

إيجاد معامل الانحراف المغناطيسي لغاز النيتروجين

فيصل غازي حمودي - كلية العلوم - جامعة ديالى

الخلاصة:

تم إيجاد سرعة الجرف المغناطيسي  $W_m$  ومعامل الانحراف المغناطيسي  $\Psi$  للجسيمات البطيئة الواطئة الطاقة- مثل الإلكترون- والمتحركة في مجال كهربائي  $E$  والمتقاطع مع مجال مغناطيسي  $B$  أي أن  $E \times B$  في غاز النيتروجين كدالة لـ:  $E/N$  (نسبة شدة المجال الكهربائي إلى كثافة ذرات أو ايونات الغاز للمتر المكعب)،  $E/P_{300}$  (نسبة شدة المجال الكهربائي إلى ضغط الغاز)،  $D/\mu$  (نسبة معامل الانتشار إلى الحركية)، حيث غطت مديات مختلفة لقيم  $E/P_{300}$  تتراوح ما بين  $1.61 < E/P_{300} < 16.1 \text{ Vcm}^{-1} \text{ torr}^{-1}$  وعند درجة حرارة 300 كلفن ( $K^0$ ).

أظهرت هذه النتائج توافق مع النتائج العملية والنظرية المنشورة.

**Determination of the Magnetic Deflection Coefficient for Nitrogen Gas**

**Abstract:**

In this job we fined the magnetic drift velocity  $W_m$  and the magnetic deflection coefficient  $\Psi$  for slow and low energy particles which moved in the electric field  $E$ , that crossing with magnetic field  $B$ , i.e,  $E \times B$ , in the nitrogen gas as a function of each :  $E/N$ (ratio of electric field strength to gas atoms density ratio ),  $E/p_{300}$  (ratio of electric field strength to gas pressure ratio) and  $D/\mu$  (ratio of diffusion coefficient to mobility ratio) , the results covered a differend ranges for  $E/p_{300}$  between  $1.61 < E/p_{300} < 16.1 \text{ V cm}^{-1} \text{ torr}^{-1}$  at temperature  $300K^0$ (Kelvn).

In this paper, satisfactory agreement is obtained with experimental results given in the literatures.

### 1-المقدمة:

إن حركة الإلكترون في المجال الكهربائي  $E$  المتقاطع مع المجالات المغناطيسية  $B$  تم بحثها منذ سنوات عديدة، حيث كانت أولى هذه التجارب من قبل العالمين (تاون سيند، وتاي زارد) عام (1913) بدلالة قياس سرعة انجراف الإلكترونات، وفي عام 1960 أجرى هوكسلي اختبارات مفصلة أكثر لدراسة جموح الإلكترونات تحت نفس الظروف السابقة الذكر ، تمكن فيها من الحصول على معلومات قيمة حول شكل توزيع الطاقة وما يستهلك منها لمقطع انتقال الزخم العرضي ، مما شجع لوضع قياسات أكثر دقة لحساب سرعة انجراف الإلكترون.

كما أجرى الباحث (جوري) 1965 تجارياً لحساب معامل الانحراف وسرعة الانجراف المغناطيسيتين لغاز النتروجين . وتمت نفس القياسات السابقة ولكن لغاز الهليوم من قبل الباحث (كرومبتن) وذلك في عام 1967 [4,1] .

ولوجود صعوبات في تحديد القيم الدقيقة لسرعة الانجراف للإلكترونات ، فإن التجارب التالية حول الموضوع اعتمدت على البيانات المستقاة من التجارب القديمة في قياس سرعة انجراف الإلكترونات عند قيم عالية لـ  $E/P$  (نسبة شدة المجال الكهربائي الى ضغط الغاز) من قبل تاون ، الذي اعتمد فيما بعد زمن الطيران لإيجاد علاقة بسيطة بين الانحراف الزاوي لمسار الإلكترونات وسرعة انجرافها ، التي أثبتت ان جميع الإلكترونات في الحشد لها نفس السرعة الاضطرابية .

ولحساب توزيع السرع ضمن الحشد ، فإن سرعة الجرف المستخلصة من العلاقة البسيطة تضرب بمعامل عادة ما يكون قريب من الواحد وقيمه تعتمد على شكل توزيع الطاقة المفترضة [5].

