إيجاد معامل الانحراف المغناطيسي لغاز النيتروجين

فيصل غازي حمودي –كلية العلوم – جامعة ديالى

الخلاصة:

تم إيجاد سرعة الجرف المغناطيسي W_m ومعامل الانحراف المغناطيسيΨ للجسيمات البطيئة الواطئة الطاقة- مثل الإلكترون- والمتحركة في مجال كهربائي E والمتقاطع مع مجال مغناطيسي B أي أنّ E×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/μ (نسبة معامل الانتشار إلى الحركية)، حيث غطت مديات مختلفة لقيم E/P_{300} تتراوح ما بين $1.61 < E/P_{300} < 16.1$ Vcm^{-1} $torr^{-1}$ وعند درجة حرارة 300 كلفن (K^o).

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 Ψ for slow and low energy particles which moved in the electric field E, that crossing with magnetic field B, i.e, E×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/μ (ratio of diffusion coefficient to mobility ratio) , the results covered a differend ranges for E/p_{300} between $1.61<E/p_{300}<16.1$ V cm^{-1} $torr^{-1}$ at temperature 300K^o(Kelvn).

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

١-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 سرع انجراف الإلكترونات، وفي عام 1960 أجرى هوكسلي اختبارات مفصلة اكثر لدراسة جموح الالكترونات 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 الالكترون.

كما أجرى الباحث (جوري) 1965 تجارباً 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 للألكترونات ، فإنّ التجارب التالية حول الموضوع أعتمدت على البيانات المستقات من التجارب القديمة في قياس سرعة انجراف الالكترونات 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 الالكترونات وسرعة انجرافها ، التي أثبتت ان جميع الالكترونات في الحشد لها نفس السرعة الاضطرابية .

ولحساب توزيع السّرع ضمن الحشد ، فإنّ سرع الجرف المستخلصة من العلاقة البسيطة تضرب بمعامل عادة ما يكون قريب من الواحد وقيمته 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:

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

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].

$W=W_Z$

$$\text{= -}\frac{4\pi Ee}{3Nm}\int_{O}^{\alpha}\frac{c^2}{q_m}\frac{df}{dc}\,dc \quad \text{(2)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

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:

$W=W_Z + iW_X$

$$\frac{4\pi Ee}{3Nm}\int_{O}^{\infty}\frac{c^2}{q_m(1-iw/\upsilon_m)}\frac{df}{dc}\,dc \quad \text{=} \quad \text{(3)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\omega=\frac{eB}{m} \quad \text{(4)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

حيث إن: ω تردد التصادم لانتقال الزخم

$$\upsilon_m=Nq_mc \quad \text{(5)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

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

$$W_Z = -\frac{4\pi Ee}{3Nm}\int_{O}^{\infty}\frac{c^2}{q_m\left(1-\frac{ieB/m}{\frac{Nq_m}{c}}\right)}\frac{df}{dc}\,dc \quad \text{(6)} \quad \ldots\ldots\ldots$$

$$\text{= -}\frac{4\pi Ee}{3Nm}\int_{O}^{\infty}\frac{c^2}{q_m\left(1-\frac{ieBc}{mNq_m}\right)}\frac{df}{dc}\,dc$$

$$= - \frac{4\pi Ee}{3Nm}\int_{o}^{\infty} \frac{c^2 \; df}{q_m\left(\frac{mN\,q_m - ieBc}{mN\,q_m}\right)dc}\; dc$$

$$= - \frac{4\pi Ee}{3Nm}\int_{o}^{\infty} \frac{c^2\, mN\; q_m\; df}{q_m(mN\;q_m - ieBc)\,dc}\; dc \quad \text{..... (7)}$$

3 – <u>الحسابات</u>:-

١. <u>إيجاد سرعة الجرف المغناطيسي</u> W_m :

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

$$W_m = \frac{e}{m}\frac{E}{\upsilon_m} \quad \text{..... (8)}$$

e =1.602*10^{-19}(c) كولوم

m =9.109*10^{-31}(kg) كيلو غرام

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

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

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

E=V/cm ، المجال الكهربائي ويقاس بوحدة الفولت\سم

υ_m= sec $^{-1}$ تردد التصادم لانتقال الزخم ويقاس بوحدة

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

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

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

$\frac{E}{\upsilon_m}\frac{c*V*\sec}{gm*cm}$ $=1.759*10^8$ .....(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) بأنّها تمثل حاصل ضرب شدة المجال الكهربائي E في الشحنة الكولومية q أي أنّ:

$F=Eq$ .....(11)

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

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

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

$Nm=Vc$ ..... (12)

وإنّ:

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

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

$Kg\ m\ \sec^{-2}\ m = \upsilon c$ ..... (14)

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

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

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

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

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

$\frac{E}{\upsilon_m}$ =1.759*10^15 cm/sec ..... (15)

٢. <u>إيجاد معامل الانحراف المغناطيسي</u> (ψ):

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

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

حيث أنّ 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 أنّ W_m تمثل سرعة الجرف وحسب العلاقة:

$$W_m=\frac{E}{B}\frac{W_x}{W_z} \quad \text{..... (17)}$$

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

$$W=c\,W_m \quad \text{..... (18)}$$

نستطيع أن نوضح من خلال المعادلة رقم (18) بأنّ 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 ψ، وكما في المعادلة إذا :-

$$c^{-1}=\psi \quad \text{..... (19)}$$

حيث تدعى ψ 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:-

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

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

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

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

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

4- المناقشة والاستنتاج:

تم في هذا العمل إيجاد معامل الانحراف المغناطيسي Ψ،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 Ψ مع قيم E/N [5]، حيث تم الحصول على معلمات معامل الانتقال الموضحة في الجدول رقم (1) من خلال حل معادلة الانتقال عددياً ومن ثمّ تعويض هذه القيم في المعادلات الخاصة بحساب Ψ ،W_m .

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

الشكل رقم (3) : يوضح تغيير معامل الانحراف المغناطيسي مع D/μ ، حيث يبين استقرار قيمة Ψ مع زيادة D/μ.

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 معلمات معامل الانتقال.

E/N $V.cm^2$ $*10^{-16}$	E V/cm	W (cm/sec) $*10^5$	D/ μ (eV)	υ_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

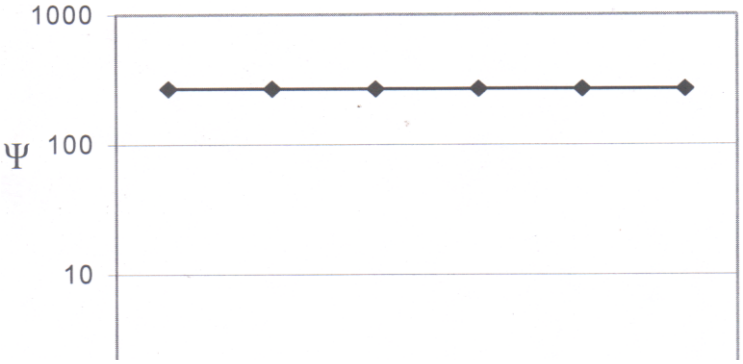
جدول رقم (2) : البيانات التي تم حسابها من الجدول رقم (1)

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/ μ (eV)	Ψ $*10^{10}$
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

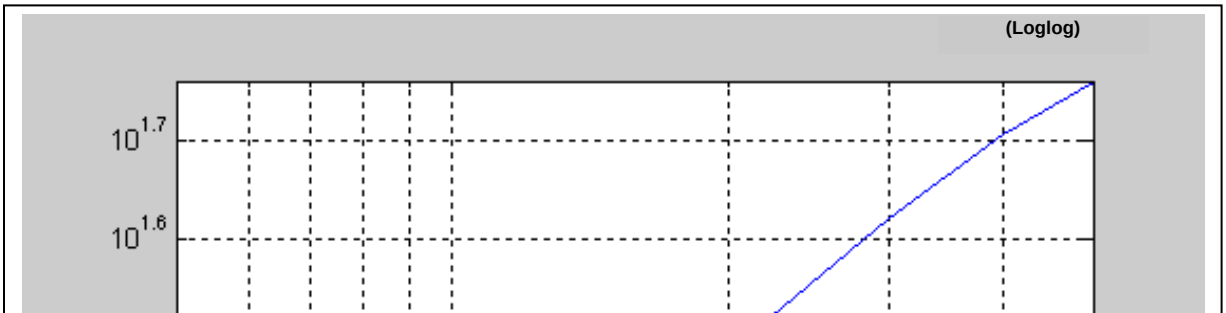
الشكل رقم (١) يبين معامل الانحراف المغناطيسي كدالة لـ E/N في غاز النتروجين

