

Кислякова Елена Васильевна

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УДАРНОЙ ИОНИЗАЦИИ МЕТОДОМ АППРОКСИМАЦИИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ**

Исследовалась зависимость коэффициента ударной ионизации от локальной напряженности электрического поля в инертных газах. На основе экспериментальных данных путем аппроксимации получена функциональная зависимость для коэффициента ионизации Таунсенда. Проведено сравнение теоретических значений коэффициента ударной ионизации, полученных на основе теории Таунсенда, с результатами экспериментов. Доказано, что для инертных газов с достаточной степенью точности можно применять теоретические значения коэффициента ионизации Таунсенда в области сильных электрических полей.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2014/5-6/24.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2014. № 5-6 (84). С. 82-86. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2014/5-6/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

В послеоперационном периоде проводились ежедневные перевязки, антибактериальная и симптоматическая терапия. Получено заключение: «Опухоль из одонтогенного фолликулярного эпителия, незрелой соединительной ткани и островков эпителиальных клеток с явлениями некроза в виде гомогенных эозинофильных масс. Соответствует фолликулярному типу амелобластомы».

Во время контрольного осмотра через 3 месяца больной жалоб не предъявляет, в полости рта – слизистая оболочка в цвете не изменена, края дефекта нижней челюсти при пальпации ровные, безболезненные. Контрольный осмотр через полгода: местно – состояние прежнее, пациент планирует протезирование съемной ортопедической конструкцией (Рис. 9, 10).

На контрольной ортопантомографии через год после оперативного лечения состояние костной ткани без патологических очагов.

Результаты и выводы. Использование диагностической стереолитографии на этапе планирования позволяет индивидуализировать тактику лечения, избегая радикальной операции, сохраняя целостность нижнечелюстной кости, что чрезвычайно важно для реабилитации больного. Данная методика при условии постоянного динамического наблюдения может успешно использоваться в лечении амелобластомы нижней челюсти.

Список литературы

1. Григорчук Ю. Ф. Амелобластома нижней челюсти // Стоматолог. 2001. № 6. С. 17-20.
2. Митрошенко П. Н. Планирование реконструктивных операций с использованием метода лазерной стереолитографии // Вестник стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. 2004. Т. 1. Вып. 4. С. 14-27.
3. Семкин В. А., Григорьян А. С. Особенности хирургической тактики при различных формах амелобластических опухолей // Стоматология. 2012. № 4. С. 25-27.

STEREOLITHOGRAPHIC MODELING USE FOR PATIENTS WITH AMELOBLASTOMA OF LOWER JAW

Kirichenko Evgenii Nikolaevich

Municipal Budget Health Care Institution "City Clinical Ambulance Hospital in Stavropol"
vikasya_z@mail.ru

The article reveals the opportunities of diagnostic stereolithography use for patients with the ameloblastoma of lower jaw. With the help of this technique a doctor can make an individual treatment plan at the planning stage in order to avoid radical surgery, preserve the integrity of lower jaw bone, which is extremely important for a patient's rehabilitation.

Key words and phrases: maxillofacial surgery; ameloblastoma; stereolithography; diagnostics; tumor of lower jaw.

УДК 533.9

Физико-математические науки

Исследовалась зависимость коэффициента ударной ионизации от локальной напряженности электрического поля в инертных газах. На основе экспериментальных данных путем аппроксимации получена функциональная зависимость для коэффициента ионизации Таунсенда. Проведено сравнение теоретических значений коэффициента ударной ионизации, полученных на основе теории Таунсенда, с результатами экспериментов. Доказано, что для инертных газов с достаточной степенью точности можно применять теоретические значения коэффициента ионизации Таунсенда в области сильных электрических полей.

Ключевые слова и фразы: коэффициент ударной ионизации; теория Таунсенда; газовый разряд; инертные газы; убегание электронов от столкновений.

Кислякова Елена Васильевна, к. пед. н.

Смоленский государственный университет
elena151082@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УДАРНОЙ ИОНИЗАЦИИ МЕТОДОМ АППРОКСИМАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ[©]

1. Введение

Исследования последних лет в области диэлектрического пробоя и явления «убегания электронов от столкновения», открытого Н. Дрейсером в 1958 г., позволили доказать, что предложенный Дж. Таунсендом механизм размножения электронов в газоразрядном промежутке справедлив даже для сильных полей, в которых можно пренебречь ионизационным трением электрона о газ.

