



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة القادسية
كلية التربية
قسم الفيزياء

تأثير مادة قطب الكاثود والمجال المغناطيسي
على خواص التفريغ الكهربائي في الغازات عند
ضغط منخفض

رساله قدمها

حاتم كريم محيسن

الى مجلس كلية التربية / جامعة القادسية
وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير علوم في الفيزياء

بكالوريوس علوم فيزياء (٢٠١٠)
كلية التربية / جامعة القادسية

إشراف

أ.م.د. عبد الحسين عباس خضير

٢٠١٧ ميلادية

١٤٣٨ هجرية

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

(اللَّهُ نُورُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ مِثْلُ نُورِهِ
كَمِشْكَاةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ
الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ
مُبَارَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ
يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ نُورٌ
عَلَى نُورٍ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ مَنْ يَشَاءُ
وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ لِلنَّاسِ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ
عَلِيمٌ)

صدق الله العظيم

سورة النور الآية (٣٥)

توصية المشرف

نشهد بأن اعداد هذه الرسالة قد جرت تحت اشرافي في قسم الفيزياء / كلية التربية
جامعة القادسية وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في علوم الفيزياء

التوقيع :

المشرف : أ.م.د. عبدالحسين عباس خضير

المرتبة العلمية : استاذ مساعد

العنوان : قسم الفيزياء / كلية التربية / جامعة القادسية

التاريخ : ٢٠١٦ / ١٠ / ٢٥

توصية رئيس قسم الفيزياء

اشارة الى التوصية اعلاه المقدمة من قبل الاستاذ المشرف ، احيل هذه الرسالة الى لجنة
المنافسة لدراستها وبيان الراي فيها .



التوقيع :

الاسم : أ.م.د. عبد الحسين عباس خضير

المرتبة العلمية : استاذ مساعد

العنوان : قسم الفيزياء / كلية التربية / جامعة القادسية

التاريخ : ٢٠١٦ / ١٠ / ٢٥

اقرار المقوم العلمي

اشهد اني راجعت الرسالة الموسومة بـ : ((تاثير مادة قطب الكاثود والمجال المغناطيسي على خواص التفريغ الكهربائي في الغازات عند ضغط منخفض)) من الناحية العلمية وصحت ماورد فيها ، واصبحت بذلك مؤهلة للمناقشة .

التوقيع : 

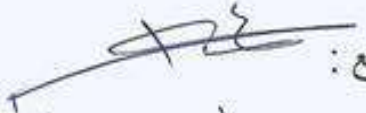
الاسم : د. محمد رضا مرشد

المرتبة العلمية : أستاذ

التاريخ : 2017 / ١ / ٢

اقرار المقوم اللغوي

اشهد اني راجعت الرسالة الموسومة بـ : ((تأثير مادة قطب الكاثود والمجال المغناطيسي على خواص التفريغ الكهربائي في الغازات عند ضغط منخفض)) من الناحية اللغوية والتعبيرية وقد قومتها لغويا وبذلك اصبحت مؤهلة للمناقشة ، قدر تعلق الامر بسلامة لغتها واسلوبها ، واصبحت بذلك مؤهلة للمناقشة .

التوقيع : 
الاسم : د. عبد العزيز عابدين يحيى
المرتبة العلمية : مدرس
التاريخ : 2016 / 12 / 15

قرار لجنة المناقشة

نشهد نحن اعضاء لجنة المناقشة بأننا اطلعنا على الرسالة الموسومة ب: (تأثير مادة قطب الكاثود والمجال المغناطيسي على خواص التفريغ الكهربائي في الغازات عند ضغط منخفض)، المقدمة من قبل الطالب (حاتم كريم محيسن) وقد ناقشنا الطالب في محتوياتها وفيما له علاقة بها وذلك بتاريخ ٢٠١٧/٣/١٦ وهي جديرة بالقبول لنيل شهادة الماجستير في علوم الفيزياء وبدرجة (امتياز).

رئيس اللجنة

التوقيع: 

الاسم : هشام محمد علي حسن

المرتبة العلمية : استاذ مساعد

العنوان : جامعة القادسية / كلية علوم الحاسوب وتكنولوجيا المعلومات

التاريخ : ٢٠١٧/٤/١٨

عضو اللجنة

التوقيع: 

الاسم : قصي عدنان عباس

المرتبة العلمية : استاذ مساعد

العنوان: جامعة بغداد / كلية العلوم

التاريخ : ٢٠١٧/٤/١٩

عضو اللجنة

التوقيع: 

الاسم : احمد خضير عباس

المرتبة العلمية : استاذ مساعد

العنوان : جامعة واسط / كلية العلوم

التاريخ : ٢٠١٧/٤/١٩

عضو اللجنة (مشرفا)

التوقيع: 

الاسم : عبد الحسين عباس خضير

المرتبة العلمية : استاذ مساعد

العنوان : جامعة القادسية / كلية التربية

التاريخ : ٢٠١٧/٤/١٦

مصادقة عمادة كلية التربية

أصادق على ما جاء بقرار اللجنة أعلاه

التوقيع: 

السيد العميد : الاستاذ الدكتور خالد جواد العادلي

التاريخ : ٢٠١٧/٤/١٦

الإهداء

الى الذي لا معبود خق إلا هو سبحانه وتعالى ، عالم الغيب والشهادة ...
إخلاصا وخوفا ومرجاء
الى أسناذ العلم والعلماء الأول نبينا محمد وعلى اله وصحبه أفضل الصلاة والسلام...
محبة" واتباعاً
الى من افنوا شباههم وضحوا ... وسهروا ... وصبروا ... الى يسابع
الحنان ... والدي ...
خفضاً "لجناح الذل من الرحمة وعرافانا"
من أشد دهم أزري واش كهم في أمري ، زوجتي ، أختي وأخواتي
اعنصا ما نخيل الله واعتزازا
الحلم الحاضر ... وأمل المستقبل ...
آمنة ، در ، زين العابدين
الى كل العقول النيرة العلماء وطلاب العلم الذين يعملون للخير والعطاء ...
فخرا وتقديرا
الى أساتذتي على طول مسيرتي الدراسية بدءاً بمن علمني مسكته القلم وصولاً إلى من
تبلور على يده هذا الجهد ...
أقدم هذا الجهد المنواضع .

حاتم

شكر وتقدير

الحمد لله حمداً أسئره نعمته . . واستعجل به رحمته واستبعد به عذابه وتقمته . فهو الذي جعل الحمد مفتاحاً للذكر . . وخلق الأشياء ناطقة خمدة وشكر . . والصلاة والسلام على رسوله محمد وعلى سائر أنبيائه ومرسله وآله الطيبين وجمعه المخلصين ومن اتبع هداه إلى يوم الدين .

فمن حقيقة الشكر الثناء على المحسن بذكر إحسانه ولأن شكر الناس من شكر الله سبحانه فلا يسعني وأنا الهني من حلة من عمري لأسهل أخرى إلا ان اتقدم بالشكر الجزيل وفائق التقدير إلى ابي واسناذي ومشرفي **الدكتور عبد الحسين عباس خضير** لاقتراحه موضوع الرسالة ولما قدمه من توجيهات علمية سديدة كان لها الأثر البالغ لإظهار رسالتي لهذا الشكل ولكل ما بذله من أجلي لأن الإنسان لا يقوم وحده . واعتزافاً مني بالجميل اتقدم بالشكر

والتقدير إلى اساتذتي **احمد حميد وناس** و**الدكتور سليم محزارة حسين**

لما أبدوه من مساعدة ومساندة لي طيلة أيام الدراسة . وشكر موصول الي جميع اساتذة قسم الفيزياء

ولا يفوتني أن أقدم بشكري إلى زملائي في الدراسة لمساندتهم ومساعدتهم لي .

الباحث

الخلاصة

تم بناء منظومة تفريغ كهربائي لتوليد البلازما لغازي ثنائي اوكسيد الكربون و نيتروجين حيث تم استخدام حجره من الزجاج الباركس اسطوانية الشكل طولها 30cm وقطرها 10cm ولإحكام غلقها استعملنا شفاه ربط (فلنجات) مصنوعة من مادة الالمنيوم . وللحصول على التفريغ استعملنا اقطاب مستوية بقطر 8.8cm ومعادن مختلفة (براض ، الالمنيوم ، حديد و نحاس) ولغرض الحصول على مجال كهربائي منتظم . وكما تم تصنيع ملف لتوليد المجال المغناطيسي يتألف من 200 لفه له القدرة على توليد مجال مغناطيسي بحدود (120G) والموضوع حول الانبوبة الزجاجية المستخدمة لتوليد البلازما .

حيث قمنا بقياس جهد انهيار غازي النيتروجين وثنائي اوكسيد الكربون لأبعاد مختلفة ولمدى من الضغوط تتراوح بين 0.053 – 0.76 Torr ، وقد بينت النتائج هنالك اختلاف في جهد انهيار لغازي ثنائي اوكسيد الكربون والنيتروجين تبعا لاختلاف مادة قطب الكاثود ، فقد وجد جهد انهيار الغازين يعتمد على دالة شغل لمادة قطب الكاثود ، كلما قلت دالة شغل المعدن انخفض جهد الانهيار للغاز، وكذلك لوحظ هناك اختلاف في جهد انهيار غاز النيتروجين عن غاز ثنائي اوكسيد الكربون حيث لاحظنا جهد انهيار النيتروجين اقل من جهد انهيار ثنائي اوكسيد الكربون . وعند تسليط مجال مغناطيسي ينخفض جهد الانهيار نتيجة حصر البلازما ومن ثم تزداد عدد التصادمات بين الالكترونات وذرات فينخفض جهد الانهيار لكلا الغازين.

تم استخدام مجس لانغمور المكون من سلك تنكستن بقطر 0.2mm ومغلف بأنبوب زجاجي شعري وقمنا بدراسة خصائص البلازما (درجة حرارة الالكتران ، وكثافة الالكتران) من خلال خصائص منحنى الفولطية و التيار (I-V) فقد بينت النتائج ان درجة الحرارة تنخفض بزيادة ضغط الغاز وذلك بسبب زيادة التصادمات بين الالكتران وذرات الغاز ، وكذلك لاحظنا ان درجة حرارة الالكتران لبلازما النيتروجين اكبر من درجة حرارة الالكتران لبلازما ثنائي اوكسيد الكربون . وعند تسليط مجال مغناطيسي سوف تخفض درجة حرارة الالكتران نتيجة زيادة الضغط المغناطيسي بسبب نقصان المسار الحر للجسيمات المشحونة وبالتالي تزداد معدل التصادمات بين الالكتران وذرات الغاز، حيث لاحظنا ان درجة حرارة الالكتران ترتبط بدالة شغل المعدن .

المحتويات

رقم الصفحة	العنوان	الفقره
I	الخلاصة	
II	قائمة المحتويات	
VI	قائمة الأشكال	
X	قائمة الرموز	
	قائمة الجداول	
	المقدمة	الفصل الاول
2	المقدمة	1-1
2	حالة البلازما	2-1
3	التفريغ الكهربائي في الغازات	3-1
4	منطقة التفريغ المظلم	1-3-1
4	منطقة التأين العكسي	1-1-3-1
5	منطقة تفريغ تاوسيند	2-1-3-1
5	منطقة التفريغ التوهجي	2-3-1
5	التفريغ التوهجي الطبيعي	1-2-3-1
5	التفريغ التوهجي غير طبيعي	2-2-3-1
5	التفريغ القوسي	3-3-1
6	التفريغ الوهاج وتطبيقاته	4-1
6	العوامل المؤثرة على التفريغ التوهجي	5-1

6	الضغط	1-5-1
7	المسافة بين الاقطاب	2-5-1
7	الفولتية والتيار	3-5-1
7	مادة قطب الكاثود	4-5-1
7	توليد التفريغ التوهجي المستمر	6-1
9	خواص التفريغ الكهربائي التوهجي بالتيار المستمر	7-1
9	منطقة هبوط الكاثود	1-7-1
9	منطقة العمود الموجب	2-7-1
10	منطقة هبوط الانود	3-7-1
10	مناطق التفريغ الوهاج للتيار المستمر	8-1
11	الفضاء المظلم للاستون	1-8-1
11	منطقة توهج الكاثود	2-8-1
11	الفضاء المظلم للكاثود	3-8-1
11	التوهج السالب	4-8-1
11	الفضاء المظلم لفردي	5-8-1
12	العمود الموجب	6-8-1
12	توهج الانود	7-8-1
12	الفضاء المظلم للانود	8-8-1
12	الدراسات السابقة	9-1
	الجزء النظري	الفصل الثاني
19	الية تاوسند	1-2
21	قانون باشن	2-2
22	مفاهيم البلازما	3-2

22	قشرة ديباي	1-3-2
24	معلمة البلازما	2-3-2
24	تردد البلازما	3-3-2
26	نصف قطر لارمور وتردد السايكترون	4-3-2
27	معدل المسار الحر	5-3-2
27	عمليات التأين التي تحدث في التفريغ الوهاج	4-2
28	التأين بالتصادمات	1-4-4
28	التأين الضوئي	2-4-2
29	التأين بتصادم الذرات غير المستقرة	3-4-2
29	فصل الالكترتون	4-4-2
29	انتقال الشحنة المتماثل	5-4-2
29	انتقال الشحنة غير المتماثل	6-4-2
30	حركة الجسيمات في المجالات الكهرومغناطيسية	5-2
30	معادلة الحركة	1-5-2
32	المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي المنتظم	2-5-1
33	المجال المغناطيسي غير المنتظم	3-5-2
36	الجاذبية والمجال المغناطيسي	4-5-2
36	الانجراف وعدم الاستقرار	5-5-2
38	وقت اعتماد المجال المغناطيسي	6-5-2
40	تغير المجال الكهربائي	7-5-2
41	تشخيص البلازما	6-2
41	المجس الكهربائي	1-6-2
41	المجس المنفرد	1-1-6-2

44	المجس المزدوج	2-1-6-2
	الجزء العملي	الفصل الثالث
48	المقدمة	1-3
48	منظومة الفراغ	2-3
49	مضخة التفريغ	3-3
50	جهاز قياس الضغط	4-3
50	انبوب التفريغ	5-3
51	الاقطاب الكهربائية	6-3
51	شفاه الربط	7-3
52	مجهر القدرة العالية	8-3
53	مجس لانغمور	9-3
55	توليد المجال المغناطيسي	10-3
	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
57	فولتية الانهيار ومنحني باشن	1-4
68	تأثير المجال المغناطيسي على فولتية وتيار التفريغ	2-4
85	درجة حرارة الإلكترون	3-4
94	كثافة الإلكترونات	4-4
99	الاستنتاجات	5-4
100	الدراسات المستقبلية	6-4

قائمة الاشكال

الصفحة	اسم الشكل	البند
4	مناطق التفريغ الكهربائي في الغازات للتيار المستمر	1-1
8	الدائرة الكهربائية اللازمة لتوليد التفريغ التوهجي	2-1
10	التوزيع الرئيسي لمعاملات الفيزيائية في التفريغ التوهجي	3-1
22	منحني باشن لغازات مختلفة لمدى واسع لقيم pd	1-2
24	تغير الجهد مع المسافة لجسيم مشحون في الفراغ	2-2
25	المجال الكهربائي E_z التي ينتجها تذبذب شحنة على طول المسافة Δx	3-2
26	حركة لارمور لجسيم مشحون داخل مجال مغناطيسي	4-2
31	حركة دوران الجسيمات المشحونة في المستوي (x,y)	5-2
31	الحركة الدورانية لجسم مشحون يتحرك بسرعة حول المجال المغناطيسي	6-2
32	حركة جسيم مشحون داخل مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين	7-2
34	انحراف حركة الجسيمات المشحونة في مجال مغناطيسي منحنى	8-2
35	انحراف حركة الجسيمات المشحونة في مجال مغناطيسي متجانس	9-2
35	حركة الجسيمات المشحونة في المجال المغناطيسي المتجانس	10-2
37	الانحرافات الناجمة من التيارات مع قوة لورنتز المؤثرة على البلازما	11-2
37	عدم استقرار حدود البلازما بسبب انحراف الجاذبية	12-2
38	المجال الكهربائي في الدوران ببطء بتباين المجال المغناطيسي	13-2
39	الضغط الإشعاعي للبلازما بواسطة التغير البطيء للمجال المغناطيسي بواسطة ملف لولبي	14-2

41	مخطط الدائرة الكهربائية للمجس المنفرد	15-2
42	خصائص الفولتية والتيار لمجس لانغمور المنفرد	16-2
44	مخطط لدائرة كهربائية للمجس المزدوج	17-2
48	منظومة الفراغ	1-3
49	مضخة التفريغ المستعملة لتفريغ المنظومة	2-3
50	جهاز قياس الضغط	3-3
51	انبوب التفريغ بايركس	4-3
51	الاقطاب المستعملة	5-3
52	شفاه الربط	6-3
53	مخطط ربط مجهز القدرة العالي	7-3
53	صورة مجهز القدرة	8-3
54	المجس المستعمل لدراسة الخصائص	9-3
54	مجهز القدرة المستعمل لتجهيز المجس	10-3
55	الملف المستعمل لتوليد المجال المغناطيسي	11-3
55	فرياك المستعمل لتجهيز الملف اللولبي	12-3
60	منحني باشن لقطاب الحديد ولمسافات مختلفة تحت تأثير B ولغاز CO ₂	1-4
61	منحني باشن لقطاب نحاس ولمسافات مختلفة تحت تأثير B ولغاز CO ₂	2-4
62	منحني باشن لقطاب البراص ولمسافات مختلفة تحت تأثير B ولغاز CO ₂	3-4
63	منحني باشن لقطاب الالمنيوم ولمسافات مختلفة تحت تأثير B ولغاز CO ₂	4-4
64	منحني باشن لقطاب الحديد ولمسافات مختلفة تحت تأثير B ولغاز N ₂	5-4
65	منحني باشن لقطاب النحاس ولمسافات مختلفة تحت تأثير B ولغاز N ₂	6-4

66	منحني باشن لقطاب البراص ولمسافات مختلفة تحت تأثير B وغاز N_2	7-4
67	منحني باشن لقطاب الالمنيوم ولمسافات مختلفة تحت تأثير B وغاز N_2	8-4
69	تأثير المجال B على فولتية التفريغ لقطاب الالمنيوم لغاز CO_2	9-4
70	تأثير المجال B على فولتية التفريغ لقطاب البراص لغاز CO_2	10-4
71	تأثير المجال B على فولتية التفريغ لقطاب الحديد لغاز CO_2	11-4
72	تأثير المجال B على فولتية التفريغ لقطاب النحاس لغاز CO_2	12-4
73	تأثير المجال B على فولتية التفريغ لقطاب النحاس لغاز N_2	13-4
74	تأثير المجال B على فولتية التفريغ لقطاب البراص لغاز N_2	14-4
75	تأثير المجال B على فولتية التفريغ لقطاب الالمنيوم لغاز N_2	15-4
76	تأثير المجال B على فولتية التفريغ لقطاب الحديد لغاز N_2	16-4
77	تأثير المجال B على تيار التفريغ لقطاب الالمنيوم لغاز CO_2	17-4
78	تأثير المجال B على تيار التفريغ لقطاب النحاس لغاز CO_2	18-4
79	تأثير المجال B على تيار التفريغ لقطاب الحديد لغاز CO_2	19-4
80	تأثير المجال B على تيار التفريغ لقطاب البراص لغاز CO_2	20-4
81	تأثير المجال B على تيار التفريغ لقطاب الالمنيوم لغاز N_2	21-4
82	تأثير المجال B على تيار التفريغ لقطاب البراص لغاز N_2	22-4
83	تأثير المجال B على تيار التفريغ لقطاب النحاس لغاز N_2	23-4
84	تأثير المجال B على تيار التفريغ لقطاب الحديد لغاز N_2	24-4
86	تأثير المجال B على درجة حرارة الالكترون لقطاب الالمنيوم لغاز CO_2	25-4
87	تأثير المجال B على درجة حرارة الالكترون لقطاب البراص لغاز CO_2	26-4
88	تأثير المجال B على درجة حرارة الالكترون لقطاب الحديد لغاز CO_2	27-4