توضح المعلومات أعلاه ان سرعة الجرف الحقيقية (W) ممكن الحصول عليها من سرعة الجرف  $W_m$  المقاسة باستعمال تقنية الانحراف المغناطيسي حيث نضرب بمعامل غير بعدي حيث اشتق العالم هوكسلي عام 1960 علاقة طردية بين  $W_m, W$  وبين المعامل C (حيث C سرعة الضوء ) في العلاقة هو:

$$W = CW_m \quad \dots\dots\dots (1)$$

يعتمد مباشرة على تغيير المقطع العرضي لانتقال الزخم مع طاقة الإلكترون، وبشكل غير مباشر خلال تأثيره على توزيع طاقات الإلكترونات.

## 2- الجانب النظري :

أجريت التجارب لقياس سرعة انجراف الإلكترون عبر مجال كهربائي منتظم E متعامد مع المجال المغناطيسي المنتظم P وتم قياس نسبة سرعة الجرف المستعرضة  $W_X$  إلى سرعة الجرف الطولية  $W_Z$  ، حيث أن هذه النسبة هي دالة لـ  $E/N$  (نسبة شدة المجال الكهربائي المسلط إلى الكثافة العددية للغاز N) وكذلك دالة لـ  $B/N$  (نسبة شدة المجال المغناطيسي المسلط إلى الكثافة العددية للغاز N) . يلاحظ انه في حالة غياب المجال المغناطيسي B فان سرعة الجرف تكون في حالة ثابتة وان المجال الكهربائي المنتظم (E) يكون موازياً إلى المحور (Z) ، وعليه يمكن إيجادها من العلاقة الآتية [1].

$$W = W_Z$$

$$\dots\dots\dots (2) \frac{4\pi E e}{3Nm} \int_0^{\alpha} \frac{c^2}{q_m} \frac{df}{dc} dc = -$$

حيث أن e تمثل شحنة الإلكترون، m تمثل كتلة الإلكترون،  $q_m$  تمثل المقطع العرضي لانتقال الزخم ، وان  $f(c)$  تمثل دالة توزيع الإلكترون ذات السرعة c، وأما في حالة وجود

المجال المغناطيسي B المسلط على طول المحور y فان سرعة مركز كتلة المجرى يعطى  
بالعلاقة الآتية:

$$W = W_Z + iW_X$$

$$\dots\dots\dots (3) \frac{4\pi E e}{3Nm} \int_0^{\infty} \frac{c^2 df}{q_m (1 - iw / v_m) dc} dc =$$

$$\dots\dots\dots (4) \frac{eB}{m} \omega =$$

حيث إن:  $\omega$  تردد التصادم لانتقال الزخم

$$v_m = Nq_m c \dots\dots\dots (5)$$

نعوض المعادلتين (4) و (5) في المعادلة رقم (3) فينتج:

$$\dots\dots\dots (6) \frac{4\pi E e}{3Nm} \int_0^{\infty} \frac{c^2 df}{q_m (1 - \frac{ieB / m}{Nq_m}) dc} dc \quad W_Z = -$$

$$\frac{4\pi E e}{3Nm} \int_0^{\infty} \frac{c^2 df}{q_m (1 - \frac{ieBc}{mN q_m}) dc} dc = -$$

$$\frac{4\pi E e}{3Nm} \int_0^{\infty} \frac{c^2 df}{q_m (\frac{mN q_m - ieBc}{mN q_m}) dc} dc = -$$

$$\dots\dots\dots (7) \frac{4\pi E e}{3Nm} \int_0^{\infty} \frac{c^2 mN q_m df}{q_m (mN q_m - ieBc) dc} dc = -$$

3 - الحسابات :-

1. إيجاد سرعة الجرف المغناطيسي  $W_m$  :