Режим убегания электронов от столкновения наблюдается в полностью ионизированной плазме в сильном электрическом поле и заключается в том, что основная доля электронов на длине свободного пробега получает от электрического поля больше энергии, чем теряет в упругих столкновениях, в результате чего электроны непрерывно ускоряются [3]. Однако в газах непрерывного ускорения основной массы электронов не происходит, и даже при больших значениях напряженности электрического поля реализуется Таунсендовский механизм ударной ионизации газа.

Инертные газы (*He, Ne, Ar, Kr, Xe*) обладают низким сродством к электрону, поэтому в электрическом поле их атомы способны образовывать только положительные ионы. Благодаря этому инертные газы хорошо подходят для проверки справедливости теории Таунсенда в области электрических полей с локальной напряженностью

$$\frac{E}{p} > 100 \frac{B}{m \cdot Pa}.$$

2. Модель ударной ионизации Таунсенда

В теории Дж. Таунсенда рассматривается механизм образования заряженных частиц в газоразрядном промежутке посредством соударений электронов с нейтральными атомами, приводящих к ионизации атомов и возникновению электронных лавин. Процесс ионизации газа электронами характеризует коэффициент ударной ионизации α , численно равный количеству положительных ионов, образуемых одним электроном вследствие неупругих столкновений с нейтральными атомами при прохождении им единичного пути вдоль силовых линий электрического поля.

В модели Таунсенда коэффициент α связан с характеристиками движения электрона в электрическом поле. При этом задача нахождения α существенно упрощается, так как вводятся следующие допущения:

- если кинетическая энергия электрона меньше энергии ионизации атома, то вероятность ионизации равна нулю;
- если кинетическая энергия электрона равна или больше энергии ионизации атома, то вероятность ионизации равна единице;
- при каждом неупругом столкновении с атомом электрон теряет всю кинетическую энергию;
- средняя длина свободного пробега электрона мала по сравнению с характерными размерами газоразрядного промежутка [1, с. 423].

Пусть λ – средняя длина свободного пробега электрона в газе, тогда число столкновений электрона с атомами на l м пути будет $N = \frac{l}{\lambda}$. К ионизации атомов приводят только те столкновения, при которых кинетическая энергия электрона равна или больше энергии ионизации атома. Для того чтобы электрон приобрел необходимую для ионизации атома кинетическую энергию он должен пройти свободный путь $l = \frac{U}{E}$, где U – потенциал ионизации газа, E – напряженность электрического поля, в котором движется электрон.

Таким образом, из N столкновений, которые электрон испытывает на l м своего пути, только $N \cdot e^{-1/\lambda}$ приведут к ионизации нейтральных атомов. Поэтому, согласно модели ионизации Таунсенда:

$$\alpha = N \cdot e^{-1/\lambda} = N \cdot e^{-U \cdot N/E}.$$

Число столкновений электрона с атомами прямо пропорционально давлению, что позволяет получить теоретическую формулу для зависимости коэффициента α от локальной напряженности поля:

$$\alpha = P \cdot N_0 \cdot e^{-\frac{N_0 \cdot U}{E/P}},$$

где P – давление, N_0 – число столкновений электрона на пути в l м при давлении в 1 Па.

3. Эмпирические зависимости коэффициента α от локальной напряженности электрического поля в инертных газах

Экспериментальные исследования процесса ударной ионизации в инертных газах проводили *L. M. Chanin, D. K. Davies, S. H. Dunlop, A. A. Kruithof* и *A. E. Heylen*, полученные ими опытные данные обобщил *J. Dutton* в [4].

В работе *Dutton*'а [Ibidem] представлены численные значения $\frac{\alpha}{n}$ при различных локальных напряженностях $\frac{E}{n}$, где n – концентрация частиц в газоразрядном промежутке. Учтем, что концентрация частиц связана с давлением уравнением состояния: $P = nkT$, где k – постоянная Больцмана, T – температура, которую, по данным *Dutton*'а, следует принять равной 50 K [Ibidem, p. 578]. Результаты эмпирических исследований представлены в Таблице 1, содержащей дискретный ряд значений $\frac{\alpha}{P}$ при определенных $\frac{E}{P}$.

На Рис. 1 представлены эмпирические графики зависимостей $\frac{\alpha}{P} = f\left(\frac{E}{P}\right)$ для инертных газов.

