его характеристики, основные формулы, описывающие изучаемое явление».

1. Дайте пояснения к формуле Планка для распределения энергии в спектре излучения абсолютно черного тела

Для нахождения излучательной способности используется формула Планка:

$$r_{\omega} = \frac{\hbar \cdot \omega^3}{4\pi^2 c^2} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{\hbar\omega}{kT}\right) - 1}$$

В данной формуле используются следующие величины: редуцированная постоянная Планка: $\hbar = 1,05458 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света: $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, постоянная Больцмана: $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К, Температура тела T и циклическая частота ω , на которой излучается энергия.

Данная формула позволяет определить количество энергии, которое излучается с единицы площади поверхности тела по всем направлениям за одну секунду в единичном спектральном интервале на частоте ω .

Таким образом должны быть представлены ответы на все вопросы из методических указаний.

2.2 ЗАДАЧА

Какие задачи из методички должны решать студенты: нумерация задач двузначная, поэтому каждый член первой бригады решает задачи 1.1 и 1.2. Члены второй бригады решают задачи 2.1 и 2.2 и т.д.

Обязательно должно быть условие задачи и далее решение, с подробным пояснением (пример решения задачи по электростатике приведен в приложении А).

Температура вольфрамовой спирали в 25-ваттной электрической лампочке $T = 2450$ К. Отношение её энергетической светимости к энергетической светимости абсолютно черного тела при данной температуре составляет $k = 0,3$. Найти площадь S излучающей поверхности.

Дано:

$T = 2450$ К

$N = 25$ Вт

$k = 0,3$

Решение:

Мощность излучения с поверхности тела определяется следующей формулой:

Найти:**S - ?**

$$N = R_{\lambda} S, \quad (1)$$

где R_{λ} – энергетическая светимость, S – площадь поверхности тела.

Энергетическая светимость определяется с помощью закона Стефана-Больцмана для серого тела:

$$R_{\lambda} = k\sigma T^4, \quad (2)$$

где $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – постоянная Стефана-Больцмана, T – температура тела.

Подставив (2) в (1), получим:

$$N = k\sigma T^4 S \quad (3)$$

Из (3) выразим S и подставим численные значения:

$$S = \frac{N}{k\sigma T^4} = \frac{25}{0,3 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 2450^4} = 0,4 \text{ см}^2$$

Ответ: $S = 0,4 \text{ см}^2$

3 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ (обязательно должна быть схема и расшифровка элементов этой схемы, аналогично описанию сотового телефона)

Схема установки показана на рис.1.1. Установка состоит из тумблера (1), регулируемого трансформатора (2), амперметра (3), вольтметра (4), источника электромагнитных излучений (лампы) (5) и оптического пирометра (6). Рабочим телом является вольфрамовая пластина, установленная в лампе (5).

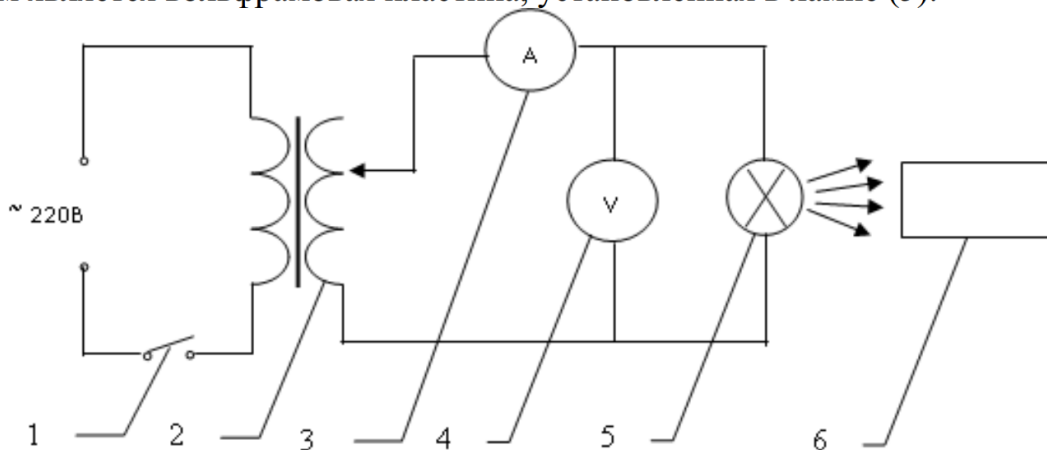


Рисунок 1.1 - Схема лабораторной установки

При помощи трансформатора подводится электрическая энергия к рабочему телу. Амперметр позволяет измерять силу тока лампы, а вольтметром измеряется напряжение на зажимах лампы (рабочего тела). Пирометр предназначен для дистанционного измерения температуры рабочего тела.