يمكن إيجاد سرعة الجرف المغناطيسي من العلاقة الرياضية الآتية [6]:

$$\dots\dots\dots (8) \frac{e}{m} \frac{E}{U_m} W_m =$$

$e = 1.602 * 10^{-19}$  (c) كولوم

$m = 9.109 * 10^{-31}$  (kg) كيلو غرام

$$\frac{e}{m} = 1.759 * 10^{11} \text{ c/kg}$$

$$\frac{c}{10^3 \text{ gm}} = 1.759 * 10^{11}$$

$$= 1.759 * 10^8 \text{ c gm}^{-1} \dots\dots\dots (9)$$

المجال الكهربائي ويقاس بوحدة الفولت اسم ،  $E = V/cm$

$U_m = \text{sec}^{-1}$  تردد التصادم لانتقال الزخم ويقاس بوحدة

نحول المعادلة رقم (9) في المعادلة رقم (8) فنحصل على:

$$\frac{c}{gm} \frac{E}{U_m} W_m = 1.759 * 10^8$$

$$\frac{C E V / cm}{gm U_m sec^{-1}} = 1.759 * 10^8$$

$$\frac{E}{U_m} \frac{c * V * sec}{gm * cm} = 1.759 * 10^8 \dots\dots\dots(10)$$

من المعروف أنّ سرعة الجرف المغناطيسي  $W_m$  تقاس بوحدة سم/ثانية ولكن من خلال ملاحظة المعادلة رقم (10) توجد وحدات مختلفة لذا يتطلب تحويل هذه الوحدات إلى وحدات cm/sec وكما يلي:

يمكن أن تعرف القوة (F) بأنها تمثل حاصل ضرب شدة المجال الكهربائي E في الشحنة الكولومية q أي أنّ:

$$F = Eq \dots\dots\dots(11)$$

بحيث أن القوة (F) تقاس بوحدة النيوتن (N) وان q تقاس بوحدة الكولوم (c) والمجال الكهربائي يقاس بوحدة الفولت لكل متر، حيث نحول ذلك إلى المعادلة رقم (11) فينتج:

$$q(c) \left( \frac{V}{m} \right) F(N) = E$$

$$\frac{Vc}{m} N = \text{وبدلالة الوحدات يكون:}$$

$$Nm = Vc \dots\dots\dots(12)$$

وإنّ:

$$1N = 1 \text{ kg m sec}^{-2} \dots\dots\dots(13)$$

نحول المعادلة رقم (13) في المعادلة رقم (12) فينتج:

$$Kg \text{ m sec}^{-2} m = vc \dots\dots\dots(14)$$

نحول المعادلة رقم (14) في المعادلة رقم (10) فينتج:

$$\frac{E}{U_m} \frac{N * m * sec}{gm * cm} W_m = 1.759 * 10^8$$

$$\frac{E \text{ kg} * m * \text{sec}^{-2} m * sec}{U_m \text{ gm} * cm} = 1.759 * 10^8$$

$$\frac{E}{U_m} \frac{10^3 gm 10^2 cm sec^{-1} 10^2 cm}{gm * cm} = 1.759 * 10^8$$

$$cm/sec \quad \frac{E}{U_m} = 1.759 * 10^8 * 10^7$$

$$cm/sec \quad \dots\dots\dots (15) \quad \frac{E}{U_m} = 1.759 * 10^{15}$$

2. إيجاد معامل الانحراف المغناطيسي ( $\psi$ ):

ويمكن إيجاد معامل الانحراف المغناطيسي ( $\psi$ ) بدلالة معاملات الانتقال والتي ترتبط معه بهذه المعادلة [5]:

$$\dots\dots\dots (16) \left(\frac{E}{B}\right) \left(\frac{W_x}{W_z}\right) W = c$$

حيث أن  $W$  تمثل سرعة الجرف،  $c$  عامل ليس له أبعاد،  $E$  يمثل المجال الكهربائي،  $B$  يمثل المجال المغناطيسي،  $\frac{W_x}{W_z}$  يمثل سرعة الجرف المستعرضة والطولية للإلكترونات المتحركة في الغاز وفي المجال الكهربائي المتقاطع مع المجال المغناطيسي .  
لو فرضنا أن  $W_m$  تمثل سرعة الجرف وحسب العلاقة:

$$W_m = \dots\dots\dots (17) \frac{E}{B} \frac{W_x}{W_z}$$

نحول المعادلة رقم (17) إلى المعادلة رقم (16) فينتج:

$$W = c W_m \dots\dots\dots (18)$$

نستطيع أن نوضح من خلال المعادلة رقم (18) بأن العامل  $c$  هو عامل ليس له أبعاد ويعتمد على تغيير المقطع العرضي لانتقال الزخم مع طاقة الإلكترون وعلى دالة توزيع الطاقة، وعادة يكون مقداره أقل من الواحد وغالباً ما يكتب بشكل تبادلي لـ  $c$  ويرمز له بـ  $\psi$ ، وكما في المعادلة إذا :-

$$c^{-1} = \psi \dots\dots\dots (19)$$

حيث تدعى  $\psi$  بمعامل الانحراف المغناطيسي ونحصل عليه بقسمة سرعة الجرف  $W_m$  على

سرعة الجرف الحقيقية  $W$  [7]، أي بقسمة المعادلة رقم (17) على المعادلة رقم (16) ينتج:-

$$\dots\dots\dots (20) \frac{\left(\frac{E}{B}\right)\left(\frac{W_x}{W_z}\right)}{C\left(\frac{E}{B}\right)\left(\frac{W_x}{W_z}\right)} \psi =$$

$$\frac{W_m}{CW} \psi =$$

ومن خلال المعادلة رقم (19) ينتج  $\frac{W_m}{W} \psi = c^{-1}$

$$\dots\dots\dots (21) \frac{W_m}{W} \psi = c^{-1} =$$

حيث يشار إلى  $W_m$  سرعة الجرف المغناطيسي،  $W$  سرعة الجرف.

#### 4- المناقشة والاستنتاج:

تم في هذا العمل إيجاد معامل الانحراف المغناطيسي  $\Psi$ ، سرعة الجرف  $W$ ، وسرعة الجرف المغناطيسي  $W_m$  للجسيمات الواطئة الطاقة في غاز النيتروجين، وكما هي موضحة في الجدول رقم (1) والأشكال الآتية، حيث يوضح الشكل رقم (1) تغير معامل الانحراف المغناطيسي لحشود الجسيمات المتحركة في الغاز مع قيمة  $E/N$  وكما في الجدول رقم (2) وموضحة في هذا الشكل ولكن يظهر هذا الشكل تغير طفيف لـ  $\Psi$  مع قيم  $E/N$  [5]، حيث تم الحصول على معاملات معامل الانتقال الموضحة في الجدول رقم (1) من خلال حل معادلة الانتقال عددياً ومن ثم تعويض هذه القيم في المعادلات الخاصة بحساب  $\Psi$ ،  $W_m$ .

الشكل رقم (2) يبين تغير معامل الانحراف المغناطيسي مع  $E/P$ ، حيث يظهر هو الآخر تغير طفيف في قيم  $\Psi$ ، ويظهر هذان الشكلان انحرافها من دالة توزيع ماكسويل المعروفة.



الشكل رقم (3) : يوضح تغيير معامل الانحراف المغناطيسي مع  $D/\mu$  ، حيث يبين استقرار قيمة  $\Psi$  مع زيادة  $D/\mu$ .

الشكل رقم(4) يبين العلاقة بين سرعة جرف الجسيمات مع  $E/N$  ، حيث يظهر من الشكل زيادة قيمة لها مع زيادة  $E/N$ .

الشكل رقم(5) يبين تغير سرعة جرف الجسيمات مع  $E/P$  ، بشكل سريع نتيجة لاكتساب الطاقة من قبل الجسيمات من المجال الكهربائي المسلط عليها.

الشكلان رقم (6،7) يظهران تغير سرعة الجرف المغناطيسي  $W_m$  مع  $E/N$  ،  $E/P$  أي أنّ تزايد  $W$  مع  $E/N$  ،  $E/P$  يكون أكبر من تزايد  $W_m$  مع  $E/N$  ،  $E/P$  وذلك لحركة هذه الجسيمات تحت طائلة تأثير المجال الكهربائي المتقاطع مع المجال المغناطيسي.

