

НЕКОЛКУ ЕКСПЕРИМЕНТИ ОД ЈОНИЗАЦИЈА СО ПЛАМЕН

С. БАХЧЕВАНЦИЕВ, Г. МАВРОДИЕВ

Оваа наша работа има за цел да изнесе неколку демонстрациони експерименти, со кои што се илустрираат некои појави од ионизацијата со пламен. Подрачието за ионизацијата на гасовите, а специално ионизацијата со пламен, вообште не е или малку е обработено во нашите средношколски учебници¹⁾. Нашиот единствен универзитетски учебник Физика од *W. H. Westphal*²⁾ во превод, донесува за ионите во пламенот само неколку реда. Во странската литература најмногу експерименти за ионизацијата со пламен најдуваме во *E. Reicke*³⁾ и *R. Mecke*⁴⁾.

Изнесените експерименти од исправување на струјата со помошта на пламен, се во извесна мера нови, бидејќи во достапната за нас литература не најдуваме ништо слично, додека останатите се модифицирани и прилагодени за изведба со што поедноставна апаратура. Експериментите ги даваме само квалитативно, бидејќи има поединости коишто намеравме да ги испитаме квантитативно.

*
* *

Веќе одамна било добро познато, дека добро изолирани проводници постепено го губат во воздухот својот електричен полнеж. Наелектризиран електроскоп бавно се разелектризира иако е добро изолиран и затворен во средина на сув и обеспрашен воздух. Ова разелектризирање на изолираните проводници во воздухот е забележено уште 1875 година од *Coulomb*, којшто заклучува дека губењето

1) Нешто повеќе за тоа даваат *M. Katalinić* и *D. Mayer*, Физика во сите изданија, нпр. 5 изд. (Загреб, 1953) стр. 167—171, и македонски превод на истата книга (Скопје, 1953) стр. 130 до 133.

2) *W. H. Westphal*, Физика, II. дел, (Београд, 1949), стр. 138 во превод од С. Шљивик.

3) *E. Reicke*, *Lehrb. d. Phys. sv. II*, 4 изд., (Berlin—Leipzig, 1919), стр. 434—440.

4) *R. Mecke*, во: *Geiger—Schell, Handb. d. Phys.*, св. I, (Berlin, 1926), стр. 341—342.

на електрицитетот станува не преку изолаторот, туку преку воздухот. Последното го покажа доста убедливо *Boys*⁵⁾.

Губењето на електрицитетот во воздухот се намалува со снижувањето на притисокот. Електроскоп под снижен притисок останува долго време наелектризиран. Уште *Crookes* (1879) успеал да зачува наелектризиран електроскоп под добар вакуум неколку месеци.

Од крајот на минатиот век (*J. J. Thomson*) знаеме дека овие појави на проводливоста на воздухот се должат на делимичната ионизирана состојба во која се најдува воздухот при нормални услови. При 0° C и 760 мм Hg во еден кубен сантиметар на воздух се најдуваат просечно околу 700 позитивни и 800 негативни воздушни иони. Бројот на ионите во гасот може да се зголеми ако гасот се изложи на загревање, осветлување со ултравиолетно зрачење, осветлување со рендгенски или гама зраци. Исто така во присуството на радиоактивна субстанција гасот во околината се ионизира, затоа што освен гама зраците дејствуваат бета и алфа зраците.

Изучувањето на гасните иони доведе до сознанието за нивното големо разнообразие, независно од молекулите на гасот од кој се тие добиени.

Примарното ионизирање воглавно се состои во тоа, што од молекулите или атомите на гасот се ослободуваат еден или повеќе електрони, коишто брзо се прилепуваат на другите молекули. Така добиените примарни иони или се групираат со една или повеќе молекули на гасот или се неутрализираат. Овие така наречени нормални иони имаат време на траење од редот на величината 10^{-1} сек. Покрај овие иони во воздухот постојат и така наречените тешки иони⁶⁾, коишто во литературата се сретнуваат и под називот *Langevin*-ови иони⁷⁾. Овие иони претежно представуваат кондензациони јазли во средината на заситени пари (ако дојдува до кондензација), а концентрацијата им е за 50 пати поголема од таа на нормалните иони. Величината на овие иони е од редот 0,2 микрона и имаат долго време на траење.