Таблица 1. Результаты эмпирических исследований зависимости $\frac{\alpha}{P} = f\left(\frac{E}{P}\right)$

Гелий											
$\frac{E}{P}, \frac{\text{В}}{\text{м} \cdot \text{Па}}$	4,94	6,92	10,52	13,89	21,06	34,88	48,56	71,34	103,96	139,36	205,94
$\frac{\alpha}{P}, (\text{м} \cdot \text{Па})^{-1}$	0,011	0,035	0,077	0,126	0,233	0,433	0,636	0,916	1,238	1,386	1,658
Неон											
$\frac{E}{P}, \frac{\text{В}}{\text{м} \cdot \text{Па}}$	3,50	4,90	7,00	10,50	13,99	34,95	48,94	69,93	104,95	139,85	209,90
$\frac{\alpha}{P}, (\text{м} \cdot \text{Па})^{-1}$	0,005	0,014	0,032	0,079	0,139	0,475	0,720	1,064	1,510	1,832	2,525
Аргон											
$\frac{E}{P}, \frac{\text{В}}{\text{м} \cdot \text{Па}}$	3,50	4,90	7,00	9,90	13,99	34,95	48,94	69,93	113,00	139,85	226,00
$\frac{\alpha}{P}, (\text{м} \cdot \text{Па})^{-1}$	0,0002	0,0008	0,004	0,017	0,054	0,475	0,838	1,400	2,450	3,125	4,750
Криптон											
$\frac{E}{P}, \frac{\text{В}}{\text{м} \cdot \text{Па}}$	3,50	4,90	7,00	9,90	13,99	34,95	48,94	69,93	113,00	139,85	226,00
$\frac{\alpha}{P}, (\text{м} \cdot \text{Па})^{-1}$	0,0001	0,0005	0,003	0,013	0,049	0,468	0,850	1,425	2,650	3,425	5,300
Ксенон											
$\frac{E}{P}, \frac{\text{В}}{\text{м} \cdot \text{Па}}$	5,65	6,36	7,06	9,90	14,13	35,30	49,43	70,63	113,00	141,25	226,00
$\frac{\alpha}{P}, (\text{м} \cdot \text{Па})^{-1}$	0,0001	0,0003	0,0005	0,003	0,016	0,313	0,650	1,275	2,575	3,500	5,975

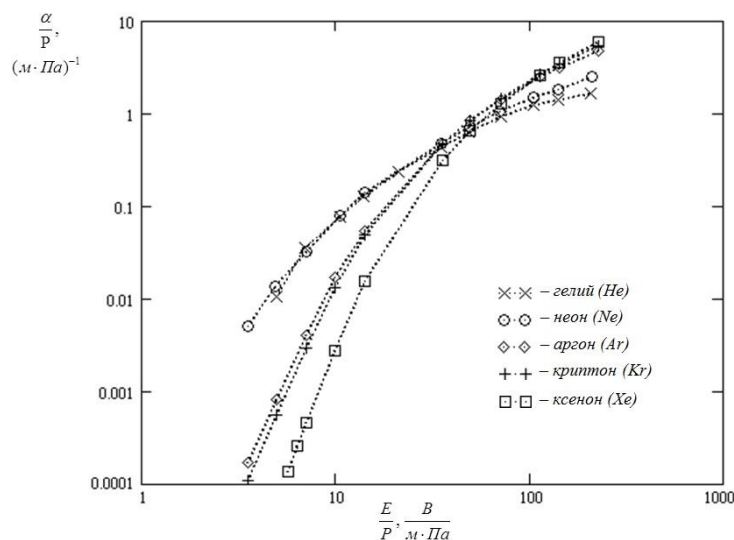


Рис. 1. Эмпирические зависимости $\frac{\alpha}{P} = f\left(\frac{E}{P}\right)$ для инертных газов

4. Сопоставление теоретических значений коэффициента ударной ионизаций α с опытными данными для инертных газов

Воспользуемся формулой Таунсенда, представив ее в виде:

$$\frac{\alpha}{P} = A \cdot e^{-\frac{B}{E/P}},$$

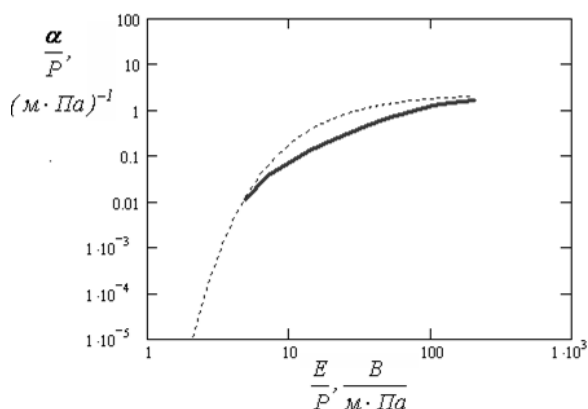
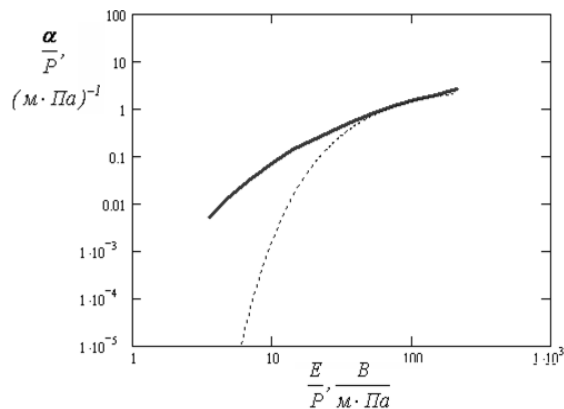
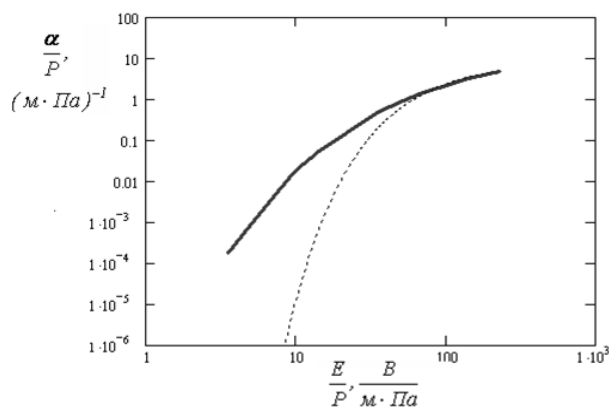
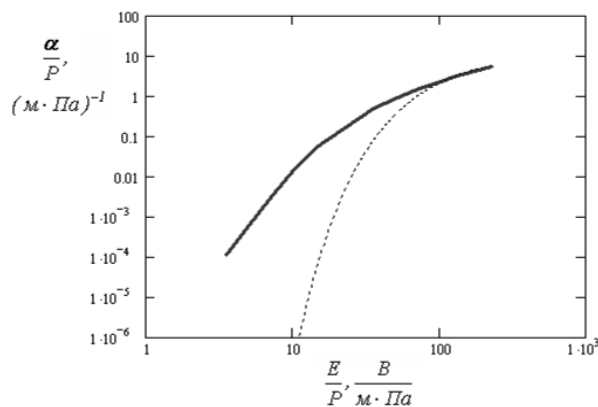
где $A = N_0$, $B = N_0 \cdot U$ — постоянные для данного газа коэффициенты.

Теоретические значения коэффициентов A и B для инертных газов представлены в Таблице 2 [2, с. 73].

Таблица 2. Теоретические и эмпирические значения A и B для инертных газов

Газ	Теоретические значения		Эмпирические значения	
	$A, \frac{1}{\text{м} \cdot \text{Па}}$	$B, \frac{\text{В}}{\text{м} \cdot \text{Па}}$	$A, \frac{1}{\text{м} \cdot \text{Па}}$	$B, \frac{\text{В}}{\text{м} \cdot \text{Па}}$
Гелий	2,25	25,51	1,19	25,08
Неон	3,00	75,02	1,29	21,91
Аргон	9,00	135,03	2,02	37,45
Криптон	12,75	180,05	2,13	39,52
Ксенон	19,51	262,56	3,14	61,47

На Рис. 2-6 приведены графики теоретических и эмпирических зависимостей $\frac{\alpha}{P} = f\left(\frac{E}{P}\right)$ для инертных газов. Кривая, построенная по экспериментальным точкам, обозначена сплошной линией (—), теоретическая зависимость, полученная в рамках модели ударной ионизации Таунсенда, – пунктирной линией (---).

Рис. 2. Теоретическая и эмпирическая зависимости $\frac{\alpha}{P} = f\left(\frac{E}{P}\right)$ для гелияРис. 3. Теоретическая и эмпирическая зависимости $\frac{\alpha}{P} = f\left(\frac{E}{P}\right)$ для неонаРис. 4. Теоретическая и эмпирическая зависимости $\frac{\alpha}{P} = f\left(\frac{E}{P}\right)$ для аргонаРис. 5. Теоретическая и эмпирическая зависимости $\frac{\alpha}{P} = f\left(\frac{E}{P}\right)$ для криптона

Из приведенных графиков видно, что теория Таунсенда достаточно хорошо согласуется с экспериментом при значениях локальной напряженности электрического поля более $100 \text{ В} \cdot (\text{м} \cdot \text{Па})^{-1}$, при более низких значениях наблюдаются расхождения, которые обусловлены упрощениями, принятыми в модели Таунсенда.