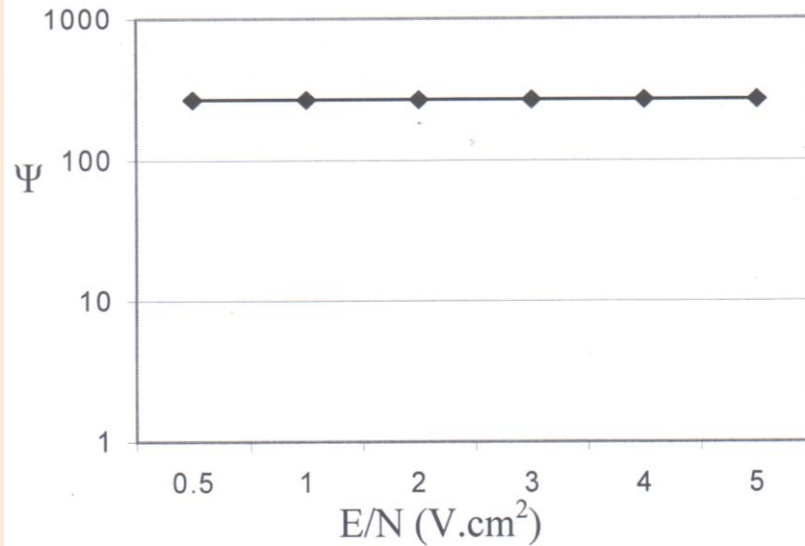
جدول رقم (1) : البيانات التي تمثل معاملات معامل الانتقال.

$E/N$ $V.cm^2$ $*10^{-16}$	$E$ $V/cm$	$W$ $(cm/sec)$ $*10^5$	$D/\mu$ $(eV)$	$v_m$ $(sec^{-1})$ $*10^{-7}$
0.5	1335	10.887	0.785	0.807
1.0	2670	17.813	0.984	0.986
2.0	5340	30.596	1.144	1.149
3.0	8010	41.765	1.246	1.262
4.0	10680	50.803	1.352	1.383
5.0	13350	57.519	1.477	1.528

جدول رقم (2) : البيانات التي تم حسابها من الجدول رقم (1)

$E/N$ $V.cm^2$ $*10^{-16}$	$E/P_{300}$ $(V cm^{-1})$ $torr^{-1}$	$W$ $(cm/sec)$ $*10^5$	$W_m$ $(cm/sec)$ $*10^{15}$	$D/\mu$ $(eV)$	$\Psi$ $*10^{10}$
0.5	1.61	10.887	2909.869	0.785	267.279
1.0	3.22	17.813	4763.215	0.984	267.401
2.0	6.44	30.596	8174.986	1.144	267.191
3.0	9.66	41.765	11164.493	1.246	267.316
4.0	12.88	50.803	13583.601	1.352	267.377
5.0	16.1	57.519	15368.226	1.477	267.185