Карактеристична величина према којашто се прави класификација на ионите е ионската подвижност (U). Ионската подвижност е средна брзина којашто дотичниот ион ја има во поле со јачина од 1 Волт на сантиметар и се мери во см/сек.

⁵⁾ О. Д. Хвольсонъ, курсъ физики, том 4, кн. II (Петроградъ, 1915), стр. 710—754.

⁶⁾ M. P. Langevin, C. R., 140, 232, 305, 1905.

⁷⁾ Г. Наджакѡвъ, Годишенъ зборникъ на Софийскиятъ Университет, XXXII, 157, 1936/37.

Мерењата на подвижноста на ионите доведе до резултатот, дека во обичните гасови претежно поголема подвижност имаат негативните иони. Подвижноста на ионите на гасовите: воздух, CO_2 и водена пара е прикажана во следната табела составена према податоците дадени во *Landolt—Börnstein*⁸⁾.

Табела 1

| Гас | Подвижност (U) во см/сек. волт/см. | |
|--------------------------------|---------------------------------------|-------------------|
| | позитивни иони | негативни иони |
| Воздух сув | 1,6—2,0 | 2,21—2,45 |
| Воздух влажен 15° C | 1,325 | 1,610 |
| CO_2 сув при 15° C | 0,760 | 0,994 |
| CO_2 влажен при 15° C | 0,820 | 0,786 |
| Водена пара | 0,62 | 0,56 |

Од табелата гледаме дека ионите на водената пара отстапуваат од горенаведеното. Привидно отстапување покажуваат и ионите на влажен CO_2 ; меѓутоа очигледно е дека кај него, како и вероватно кај влажниот воздух, влијанието на водената пара е вклучено во резултатот.

Подвижноста на тешките иони е од редот 10^{-4} см/сек за поле од 1 волт/см. И тука подвижноста на негативните иони е поголема од таа на позитивните⁹⁾.

Оваа нееднаква подвижност на ионите кај нас е искористена за конструкција на исправувач на наизменична

⁸⁾ Гледај нарочно: *Landolt—Börnstein, Phys. Chem. Tabellen*, 5 изд., св. II, стр. 873—874; *ibid.*, *Erg.* — Bd. III, дел II, стр. 1250; *ibid.*, *Erg.* — Bd. II, св. II, стр. 637.

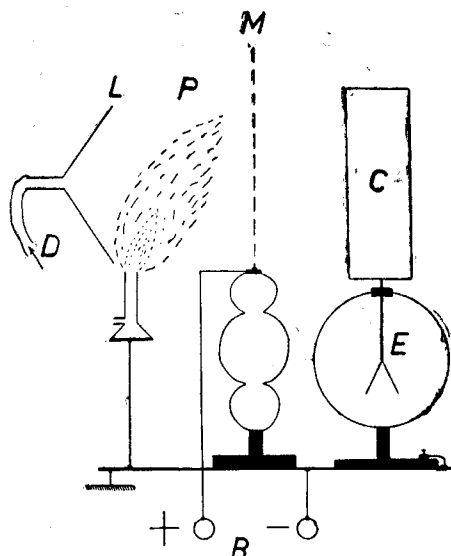
⁹⁾ Г. Наджакв, л. с. Во оваа работа авторот го дава објаснувањето за формирањето на известен дел од тешките иони во атмосферата, а имено саждите од чадот на камениот јаглен. Истиот го посматра нееднаквото црнило на и околу проводниците за права струја формирано во текот на неколку години. Во сите случаи појако црнило имаат позитивните проводници кое авторот го тумачи со поголемата подвижност на негативните тешки иони.

струја¹⁰⁾, додека реалното постоење на ионите може да биде очигледно демонстрирано со експериментите што ги најдуваме кај *Reicke*.

ИОНИЗАЦИЈА НА ВОЗДУХОТ СО ПЛАМЕН

Под дејството на високата температура во пламенот на спиртната или Бунзеновата лампа, гасот се ионизира формирајќи еднаков број на позитивни и негативни иони. Постоењето на гасните иони може да се демонстрира со

помошта на [едноставни експерименти. Ние се служевме со следната апаратура (слика 1)*.