89	تأثير المجال B على درجة حرارة الالكترونون لقطاب النحاس لغاز CO ₂	28-4
90	تأثير المجال B على درجة حرارة الالكترونون لقطاب الالمنيوم لغاز N ₂	29-4
91	تأثير المجال B على درجة حرارة الالكترونون لقطاب البراص لغاز N ₂	30-4
92	تأثير المجال B على درجة حرارة الالكترونون لقطاب النحاس لغاز N ₂	31-4
93	تأثير المجال B على درجة حرارة الالكترونون لقطاب الحديد لغاز N ₂	32-4
95	العلاقة بين كثافة الالكترونونات والضغط لغاز CO ₂ ولقطاب الحديد	33-4
95	العلاقة بين كثافة الالكترونونات والضغط لغاز CO ₂ ولقطاب النحاس	34-4
95	العلاقة بين كثافة الالكترونونات والضغط لغاز CO ₂ ولقطاب البراص	35-4
95	العلاقة بين كثافة الالكترونونات والضغط لغاز CO ₂ ولقطاب الالمنيوم	36-4
96	العلاقة بين كثافة الالكترونونات والضغط لغاز N ₂ ولقطاب النحاس	37-4
96	العلاقة بين كثافة الالكترونونات والضغط لغاز N ₂ ولقطاب البراص	38-4
96	العلاقة بين كثافة الالكترونونات والضغط لغاز N ₂ ولقطاب الحديد	39-4
96	العلاقة بين كثافة الالكترونونات والضغط لغاز N ₂ ولقطاب الالمنيوم	40-4
97	العلاقة بين كثافة الالكترونونات والضغط لغاز CO ₂ ولقطاب الالمنيوم تحت تأثير B	41-4
97	العلاقة بين كثافة الالكترونونات والضغط لغاز CO ₂ ولقطاب البراص تحت تأثير B	42-4
97	العلاقة بين كثافة الالكترونونات والضغط لغاز CO ₂ ولقطاب الحديد تحت تأثير B	43-4
97	العلاقة بين كثافة الالكترونونات والضغط لغاز CO ₂ ولقطاب النحاس تحت تأثير B	44-4
98	العلاقة بين كثافة الالكترونونات والضغط لغاز N ₂ ولقطاب الالمنيوم تحت تأثير B	45-4
98	العلاقة بين كثافة الالكترونونات والضغط لغاز N ₂ ولقطاب البراص تحت تأثير B	46-4
98	العلاقة بين كثافة الالكترونونات والضغط لغاز N ₂ ولقطاب الحديد تحت تأثير B	47-4
98	العلاقة بين كثافة الالكترونونات والضغط لغاز N ₂ ولقطاب النحاس تحت تأثير B	48-4

قائمة الرموز

وحدة القياس	المصطلح	الرمز
	ثابت الغاز في قانون باشن	A
m^2	مساحة سطح المجس	A_p
Cm	المسافة بين الاقطاب	d
Kv / cm	المجال الكهربائي	E
C	شحنة الالكترون	e
	القوة الطاردة المركزية	F_c
A	التيار الكهربائي	I
A	التيار الابتدائي	I_o
A	تيار الالكترونات	I_e
A	تيار الاشباع الالكتروني	I_{se}
Cm^{-3}	كثافة جزيئات الغاز	n_g
Cm^{-3}	كثافة الالكترونات	n_e
Cm^{-3}	كثافة الايونات	n_i
Cm^{-3}	عدد الالكترونات الاولية المنبعثة من الكاثود	n_o
Kg	كتلة الالكترون	m_e
Kg	كتلة الايونات	m_i
Torr	ضغط الغاز	P
Cm	نصف قطر الارمور	r_L
ev	درجة حرارة الالكترونات	T_e

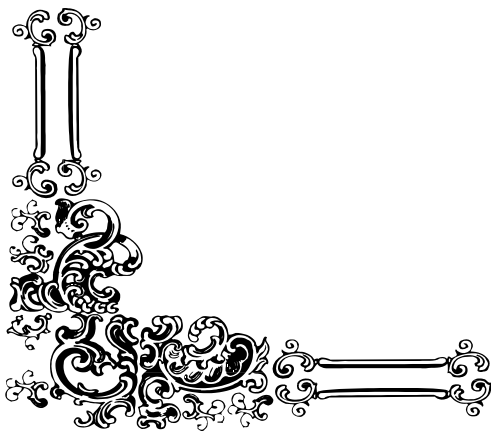
ev	درجة حرارة الايونات	T_i
volt	فولتية الانهيار	V_b
volt	جهد المجس	V_B
volt	الجهد العائم	V_f
volt	جهد البلازما	V_p
m/s	سرعة الانجراف	v_c
m/s	الانجراف بالاستقطاب	v_p
J	دالة شغل المعدن	ϕ
m	طول ديبياي	λ_D
	معدل المسار الحر	λ_m
	معامل التاين الاولي لتاوسيند	α
	معامل التاين الثاني لتاوسيند	γ
rad	تردد الالكترونات	ω_{pe}
rad	تردد الايونات	ω_{pi}
rad	تردد السايكترون	ω_c
Rad/sec	السرعة الزاوية	Ω
	المقطع العرضي لتصادم	σ_c



1

الفصل الاول

المقدمة



1-1 : المقدمة

Introduction

ان الغازات في الطبيعة تكون عازلة وعند تسليط فولتية بين الاقطاب المتوازية والمغمورة في وسط غازي سوف يقل عزلها تدريجيا [1] وعند زيادة فرق الجهد المسلط حتى يتجاوز القيمة الحرجة التي تسمى فولتية الانهيار (breakdown voltage V_b) حيث يتحول الغاز من الحالة العازلة الى الحالة الموصلة وهذا ما يسمى بالانهيار الكهربائي (electrical breakdown) [2]. تدفق التيار الكهربائي خلال الوسط الغازي المستعمل لوصف التفريغ في الغازات (gases discharge) ولكي ينساب التيار الكهربائي خلال الغاز يجب ان يحصل تأين لجزيئات الوسط [3] . وعند تسليط فولتية عالية اكبر من فولتية الانهيار عندها تكون الغازات متأينة بما يكفي ليحصل التفريغ التوهجي (Glow discharge) [4] . والتفريغ التوهجي في الحقيقة هو بلازما مضيئة حيث تحتوي على شحنات موجبة وسالبة وعدد كبير من الجسيمات المتعادلة وهذا التوهج ينشأ بسبب كون طاقة الإلكترونات والكثافة العددية لها عالية بما يكفي لتوليد الضوء المرئي بواسطة التصادمات المهيبة. ونظام التفريغ الوهاج او البلازما الباردة يستعمل بشكل واسع في الكثير من التطبيقات الصناعية [5] ومن هذه التطبيقات كمصادر لضوء مثل مصباح الفلورسينت ، تعديل السطوح مثل تحضير الاغشية الرقيقة والنقش والترديد ، في مجال الكيمائي مثل تنقية المياه بالأوزون ، وكذلك في المجال الطبي مثل قطع الانسجة وتعقيم الادوات الصحية [6] . وانماط المجال الكهربائي المستعمل في التفريغ التوهجي ثلاثة انواع (المستمر DC المتناوب AC , او نبضة Pulse) ويعتمد على نوع التطبيق المستخدم [7].

2-1 : حالة البلازما

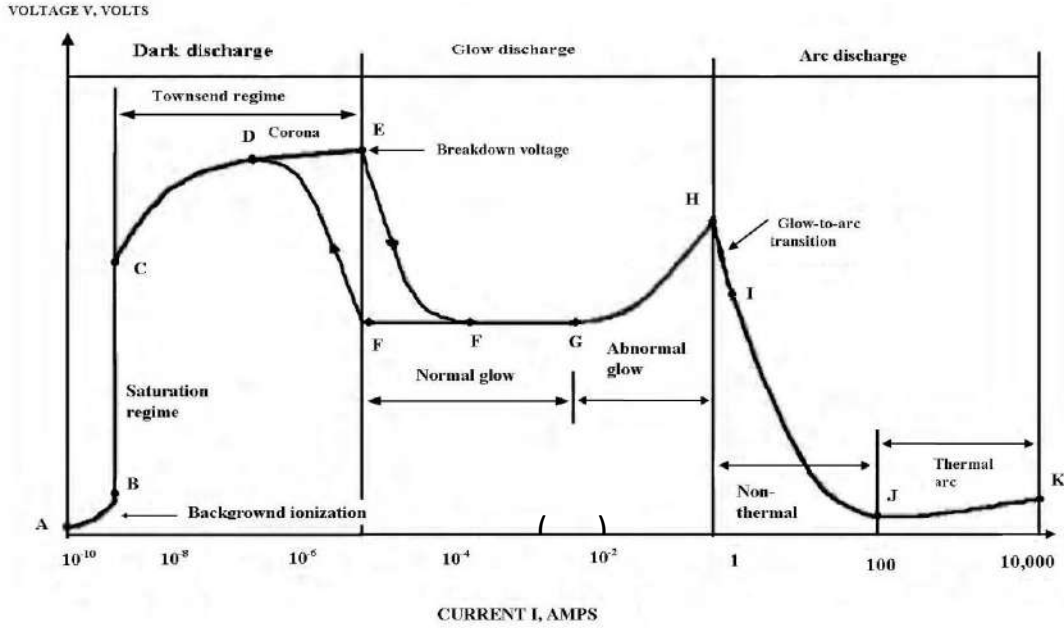
Plasma state

استعملت كلمة البلازما للمرة الاولى من قبل العالم لانغمور وتونكس وذلك عند دراستهما التفريغ الكهربائي في الغازات . وهي الحالة الرابعة للمادة عند الاستمرار بتسخين الجسم الصلب سوف يتحول الى الحالة السائلة ثم الى الحالة الغازية وعند الاستمرار بالتسخين سوف يتحول الغاز الى غاز مؤين عند درجة حرارة $10^4 K$ واعلى، البلازما تشكل 99% من الكون حيث الشمس والنجوم هي عبارة عن بلازما ساخنة. هناك اختلافاً جوهرياً بين البلازما وبقية حالات المادة وهي ان البلازما عبارة عن جسيمات مشحونة ليس لها شكل وحجم محدد وهي حالة موصلة كهربائياً تنتج مجالات كهربائية ومغناطيسية بينما حالات المادة هي عبارة عن ذرات او جزيئات متعادلة [8] . فالبلازما هي غاز مؤين تحتوي على جسيمات مشحونة ومتعادلة ، بما في ذلك بعض اوكل هي (الالكترونات ، وايونات موجبة ، وايونات سالبة ، ذرات وجزيئات) [9]. ويبدو ان كلمة البلازما هي تسمية ذات اصل يوناني ($\pi\lambda\alpha\sigma\mu\alpha$) تعني اصل الشيء المكون على وفق نظام معين ، وتسلك سلوك جماعي ولا

تتوافق مع التأثيرات الخارجية ، بل في كثير من الاحيان تتصرف بشكل انفرادي [10]. ان الوسط البلازمي يكون متعادلاً كهربائياً ، لان اي خلل في الشحنات الكهربائية سوف تتحرك الشحنات بتأثير المجال الكهربائي للتخلص من هذا الخلل وبالنتيجة فان كثافة الإلكترونات والايونات السالبة يكون مساويا لكثافة الايونات الموجبة ، والمقياس المهم في البلازما هي درجة التأين والتي هي جزء من الجسيمات المتعادلة (ذرات ، وجزيئات) اصبحت متأينة [9].

3-1 : التفريغ الكهربائي في الغازات : gases electric discharge

ان مصطلح التفريغ الكهربائي يطلق على اي تدفق للتيار الكهربائي خلال غاز متأين وعمليات التأين في الغازات تتم بواسطة تسليط مجال كهربائي بين قطبين مغمورين في الغاز وعندما تكون درجة التأين للغازات كافيته سوف تنبعث طاقه بشكل ضوء [9]. استخدم التفريغ التوهجي (Glow discharge) من لدن العالم مايكل فرادي (Michael Faraday) بين 1831 – 1835 اثناء دراسته التفريغ الكهربائي في الغازات وفي الحقيقة التفريغ التوهجي هو عبارة عن بلازما مضيئة [11] . والغاز المتوهج يمكن تعريفه بالبلازما الباردة وهي حالة متأينة بواسطة طاقة الإلكترونات. واي حجم من الغاز يحتوي على عدد قليل من الإلكترونات والايونات التي تشكلت نتيجة الأشعة الكونية والمصادر الاخرى المشعة [2] . يحدث التفريغ الكهربائي في الغاز عن طريق تسليط فرق جهد كهربائي بين الاقطاب المغمورة في الغاز داخل الحاوية ، فالغاز بين هذين القطبين سوف ينهار مولداً ايونات والكترونات وهذه العمليات تؤدي الى زيادة التفريغ الكهربائي في الغاز، ووجود فرق الجهد الكهربائي يعمل على تعجيل الإلكترونات القريبة من الكاثود بواسطة المجال الكهربائي تتصادم مع ذرات الغاز وهذا التصادم اما يسبب عمليات اثاره او تأين. ويمكن تحديد ثلاث مناطق عامة لتفريغ منطقة التفريغ المظلم ومنطقة التفريغ التوهجي ومنطقة التفريغ القوسي وكل منطقة من هذه المناطق تحتوي على ظواهر مثيرة للاهتمام كما مبين في الشكل (1-1). [12].



الشكل (1-1) يمثل مناطق التفريغ الكهربائي في الغازات للتيار المستمر [11]

Dark discharge

1-3-1: منطقة التفريغ المظلم :

تمتد هذه المنطقة من A الى E من مخطط خصائص الفولتية والتيار ويطلق عليه التفريغ المظلم ما عدا منطقة الاكليل والانهيال نفسه في هذا التفريغ غير مرئي للعين. ويتكون من ثلاث مناطق كما موضح في منحنى الفولتية والتيار .

Background ionization

1-1-3-1 منطقة التأين العكسي(الخلفي) (A – B) :

تمتد هذه من A الى B في منحنى خصائص الفولتية والتيار، عند تطبيق الفولتية وزيادة فرق الجهد فالأيونات والالكترونات الموجودة في الحيز الناتجة من الاشعة الكونية والعناصر المشعة وهذه الايونات والالكترونات الناتجة سوف تنجذب نحو الاقطاب مسببة انسياب تيار ضعيف بحدود $10^{-10}A$ [5]

2-1-3-1 : منطقة التفريغ غير المستديم ذاتيا (C – B) Non-self-sustaining discharge :

عند زيادة الفولتية بين الاقطاب فالأيونات والالكترونات الناتجة من الاشعاع الخلفي سوف تنجذب الى الاقطاب مولدة تيار الاشباع وتسمى المنطقة بين B الى C منطقة الاشباع وهذا التيار ثابت [11]. لان الالكترونات لا تمتلك طاقة كافية لتوليد ايونات جديدة لذلك يبقى التيار ثابتاً بينما الفولتية تزداد وهذا يسمى التفريغ غير المستديم ذاتيا [7].

Townsend discharge**3-1-3-1 : منطقة تفريغ تاوسند (C – E)**

ويبدأ تفريغ تاوسن من التفريغ غير المستديم ذاتياً، عند زيادة الفولتية المسلطة سوف ينتقل الى التفريغ الذاتي. زيادة الجهد الكهربائي يؤدي الى زيادة المجال الكهربائي داخل فجوة التفريغ . المجال الكهربائي عندما يكون عالياً بما يكفي فالإلكترونات في الفجوة تسبب تأين الذرات المتعادلة بواسطة تصادم الإلكترونات وهذا يؤدي الى تضاعف الإلكترونات والايونات في فجوة التفريغ . ان الالكترونات الجديدة المتولدة عند سطح الكاثود يمكن ان تبعث بواسطة الانبعاث الثانوي بسبب تصادم الايونات وهذا يؤدي الى انتاج سيل من الالكترونات والايونات ويتضاعف التيار وهذا ما يسمى بتفريغ تاوسند [9] .

Glow discharge**2-3-1 : منطقة التفريغ التوهجي**

تمتد هذه المنطقة من E الى H التفريغ الوهاج يسمى بالبلازما المضيئة ويظهر هذا التوهج عندما تكون طاقة الالكترونات وكثافتها عالية

Normal glow discharge**1-2-3-1 : التفريغ التوهجي الطبيعي (F – G)**

عندما يحدث الانهيار الكهربائي عند النقطة E سوف ينتقل التفريغ الى منطقة التفريغ التوهجي الطبيعي والتي يكون فيها التيار عالياً بما يكفي مما يولد اثاراً عالية لجزيئات الغاز بما يكفي ايضاً، وهنا تصبح البلازما مرئية للعين [4] ، بحيث الفولتية غالباً ما تكون مستقلة عن التيار لمراتب عدة في تيار التفريغ ، كثافة تيار القطب تعتمد على التيار الكلي في هذه المنطقة وعند زيادة التيار من F الى G سوف تشغل البلازما جزء من الكاثود حتى تغطي البلازما سطح الكاثود بالكامل عند النقطة G [11].

Abnormal glow discharge**2-2-3-1 : التفريغ التوهجي غير الطبيعي (G – H)**

عند النقطة G يدخل التفريغ التوهجي الى منطقة التوهج غير الطبيعي والتي تبدأ من النقطة G الى النقطة H وفي هذه المنطقة تزداد الفولتية كدالة لتيار ، كثافة التيار عند النقطة H سوف تولد حراره وبعد ذلك ينتقل التفريغ الى منطقة التفريغ القوسي [4].

Arc discharge**3-3-1 : تفريغ القوسي (H-K)**

عند نقطة H تصبح الاقطاب الكهربائية ساخنة بما فيه الكفاية وتبعث الكترونات حرارية [11]. حيث تكتسب الاقطاب طاقة عالية من التيار يؤدي ذلك الى ارتفاع درجة الحرارة مادة القطب التفريغ القوسي يعرف بالقوس الكهربائي مما يؤدي الى انخفاض جهد الانهيار. في التفريغ القوسي تولد الإلكترونات المنبعثة من الكاثود حرارة مما يؤدي الى انبعاث المجال الحراري. التفريغ القوسي يتميز

بالتيار العالي الذي يكون اكبر من تيار التفريغ التوهجي . عادة نحتاج الاقواس الكهربائية الى فولتية لا تتجاوز (20-30V) في الاقواس القصيرة في بعض الحالات تنخفض تصل عدة فولتات . [13] .