Magnetic deflection coefficient  $\Psi$

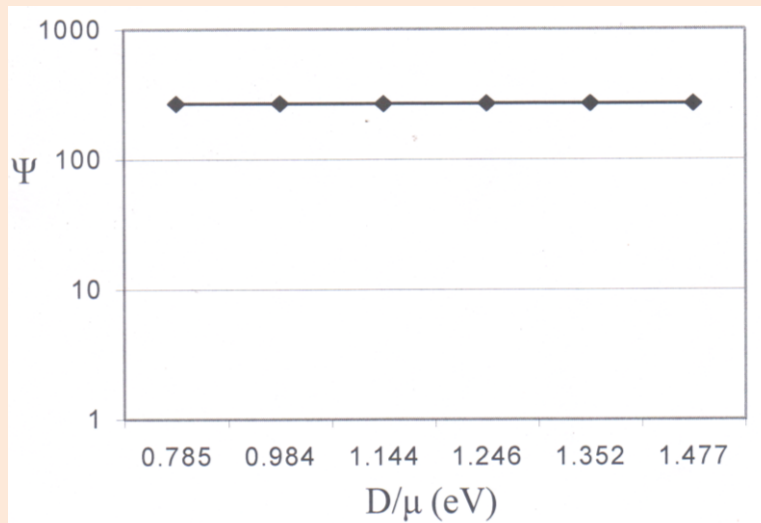


الشكل رقم (1) يبين معامل الانحراف المغناطيسي كدالة لـ  $E/N$  في غاز النترجين

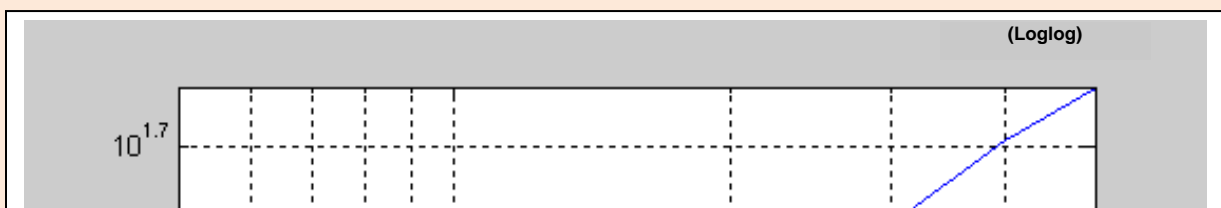
Magnetic deflection coefficient  $\Psi$