На основе аппроксимации экспериментальных данных в *MathCAD* получены эмпирические значения коэффициентов A и B , которые приведены в Таблице 2. Как видно из Таблицы 2, теоретические и эмпирические коэффициенты достаточно точно совпадают для легких газов (гелий, неон). Для более тяжелых газов (аргон, криптон, ксенон) наблюдаются расхождения, которые можно объяснить упрощениями, принятыми в теории Таунсенда, однако по порядку величины значения коэффициентов остаются близкими.

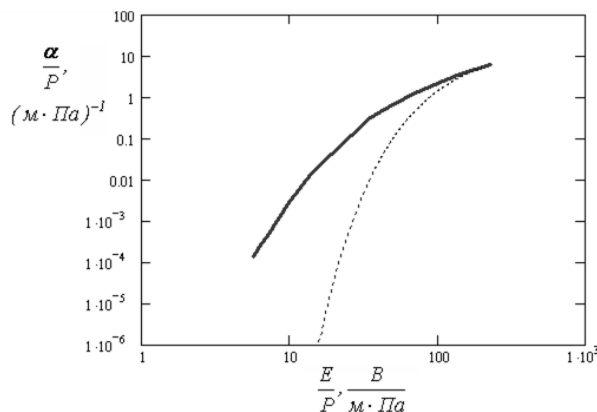


Рис. 6. Теоретическая и эмпирическая зависимости $\frac{\alpha}{P} = f\left(\frac{E}{P}\right)$ для ксенона

5. Вывод

В работе теория ударной ионизации Таунсенда применена к инертным газам. Получены теоретические экспоненциальные зависимости коэффициента ударной ионизации α от локальной напряженности электрического поля $\frac{E}{P}$, отличающиеся для инертных газов только значениями констант A и B , зависящих от природы и свойств газа. Обобщены результаты экспериментальных исследований процессов ударной ионизации в инертных газах, в итоге получены эмпирические значения коэффициента α при различных локальных напряженностях поля. В результате аппроксимации экспериментальных данных получены уточненные значения коэффициентов A и B . Результаты эмпирических исследований, представленные в табличной и графической формах, сопоставлены с теоретическими значениями функций $\frac{\alpha}{P} = f\left(\frac{E}{P}\right)$. Доказано, что при значениях локальной напряженности электрического поля $\frac{E}{P} > 100 \frac{B}{\text{м} \cdot \text{Па}}$ теоретические значения коэффициента α совпадают с экспериментальными, поэтому теория Таунсенда может применяться к газовому разряду в инертных газах в области сильных электрических полей.

Список литературы

1. Капцов Н. А. Электрические явления в газах и вакууме. М.: Гос. изд-во технико-технической литературы, 1950. 836 с.
2. Райзер Ю. П. Физика газового разряда. М.: Наука, 1992. 536 с.
3. Ткачев А. Н., Яковленко С. И. О механизме убегания электронов в газе. Верхняя ветвь кривой зажигания самостоятельного разряда для гелия, ксенона и азота // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2003. Т. 77. Вып. 5. С. 264-269.
4. Dutton J. A Survey of Electron Swarm Data // Journal of Physical and Chemical Reference Data. 1975. № 4.

DETERMINATION OF COLLISION IONIZATION COEFFICIENT WITH THE METHOD OF EXPERIMENTAL DATA APPROXIMATION BY THE EXAMPLE OF INERT GASES

Kislyakova Elena Vasil'evna, Ph. D. in Pedagogy
Smolensk State University
elena151082@mail.ru

The dependence of collision ionization coefficient on the local intensity of electric field in inert gases was researched. On the basis of experimental data by means of approximation the functional dependence for Townsend ionization coefficient is obtained. The comparison of the theoretical values of collision ionization coefficient, obtained on the basis of Townsend theory, with experiments results is conducted. It is proved that for inert gases the theoretical values of Townsend ionization coefficient in strong electric fields can be applied with sufficient accuracy.

Key words and phrases: collision ionization coefficient; Townsend theory; gas discharge; inert gases; runaway of electrons from collisions.