4-1 : التفريغ التوهجي وتطبيقاته glow discharge and application

التفريغ الوهاج هو افضل واشهر نوع في التفريغ الكهربائي غير الحراري [14] درس التفريغ الكهربائي في الغازات من قبل العديد من علماء الفيزياء خلال القرن التاسع عشر حيث طور اختلاف الفراغ في الأنبوب لتوضيح السلوك المختلف للبلازما الالكترونات والايونات والجسيمات المشحونة تفضل تسخين هذه الجسيمات باستخدام المجالات الكهربائية او المغناطيسية المسلطة على البلازما ، حرارة المنخفضة ، حيث تتعجل الالكترونات بسرعة لان كتلتها صغيرة بطاقات التأين لذرات الغاز ان القيم النموذجية لطاقة حركية (1-10 ev) هي (10^4-10^5 k) و سبب انخفاض درجة حرارة الغاز في التفريغ الكهربائي في البلازما وهي التي يشار اليها بالبلازما الباردة . في بلازما التوهج البلازما ليست في حالة توازن حاري $T_e \gg T_g$ و $T_e > T_i > T_g$ [14] ، هنالك العديد من المصادر المستخدمة لحدوث التفريغ الكهربائي بواسطة التيار المستمر (DC) الترددات الراديوية (RF) والموجات المايكروية [16] ، هناك طرق عدة لتوليد التفريغ الكهربائي منها المستخدمة في التفريغ الكهربائي هي التيار المستمر والترددات الراديوية ، حيث يقترن المجال الكهربائي لتردد الراديوي اما بالسعة او بالحث على توليد الالكترونات [15] . التطبيقات التكنولوجية لبلازما التوهج منها ترسيب الاغشية الرقيقة ، معالجة اشباه الموصلات ، معالجة المواد (معالجة السطوح فيزيائيا ، وكيميائيا) ، المصابيح ، مصادر الضوء ، شاشات العرض ، ترسيب اغشية سميكة ، معالجة المواد وتحليل النفايات [16]

5-1 : العوامل المؤثرة على التفريغ التوهجي

(The influential factors of glow discharge)

هناك عدد من العوامل والشروط التي تغير التفريغ التوهجي :

1-5-1 : الضغط (pressure) : عند زيادة ضغط الغاز فان المناطق السالبة (الفضاء المظلم للكاثود ، التوهج السالب ، الفضاء المظلم لفرادي) سوف تنزاح وتنضغط نحو الكاثود . اما العمود الموجب يملأ الانبوب باستثناء منطقة الانود القصيرة . عند زيادة الضغط يصبح من الصعب جدا الفصل بين المناطق بصريا لانها تصبح قريبة جدا من بعض . اما انخفاض الضغط بشكل طبيعي يتسبب بتأثير عكسي .

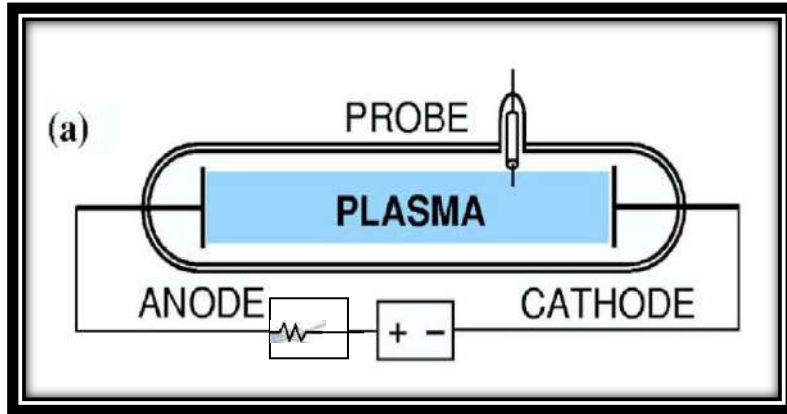
2-5-1 : البعد بين الأقطاب (inter electrode) : عند تحريك الأنود بعيداً عن الكاثود فإن الفولتية المطلوبة لتفريغ تكون أكبر بعض الشيء أما العمود الموجب يمتد ويحتل طولاً إضافياً ولا يحصل تأثير على المناطق السالبة . [17] وعلى العكس يؤدي تحريك الأنود نحو الكاثود إلى قصر العمود الموجب ونحتاج إلى فولتية أقل للحصول على التفريغ التوهجي

3-5-1 : الفولتية والتيار (voltage and current) : عند زيادة الفولتية المسلطة على الغاز فإن الفضاء المظلم للكاثود سوف يقل في حين التوهج السالب يزداد ، وهذا ما يؤدي إلى زيادة في تيار التفريغ وكذلك زيادة في شدة السطوع . يحصل تبدد لمزيد من الطاقة في الغاز التي تظهر بشكل اشعاع إضافي . وعند الجهود العالية تظهر طبقات مضيئة جديدة ، توهج الكاثود يظهر على سطح الكاثود أكثر اشراقاً إلى حد كبير ويختلف لون التوهج بين الطبقات الأولى والثانية للكاثود ، وزيادة التيار يسبب فقط زيادة في شدة اللمعان عندما يكون التوهج طبيعي .

4-5-1 : مادة قطب الكاثود (material of the cathode) : الكاثود له تأثير ملحوظ على الجهد اللازم للحصول على التفريغ حيث أن أقل فولتية لازمة لانبعث الإلكترونات من سطح الكاثود عن طريق تصادم الأيونات أو الفوتونات بسطح الكاثود ويكون ذا لون معين ويعتمد على نوع مادة الكاثود والتي تسمى دالة الشغل [17] . ولتوفير الكترونات الابتدائية من أجل الحفاظ واستكمال التفريغ وفي ظل الظروف الاعتيادية لا تغادر الإلكترونات سطح المعدن بفعل القوى الكتروستاتيكية ، وللتغلب على هذه القوى نحتاج إلى طاقة دنيا تساوي أو أكبر من دالة شغل المعدن وهي الصفة المميزة للمادة . ويمكن تحرير الإلكترونات من سطح المعدن عندما يكون المجال الكتروستاتيكي عالياً جداً . المجال الكهربائي الذي ينتج انبعث تيار ضعيف بحدود المايكروامبير وهو بحدود ($10^7 - 10^8$ V/cm) للمعادن دالة شغلها (4.5 ev) [18]

6-1: توليد التفريغ التوهجي بالتيار المستمر (DC- electrical glow discharge)

اقترح هذا النظام لأول مرة العالم ويليام كروكس (William Crookes) ، أبسط أنواع التفريغ التوهجي هو التفريغ بالتيار المستمر (DC) [18] . ولفهم التفريغ التوهجي نأخذ انبوبة زجاجية اسطوانية الشكل تحتوي قطباً موجباً في أحد النهايات وهو قطب الأنود (anode electrode) والقطب السالب في نهاية أخرى هو الكاثود (cathode electrode) . وعادةً ما يكون مدى الضغط محدد والجهد الكهربائي المسلط بين الأقطاب يبلغ عدة مئات من الفولتات [19] كما موضح بالشكل (2-1)



الشكل (2-1) الدائرة الكهربائية اللازمة لتوليد التفريغ التوهجي [20]

الجزء المتأين من الذرات داخل الانبوب يكون صغيراً جداً بسبب العمليات العشوائية. الأيونات تتحرك باتجاه الكاثود بواسطة الجهد الكهربائي والالكترونات تتحرك نحو الانود من الجهد نفسه. الأيونات والالكترونات الأولية سوف تتصادم مع الذرات فتسبب تأينها [18] عندما تكون الفولتية المسلطة بين الاقطاب المغمورة في الغاز داخل الانبوب صغيرة سوف ينساب تيار ضعيف جداً ناتج من الأيونات الناشئة من الاشعة الكونية بين الاقطاب وهي تسبب ثلاث عمليات :

- حصول الالكترونات على طاقة كافية من المجال الكهربائي مسببة تأين الغاز خلال التصادمات
- تحرر الالكترونات من القطب السالب نتيجة تصادم الأيونات مسببه انبعاثاً ثانوياً
- يمكن ان تتحرر الالكترونات والايونات نتيجة زيادة درجة حرارة القطب . ونتيجة لعمليات الغاز تنتج بلازما متأينة جزئياً . [21]

الايونات الموجبة سوف تعجل بواسطة المجال الكهربائي وتصطدم مع الكاثود محررة الكترونات ثانوية هذه الالكترونات الثانوية تعجل ايضا بواسطة الجهد الكهربائي المسلط مولدة تصادمات اكثر .

ويوجد نوعين من التصادمات تصادمات الاثارة او تصادمات مؤينة تصادمات الاثارة وتصادمات التأين تخلق ازواج جديدة من الايونات والالكترونات ،الايونات تتعجل وتصطدم مع الكاثود مولدة الإلكترونات ثانوية جديدة والتي يمكن ان تولد تصادمات اكثر ومن ثم تصادمات التأين في البلازما والانبعاثات الثانوية للإلكترونات عند الكاثود يولد التفريغ التوهجي مستمر ذاتياً [22].

7-1: خواص التفريغ الكهربائي التوهجي بالتيار المستمر :**Characteristics of DC glow discharge**

يحتوي التفريغ التوهجي على مناطق مضيئة ومناطق معتمة يوضحها الشكل (1-3) على طول الانبوب وتسمى المناطق المضيئة توهج الكاثود (cathode glow) توهج الانود (anode glow) والتوهج السالب (Negative glow) والعمود الموجب (Positive column) اما المناطق المعتمة هي الفضاء المظلم للانود (Anode dark space) والفضاء المظلم للكاثود (Cathode dark space) والفضاء المظلم افراادي (Faraday dark space). حيث ان العمود الموجب يتغير عن طريق تغيير البعد بين الاقطاب عند ثبوت الضغط والثبوت التقريبي. بينما بقية المناطق تحافظ على طولها جميع المناطق تعتمد على ضغط الغاز والفولتية وحجم الحاوية [19]. اما انهيار الفولتية تحدث في ثلاث مناطق هي :

1-7-1: منطقة هبوط الكاثود: Cathode fall

تعرف هذه المنطقة بالفضاء المظلم لكروكس او تجمد الكاثود في هذه المنطقة يحصل انهيار للفولتية [19] وتنبعث الالكترونات من سطح الكاثود بصورة رئيسية نتيجة تصادم الايونات الموجبة بسطح الكاثود والالكترونات قرب سطح الكاثود سوف تعجل بواسطة المجال الكهربائي ومعظم التيار في هذه المنطقة ناشئ من الايونات الموجبة . الفولتية عبر منطقة الكاثود وعلى بعد من القطب السالب الى نهاية الفضاء المظلم للانود تعرف باسم جهد انخفاض الكاثود او انهيار الكاثود وهذا الجهد يكون اقل من الحد الادنى لفولتية الانهيار لنفس الغاز ونوع مادة القطب [3] .

2-7-1 : منطقة العمود الموجب : Positive column

يشكل العمود الموجب البلازما هي منطقة محايدة اي ان عدد الشحنات السالبة يساوي عدد الشحنات الموجبة [3] ويتم المحافظة على التوصيل الكهربائي من قبل الالكترونات التي نشأت في منطقة الكاثود .

Anode fall

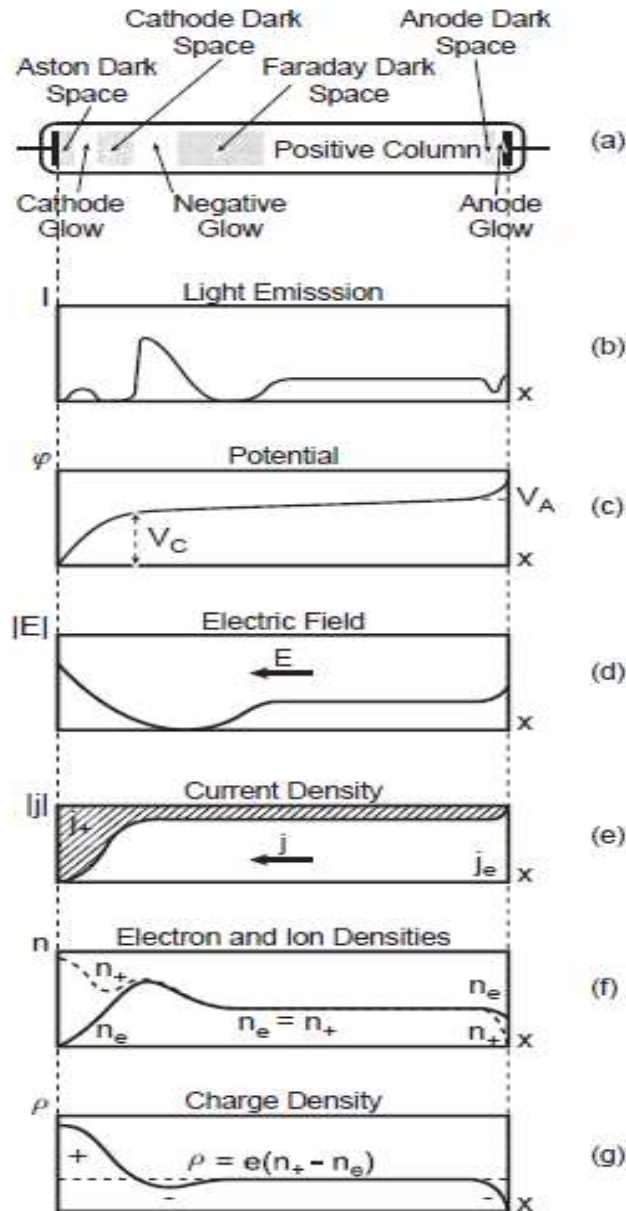
1-7-3: منطقة هبوط الانود:

سرعة انجراف الالكترونات في المجال الكهربائي الضعيف للعمود الموجب عادةً اقل من سرعتها الحرارية هذا يتطلب وجود مجال كهربائي بالقرب من الانود لكي يمنع وصول تيار الالكترونات الحراري الى الانود. بما ان فولتية الانهيار في هذه المنطقة صغير وله دور في ديناميكية الشاملة [19].

Structure of a DC glow discharge

1-8: مناطق التفريغ التوهجي للتيار المستمر

يظهر الشكل (3-1) مناطق التفريغ التوهجي بين الكاثود والانود يوضح اختلاف شدة الضوء المنبعث والمجال الكهربائي والجهد الكهربائي على طول التفريغ الوهاج بالتيار المستمر .



الشكل (3-1) مخطط يوضح التوزيع الرئيسي لمعاملات الفيزيائية في التفريغ التوهجي [14]

1-8-1: الفضاء المظلم للاستون :

هي منطقة رقيقة تقع على يمين الكاثود مباشرة مجالها الكهربائي عالٍ وتتكون من الكترونات معجلة من الكاثود وفي هذه المنطقة تكون كثافة الالكترونات قليلة وكذلك طاقتها واطئة لا تكفي لأثارة الذرات لذلك تظهر هذه المنطقة معتمة [5] .

2-8-1 : منطقة توهج الكاثود :

المنطقة التالية على يمين الفضاء المظلم للاستون وهي منطقة توهج الكاثود وفي الهواء غالباً ما تظهر حمرة او برتقالية اللون تسبب الانبعاثات من الذرات المثارة الناتجة من تصادم الالكترونات بالذرات المتعادلة او سبب الايونات القادمة نحو الكاثود [5] . تكون كثافة الايونات في هذه المنطقة عالية وطول محور التوهج الكاثودي يعتمد على نوع الغاز والضغط .

3-8-1: الفضاء المظلم للكاثود :

هي منطقة مظلمة نسبياً تقع على يمين منطقة توهج الكاثود وتعرف باسم الفضاء المظلم لكروكس او تسمى الفضاء المظلم يكون المجال الكهربائي متوسطاً وتحتوي على شحنات موجبة اما كثافة الايونات تكون عالية نسبياً [11] . وفي هذه المنطقة يحصل هبوط لفرق الجهد عبر انبوب التفريغ الذي يظهر بين الكاثود والحدود بين الفضاء المظلم للكاثود والتوهج

4-8-1: التوهج السالب :

منطقة تقع على يمين الفضاء المظلم للكاثود مباشرة وتظهر على شكل ضوء ساطع وتمتاز بان مجالها كهربائي منخفض مقارنة مع منطقة توهج الكاثود . الالكترونات في هذه المنطقة هي التي تحمل التيار. حيث الالكترونات المعجلة من منطقة الكاثود تسبب تأين او تهيج عالي لذرات المتواجدة في منطقة التوهج السالب [5] .

5-8-1 : الفضاء المظلم الفردي :

هذه المنطقة تقع مباشرة على يمين التوهج السالب والالكترونات تكون طاقتها واطئة نتيجة التأين وعمليات الاثارة في التوهج السالب . في الفضاء المظلم الفردي تكون الكثافة العددية منخفضة نتيجة اعادة الالتحام والانتشار الاشعاعي صافي الشحنة تكون منخفضة جدا وكذلك المجال الكهربائي قليل [5]

Positive column**6-8-1: العمود الموجب :**

شبكات العمود الموجب البلازما هو غاز متأين صافٍ شحنته صفر. انحدار الجهد (E) صغير عادة ما يكون بحدود 1 v/cm يقل مع زيادة التيار بثبوت الضغط ويزداد مع الضغط بثبوت التيار [3] . والطاقة الحركية الحرارية للإلكترونات 1 – 2 ev ومع ذلك هذا الطيف يحتوي على بعض الالكترونات التي تثير الذرات وتولد ضوء متألئاً في الموجب [4] المجال الكهربائي كبير بما يكفي للحفاظ على الدرجة المطلوبة من التأين في نهاية الكاثود فقط والكثافة العددية للالكترونات على طول العمود الموجب تبلغ $10^{15} - 10^{16}$ electrons/m³ في العمود الموجب. في الهواء يكون العمود الموجب ذا لون وردي الى الازرق التوهج على طول العمود يكون منتظماً [5] .

Anode glow**7-8-1: توهج الانود :**

عندما يصد الأنود الايونات يجذب الالكترونات في العمود الموجب وبالنتيجة تتشكل منطقة من الشحنات السالبة حيث تعجل الالكترونات بواسطة مجال كهربائي عالٍ عندها تنتج منطقة توهج الأنود [4] . وهي منطقة ساطعة الاضاءة في نهاية القطب الموجب للعمود الموجب . وتكون اكثر كثافة بقليل من العمود الموجب وليس دائما

Anode dark space**8-8-1: الفضاء المظلم للأنود :**

تقع هذه المنطقة بين توهج الانود والانود نفسه وهو الانود الذي له شحنة فضاء سالبة بسبب انتقال الالكترونات من العمود الموجب الى الانود والتيار الكلي عند سطح الانود هو تيار الكتروني [5] .