الشكل رقم (2) يبين  $\Psi$  كدالة لـ E/P في غاز النتروجين

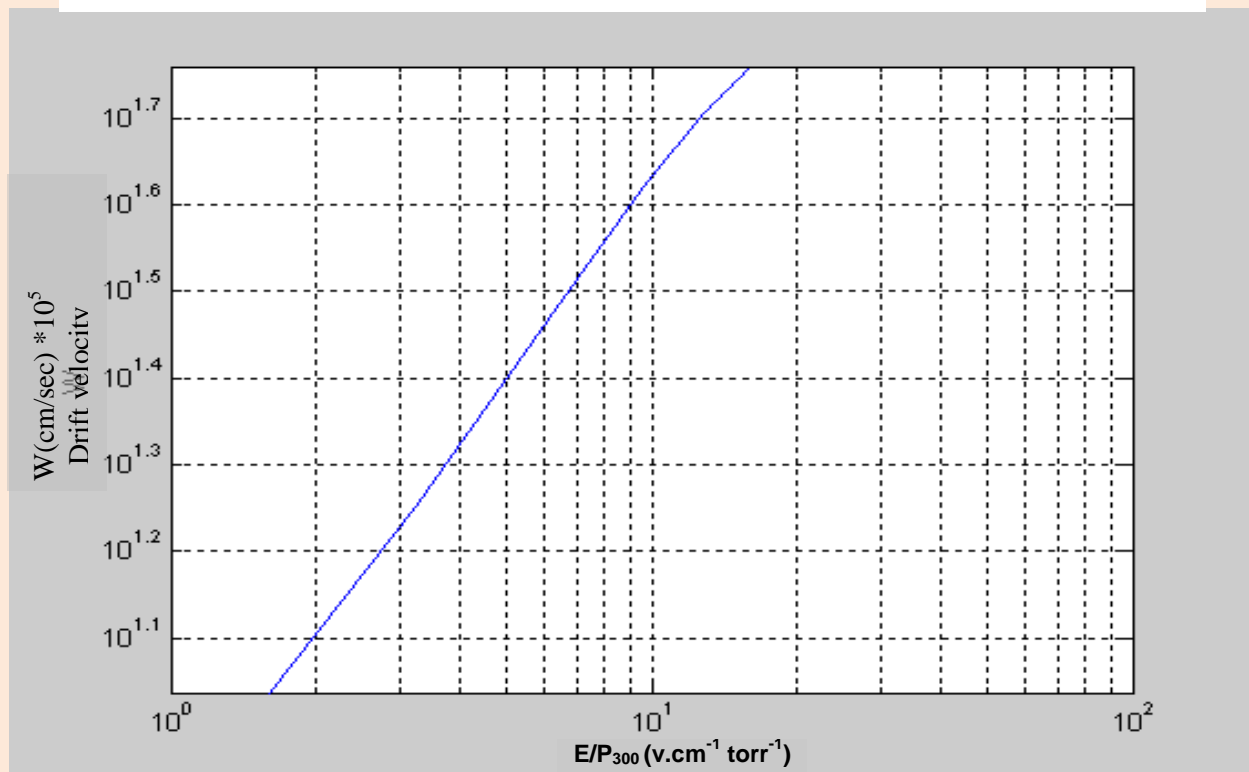
Magnetic deflection coefficient  $\Psi$



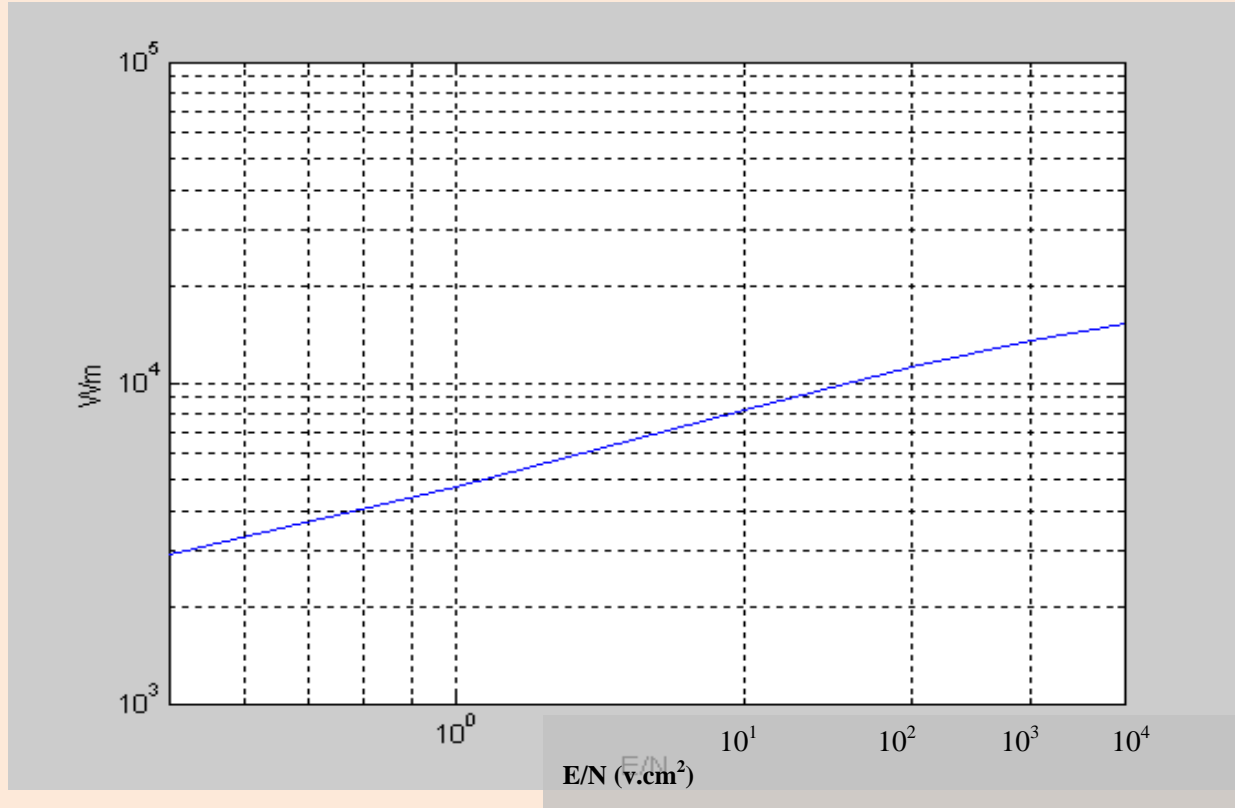
الشكل رقم (3) يبين تغير  $\Psi$  كدالة لـ D/μ في غاز النتروجين