Сл. 1

Пламенот на Бунзеновиот пламеник *P* е извор на ионите. Струја од гасот на пламенот се усмерува кон електроскопот со ливчиња *E* со помошта на воздушната дувалка *D*. За зголемување на површината на која што паѓаат ионите, на електроскопот е поставен метален цилиндар *C*. *L* е стаклена инка преку која дува широк млаз на воздух. Помеѓу инката *L* и електроскопот *E* може да се постават една или две метални мрежи *M* споени со изворот за напон *B*.

ЕКСПЕРИМЕНТ 1. Во овај експеримент металната мрежа *M* е одстранета. Електроскопот го наелектризираме позитивно или негативно. На него ја усмеруваме струјата од гасовите на пламенот; електроскопот брзо се разелектризува. Причината за разелектризувањето на електроскопот се ионите од пламенот, чиј електрицитет е со супротен знак од тој на електроскопот. Бидејќи ионите на

¹⁰⁾ А. Г. Котов, Физика в школе, 2, 78, 1949.

* Овие експерименти (од 1 до 3) се дополнение и модификација на експериментите опишани од Е. Riecke (1. с.). Кај нас конвекционото струјање на гасните иони е заменено со струјање на воздух преку посебен систем. Наместо цилиндар со мрежа (Riecke) е употребена само мрежа $25 \times 35 \text{ cm}^2$ и отвори $1,5 \times 1,5 \text{ mm}^2$. На мислење сме, дека ваква конструкција на апаратурата што ни беше предложена од проф. Д-р М. Каталиник има предност што е многу попрегледна.

пламенот го разелектризираат и позитивно и негативно наелектризираниот електроскоп, следува дека пламенот е извор како на позитивни, така и на негативни иони.

ЕКСПЕРИМЕНТ 2. Електроскопот го наелектризираме со помошта на ионите од пламенот. Металната мрежа *M* (слика 1) ја сврзуваме со позитивниот или негативниот пол на изворот *B*, а другиот пол на тој извор го заземлуваме. Кај нас како извор *B* на прав напон е употребен мал мотор — генератор 12/150 волта поради немање на акумулаторска или сува батерија со достаточен напон.

Кога на мрежата *M* имаме позитивен напон, електроскопот се наелектризира позитивно. Поминувајќи низ мрежата ионизираниот гас ги губи ионите со супротен знак од напонот на мрежата, кои се неутрализираат на неа, а низ мрежата помонуваат само ионите со ист знак. Ако на мрежата доведеме негативен напон, електроскопот се наелектризира негативно. Следува дека електроскопот се наелектризира истоимено со поларитетот на мрежата. Дали електроскопот е позитивно или негативно наелектризиран испитуваме на обичен начин со помошта на наелектризирана стаклена или ебонитна прачка.

Отклонот на ливчињата на електроскопот во прв ред зависи од растојанието меѓу пламенот и електроскопот, бидејќи на својот пат ионите се рекомбинираат, т. е. се неутрализираат сами од себе. Кај нас далечината меѓу пламенот и електроскопот на којашто отклонот меѓу ливчињата е евидентен (околу 30°) изнесуваше 30 сантиметра, додека на растојание од 15 сантиметра отклонот изнесуваше околу 45° .

ЕКСПЕРИМЕНТ 3: Ако меѓу пламенот и мрежата поставиме уште една метална мрежа и ја споиме со другиот пол на изворот *B*, електроскопот нема да покаже никаков отклон. Последното е разбирливо бидејќи и двете врсти на формираните иони се неутрализираат поминувајќи низ мрежите, така да на електроскопот доваѓа воздух без иони. Електроскопот не покажува отклон ако ги отклониме двете мрежи. На него во овај случај паѓаат ист број на позитивни и негативни иони кои што доваѓаат од пламенот.

ПОДВИЖНОСТ НА ИОНИТЕ. ИСПРАВУВАЧ СО ПЛАМЕН.