9-1 : الدراسات السابقة :

درس Isaac et al في سنة ١٩٩١ [23] استخدم كاثود مقعر وانود مجوف صغير لتوليد التفريغ التوهجي لغاز الاركون وتحديد درجة حرارة الالكترون وكثافة الالكترونات . حيث استخدم مجس لانغمور لقياس كثافة الايونات والالكترونات والجهد العائم وجهد البلازما وطاقة الالكترونات في التفريغ بالتيار المستمر

درس Isidorovic في سنة ١٩٩٥ [24] منحني باشن والتوزيع المكاني للضوء المنبعث في التفريغ الوهاج. وكذلك درس Annemie Bogaerts etac في سنة ١٩٩٥ [25] التفريغ التوهجي بواسطة مجس لانغمور وعن طريق الطيف البصري المنبعث ، وقارن النتائج التي حصل عليها من مجس لانغمور لايجاد درجة حرارة الالكترون والكثافة العددية للالكترونات بطريقة الطيفية

م. TICHY, P. KUDRNA, J. F. BEHNKE في ١٩٩٧ [26] قدم الباحث نظرة عامة عن البلازما المنخفضة عند مدى معين من الضغوط وتحت تأثير المجال المغناطيسي المنخفض او المتوسط وبصورة عامة البلازما تتكون من الالكترونات والايونات الموجبة الجزء الاول من البحث يناقش تأثير تصادم الايون الموجب مع الجسيمات المتعادلة من اجل الحصول على القيم الحقيقية لتيار الايونات باستعمال خصائص المجس وكثافة البلازما وفي الجزء الثاني استعملت نظريات لتقييم تأثير المجال المغناطيسي وتفسير بيانات المجس

درس Tichy et al في سنة ١٩٩٧ [27] تشخيص البلازما الممغنطة منخفضة درجة الحرارة باستعمال مجس لانغمور، وطاقة الالكترن في منطقة الكاثود في تفريغ التوهجي لكاثود مستوي ومجوف

درس Yoon et al في سنة ١٩٩٨ [28] تفاعل البلازما الحارة المحصورة بالمجال المغناطيسي الخارجي مع الموجة الكهرومغناطيسية المستعرضة. عندما تكون قيمة المجال المغناطيسي $B=3.57G$ يحدث رنين بين تردد السايكترن وتردد الالكترن (ω_e) عندها تحصل على اعظم امتصاصية وتسمى هذه البلازما ببلازما (رنين الالكترن - سيكترن)

H.kirkici في سنة ١٩٩٩ [28] استعمل الكاثود سلكاً مجوفاً لتحقيق تفريغ وهاج في غاز الهليوم ودرس خصائص (I-V) والكثافة والخصائص الابتدائية لتفريغ الوهاج تحت ضغط منخفض في الهواء في انبوب تفريغ ذي قطر كبير

لاحظ Lisovski and yakovin في سنة ٢٠٠٠ [29] انحرافاً عن قانون باشن : ان جهد الانهيار U_{dc} يكون ذا قيمة عليا عندما تكون (pd) المسافة الفاصلة بين الاقطاب كبيرة. درس Jian Jun في سنة ٢٠٠٠ [30] سلوك الايونات والالكترونات في التفريغ الكهربائي لكاثود مجوف بوجود مجال مغناطيسي طولي ومستعرض باستعمال نموذج مونتي كارلو ويتضمن هذا النموذج حساب التوزيع الفضائي وتوزيع التدفق وكثافة الايونات والالكترونات وكذلك طاقة الايونات والالكترونات وتوضح الدراسة تأثير المجال المغناطيسي على خواص التفريغ حيث يكون تأثير المجال قليلاً في منطقة الفضاء المظلم للكاثود بينما يزداد التأثير في منطقة التوهج السالب

وفي السنة نفسها درس Lisovski [31] تجريبياً ونظرياً الانهيار لغاز الاركون، نتروجين، الهواء والاكسجين بأستعمال مجال كهربائي مستمر منتظم عند مسافات مختلفة بين الاقطاب في انبوب تفريغ نصف قطره R واقطاب مختلفة لمادة الكاثود ودرس العلاقة بين الطول وقطر البلازما

درس **Jana , Prodhan** في سنة ٢٠٠١ [32] تفريغ ما قبل التوهج (subnormal) باستعمال مجال كهربائي مستمر وتحت ضغوط مختلفة تحت تأثير مجال مغناطيسي مستعرض متغير بين 0 – 30 G بعض القياسات اجريت لمختلف القيم الابتدائية لمعدل تيار الانبوب . ولاحظ الفولتية عبر التفريغ تقل ومعدل تيار التفريغ وبقيّة التيارات تزداد بوجود المجال المغناطيسي

درس **M. A. Hassouba et al** في سنة ٢٠٠١ [33] تأثير معاملات البلازما في منطقة هبوط الكاثود للتفريغ الكهربائي التوهجي المستمر DC لغاز الاركون بالمجال المغناطيسي حيث لاحظ نقصان درجة حرارة الالكترود بوجود المجال المغناطيسي بسبب حصر البلازما ومنعها من الانتشار نحو الجدران انبوب التفريغ

درس **M. A. Hassouba et al** في سنة ٢٠٠٢ [34] جهد انهيار الاركون والهليوم باستعمال ثلاث اقطاب وهي الالمنيوم ونحاس والمغنسيوم في تفريغ تاوسيند و لا حظوا ان اقل جهد انهيار مرتبط بدالة شغل المعدن

استعمل **Kamran Akhtar et al** في سنة ٢٠٠٣ [35] تداخل الموجات لقياس كثافة الالكترودات في البلازما عند ضغط ($p > 10$) torr

بين **Petre [18]** في سنة ٢٠٠٤ [36] تأثير الكاثود المجوف وتأثير التأين القوي الناتج من الالكترودات السريعة في منطقة الكاثود في تفريغ التوهجي هذه الالكترودات السريعة تعجل في غلاف الكاثود ثم يقتصر التذبذب بين سطح الكاثود

درس **G.petraconi ,H.s. maciel** في سنة ٢٠٠٤ [37] الانهيار الكهربائي تحت ضغط لغاز الاركون ونترودجين تحت تأثير مجال مغناطيسي طولي وباستعمال اقطاب متوازية من الالمنيوم بقطر (5cm) تفصل بينهما مسافة تتغير من (4cm<d<11Cm) باستعمال مجهز قدرة مستمر تتراوح الفولتية فيه من (0<v<1kv) واستعمل ملف هلوتمز لإنتاج مجال مغناطيسي منتظم متوازٍ لمحور التفريغ وتم الحصول على منحني باشن ومعامل الانبعاث الثانوي ومعامل التأين الاولى وكفاءة التأين ورسم منحنيات باشن ولاحظ تأثير المجال المغناطيسي على تلك المنحنيات عندما تكون $B=0$ و $b=350G$, نتيجة تطبيق مجال مغناطيسي طولي فإن المسار الحر للإلكترونات تطول في تفريغ تاوسن أما انتشار الالكترودات يقل وبالتالي تقل الخسائر عند الجدران والبيانات المقدمة في هذا البحث تعطي الوصف لمعاملات تاوسن تحت تأثير المجال المغناطيسي .

لاحظ **s.s.pradhan ,D.C.jana** في سنة ٢٠٠٦ [38] باستعمال تقنية المجس المزدوج معلمات البلازما درجة حرارة الالكترتون وكثافة الالكترونات في كلا المجال المغناطيسي الطولي والمستعرض في ضغط الواطئ لغاز الهيدروجين والاركون ,لاحظ في حالة المجال المغناطيسي المستعرض درجة حرارة الالكترتون تزداد بينما كثافة الالكترتون تقل وفي حالة المجال المغناطيسي الطولي درجة حرارة الالكترتون تقل وكثافة تزداد. في السنة نفسها درس **A.S.Hasaani** في ٢٠٠٦ [39] خصائص منحني الفولطية والتيار للبلازما عالية التمغظ (حصر البلازما) في حجرة كبيرة الابعاد

قدم **Marija Radmilovic , Branislav** في سنة ٢٠٠٦ [40] تفاصيل بسيطة حول الانهيار الكهربائي باستعمال نظام المحاكاة تحت تأثير المجال الكهربائي والمغناطيسي اشتق تغيير انهيار الجهد باختلاف كل من معامل التاين والالكترونات الثانوية الناتجة عن تأثير المجال المغناطيسي نفذت الحسابات بواسطة استعمال الكود (xoopic) وتحسين الانبعاثات الثانوية التي تنطوي على تأثير المجال المغناطيسي وقد اظهرت نتائج ان دمج الاختلاف للالكترتون الثانوي العائد مع المجال يتفق كثيرا مع النتائج التجريبية

درس **Akber et al** في ٢٠٠٧ [41] التفريغ التوهجي باستعمال مجال كهربائي مستمر غير منتظم لغاز الاركون عند ضغط 1Torr. وفي السنة نفسها درس **Elghazaly** [42] معاملات التوصيل الكهربائية و التوصيلات الحرارية وحساب درجة حرارة الالكترتون في غازي الاركون والهليوم في التفريغ الوهاج

قام **A.H sari,S.H.Mortazavi** في سنة ٢٠٠٨ [43] في وصف مصدر الالكترتون في البلازما . ان مصدر الالكترتون الناتج هو حزمة الكترونية قوية احادية بواسطة تفريغ كهربائي ، حيث تم قياس تيار الحزمة وتيار الصمام الثنائي لغاز الهليوم (He) عند ضغط منخفض وتحت تأثير مجال مغناطيسي خارجي طولي ، المجال المغناطيسي يتغير من (0-45Mt) وتم الحصول على خصائص الفولتية والتيار ومنحني باشن تحت الظروف نفسها حيث بينت النتائج عند زيادة المجال المغناطيسي سوف يعزز كفاءة النظام يقل عند اعلى قيم للمجال المغناطيسي . في السنة نفسها درس **Granda et al** [44] خصائص منحني الفولتية والتيار ، ومعلمات البلازما في الكثافة العالية لتفريغ التوهجي بالتيار المستمر

درس **G. Garcia-Cosio et al** في ٢٠٠٩ [45] خصائص التفريغ الكهربائي لخليط من $Ar/N_2/CO_2$ تحت ضغط منخفض وتشخيصها بواسطة الانبعاث الطيفي باستخدام المطياف لاحظ درجة حرارة الالكترتون بحدود (10.63 ev) وكثافة الايونات بحدود ($10cm^{-3}$)

S.S.Pradhan ,D.C.Jana في سنة ٢٠١٠ [46] في منطقة قبل التوهج خصائص الفولتية والتيار تمتلك ميل سالب والذي يعتمد على الضغط الفولتية تقل مع تيار التفريغ وهذه الخاصية درست. هدف البحث الحالي هو تعيين منطقة ما قبل التوهج بواسطة تعبير تحليلي بوجود مجال مغناطيسي مستعرض

Sabah I.Wais, Raghad Y.mohammed في سنة ٢٠١١ [47] درسوا تأثير المجال المغناطيسي المحوري ($B=0.48T$) على أختلاف معامل كفاءة التأين ومعامل الانبعاث الثانوي للالكترونات (γ) وفيما يتعلق في خفض المجال الكهربائي (E/p) حيث أستخدم اقطاب مستوية متوازية تفصل بينهما مسافات متغيرة ($0 < d < 20cm$) وأختلاف ضغط العمل لغاز النتروجين بين ($0.5-20pa$) وهذا المجال المغناطيسي ينتج من ملف من النحاس نصف قطره ($5.6cm$) البيانات التجريبية لجهد الانهيار اعتمدت على تقدير لمنحنى باشن لاختلاف مميزات العمل . ومعامل الانبعاث الثانوي للالكترونات يحسب من منحنى باشن ويستخدم لتحديد اقل فولتية انهيار سوف ينخفض الجهد بحدود 25% في حالة تطبيق المجال المغناطيسي ، عندما تكون المسافة بين الاقطاب كبيرة يصبح تأثير المجال المغناطيسي اكثر على معامل كفاءة التأين بينما تقل قيمة معامل الانبعاث الثانوي للالكترونات

Leomor Salazar et al في سنة ٢٠١٢ [48] درسوا التفريغ التوهجي عند ضغوط منخفضة لخليط من $Ar/N_2 /CH_4$ في نظام مغلق البلازما الناتجة تتكون من 79.6% لنتروجين (N_2) 15.4% لغاز الاركون (Ar) 5% لغاز الميثان (CH_4) هذا المزيج الثلاثي عند ضغط يتراوح من ($0.5-10$)torr عملية التشخيص استخدمت طريقة الانبعاث الطيفي البصري

Abdulhussain Abbas في سنة ٢٠١٢ [15] درس تأثير المجال المغناطيسي ($B > 1000 G$) على خواص منحنى باشن لغازي Ar و CH_4 في قناة تفريغ طولها ($150Cm$) وقطرها ($10 Cm$)

Mohamad A.K.Ahmed , Awatif S.jasim في سنة ٢٠١٣ [49] درسوا التفريغ الكهربائي المستمر في البلازما تحت ضغط منخفض بواسطة المجس الكهربائي ، حيث تم استخدام حاوية لتوليد التفريغ الوهاج للبلازما لغاز والاركون عند الضغوط ($0.03,0.07,0.1$)mbar

Peng Zilong, liu yonghong,Li yinan في سنة ٢٠١٤ [50] درسوا تأثير المجال المغناطيسي على انضغاط البلازما في قناة الترسيب المايكروية (EDM)

Abdilrida S.Hasaani في سنة ٢٠١٦ [51] يتحقق البحث عمليا من تأثير المجال المغناطيسي على خواص المنحنيات للتيار-الفولتية في توهج غاز الاركون تحت ضغوط واطئة. استخدمت لاحتواء هذا التوهج حجرة معدنية مصنوعة من الحديد غير قابل للصدأ حجمها التقريبي 0.5 متر مكعب. غمرت الحجرة بمجال مغناطيسي تصل شدته الى 0.42 تسلا يولده ملف نحاسي مبرد بماء يجري خلاله لتجنب التأثيرات الحرارية .

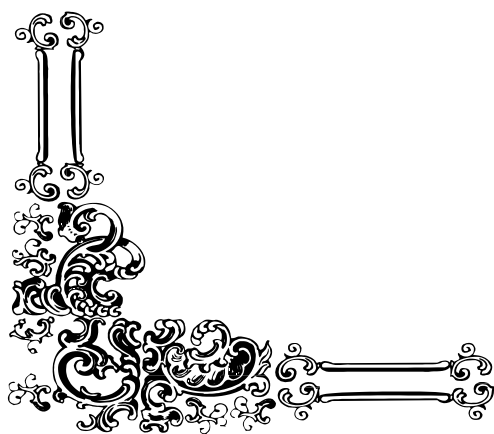
الهدف من البحث

في هذا البحث سيتم دراسة تأثير كل من الضغط ، وتغير مادة الاقطاب ، المسافة بين الاقطاب والمجال المغناطيسي على جهد الانهيار ومنحني باشن لغازي النتروجين وثنائي اوكسيد الكربون .

وكما سوف تشكل الدراسة ايضا دراسة تاثير تلك المعلمات على درجة حرارة الالكترين وكثافة الالكترونات

2

الفصل الثاني
الجزء النظري



Townsend mechanism

1-2 : الية تاوسند :

كما ذكر سابقا يمكن الحصول على تيار بحدود $10^{-15}A$ من التأين الخلفي ، عندما تزداد الفولتية بما يكفي سوف تدخل الى منطقة تاوسند، للحصول على تفريغ تاوسند يجب ان يكون هناك الإلكترونات. هذه الإلكترونات هي اللبنة الأساسية لجميع انواع التفريغ والانهيارات . عند تطبيق مجال كهربائي عبر الفجوة ، الإلكترونات سوف تتبع خطوط المجال متجهة نحو الأنود عند اكتساب الإلكترون طاقة كافية ، ربما يأتين جزيئات او ذرات الغاز بواسطة التصادم معها . في هذه الحالة تتولد أيونات جديدة وتنشأ الكثرونات حرة جديدة جنبا الى جنب مع الإلكترونات الأولية . على بعد X من الكاثود على الإلكترونات المؤينة وسوف يزداد (n_x) إن المعادلة التي توصف نسبة التغير في الإلكترونات المؤينة مع المسافة عن الكاثود هي [52]

$$dn(x) = \alpha n x dx \quad \dots\dots\dots 1-2$$

حيث ان α تمثل معامل التأين الأولى لتاوسند (Townsend's first ionization coefficient) ويعرف هو عدد التصادمات المؤينة والناشئة من انتقال الإلكترون معدل (1cm) باتجاه المجال الكهربائي .

وطبيعة اصطدام الإلكترون هو عملية احصائية ومصطلح α هو مجرد متوسط قيمة عدد التأينات لكل وحدة طول ناشئة من انجراف الإلكترونات جنبا الى جنب في المجال الكهربائي المنتظم α ثابتة . n_0 عدد الإلكترونات الأولية المنبعثة من الكاثود . اتضح ان عدد الإلكترونات عند مسافة (x) يعطى بالعلاقة الآتية [51]:

$$n(x) = n_0 \exp(\alpha x) \quad \dots\dots\dots 2-2$$

وهذه المعادلة هي معادلة اسية وهذا الأمر يبدو معقولاً تماماً لأن الانهيار ينتج تأين الوسط بمعدل هائل بسبب عملية تصادم الإلكترون . الايونات في الغاز ربما تتحرك على الرغم

من ان سرعتها اقل بكثير من الالكترونات الحرة لأن كتلتها اكبر بكثير من كتلة الالكترون فإنها لاتزال تتفاعل مع خطوط المجال الكهربائي .

عندما تضرب الايونات سطح الكاثود تحرر الالكترونات. هذا التأين هو سبب عملية تسمى عملية التأين الثانوي (secondary ionization) . [51] معامل التأين في الواقع يعتمد على توزيع طاقة الالكترونات في الغاز ، وهو يعتمد فقط على (E/P) حيث ان (E) المجال الكهربائي المسلط ، (P) ضغط الغاز ومن ثم يمكن كتابة المعادلة بالشكل الآتي:

$$\frac{\alpha}{P} = f\left(\frac{E}{P}\right) \quad \dots\dots\dots 3-2$$

وهذه الاعتمادية تاكدت عمليا . وهناك عدد من العمليات الثانوية التي تسهم في عملية الانهيار الكهربائي ، وبعض منها تشمل الالكترونات الثانوية الناتجة من تصادمات الايونات الموجبة بسطح الكاثود ، والالكترونات الثانوية المنبعثة من الكاثود بواسطة الفوتونات . ولحساب تلك العمليات قدم تاوسيند معامل التأين الثانوي (γ) ويمكن حساب التيار من خلال العلاقة [9]

$$I = I_0 \frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma(e^{\alpha d} - 1)} \quad \dots\dots\dots 4-2$$

القيم التجريبية لـ (γ) تحدد من المعادلة (4 - 2) وذلك من خلال معرفة قيم كل من (p, E, d) وقيم (α) وقيم (γ) تعتمد على خصائص سطح الكاثود ، وعندما تكون دالة شغل المعدن واطئة نحصل على انبعاث عالٍ حيث تكون قيمة (γ) منخفضة عندما تكون قيم (E/P) واطئة وتكون عالية عندما تكون قيم (E/P) عالية .