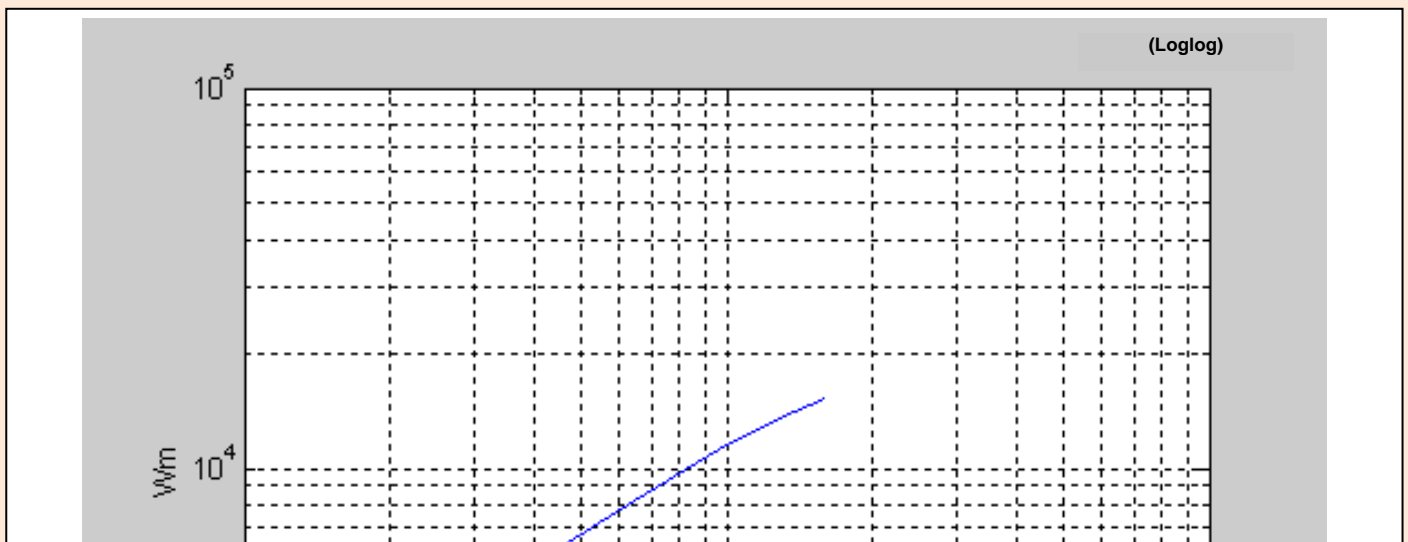
الشكل رقم (4) يبين تغير سرعة الجرف كدالة لـ E/N في غاز النتروجين



الشكل رقم (5) يبين تغير سرعة الجرف مع E/P في غاز النتروجين



الشكل رقم (6) يبين تغير سرعة الجرف المغناطيسي مع E/N في غاز النتروجين



$W_m$  (cm/sec)  $\times 10^{15}$   
Magnetic Drift velocity

$E/P_{300}$  ( $v.cm^{-1} torr^{-1}$ )

الشكل رقم (7) يبين تغير سرعة الجرف المغناطيسي مع E/P في غاز النتروجين

## REFERENCES

- 1- R.P.creaser, "Measurement of the magnetic Drift Velocity and magnetic Deflection coefficient for slow Electrons in Hydrogn and Deuterium at 293 °K ", Aust.J.Phys. 20,55-547,1967

- 2- Boris M. smirnov, "Physics of Ionized Cases", John wiley & sons, Inc. New York, (2001).
- 3- **File://A:** Gas % 20 Discharge % 20 Lamps. htm, copyright, 2002, Austrolion worning systems pty. Ltd. Last modified: 30-Nov-2002.
- 4- F.L.Rasheed. , I. G.Faiodh. and H. Balassim. , Calculation of the characteristic Electron Energy or mercury – Argon mixture, " J.Um<sup>o</sup> – Salama Science Journal", 2,3,477,2005.
- 5- R.L.Jory"Transport coefficient for low Energy Electrons In crossed Electric and Magnetic fields "Aust.J.Phys. 18,56-237. 1965.
- 6- R.W. Crompton, M.T.Elford, and R.L.Jory,"The momentum Transfor cross saction for Electvons tn Hellum" , Aust.J.Phy. 20,369,1967.
- 7- L.S.Frost and A.V.phelps,"Rotationel Excitation and momentum Trausport cross sections for electrons in H<sub>2</sub> from tausport coefficient" , Phys. Rev.,127,1621. 1962.