ЕКСПЕРИМЕНТ 4: Позитивните и негативните иони од пламенот, т. е. ионите на воздухот и резултатите на сагорувањето, макар да се навоѓаат и формираат при исти услови, немаат еднаква подвижност. Обичните негативни иони имаат поголема подвижност од таа на позитивните (табела 1), којашто особина ја имаат и негативните тешки иони⁹). Оваа важна особина на ионите може да биде демонстрирана мерејќи ја брзината на разелектризирањето на еден електроскоп, којшто е наелектризиран еднаш пози-

тивно, а другпат негативно. Времето на разелектризирањето можеме произволно да го зголемиме зголемувајќи го капацитетот на електроскопот, коешто се постига на тој начин, што паралелно со него се спојува Лајденска чаша со згоден капацитет. Електроскопот со кондензаторот го наелектризираваме со инфлуенц машина. Електроскопот е споен со една месингана плоча $5 \times 5 \text{ cm}^2$, под којашто го поставуваме пламениот извор на ионите*.

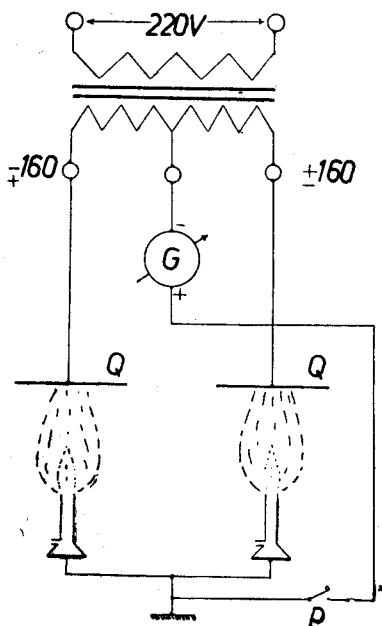
Резултатот на обидот е овај: времето на разелектризирањето на позитивно наелектризираниот електроскоп е за неколку пати помало од тоа на негативно наелектризираниот електроскоп. Тоа значи дека на плочката на електроскопот, кога е тој позитивно наелектризиран во исто време паѓаат поголем број на негативни иони, него ли што паѓаат позитивни иони при исти услови кога е плочата под негативен напон. Ние тоа го припишуваме делмично на резултатите од табелата 1. Но бидејќи во пламенот се формираат и тешки иони, вероватно е дека и тие имаат удел во нашите експерименти. Меѓутова, независно од тоа дали кондукторите на струјата се обичните или тешките иони, ефектот би бил ист. Наиме и кај едните и кај другите иони, негативните иони имаат поголема подвижност. Тумачењето на овај појав може да има и друга варијанта; наме, кога би се докажало дека позитивните иони имаат помала способност за неутрализирање од таа на негативните; последното тогаш би причинувало ист ефект како и разликата во подвижноста.

ЕКСПЕРИМЕНТ 5: Нееднаквата подвижност на двата вида иони ја искористивме за конструирање на исправувач на наизменична струја на следниот начин. Ако ионите формирани во пламенот се постават во наизменично електрично поле, тогаш за време на позитивните полупериоди, поради поголемата подвижност на негативните иони, ќе имаме поголем број на неутрализирани негативни иони од бројот на позитивните иони неутрализирани за време на негативните полупериоди. Како резултат ќе имаме делмично исправување на струјата.

Шемата на нашиот спој е прикажана на сликата 2. Како извор на наизменична струја употребен е трансформатор 220/320 волта, каде што средината на секундарната завојница е споена со земја. На овај начин, на секундарната страна имаме во секоја периода позитивен и негативен пол на ефективен напон од 160 волта. Спојот изведен на слика 2 дава двократно исправена струја, ако ги употребиме

* Плочата не се загрева многу, бидејќи во тој случај таа би емитирала електрони. На тој начин таа служи само како колектор на ионите од пламенот.

двата пламена, а еднократно исправена струја, ако е употребен едниот пламен. Према тоа, дадените кругови на струјата одговараат на струјните



Сл. 2

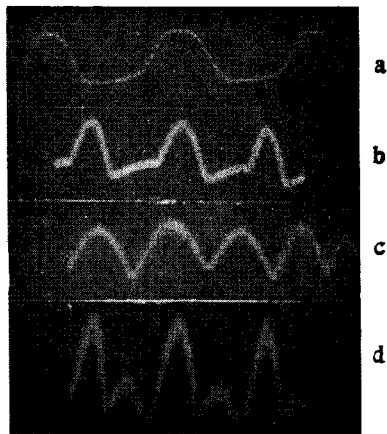
галванометар G , покажува дека таа струја ја сочинуваат негативните иони од пламенот.