وعندما تكون قيم (E/P) عالية سوف يكون هناك عدد كبير من الايونات الموجبة والفوتونات ذات الطاقة العالية بما فيه الكفاية لإخراج الالكترونات من سطح الكاثود

$$I = I_0 \frac{e^{(pd)f\left(\frac{V}{pd}\right)}}{1 - \gamma\left(e^{(pd)f\left(\frac{V}{pd}\right)} - 1\right)} \quad \dots\dots\dots 5-2$$

وعند زيادة الفولتية ، تيار الاقطاب عند الانود يزداد طبقا للمعادلة (2 - 4) . عند زيادة تيار الانود فان مقام المعادلة (2 - 4) يصبح صفرا

$$\gamma(e^{\alpha d} - 1) = 1 \quad \dots\dots\dots 6-2$$

في هذه النقطة تتبأت المعادلة (2 - 4) ان تيار القطب يصبح غير منتهٍ. وهذا يعرف الانتقالية من التفريغ الذاتي الى الانهيار الكهربائي [9]

2-2 : قانون باشن : paschen's law

في عام 1889 نشر العالم باشن (Friedrich paschen) قانون يعرف باسم قانون باشن . حيث ان فولتية الانهيار (V_B) بين الأقطاب هي دالة لـ (pd) الناتجة من الضغط داخل الانبوب والمسافة بين الاقطاب حيث وجد العلاقة التالية [15] :

$$V_B = \frac{BPd}{\ln\left(\frac{Apd}{\ln\frac{1}{\gamma}}\right)} \quad \dots\dots\dots 7-2$$

لفهم العمليات الفيزيائية وراء قانون باشن ، نأخذ حجرة (انبوب) مفرغة حيث لم يحصل الانهيار لحد الان . حيث يوجد داخل هذه الغرفة عدد من الالكترونات الحرة الناتجة من مصادر التآين الخارجية مثل الاشعة الكونية وعندما نسلط فولتية بين الاقطاب في الانبوب فان الالكترونات الحرة سوف تعجل متجهة نحو الانود . اذا كان الغاز ذا كثافة كافية فان الالكترونات ربما تتصادم مع الذرات المتعادلة مسببة تأينها ، الايونات الناتجة من التصادم سوف تعجل نحو الكاثود وتصطمم به محررة الكترونات ثانويه . [53]

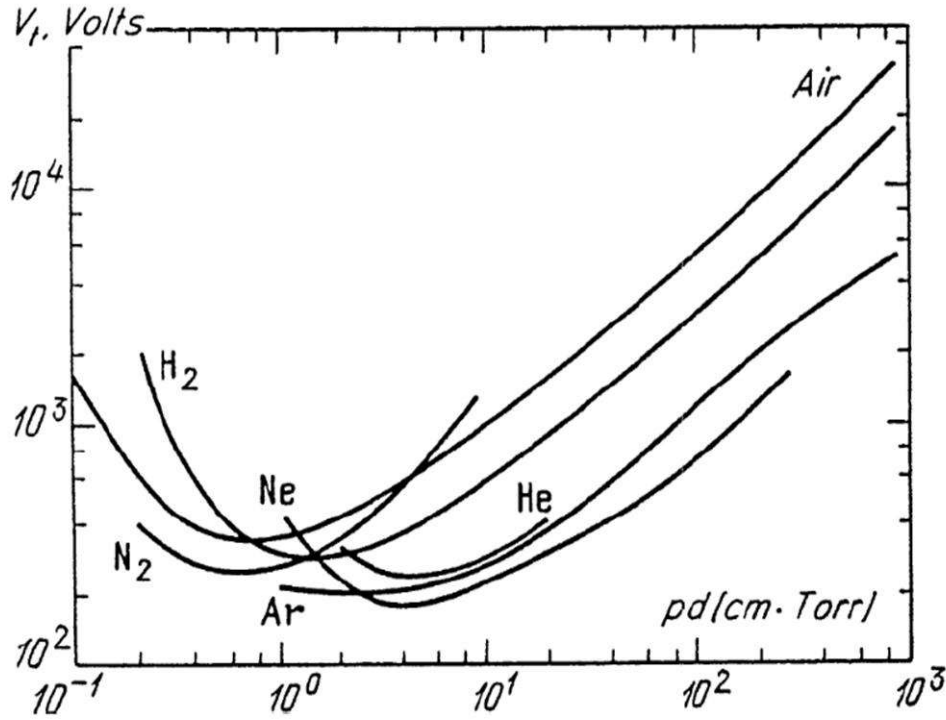
ومن المعروف ان ادنى حد يتعلق بـ (Pd) يسمى الحد الادنى لباشن . عند القيم الكبيرة لـ Pd ($\frac{d}{\lambda_e} \gg 1$) ، يكون عدد التصادمات ضمن الانبوب كبيراً. وبالتالي تكتسب (تلتقط) قليلاً جدا من الطاقة بين الاصطدام بحيث احتمالية التآين تقل . لتعويض هذا النقصان تزيد فولتية الانهيار (V_b) ، عندما تكون Pd صغيرة فان (V_b) تزداد وذلك لان عدد التصادمات داخل الانبوب تكون قليلة.

القيم الكبيرة لـ (Pd) تزداد خطيا مع Pd وهذه القيم تحقق المعادلة

$$Pd = A^{-1} \ln\left(1 + \frac{1}{\gamma_{se}}\right) \quad \dots\dots\dots 8-2$$

ادنى فولتية انهيار في بعض القيم المتوسطة ($Pd = (pd)_{min}$) ، المنحني بين بين الفولتية (V_b) و (Pd) يسمى منحني باشن ، وهو دالة للغاز و نوع مادة القطب . [15]

ونوع منحني الانهيار الكهربائي (منحني باشن) للأقطاب المتوازية موضح بالشكل (1-2)



الشكل (1-2) يوضح منحني باشن للغازات مختلفة لمدى واسع لقيم pd [15]

Plasma concepts

3-2 : مفاهيم البلازما

Debye shielding

1-3-2 : قشرة ديبي

واحدة من اكثر الخصائص المهمة في البلازما هي قشرة ديبي لكل شحنة مقابل سحابه من الجسيمات المشحونة المتعاكسة الذي يتمثل بجهد ديبي الناتج من ايون موجب في البلازما محاطا بالإلكترونات ، ولمعرفة المدى الذي يكون خلاله الجهد الكهربائي الناتج عن هذا الايون سوف يؤدي الى تفريغ الشحنات الموجبة في منطقة المجال المحيط به وذلك بسبب تنافر الايون مع الشحنات الموجبة الاخرى المتواجدة في البلازما من جهة الجاذبية مع الإلكترونات السالبة من جهة اخرى . ولهذا يحدد بقياس خاص يدعى بطول ديبي (λ_D) ويخمن في اتجاه واحد هو (λ) بواسطة تكافئ الجهد على الشحنة المنفصلة :

$$E_p = e\phi\lambda_D \dots\dots\dots 9-2$$

اعلى مسافة حجب (λ_D) مع الطاقة الحركية للجسيم ($\frac{1}{2} KB T$) وفي تقريبات المجال الكهربائي (E_x) لبلازما الهيدروجين كمثال ($n = n_i = n_e$) نحصل على :

$$\nabla \cdot E = \frac{Q}{\epsilon} = \frac{ne}{\epsilon} \approx \frac{E(x)}{x} \dots\dots\dots 10-2$$

اما محصلة الطاقة الكامنة

$$E_p = e\phi\lambda_D = e \int_0^{\lambda_D} E(x) dx = \frac{ne^2\lambda_D^2}{2\epsilon_0} \dots\dots\dots 11-2$$

نستنتج ان

$$\lambda_D = \left(\frac{\epsilon_0 KB T}{ne^2} \right)^{1/2} \dots\dots\dots 12-2$$

من حلول معادلة بوسن (Poisson's equation)

$$\Delta\phi = \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{d\phi}{dr} \right) = \lambda_D^{-2} \phi \dots\dots\dots 13-2$$

يعطى طول ديبياي الكلي

$$\lambda_D^{-2} = \lambda_{De}^{-2} + \lambda_{Di}^2 \dots\dots\dots 14 - 2$$

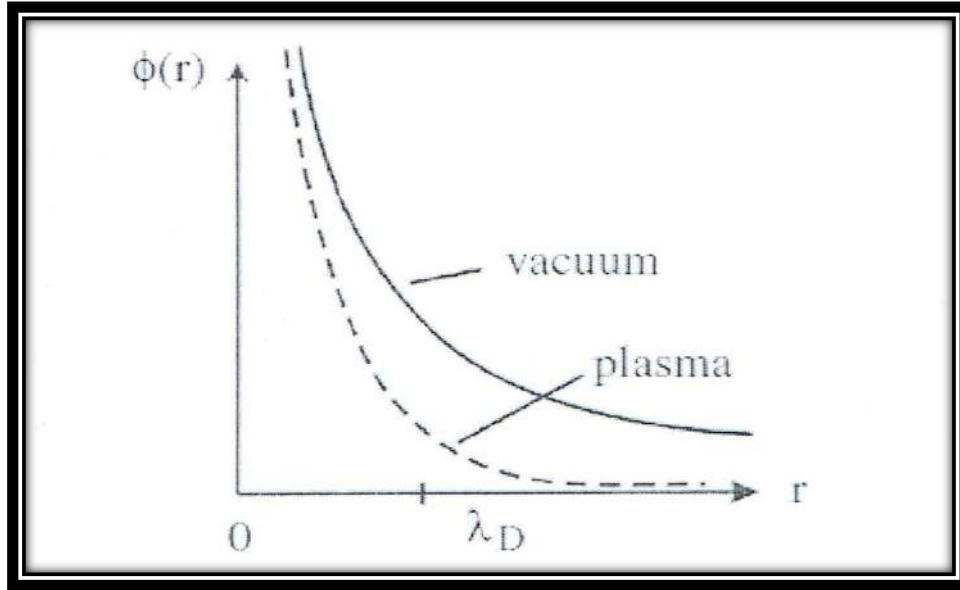
تعويض قيم طول ديبياي للإلكترونات والايونات بالصيغ الأتية

$$\lambda_{De,i} = \sqrt{\frac{\epsilon_0 KB T_{ei}}{n_{e,i} n^2}} \dots\dots\dots 15 - 2$$

وتوزيع الجهد يكون

$$\phi r = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r} \exp\left(-\frac{r}{\lambda_D}\right) \dots\dots\dots 16 - 2$$

ويمكن توضيح المعادلة أعلاه في الشكل (2-2) ويوضح الخط المنقط جهد كولوم لكل شحنة (q) من الجسم في البلازما وعليه فان البلازما تكون شبة متعادلة ، اما الخط المستمر يمثل توزيع الجهد للجسيمات المشحونه في الفراغ [54]



الشكل (2-2) يمثل تغير الجهد مع المسافة لجسيم مشحون في الفراغ (الخط المستمر) والبلازما (الخط المنقط) [55]

The plasma parameter

2-3-2 : معلمة البلازما :

معلمة البلازما ذات صلة بطول ديبياي وهو عدد الجسيمات (N_D) في كرة ديبياي ذات نصف قطر (λ_D) ، ويمكن ان يحدث مجال قشرة ديبياي الذي يحتوي على عدد من الجسيمات ، ويرجع ذلك الى الاضمحلال الاسي للجهد ويمكن الافتراض ان القشرة سببها الإلكترونات في كرة ديبياي ، ويمكن حساب عدد الجسيمات داخل كرة ديبياي باستخدام العلاقة [13]

$$N_D = \frac{4\pi}{3} n_e \lambda_D^3 \quad \dots\dots\dots 17 - 2$$

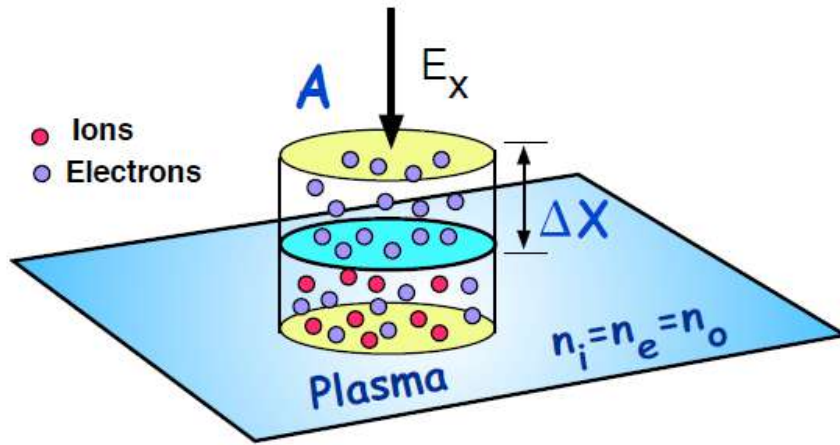
The plasma frequency

3-3-2 : تردد البلازما :

ينشأ تردد البلازما بصورة اساسية نتيجة تفاعل قوى كولوم بين الشحنات المعاكسة [56]. ان اقصر نطاق زمني لاستجابة البلازما للاضطرابات الخارجية يعتمد على سرعة تذبذب الإلكترونات حول الايونات الثقيلة حيث يكون الانحراف في البلازما المثالية صغيراً وفي بعد واحد

$$s = \Delta x \quad \dots\dots\dots 18 - 2$$

هذه الانحرافات تحدث على طول المستوى العمودي في الاتجاه (x) كما في الشكل (3-2) . وهذا ينتج مجالاً كهربائياً (E_x) ويحسب من الشكل [54].



الشكل (3-2) يبين المجال الكهربائي E_z والتي ينتجها تذبذب شحنة على طول المسافة Δx [56]

حيث ان شحنة الالكترونات

$$Q = -en_o A \Delta x \quad \dots\dots\dots 19-2$$

حيث ان Δx تمثل الارتفاع

ان معظم المجال الكهربائي في البلازما عند منتصف الحاوية ملغي

$$n_{e_o} = n_{i_o} \quad \dots\dots\dots 20 - 2$$

و

$$E = 0$$

ولدينا

$$-AE_x = \frac{-e n_o A \Delta x}{\epsilon_o} \quad \dots\dots\dots 21 - 2$$

وباستعمال نظرية كاوس

$$E_x = \frac{e n}{\epsilon_o} \Delta x \quad \dots\dots\dots 22 - 2$$

ومعادلة حركة الالكترونات داخل المجال الكهربائي

$$m_e \frac{d^2 \Delta x}{dt^2} = -\frac{-e}{\epsilon_o} n_e \Delta x \quad \dots\dots\dots 23 - 2$$

ومن ثم فان اهتزاز الالكترونات توافقي حيث يعطى التردد

$$W_{pe} = \sqrt{\frac{n_e e^2}{m_e \epsilon_0}} \dots\dots\dots 24 - 2$$

اما تردد الايونات في البلازما يعطى بالعلاقة [57]

$$W_{pi} = \sqrt{\frac{n_i Z^2 e^2}{\epsilon_0 m_i}} \dots\dots\dots 25 - 2$$

4-3-2 : نصف قطر لارمور وتردد السيكلوترون

Cyclotron Frequency and larmor radius

معادلة حركة الجسيمات المشحونة ذات كتلة m ومشحونة بشحنة q داخل مجال كهربائي ومجال مغناطيسي (E, B) تعطى بالعلاقة :

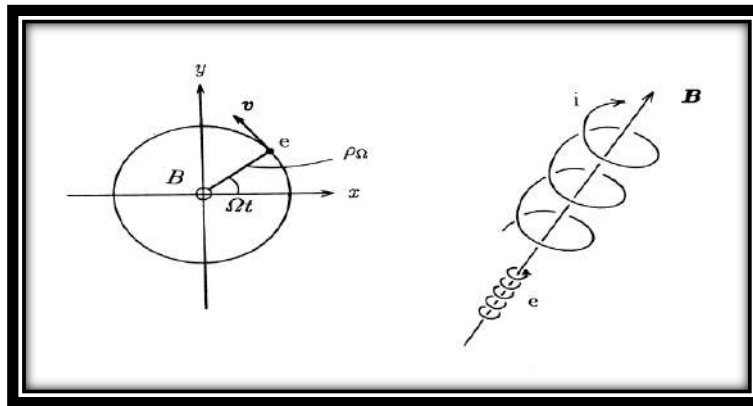
$$m \frac{dv}{dt} = q (E + v \times B) \dots\dots\dots 26 - 2$$

عندما يكون المجال المغناطيسي متجانساً وفي الاتجاه Z والمجال الكهربائي يساوي صفراً معادلة الحركة تصبح $v = \left(\frac{qB}{m}\right) (v \times b) \left(b = \frac{B}{B}\right)$

$$\left. \begin{aligned} v_x &= -v_{\perp} \sin(\omega t + \delta) \\ v_y &= v_{\perp} \cos(\omega t + \delta) \\ v_z &= v_{z0} \end{aligned} \right\}$$

$$\omega = -\frac{qB}{m} \dots\dots\dots 27 - 2$$

حل هذه المعادلة هي حركة لولبية حول خطوط القوة المغناطيسية وهذه هي السرعة الزاوية لجسيمات (Ω) كما في الشكل .



الشكل (4-2) يبين حركة لارمور لجسيم مشحون داخل مجال مغناطيسي [58]

هذه الحركة تسمى حركة لارمور (Larmor motion) والتردد الزاوي (ω) يسمى تردد السيكلوترون.

بما ان القوة الطاردة المركزية Centrifugal force ($\frac{mv^2_{\perp}}{R\omega}$) ، وقوة لورنتز Lorentz force

($qv \perp B$) ، حيث ان كلتا القوتين في حالة اتزان . عندها نستطيع ان نجد نصف قطر لارمور

$$r_L = \frac{m v_{\perp}}{|q| B} \quad \dots\dots\dots 28-2$$

حيث ان (r_L) تمثل نصف قطر لانمور

مركز حركة لارمور يسمى مركز التوجيه ، وحركة لارمور للالكترونات لليمين ($\omega e > 0$) ، وحركة لارمور الايونات للييسار ($\omega i < 0$) كما موضح في الشكل (6-1) [58]

5-3-2 : معدل المسار الحر : mean free path

عندما تتحرك الجزيئات سوف تتصادم بعضها مع بعضها الاخر وسوف تتحرك بخط مستقيم ، حيث يكون توزيع الجزيئات بشكل عشوائي في حجم معين وتتحرك هذه الجزيئات بسرعات مختلفة .

والمسافة بين تصادمين يسمى معدل المسار الحر (λ_m) [13]

$$\lambda_m = \frac{1}{\sqrt{2} \sigma_c n_g} \quad \dots\dots\dots 29-2$$

حيث عند زيادة كثافة الغاز يقل معدل المسافة بين التصادمات .

حيث ان : σ_c تمثل المقطع العرضي للتصادم

n_g كثافة جزيئات الغاز

4-2 : عمليات التأين التي تحدث في التفريغ التوهجي

Ionization process occurs in glow discharge

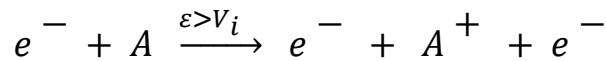
التفريغ التوهجي هو نوع من البلازما التي تحتوي على انواع مختلفة من الجسيمات والالكترونات الايونات والذرات وكذلك تحتوي على انواع من الفوتونات . في جميع انواع البلازما يحصل تصادم للجسيمات بعضها مع بعضها الاخر ، وبالنتيجة ينشأ عدد كبير من العمليات في البلازما منها تحصل داخل التفريغ التوهجي والاخرى عند جدران الانبوبة [58]

Ionization by collisions

1-4-2 : التأين بالتصادمات :

عند تصادم الإلكترون مع الذرات سوف يحصل اما تأين او اثاره لذرات

– التأين بواسطة تصادم الإلكترون هو من الوسائل المهمة في انهيار الغازات وان مدى تأثير التأين بتصادم الإلكترون يعتمد على طاقة الإلكترون ، عند تصادم الإلكترون الحر مع جزيئة غاز متعادلة هذا التصادم يولد الكتروناً جديداً وايون موجباً . عند تسليط مجال كهربائي بين قطبين مغمورين في غاز داخل انبوب فالإلكترونات عند الكاثود سوف تعجل اكثر وسوف تحصل تصادمات اكثر بين جزيئات الغاز خلال انتقال الإلكترونات نحو الانود . اذا كانت طاقة التصادم المكتسبة خلال حركة الإلكترون اكبر من جهد التأين (Ionization potential) هذه الطاقة سوف تحرر الإلكترون وهذه العملية تسمى عملية التأين بتصادم الإلكترون (electron impact ionization) كما في المعادلة : [59]



– الاثارة (التهيج) بواسطة تصادم الإلكترون وهي آلية تشبه آلية التأين بحيث لا يستطيع الإلكترون التحرر من الغلاف الذري ، فقط يستطيع الانتقال من مستوى الطاقة الأدنى الى مستوى الطاقة الاعلى لان طاقة التصادم اقل من جهد التأين وفي هذه الحالة تكون الذرة مهيجة . كما موضح في المعادلة [60]:

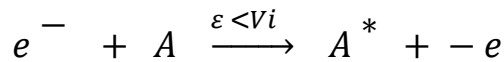


photo – ionization

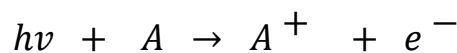
2-4-2 : التأين الضوئي :

التأين الضوئي او التأين بواسطة الاشعاع والذي ينطوي على تفاعل الإشعاع مع المادة وهناك الكثير من العمليات يمكن ان تلاحظ من خلال امتصاص الذرة للإشعاع .