Принципиальная схема пирометра приведена на рис.1.2. Внешний вид пирометра представлен на рис.1.3.

И так далее.

4. ХОД РАБОТЫ

Нужно кратко записать каждый пункт из методических указаний по выполнению работы.

1. Перед включением установки повернуть ручку регулирующего трансформатора до отказа против часовой стрелки. Повернуть кольцо (10) реостата против часовой стрелки до упора.
2. Включить установку тумблером (1) "сеть", рис.1.1.
3. Поворотом обоймы (5) у окуляра пирометра ввести красный светофильтр, рис.1.2 и рис. 1.3.
4. Плавно поворачивая ручку регулирующего трансформатора, подать на рабочее тело напряжение ($\sim 1,5$ В), достаточное для поддержания красного каления пластины в лампе (5), рис.1.1. Записать показания вольтметра и амперметра в таблицу 1.

и так далее каждый пункт.

Используемые ссылки на рисунки и таблицы (рис. 1.1 и таблица 1) должны использоваться в отчете. Ссылка на несуществующий рисунок недопустима.

Пример заполненной таблицы:

U (В)	I (А)	P (Вт) $P = U \cdot I$	t (C°)	T (К) $T = t + 273$	T ⁴ (К ⁴)
1,5	5,7	8,55	1030	1303,15	$2,9 \cdot 10^{12}$
1,7	6	10,2	1120	1393,15	$3,7 \cdot 10^{12}$
1,9	6,3	11,97	1150	1423,15	$4,1 \cdot 10^{12}$
2,1	6,8	16,32	1190	1463,15	$4,6 \cdot 10^{12}$
2,3	7,1	16,33	1240	1513,15	$5,2 \cdot 10^{12}$
2,5	7,6	19	1320	1593,15	$6,4 \cdot 10^{12}$
2,7	8	21,6	1380	1653,15	$7,5 \cdot 10^{12}$

2,9	8,5	25	1420	1693,15	$8,2 \cdot 10^{12}$
-----	-----	----	------	---------	---------------------

Столбцы, соответствующие прямым измерениям, которые вы непосредственно считываете с приборов, не содержат формул: например, столбцы U (В), I (А), t (С°) этой таблицы. Величины в остальных столбцах косвенные, поэтому приводятся формулы для расчета.

График:

График, построенный на основе результатов, записанных в таблице. Сплошная линия соответствует теоретической зависимости $P = S\sigma T^4$. Экспериментальные точки (крестики) выются вокруг этой сплошной линии. Число точек ниже и выше линии примерно одинаковое.

Этот график выполнен вручную на миллиметровой бумаге, у величин, откладываемых по осям, проставлены единицы измерений.

Например, вдоль оси абсцисс отложена абсолютная температура в 4 степени: $T^4 \cdot 10^{-12}, K^4$. Здесь множитель 10^{-12} введен для удобства построения и чтения графика, в противном случае было-бы сложно откладывать величины вдоль оси абсцисс.