Јачината на струјата исправена на овај начин, како што ја покажува галванометарот, е од редот на величината 10^{-6} ампера. Меѓутоа јачината осетно варира со температурата на пламенот, чистотата на плочите, присуството на соли во пламенот, струењето на воздухот од промаја.

На сликата 3, даваме неколку снимки снимени на катодниот осцилоскоп. Поради турбулентното струјање во пламенот тешко се добиваат мирни осцилоскопски слики. Снимката 3а представува еднократно исправена струја со шпиртна лампа при одбрана јачина на пламенот. Со поја-

јата одговараат на струјните кругови на двократно и еднократно исправување со диода, односно диода. Разликата е во тоа, што овде исправувањето е резултат на нееднаквата подвижност на еднаквиот број на позитивни и негативни иони. За безопасно ракување пламенот се заземлува. Месинганите плочи Q (5×5 см²) се монтирани на стативи со порцулански изолатори. Во кругот на струјата е вклучен осетлив галванометар G , или приклучен катоден осцилоскоп. Кога прекинувачот P е вклучен, кругот на струјата се затвара преку ионите од пламенот кои се неутрализираат на плочите Q . На последните доведуваме напон од трансформаторот.

Смерот на исправената струја покажан од вклучениот



Сл. 3

чувањето на пламенот расте јачината на исправената струја. Меѓутоа, со повишувањето на температурата во пламенот растат деформациите на кривата. Ова го покажува снимката *3b*, направена при истите услови со Бунзенев пламеник на бензински пари. Снимката *3c* ни покажува двократно исправена струја во пламенот на два Бунзенови пламена (слика 2). Ако едниот пламен го ослабиме исправената струја има облик како што покажува снимката *3d*.

За дадените совети, помошта во работата и дискусија должиме захвалност на проф. Д-р М. Каталиник.

Скопје, Физички институт.

S. Bahčevandžiev and G. Mavrodiev

SOME EXPERIMENTS ON THE FLAME IONISATION

(Excerpt)

Several simple demonstrative experiments illustrating some phenomena of the flame ionisation are described and explained. Moreover, rectifying effect of the flame in an alternating electric field, which is presumably due to the fact of the greater mobility of the negative ions, is for the first time demonstrated by other qualitative experiments.

1. The experimental arrangement in the first group of these experiments is shown in *Fig. 1*. Here denote: *D* an air current through a glass funnel *L* operating upon an earthed Bunsen burner flame *P*; the electro-scope *E* carries on its plate a metal cylinder *C* for the purpose of augmenting its surface; *M* is an insulated metal net.

The first group consists in the following demonstrative experiments:

a) Discharging of a positively or negatively charged electro-scope. In this case the net *M* is removed.

b) Charging of the electro-scope e. g. positively by the ions from the flame passing through the net *M* having the same potential.

c) If in the way of the air current two metal nets one after another are placed the one charged positively, another charged negatively no effect of charging of the electro-scope is observed.

d) The different mobilities of the positive and of the negative ions are easily shown by the very different discharging times of a positively and of a negatively charged electro-scope.

2) Owing to the different mobilities of the positive and of the negative flame ions a rectifying effect of the alternating current by the flame ions is obtained in the arrangement shown in *Fig. 2*. Here are: *Q* small brass sheet plates; *G* a direct current galvanometer, or a connection to the cathode-ray oscilloscope. The scheme corresponds to that of a connected duo-diode and — by removing a flame — to that of a diode. The rectifications obtained are shown by oscillograms in *Fig. 3a* to *3d*. The two half-wave rectifications in *3a* and in *3b* were obtained by applying a weak spirit flame (*3a*) and a Bunsen flame (*3b*); in the latter case a moderate deformation of the curve is evident. By *Fig. 3c* a full-wave rectification is shown obtained by two flames having approximately equal intensities. In *Fig. 3d* one of the two flames was weaker.

The rectified current intensities, as shown by a direct current galvanometer, had the magnitude order 10^{-6} A.

A quantitative investigation is in progress.

Skopje (Macedonia), The Institute of Physics.