Magnetic deflection coefficient Ψ

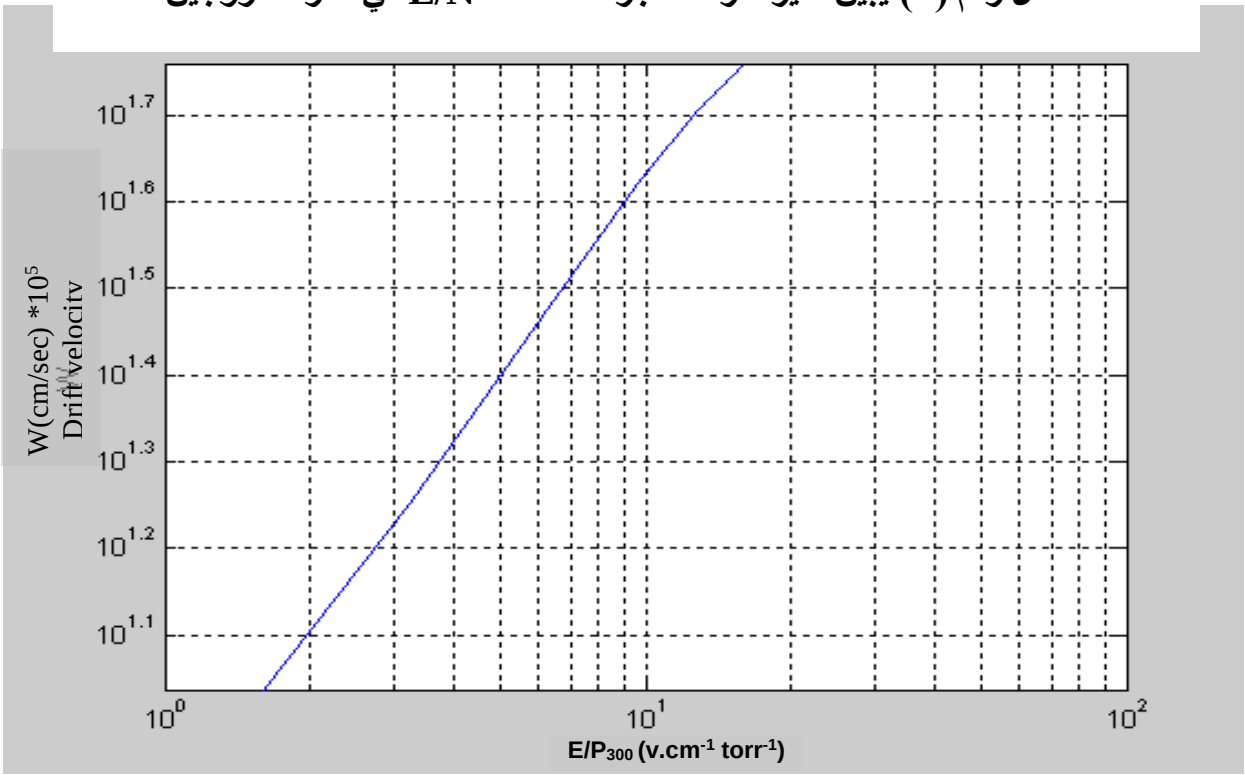
الشكل رقم (2) يبين Ψ كدالة لـ E/P في غاز النتروجين



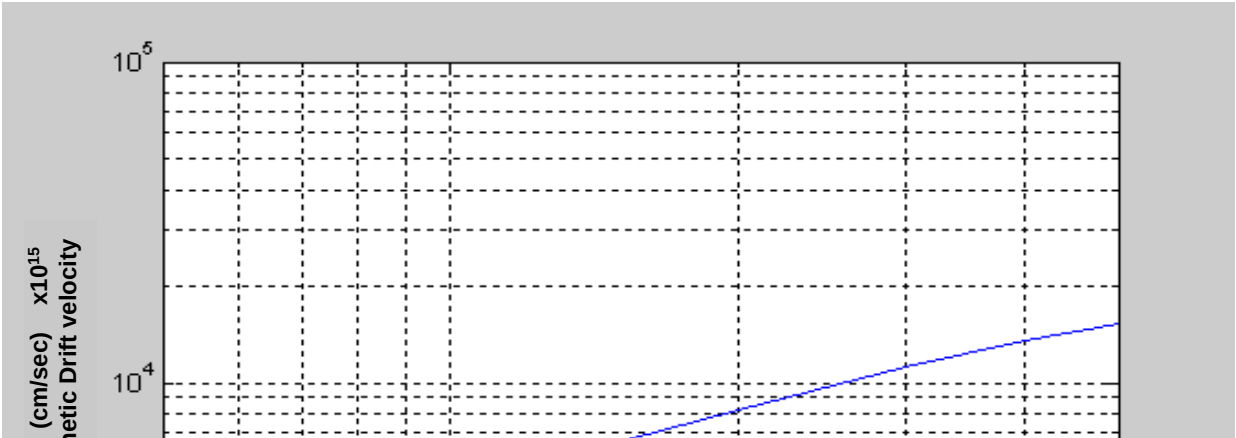
الشكل رقم (3) يبين تغير Ψ كدالة لـ D/μ في غاز النتروجين