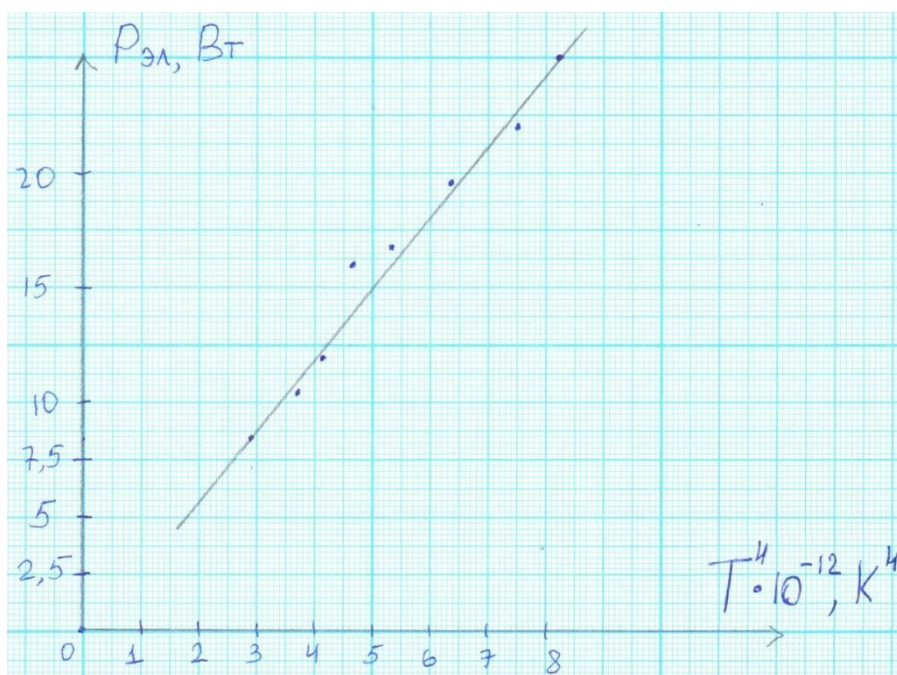


Рисунок 1. Температурная зависимость мощности, излучаемой рабочим телом. X – экспериментальные точки, (—) – закон Стефана-Больцмана.

График может быть выполнен на миллиметровке

График, выполненный в Microsoft Excel:

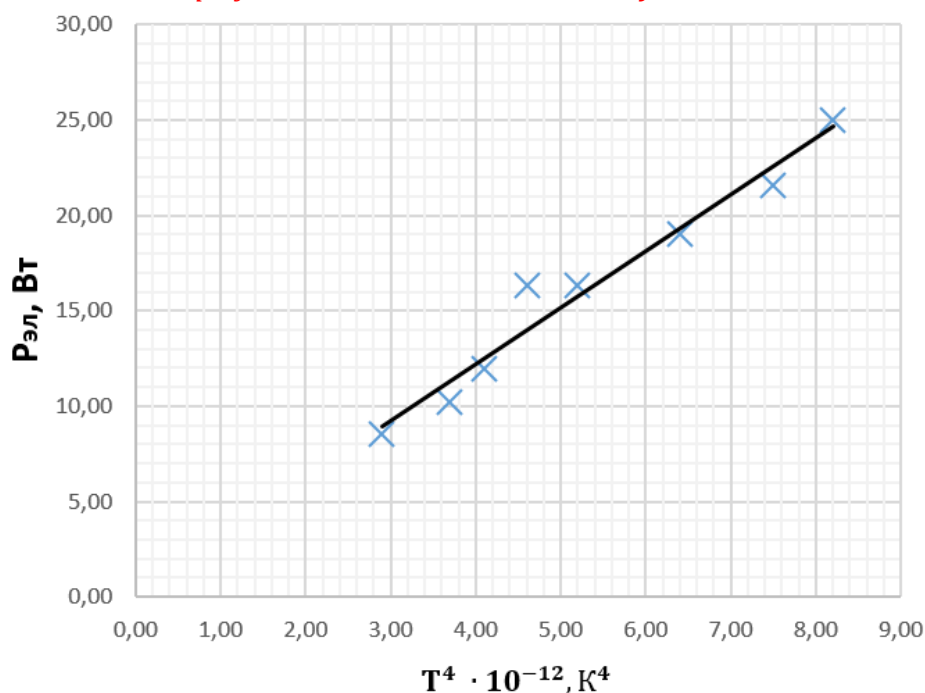


Рисунок 2. Температурная зависимость мощности, излучаемой рабочим телом. X – экспериментальные точки, (—) – закон Стефана-Больцмана.

или с помощью любого другого компьютерного пакета для обработки данных.

Оформление расчетов по формулам:

- 1) если в результате получаются большие числа или используются большие числа, а также числа с множеством нулей, то эти числа должны представляться в показательной форме. Например: 127 300 => 1,273 * 10⁵ или 0,0045 => 4,5 * 10⁻³*
- 2) все результаты расчета записываются с их единицами измерения в ОБЯЗАТЕЛЬНОМ порядке.*

$$\sigma = \frac{\eta \cdot I \cdot U}{\gamma \cdot S \cdot T^4}$$

$$\sigma_1 = \frac{0,21 \cdot 1,5 \cdot 5,7}{0,17 \cdot 6 \cdot 10^{-5} \cdot 2,9 \cdot 10^{12}} = 6,1 \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-2} \text{ К}^{-2};$$

Таким образом приводить все расчеты

Вывод

Вывод состоит из двух частей: констатирующей – содержащая цель работы и полученные результаты и собственно вывода, который содержит информацию

о том, соответствует (или не соответствует и почему) результат эксперимента теории.

Констатирующая:

Нами был изучен закон Стефана-Больцмана и рассчитана постоянная Стефана-Больцмана, которая составила $5,9 \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-2} \text{ К}^{-2}$. В ходе работы мы ознакомились с принципом действия оптического пирометра и научились им пользоваться.