– عندما يسقط الضوء طاقته $h\nu$ اقل من طاقة التأين سوف تثار الذرة وتنتقل الى مستويات طاقة اعلى ، وهذه الذرة يمكن ان تشع فوتون عند عودتها الى مستويات الطاقة الدنيا (المستوى الارضي ground state) يمكن التعبير عنه بالمعادلة :



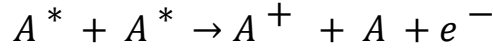
– اما عندما تكون طاقة الضوء الساقط على الذرة او جزيئة الغاز اكبر من طاقة التأين سوف يتحرر الإلكترون من الذرة ويحصل التأين كما في المعادلة : [60]



3-4-2 : التأين بتصادم الذرات غير المستقرة :

Ionization by metastable atom collisions

عند تصادم ذرتين غير مستقرتين مع بعضهما بعضاً وكل منهما تمتلك طاقة كافية ، سوف يتحرر الكترون من احدى الذرتين وتستقر الذرة الاخرى



وهذه العملية ذات اهمية ثانوية في التفريغ التوهجي مقارنة بتصادم الالكترتون [60]

electron detachment

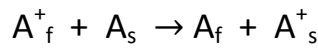
4-4-2 : فصل الالكترتون :

عندما يكون المجال الكهربائي عالياً وعند ظروف معينة من الممكن ان تحرر الالكترونات من الايونات السالبة وفي هذه العملية يجب ان يكون تركيز الأيونات السالبة عالياً وهذه العملية ذات اهمية في تفريغ الاكليل (Corona discharge) [59]

Symmetric charge transfer

5-4-2 : انتقال الشحنة المتماثل :

عند تصادم ايون سريع مع ذرة بطيئة كما موضح

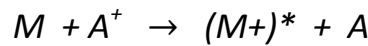


الالكترونات يمكن ان تنتقل من الذرة الى الايون من دون تغيير للطاقة وبشكل ذرة سريعة وايونا بطيئاً ، وهذا هو ليس التأين الحقيقي لأنه لا يحصل زيادة في عدد الايونات وعلى اي حال هذه العملية مهمه في التفريغ التوهجي ، وفي الواقع هذه العملية هي المسؤولة عن تدفق التيار من الذرات السريعة والتي تصطدم مع الكاثود والتي تقود الى التريذ

Asymmetric charge transfer

6-4-2 : انتقال الشحنات غير المتماثلة :

التصادم بين ذرة متعادلة وايون لذرة اخرى يؤدي الى انتقال الالكترتون من الذرة الى الايون كما موضح :



اذا كان فرق الطاقة بين الايون ومستوى الاستقرار ومستويات الطاقة صغير سوف يحصل تحلل للأيون ، كفاءة هذه العملية تقل بصورة عامة بزيادة فرق الطاقة بين المستويات [60]

5-2 : حركة الجسيمات في المجالات الكهرومغناطيسية

(the motion of particles in electromagnetic fields)

مقدمة :

ان ما يجعل البلازما صعبة التحليل هو كثافتها في منطقة بنسبة ما ، حيث توجد البلازما احيانا في وضع شبيه بالمائع و احيانا اخرى في وضع اقرب الى الجسيمات المستقلة [7]

تقع البلازما دوما في مجالات كهربائية ومغناطيسية ، ويمكن تصنيف هذه المجالات على وفق لمنشئها على نوعين : مجالات خارجية مسلطة على البلازما لأهداف شتى منها أضواء البلازما ، ومجالات داخلية تبرز نتيجة لحركة جسيمات البلازما تحت تأثير المجالات الخارجية . لذا من المهم معرفة طبيعة كل من جسيمات البلازما في مثل هذه المجالات واستيضاح الظواهر التي يمكن ان تحدث فيها نتيجة لذلك. تتحصر الخطوة الاولى على طريقة فهم سلوكية البلازما في دراسة حركة الجسيمات المشحونة في المجالات الكهربائية والمغناطيسية [8]

Equation of motion : معادلة الحركة : 1-5-2

عند حركة جسيم مشحون كتلته (m) ومشحون بشحنة (q) داخل مجال كهربائي ومغناطيسي تخضع لمعادلة لورنتز

$$m \frac{dv}{dt} = q \left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B} \right) \dots\dots\dots 30-2$$

Uniform magnetic field : المجال المغناطيسي المنتظم :

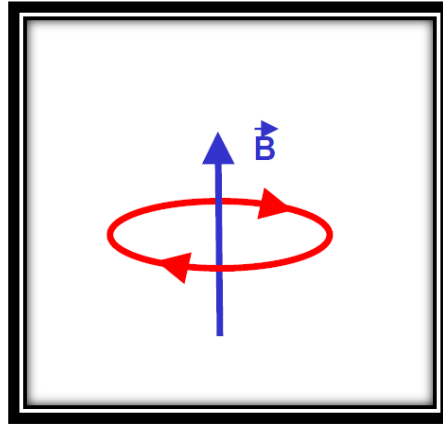
في نظام الاحداثيات الديكارتية المجال الكهربائي يساوي صفر والمجال المغناطيسي الثابت في الاتجاه z ، القوة المحورية في اتجاه z ، معادلات الحركة

$$m \frac{dv_x}{dt} = qv_y B \quad , \quad m \frac{dv_y}{dt} = -qv_x B \quad , \quad m \frac{dv_z}{dt} = 0 \quad \dots\dots\dots 31-2$$

وهذا يتوافق مع الحركة الدائرية حول الاتجاه z مع

$$x = r_L \cos \omega_c t \quad , \quad y = \pm r_L \sin \omega_c t \quad \dots\dots\dots 32-2$$

وفي المستوي (x , y) كما موضح بالشكل



الشكل (5-2) يوضح حركة دوران الجسيمات المشحونة في المستوي (x,y) [60]

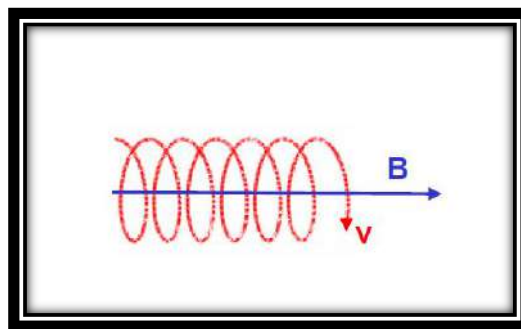
وتردد السايكوترون (cyclotron frequency) يكون على وفق العلاقة [60]

$$\omega_c = \frac{|q|}{m} B \quad \dots\dots\dots 33-2$$

ونصف قطر لامور (Larmor radius) والذي يعطى بواسطة مركبة السرعة الابتدائية v_{\perp} المتعامدة مع المجال المغناطيسي

$$r_L = \frac{v_{\perp}}{\omega_c} = \frac{mv_{\perp}}{|q|B} \quad \dots\dots\dots 34-2$$

السرعة الثابتة في الاتجاه Z . في المعادلة (32-2) الإشارة العليا والدنيا ثابتة للشحنات الموجبة والسالبة على التوالي . ومن ثم فان الجسيمة تتحرك حركة لولبية وبسرعة موازية ثابتة حول متجه المجال المغناطيسي [60] كما موضح بالشكل .



الشكل (6-2) الحركة الدورانية لجسم مشحون يتحرك بسرعة v حول المجال المغناطيسي B [60]

2-5-2 : المجال الكهربائي والمغناطيسي المنتظم

Uniform electric and magnetic field

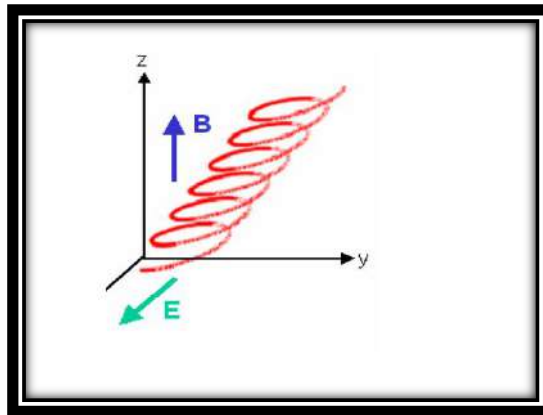
للحصول على مجالين كهربائي ومغناطيسي ثابتين ، نضع مجالاً كهربائياً في المستوي (x,z) والمجال المغناطيسي على طول المحور z ، فان معادلة الحركة في الاتجاهات الثلاثة سوف تكون [60]

$$\frac{dv_x}{dt} = \frac{q}{m} E_x \pm \omega_c v_y \quad , \quad \frac{dv_y}{dt} = \mp \omega_c v_x \quad , \quad \frac{dv_z}{dt} = \frac{q}{m} E_z \quad \dots\dots\dots 35-2$$

وان حل المعادلة (32-2) سيكون:

$$x = r_L \cos \omega_c t \quad , \quad y = \mp r_L \sin \omega_c t - \frac{E_x}{B_z} t \quad , \quad z = \frac{q}{2m} E_z t^2 + v_z^0 t \quad \dots\dots\dots 36-2$$

حيث v_z^0 تشير الى مركبة السرعة الابتدائية الموازية للمجال المغناطيسي . وهذه تمثل الحركة اللولبية مع فرض الانجراف في الاتجاه y (عمودية على المجال الكهربائي والمغناطيسي) . عندما $E_z = 0$. اي المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي متعامدان السرعة الثابته باتجاه z . وهذه الحالة موضحة بالشكل (7-2) [60]



الشكل (7-2) يوضح حركة جسيم مشحون داخل مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين [60]

من تعميم معادلة لورنتز واستبدال القوة التي يسلطها المجال المغناطيسي باي قوة اخرى بالإضافة الى المجال المغناطيسي طبقاً للمعادلة (36-2) سرعة الموازية في اي وقت تعتمد على القوى الخارجية والمجال المغناطيسي ، وسرعة الانجراف ثابتة (*constant drift velocity* V_D) والمتعامدة مع المجال المغناطيسي. وعليه فان المعادلة (30-2) تصبح

$$0 = \left(\frac{\vec{F}}{q} + \vec{v}_D \times \vec{B} \right) \quad \dots\dots\dots (37-2)$$

نضرب بالمتجه B نحصل على

$$0 = \vec{F} \times \vec{B} + q(\vec{v}_D \times \vec{B}) \times \vec{B} = \vec{F} \times \vec{B} - q\vec{v}_D B^2 + q\vec{B}(\vec{B} \cdot \vec{v}_D) \quad \dots\dots (38-2)$$

حيث $v_D \perp B$ ، فإن اخر حد يلغى ، وسرعة الانجراف تصبح

$$\vec{v}_D = \frac{\vec{F} \times \vec{B}}{qB^2} \quad \dots\dots\dots 39-2$$

في هذه الحالة فإن الانجراف في المجالي الكهربائي والمغناطيسي كلاهما ثابتان . فتسمى الانجراف $(E \times B)$ وتعطى بالعلاقة

$$\vec{v}_{E \times B} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{B^2} \quad \dots\dots\dots 40-2$$

وهذا يتطابق مع المعادلة (36-2) والانجراف عمودي على كلا المجالين الكهربائي والمغناطيسي . مركز التوجيه الانجراف التدويمي حركته تكون طبقا للمعادلة

$$\vec{v}_{GC} = \vec{v}_= + \vec{v}_D \quad \dots\dots\dots 41-2$$

حيث $v_=$ تمثل السرعة الموازية للمجال المغناطيسي وفي اي لحظة تتحكم بها المركبة الموازية للمجال الكهربائي

3-5-2 : المجال المغناطيسي غير المنتظم : *Non uniform magnetic field*

نفرض ان التغيير في المجال المغناطيسي يكون صغيراً على طول مسافة نصف قطر التدويم

$$r_L^{-1} \gg \frac{|\nabla B|}{B} \quad \dots\dots\dots 42-2$$

اولا نفرض ان المجال المغناطيسي منحني في هذه الحالة القوة الطاردة المركزية المؤثرة على الجسيم تعطى بالعلاقة

$$\vec{F}_c = \frac{m v_=^2}{R_c} \frac{\vec{R}_c}{R_c} \quad \dots\dots\dots 43-2$$

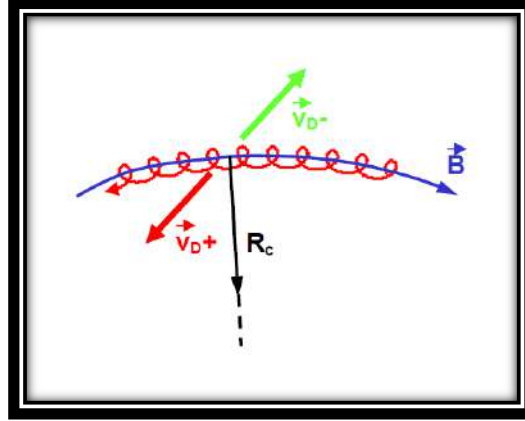
حيث ان R_c نصف قطر التقوس ، ومن ثم يعبر عن سرعة الانجراف بالمعادلة

$$\vec{v}_c = \frac{m v_=^2}{q R_c^2} \frac{\vec{R}_c \times \vec{B}}{B^2} \quad \dots\dots\dots 44-2$$

الشكل الهندسي مؤشر في الشكل (8-2) . على عكس الانجراف $(E \times B)$ ، فان الانجراف الطارد يفصل الجسيمات بقطبية مختلفة ، ولاحظ ان متجه نصف قطر الانحاء من الداخل في حالة تحذب المجال المغناطيسي ومن الخارج في حالة تقعر .

وفي ما يأتي سنناقش تأثير تغير شدة المجال المغناطيسي . التدويم في مستوي قطري يحمل زخم مغناطيسي (μ) و يربط المجال المغناطيسي بطاقة التدويم طبقا للمعادلة ل

$$W_{\perp} = \frac{m}{2} v_{\perp}^2 = \mu B \quad \dots\dots\dots 45-2$$



الشكل (8-2) يوضح انحراف حركة الجسيمات المشحونة في المجال المغناطيسي المنحني [60]

القوة التي تعمل على العزم المغناطيسي (ومن ثم مركز تدوير الشحنة) هي

$$\vec{F} = -\mu \vec{\nabla} B \quad \dots\dots\dots 46-2$$

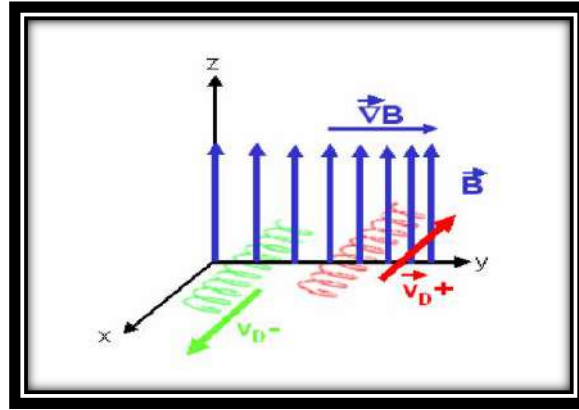
اذا كان انحدار شدة المجال المغناطيسي هو عمودي على المجال المغناطيسي . فان سرعة الانجراف تستنتج مباشرة من المعادلة (39-2)

$$\vec{v}_{B \times \nabla B} = \frac{m v_{\perp}^2}{2q} \frac{\vec{B} \times \vec{\nabla} B}{B^3} \quad \dots\dots\dots 47-2$$

ونضيف المعادلة (33-2)

$$\vec{v}_{B \times \nabla B} = \pm \frac{v_{\perp}^2}{2\omega_c} \frac{\vec{B} \times \vec{\nabla} B}{B^2} \quad \dots\dots\dots 48-2$$

وهذه الحالة موضحة بالشكل (9-2) . مره اخرى فان الانجراف ($B \times \nabla B$) يغير اتجاهه لتطبيقات مختلفة بالنسبة للجسيمات المشحونة ، وهذا يؤدي الى فصل حاملات الشحنة السالبة [60]



الشكل (9-2) يبين انجراف حركة الجسيمات المشحونة في مجال مغناطيسي متجانس مع $B \perp \nabla B$. [61]

إذا كان انحدار B في اتجاه B مبيئاً بالشكل (10-2) للحصول على شكل متمائل محورياً ، فإن الانجراف ($B \times \nabla B$) يلغى ومع ذلك هناك قوة محورية على وفق للمعادلة (46-2)

في الشكل (10-2) الانحدار الموجب لـ B في الاتجاه Z بحيث القوة تؤخر الحركة اللولبية نحو منطقة المجال العالي ، غير معتمدة على القطبية . المعادلة المحورية للحركة هي [60]

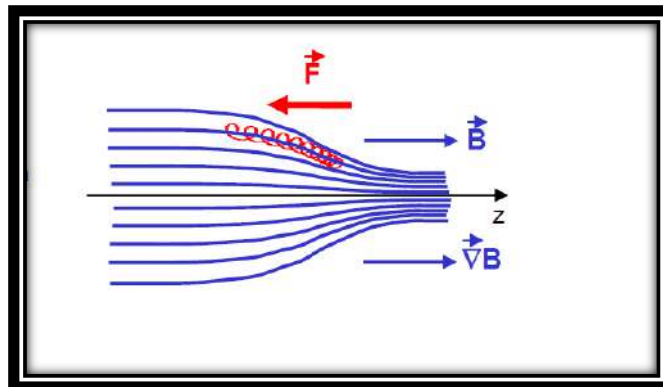
$$m \frac{dv_{\parallel}}{dt} = -\mu \frac{\partial B}{\partial z} \quad \dots\dots\dots 49-2$$

مع $dz = v_{\parallel} dt$ وتغير الطاقة الحركية الانتقالية كما يستنتج مما يأتي :

$$\frac{dW_{\parallel}}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{m}{2} v_{\parallel}^2 \right) = -\mu \frac{\partial B}{\partial z} \quad \dots\dots\dots 50-2$$

وبدون اضافة اي جهد ، الطاقة الحركية الكلية

$$W = W_{\parallel} + W_{\perp} \quad \dots\dots\dots 51-2$$



الشكل (10-2) يبين حركة الجسيمات المشحونة في المجال المغناطيسي المتجانس مع $B \parallel \nabla B$. [60]

ومن المعادلتين (45-2) و (50-2) نحصل على

$$-\mu \frac{\partial B}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t} (\mu B) = B \frac{d\mu}{dt} = 0 \quad \dots\dots\dots 52-2$$