الشكل رقم (٤) يبين تغير سرعة الجرف كدالة لـ E/N في غاز النتروجين



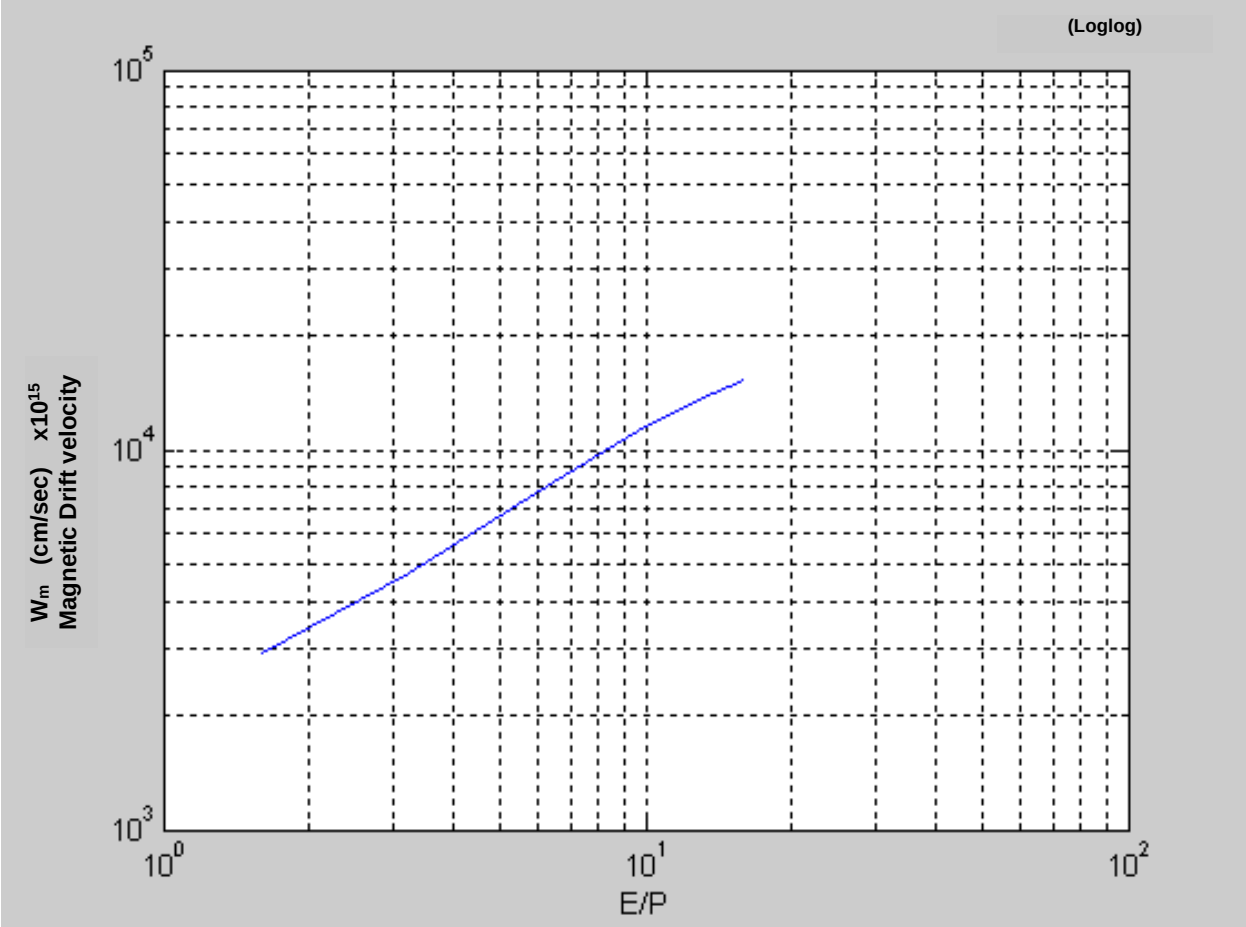
الشكل رقم (5) يبين تغير سرعة الجرف مع E/P في غاز النتروجين



10^1 10^2 10^3 10^4

E/N (v.cm^2)

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



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

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

1- R.P.creaser,"Measurement of the magnetic Drift Velocity and magnetic Deflection coefficient for slow Electrons in Hydrogn and Deuterium at 293 ^{o}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^{o} – 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_2 from tausport coefficient" , Phys. Rev.,127,1621. 1962.