Вывод:

Экспериментальные результаты описываются линейной зависимостью мощности излучения от абсолютной температуры в четвертой степени, что соответствует закону Стефана –Больцмана $P = \sigma T^4$ (сплошная линия на рисунках 1 и 2).

Табличное значение постоянной Стефана-Больцмана равно

$\sigma_{\text{табл}} = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$. Рассчитанная из экспериментальных данных постоянная Стефана-Больцмана отличается от табличной на $0,43 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ или на 7,6 %, что превышает инструментальную погрешность установки (5 %). Это отличие связано с погрешностью, которую мы допускаем при определении температуры, поскольку в процессе эксперимента не могли точно установить исчезновение нити пирометра на фоне нагретой пластины.

Если бы погрешность определения постоянной Стефана-Больцмана была 5%, то следовало написать: это значение погрешности можно считать удовлетворительным. Отметим, что инструментальная погрешность экспериментальной погрешности 5% относится к конкретной установке для рассматриваемой ЛР

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Найдите напряженность E электрического поля в точке, лежащей посередине между точечными зарядами $q_1 = 8 \text{ нКл}$ и $q_2 = -6 \text{ нКл}$. Расстояние между зарядами $r = 10 \text{ см}$, $\varepsilon = 1$

Дано:

$$q_1 = 8 \text{ нКл},$$

$$q_2 = -6 \text{ нКл},$$

$$r = 10 \text{ см}$$

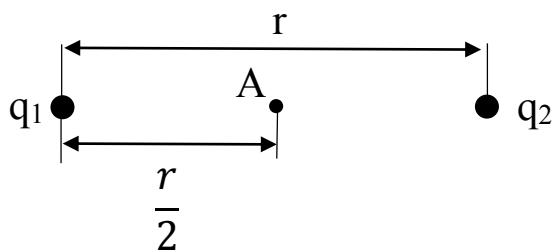
$$\varepsilon = 1$$

Найти:

$$E - ?$$

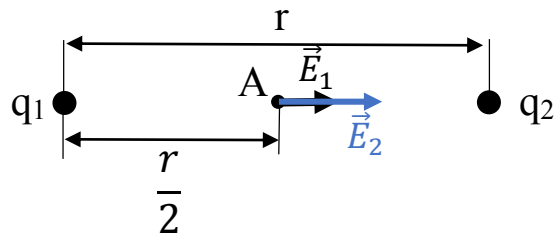
Решение:

Первым делом выполним чертеж для данной задачи:

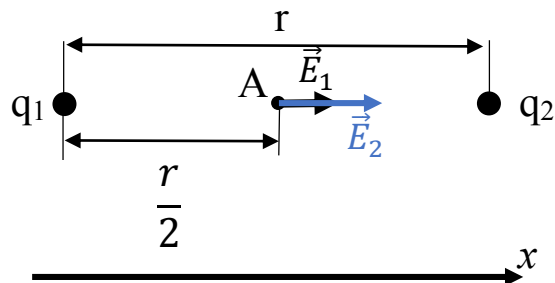


После этого укажем на данном рисунке направления векторов напряженности \vec{E}_1 и \vec{E}_2 , создаваемых в точке A зарядами q_1 и q_2 . Так как вектор напряженности

направлен от положительного заряда к отрицательному, то векторы \vec{E}_1 и \vec{E}_2 будут сонаправленными.



Следующим шагом будет выбор оси и проекция векторов \vec{E}_1 и \vec{E}_2 на неё. На рисунке ниже представлена ось x , на которую будут проектироваться вектора \vec{E}_1 и \vec{E}_2 :



Для упрощения нахождения проекций, направление оси выбрано совпадающим с направлением векторов напряженности \vec{E}_1 и \vec{E}_2 .

Для нахождения итоговой напряженности воспользуемся принципом суперпозиции:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

Результатом нахождения проекций напряженностей является переход от векторного вида к скалярному:

$$E = E_1 + E_2$$

Запишем формулу для нахождения напряженности:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2},$$

где r – расстояние от заряда до точки, в которой определяется напряженность. $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} \cdot \text{м}^{-1}$ – диэлектрическая постоянная. Подставим в данную формулу расстояние до точки А от каждого заряда и величину этого заряда:

$$E_1 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 \left(\frac{r}{2}\right)^2} = \frac{q_1}{\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$E_2 = \frac{|q_2|}{\pi \varepsilon_0 r^2}$$

Таким образом суммарная напряженность будет равна:

$$E = \frac{q_1 + |q_2|}{\pi \varepsilon_0 r^2} = 50,4 \text{ кВ/м}$$

Ответ: E = 50,4 кВ/м