ومن ثم العزم المغناطيسي يبقى ثابتاً خلال الحركة التدويمية على طول المجال المغناطيسي غير المتجانس ، وبناءً على ذلك فالانتقال من منطقة المجال المنخفض الى منطقة المجال العالي يزيد الطاقة الحركية المستعرضة ، وبالمقابل تقل الطاقة الحركية الانتقالية والعكس صحيح . ومن ثم المجال المغناطيسي المتكون المتجانس مع $B \parallel \nabla B$ يمكن استخدامه لتسريع او تقليل سرعة الجسيمات المشحونة . ويمكن ايجاد الفيض المغناطيسي خلال المدار التدويمي نجد

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{d}{dt} (\pi r_L^2 B) = \frac{\pi m}{q^2} \frac{d}{dt} \left(\frac{m v_{\perp}^2}{B} \right) = 2 \frac{\pi m}{q^2} \frac{d\mu}{dt} = 0 \quad \dots\dots\dots 53-2$$

والتي تعني ان الفيض المغناطيسي خلال المدار التدويمي يكون محفوظاً خلال الانتقال في المجال المغناطيسي [62]

4-5-2 : الجاذبية والمجال المغناطيسي : Gravitation and magnetic field

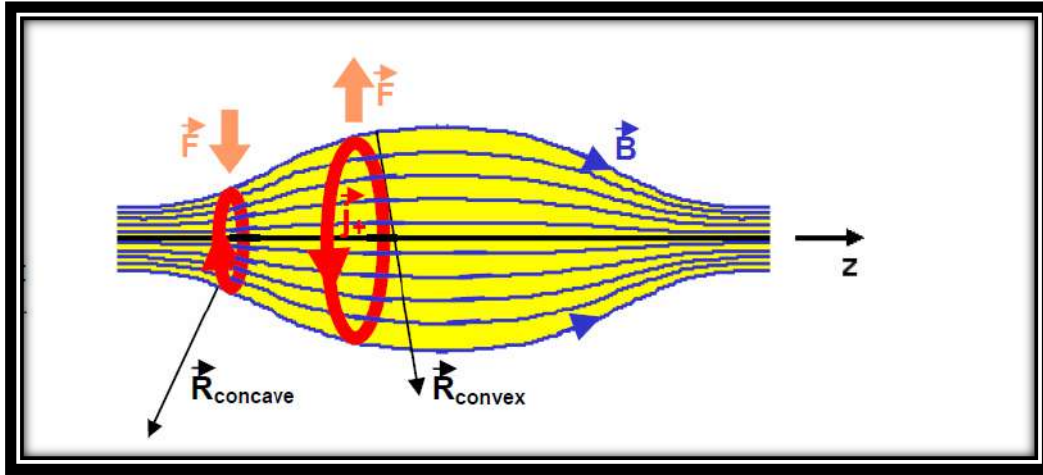
طبقاً للمعادلة (39-2) ، فان التعجيل يسبب الانجراف عندما المجال المغناطيسي له مركبة افقية . وعند تسارع تعجيل الجاذبية تكون النتيجة

$$\vec{v}_G = \frac{m}{q} \frac{\vec{g} \times \vec{B}}{B^2} \quad \dots\dots\dots 54-2$$

والتي تميل مره اخرى وتميز بين الشحنات الموجبة والسالبة [60].

5-5-2 : الانجراف وعدم الاستقرار : Drifts and instabilities

كما بينا في اعلاه بعض الانجرافات (التعجيل ، $B \times \nabla B$) التي تتميز حسب قطبية الشحنة . قد تسبب هذه عدم الاستقرار عند حافة البلازما . سوف نناقش هذا السبب في منحنى الانجراف في البلازما كما موضح بالشكل (11-2) ، وهذا ما يسمى بالمرآة المغناطيسية . كما مبين في المعادلة (44-2) ، في انحناء الانجراف يؤثر بالمقام الاول على الايونات . حتى اذا كانت درجة حرارة الأيون اقل مقارنةً مع درجة حرارة الالكترون ، في الضغط المنخفض البلازما غير الحرارية ($KT_e \approx 5ev$ ، $KT_i \approx 0.05ev$) ، السرعات المتوازية للايونات والالكترونات تحجم مع الجذر التربيعي لدرجة الحرارة تختلف اقل بكثير من الكتل [60]



الشكل (11-2) يبين الانجرافات الناجمة من التيارات مع قوة لورنتز المؤثرة على البلازما وتمثل بانحناء محدب او مقعر [60]

ومن ثم صافي كثافة التيار j_+ التي سببها البلازما والمشار اليها في الشكل

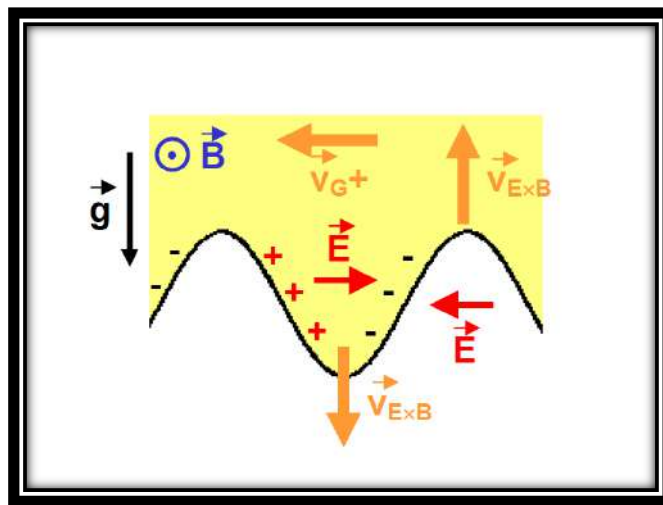
$$\vec{j}_+ \approx n_e \vec{v}_{c,i} \quad \dots\dots\dots 55-2$$

في حالة حدود تحذب البلازما (تخصر البلازما من الوسط كما في الشكل 11-2) ، تدفق التيار الحلقي باتجاه عقارب الساعة وفيما يتعلق باتجاه المجال المغناطيسي المقعر بعكس عقارب الساعة .

وبالنتيجة تكون قوة لورنتز لكل وحدة حجم

$$\vec{f} = e[\vec{j}_+ \times \vec{B}] \quad \dots\dots\dots 56-2$$

والتي تكون متجهة نحو الخارج في منحنى التحذب والى الداخل في منحنى التقعر ومن ثم تميل البلازما الى حالة الاستقرار في حالة منحنى التحذب



الشكل (12-2) يبين ريلي تايلور عدم استقرار حدود البلازما بسبب انجراف الجاذبية [60]

كذلك انجراف الجاذبية يؤثر بالتفصيل على الايونات . يبين الشكل (2-12) ان حدود البلازما تخضع لتقلبات (بسبب الموجات الكهرومغناطيسية او الاحصائية) العمودية على المجال المغناطيسي . انجراف الجاذبية يدفع الايونات الى يسار المجال كما في الشكل (2-12) ، مما ادى الى تراكم الايونات وعدم الاستقرار عند حواف البلازما والمجال الكهربائي موجه الى اليمين في البلازما والى اليسار خارج البلازما . ناتج انجراف $E \times B$ يزيد من عدم استقرار بواسطة سحب للسحب الخارج والمنخفضات داخل وهذه هي عدم استقرارية ريلي- تايلور [60].

6-5-2 : وقت اعتماد المجال المغناطيسي : Time-dependent magnetic field

هنا تعاملنا ببطيء مع المجالات المتفاوتة مع $\omega_c \ll \frac{\partial}{\partial t}$ او الاختلاف في المجال يكون صغير خلال الدورة الكاملة .

يتغير المجال الكهربائي بتغير الطاقة الحركية للجسيمات المشحونة . طبقا لمعادلات ماكسويل يتغير المجال المغناطيسي نتيجة لتغير المجال الكهربائي طبقا لـ

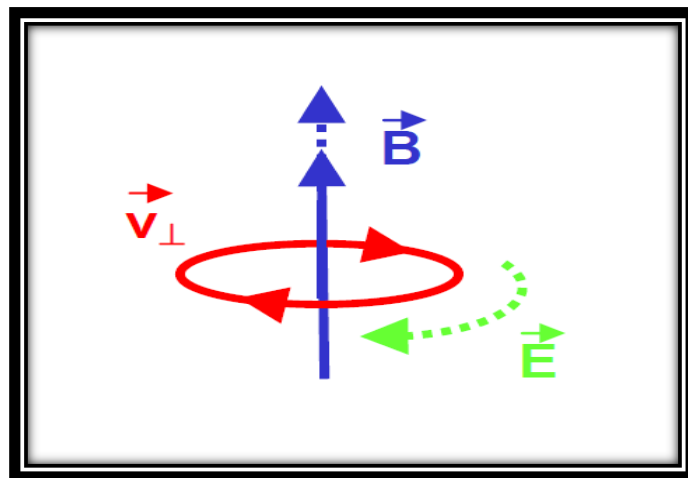
$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \dots\dots\dots 57-2$$

ام من تكامل المعادلة

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int (\vec{\nabla} \times \vec{E}) \cdot d\vec{A} = - \frac{\partial}{\partial t} \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad \dots\dots\dots 58-2$$

حيث | هو خط مسار التكامل في جميع انحاء المنطقة (المساحة)

المعادلة (57-2) تطبق لدراسة التغير في طاقة الدوران لدورة الواحدة [60]



الشكل (2-13) يبين سبب المجال الكهربائي في الدوران ببطء بتباين المجال المغناطيسي [60]

كما المجال الكهربائي السمتي مكون من متجهة السرعة العمودي ، يزيد او يقلل الجسيم باستمرار . ومعادلة الحركة هي

$$m \frac{dv_{\perp}}{dt} = |q|E \quad \dots\dots\dots 59-2$$

(لاحظ ان علامة الشحنة لا تدخل السمتي وتتغير السرعة بتغير اتجاه الشحنة) التغير في طاقة الدوران تحسب من العلاقة

$$\frac{dW_{\perp}}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{m}{2} v_{\perp}^2 \right) = m v_{\perp} \frac{dv_{\perp}}{dt} = |q|E v_{\perp} \quad \dots\dots\dots 60-2$$

وباستخدام المعادلات (58-2) ، (34-2) ، (45-2) نحصل على

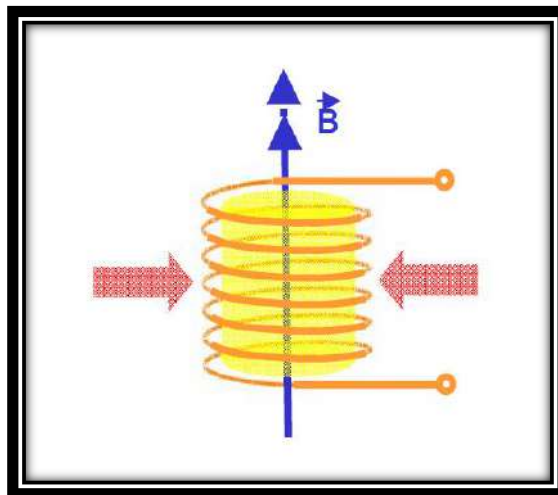
$$\frac{dv_{\perp}}{dt} = q v_{\perp} \frac{\pi r_L^2}{2\pi r_L} \frac{\partial B}{\partial t} = \frac{m v_{\perp}^2}{2B} \frac{\partial B}{\partial t} = \mu \frac{\partial B}{\partial t} \quad \dots\dots\dots 61-2$$

باستخدام المعادلة (45-2)

$$\frac{d\mu}{dt} = \frac{1}{B} \frac{dW}{dt} - \frac{W_{\perp}}{B^2} \frac{\partial B}{\partial t} = 0 \quad \dots\dots\dots 62-2$$

ومن ثم العزم المغناطيسي ليس محفوظاً فقط لكنه متفاوت مكانيا كما مبين في المقطع (3-4) ، ولكن المجال يتغير ببطيء مع الزمن . ومع ذلك الربح (او الخسارة) في الطاقة المستعرضة لا يعوض عن طريق فقدان (او الربح) في الطاقة المتعدية ، وكذلك الطاقة الحركية الكلية يمكن ان تتغير ببطيء بتغير المجال المغناطيسي والبلازما يمكن ان تسخن (او تبرد) في هذه الطريقة . [61]

تمغنط البلازما محوريا بالملف المبين بالشكل (14-2) ، والمعادلة (58-2) تكتب بالإحداثيات الاسطوانية



الشكل (14-2) الضغط الاشعاعي للبلازما بواسطة التغير البطيء للمجال المغناطيسي بواسطة ملف لولبي [60]

$$2\pi r E_\theta = -\pi r^2 \frac{\partial B_z}{\partial t} \quad \dots\dots\dots 63-2$$

نتيجة انجراف $E \times B$ الاتجاه الاشعاعي لسرعه

$$v_r = -\frac{r}{2B_z} \frac{\partial B_z}{\partial t} \quad \dots\dots\dots 64-2$$

بغض النظر عن القطبية ، لذلك تتحرك البلازما الى الداخل . كما $V_r \sim r$ ، وهذا الضغط يحدث بتجانس ، مع محافظة البلازما على شكلها وتوزيع الجسيمات المشحونة . يمثل نصف قطر البلازما بـ r_p ، وتغير الفيض المغناطيسي خلال البلازما يقارن بـ

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{d}{dt} (\pi r_p^2 B_z) = 2\pi r_p B_z v_{rp} + \pi r_p^2 \frac{\partial B_z}{\partial t} \quad \dots\dots\dots 65-2$$

حيث تدل (v_{rp}) سرعة البلازما في المحيط الداخلي ، وطبقا للمعادلة (64-2)

$$\frac{d\phi}{dt} = 0 \quad \dots\dots\dots 66-2$$

وهذا يعني ان الفيض المغناطيسي خلال البلازما هو محفوظ خلال مرحلة الضغط ، كذلك الفيض المغناطيسي خلال المسار الدائري محفوظ . وبعبارة اخرى تظل مرتبطة بخطوط المجال خلال الضغط

7-5-2 : تغير المجال الكهربائي : Time-dependent electric field

نفرض الشكل الهندسي الموضح (7-2) يوضح المجال الكهربائي المتعامد مع لمجال المغناطيسي المتفاوت بالقوة بمقدار قليل . بعد ذلك نشق المعادلة (35-2)

$$\frac{d^2 v_x}{dt^2} = -\omega_c^2 v_x \pm \frac{\omega_c}{B} \frac{\partial E_x}{\partial t} \quad \dots\dots\dots 67-2$$

الفرق v_x تذبذب الدوران سريع و سرعة الانجراف بطيئة نحصل على

$$\frac{d^2 v_{x,G}}{dt^2} = -\omega_c^2 v_{x,G} - \omega_c^2 v_{x,D} \pm \frac{\omega_c}{B} \frac{\partial E_x}{\partial t} \quad \dots\dots\dots 68-2$$

الجانب الايسر من الحد الاول على الجانب الايمن يلغى كما يتحدد الدوران . وهذه النتيجة تسمى الانجراف بالاستقطاب في اتجاه المجال الكهربائي

$$\vec{v}_p = \frac{m}{qB^2} \frac{d\vec{E}_\perp}{dt} \quad \dots\dots\dots 69-2$$

حيث E_\perp تمثل المجال الكهربائي العمودي على المجال المغناطيسي . انجراف الاستقطاب يفصل مرة اخرى الشحنات ويعمل بشكل مختلف على الايونات والالكترونات (الى حد كبير على الايونات) . كما انه يسبب صافي التيار في البلازما (في قياس التيار في المواد العازلة) [60]

Plasma diagnostics

6-2 : تشخيص البلازما :

لدراسة الخصائص المختلفة للبلازما من الضروري تحديد الخصائص التي تميز البلازما تجريبياً . كثافة الأيونات والالكترونات والجسيمات المتعادلة وكذلك تحديد درجة الحرارة ، وكذلك مستويات الطاقة للمجاميع الذرية والجزيئية ، سرعة الأيونات ، والمجال الكهربائي ، والجهد وهو من أهم الكميات ، حيث توجد طرق ونظريات عدة لتحديد هذه الخصائص . ومنها [61]

Langmuir probe

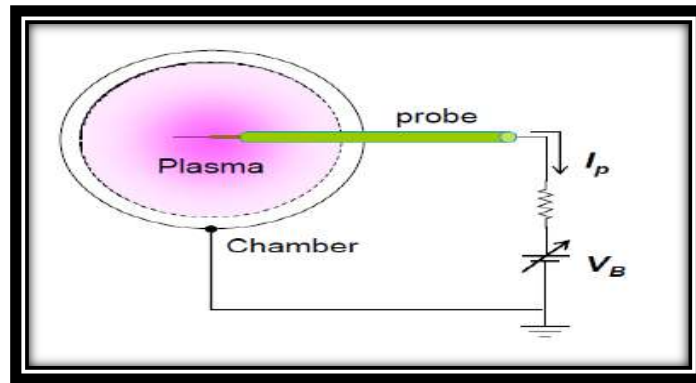
1-6-2 : المجس الكهربائي:

ان الأداة الأقدم والأكثر شيوعاً لتشخيص البلازما هو المجس ال ويسمى مجس لانغمور والذي يستعمل لقياس كثافة الالكترونات وكثافة الأيونات والجهد العائم وجهد البلازما وتيار الالكترونات والايونات [12] . وبسط تكوين للمجس الكهربائي هو قطب معدني صغير احدي طرفية مغمور بالبلازما بينما الطرف الاخر مربوط الى مصدر خارجي متغير الانحياز سواء كان موجبا او سالبا المجس مصنوع من مواد ذات درجة انصهار عالية عادتاً تتكسطن اما يشكل قضيب او وسلك رفيع وهذا القضيب يوضع داخل انبوب سيراميك رفيع وعادة اوكسيد الألمنيوم لعزله عن البلازما اما رأس المجس فيكون مكشوفاً وبحدود (2-10 mm) [62] .

Single Langmuir probe

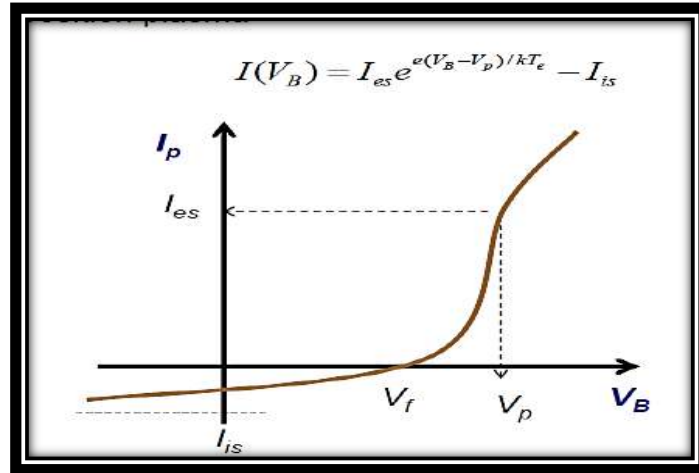
2-6-2 : المجس المنفرد :

هو جهاز استعمله أول مرة العالم لانغمور لتحديد درجة حرارة الالكترونات وكثافة الالكترونات وجهد البلازما . وهو قطب اما يكون مستويا او اسطوانياً او كروياً يغمر في بلازما التفريغ لقياس التيار وهذا التيار يكون دالة لجهد كما موضح في الشكل (2-15) [63] .



الشكل (2-15) مخطط الدائرة الكهربائية للمجس المنفرد [65]

ومن خصائص الفولطية والتيار للمجس المنفرد والمبين في الشكل



الشكل (2-16) يوضح خصائص الفولتية والتيار لمجس لانغور المنفرد [64]

الذي يتميز بثلاث مناطق عندما يكون جهد المجس (v_p) اكبر من جهد البلازما عندها الايونات لا تستطيع الوصول الى سطح المجس الكهربائي ويقاس المجس فقط تيار الالكترونات وتسمى هذه المنطقة منطقه الاشباع الالكتروني (منطقه C) ويمكن حساب التيار الالكتروني من خلال العلاقة

$$I_e = e n_e A_p \sqrt{\frac{K T_e}{2\pi m_e}} \exp\left(-\frac{e(V_p - V_B)}{K T}\right) \dots\dots\dots 70-2$$

حيث ان : A_p مساحة سطح المجس ، m_e كتلة الالكترون ، V_p جهد البلازما

V_B جهد المجس ، K ثابت بولتزمان ، T_e درجة حرارة الالكترون

وعندما ينخفض الجهد اقل من جهد البلازما فالأيونات تكون قادرة على الوصول الى المجس . فقط جزء صغير $(\exp(-e(V_B - V_p)/KT))$ من الالكترونات ستكون قادرة على الوصول الى سطح المجس تتمثل بالمنطقة (B) التيار يساوي صفرا عند الجهد العائم (V_f) حيث تشير هذه النقطة الى ان تيار الايونات والالكترونات متساوٍ . وعندما يكون جهد المجس اقل بكثير من جهد العائم (V_f) فقط الايونات تستطيع الوصول الى سطح المجس . بينما يهمل اسهام الالكترونات بسبب العامل الاسي وهذه المنطقة تسمى منطقة اشباع الايونات ويمكن حساب تيار الايونات من خلال العلاقة [61] .

$$I_i = e n_i A_p \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{K T_e}{2\pi m_i}} \left(\frac{e(V_p - V_B)}{K T}\right)^{1/2} \dots\dots\dots 71-2$$

اما تيار الالكترونات يمكن حسابة من خلال العلاقة الاتية :

$$I_e = e n_e A_p \sqrt{\frac{K T_e}{2\pi m_e}} \exp\left(-\frac{e(V_p - V_B)}{K T_e}\right) \quad \dots\dots\dots 72-2$$

حيث ان :

m_i كتلة الايون ، m_e كتلة الالكترون ، N_e كثافة الالكترونات ، n_i كثافة الايونات

عندما تكون فولتية المجس الكهربائي (V_f) اكبر بكثير من جهد البلازما (V_p) فان التيار الالكتروني يصل الى قيمة معينة يسمى تيار الاشباع الالكتروني ويمكن حسابه من خلال العلاقة :

$$I_{se} = e n_e A_p \sqrt{\frac{K T_e}{2\pi m_e}} \quad \dots\dots\dots 73 - 2$$

اما عندما تكون فولتية المجس اقل بكثير من جهد البلازما فان تيار الايونات يصل الى قيمته الثابتة ويسمى بتيار الاشباع الايوني ويمكن حسابه من خلال العلاقة [65]

$$I_{si} = 0.61 e n_i A_p \sqrt{\frac{K T_e}{m_i}} \quad \dots\dots\dots 74-2$$

درجة الحرارة : الالكترونات والايونات الموجبة تكون عادة بدرجة الحرارة نفسها ولكن من الناحية العملية هذه القيم مختلفة ، ولإيجاد درجة حرارة الإلكترون نأخذ قيمتين اعتباطيتين لتيار (i_1, i_2) لمنطقة الانتقال ثم نأخذ الفرق بينهما ويعبر عن درجة حرارة الإلكترون بوحدات الكلفن (K) بالعلاقة الاتية :

$$T_e = \frac{e(V_1 - V_2)}{K \ln\left(\frac{i_1}{i_2}\right)} \quad \dots\dots\dots 75-2$$

وعند ضرب المعادلة اعلاه بثابت بولتزمان (K) بوحدات (ev/k) ، نحصل على درجة حرارة الألكترون بوحدات (ev) وكما في العلاقة الاتية:

$$T_e(ev) = \frac{e(V_1 - V_2)}{\ln\left(\frac{i_1}{i_2}\right)} \quad \dots\dots\dots 76-2$$

اما لإيجاد درجة حرارة الايون بوحدات (ev) نطبق العلاقة التالية :

$$T_i(ev) = \frac{T_e m_i}{m_e} \exp\left(-\frac{2(V_p - V_f)}{T_e}\right) \quad \dots\dots\dots 77-2$$

الكثافة : يمكن التعبير عن كثافة الالكترونات والايونات من خلال حل معادلة تيار الاشباع الإلكتروني والايوني [65].

حيث تعطى كثافة الالكترونات بالعلاقة :

$$n_e = \frac{i_{se}}{e A_p} \sqrt{\frac{2\pi m_e}{K T_e}} \dots\dots\dots 78-2$$

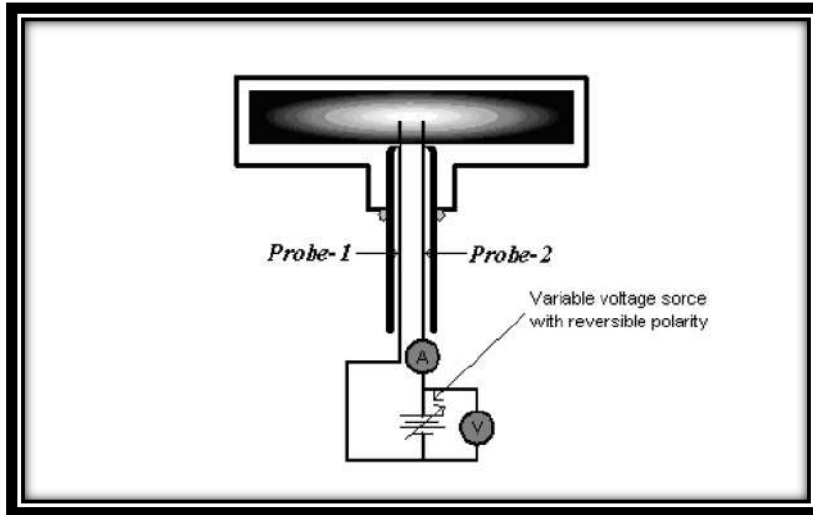
اما كثافة الايونات تعطى بالعلاقة :

$$n_i = \frac{i_{si}}{e A_p} \sqrt{\frac{m_i}{K T_e}} \dots\dots\dots 79-2$$

Double Langmuir probe

2-5-1 : المجس الكهربائي المزدوج :

طور العالم لانغمور (Irving Langmuir) المجس المزدوج عام (1920) [67]. ويتكون من قطبين متساويين بالمساحة السطحية وتفصل بينهما مسافة صغيرة جدا ويغمر في البلازما ويربط الى الدائرة كما موضح في الشكل



الشكل (6-1) مخطط لدائرة كهربائية للمجس المزدوج [68]

ونأخذ خصائص المنحنيات المجس الاول برسم (I₁) ، بينما يرسم المجس الثاني (I₂) . ولايجاد متغيرات البلازما وهي:

- درجة حرارة الإلكترون T_e : عند تغير جهد المجس سوف نلاحظ تغيراً في قيمة التيار التي تقيسها المجسات ، ولإيجاد درجة حرارة الإلكترون يجب ان تعمل المجسات عند الجهد العائم (V_f) في البلازما ، وهذا يعني جهد المجس يساوي جهد البلازما [68]

$$I_1 = I_{1is} - I_{1es} \exp\left(\frac{e(V_1+V_f-V_s)}{KT_e}\right) \dots\dots\dots 80-2$$

حيث ان : I_{1is} يمثل تيار الاشباع الالكتروني للمجس الاول ، I_{1es} يمثل تيار الاشباع الالكتروني للمجس الاول وباستعمال تعريف الجهد تعريف الجهد العائم

$$I_{is} = I_{es} \exp\left(\frac{e(V_f-V_s)}{KT_e}\right) \dots\dots\dots 81-2$$

حيث ان : I_{is} تيار الاشباع الايوني الناتج من المجس الثاني ومن ثم نحصل على I_1 من خلال المعادلة :

$$\left[\begin{aligned} I_1 &= I_{1is} \left(1 - \exp\left(\frac{e V_1}{K T_e}\right) \right) \\ I_2 &= I_{2is} \left(1 - \exp\left(\frac{e V_2}{K T_e}\right) \right) \end{aligned} \right] \dots\dots\dots 82-2$$

وبما ان مساحة المجسات متساوية

$$I_{1is} = I_{2is} = I_{is} \dots\dots\dots 83-2$$

وكذلك صافي تيار دائرة المجس يساوي صفر وهذا يؤدي الى

$$I = I_1 = -I_2 \dots\dots\dots 84-2$$

ومن جمع المعادلات I, I_{1is}, I_2, I_1 نحصل على

$$\frac{I-I_{is}}{-I-I_{is}} = \exp\left(\frac{e \Psi}{K T_e}\right) \dots\dots\dots 85-1$$

حيث ان جهد المجس المزدوج يعرف بـ

$$\Psi = V_1 - V_2 \dots\dots\dots 86-2$$

عند اشتقاق المعادلة السابقة ل (Ψ) عندما $(\Psi = 0)$

$$\left(\frac{dI}{d\Psi}\right)_{\Psi=0} = -I \operatorname{sech}^2\left(\frac{e\Psi}{2KT_e}\right)_{\Psi=0} \left(\frac{e}{2KT_e}\right) \dots\dots\dots 87-2$$

وكذلك درجة حرارة الالكترون ترتبط بالميل للمجس المزدوج

$$\left(\frac{dI}{d\Psi}\right)_{\Psi=0} = -I i_s \left(\frac{e}{sKT_e}\right) \dots\dots\dots 88-2$$

او

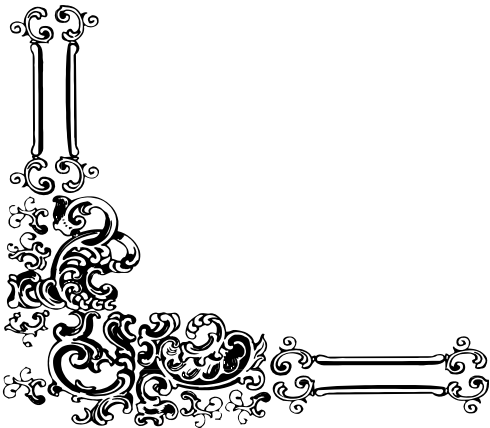
$$KT_e = \frac{-I i_s e}{2 \tan\theta} \dots\dots\dots 89-2$$



3

الفصل الثالث

الجزء العملي



Introduction

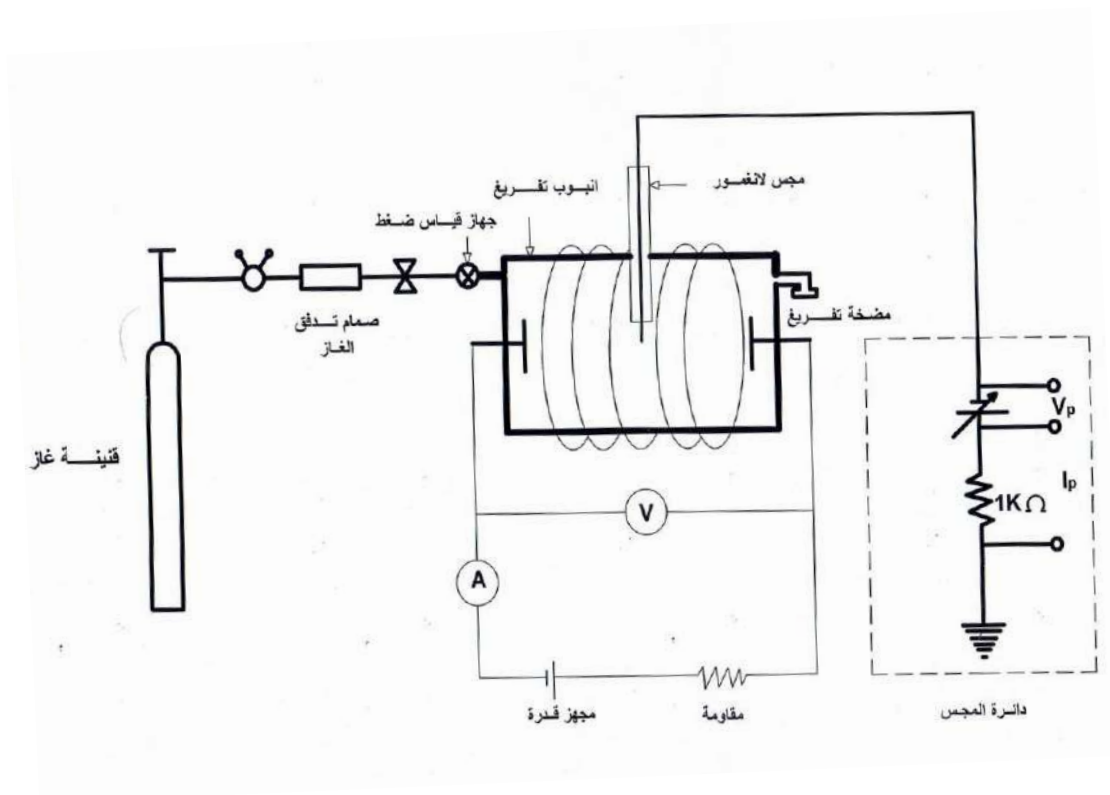
1-3 : المقدمة :

لكي نحصل على التفريغ الكهربائي التوهجي بالتيار المستمر (DC) وعند ضغوط واطئة تتراوح من (0.04 mbar – 1mbar) ، غاز النتروجين (N₂) وغاز ثنائي اوكسيد الكربون (CO₂) لعدد من الاقطاب وبتأثير المجال المغناطيسي نحتاج الى عدد من الاجهزة

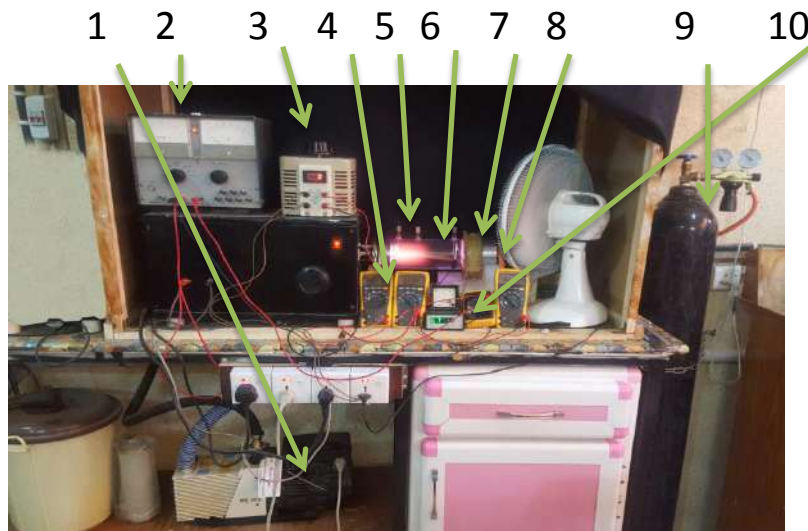
The Vacuum System

2-3 : منظومة الفراغ :

تتالف منظومة الفراغ من عدد من الأجهزة المستعملة لدراسة التفريغ الكهربائي كما موضح في المخطط (1-3)



الشكل (1-3) يمثل المخطط التوضيحي لمنظومة التفريغ الكهربائي



الشكل (2-3) منظومة التفريغ التوهجي بالتيار المستمر

1 مضخة التفريغ من نوع Varian DS 302 2- مجهر قدرة مستمر الذي يجهز
المجس

3- فرياك المستعمل لتجهيز الملف لتوليد مجال مغناطيسي 4- اميتر 5- المجس

6- انبوب بايركس 7- الملف المستعمل لتوليد المجال المغناطيسي

8- شفاه ربط من الالمنيوم 9- بطل الغاز المستعمل 10- جهاز قياس الضغط

3-3 : مضخة التفريغ : Rotary pump

تم استعمال مضخة تفريغ (Rotary pump) ومن نوع (Varian DS 302) وكتلته (24 kg) وسرعة التفريغ ($16 \text{ m}^3/\text{h}$) ذو المرحتين ، الموضحة بالشكل (2-3)



الشكل (3-3) مضخة التفريغ المستعملة لتفريغ المنظومة

تستخدم لتفريغ المنظومة الى الضغط (0.01 mbar) وهو الحد الادنى الذي يمكن ان اتصل الية هذه المضخة وهي مناسبة لضغط العمل الذي يتراوح من ($0.5 \text{ mbar} - 1 \text{ mbar}$) .

4-3 : جهاز قياس الضغط : Pressure measurement device

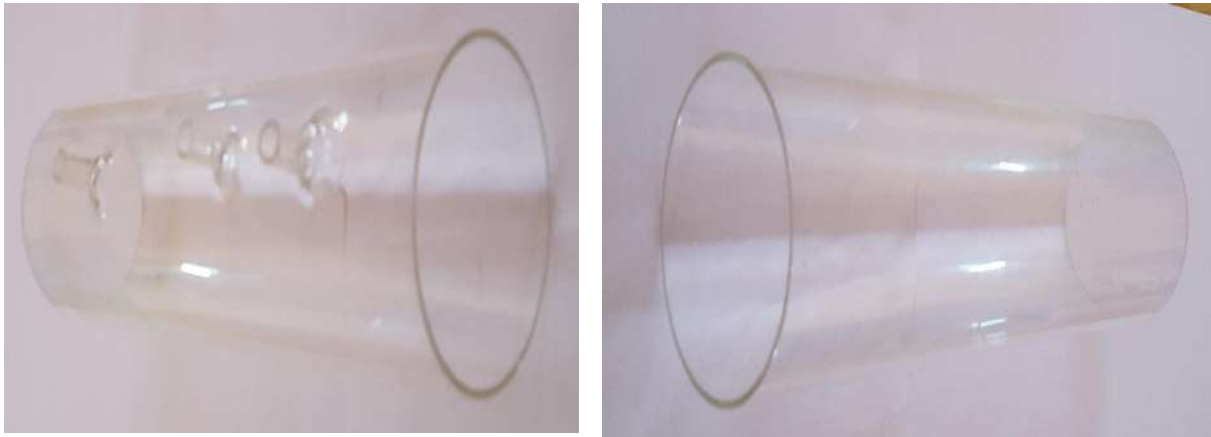
لقياس الضغط داخل المنظومة نستعمل جهاز قياس بيراني (The Pirani gauge) ومن نوع (EDWARDS). ويعمل على فرق جهد متناوب كما مبين في الشكل لقياس الضغط داخل الانبوب الزجاجي



الشكل (4-3) يمثل جهاز بيراني المستعمل لقياس الضغط

5-3 : انبوب التفريغ : The discharge tube

لتوليد التفريغ التوهجي في هذه المنظومة تم استخدام انبوب تفريغ اسطواني مصنوع من مادة البايوركس بطول 30 cm وقطرة الخارجي 10 cm اما القطر الداخلي 9.4 cm الموضح بالشكل (5-3) . وفي هذه الانبوبة عملنا ثلاثة ثقوب لتمرير المجس خلالها هذه الثقوب وصلت بأنبوب بايركس صغير قطرة الخارجي (1.2 cm) والقطر الداخلي (0.9) كما موضح بالشكل (5-3) حيث يبعد الثقب الاول عن الحافة الكاثود (2 cm) والثقب الثاني (7 cm) والثقب الثالث (18 cm)

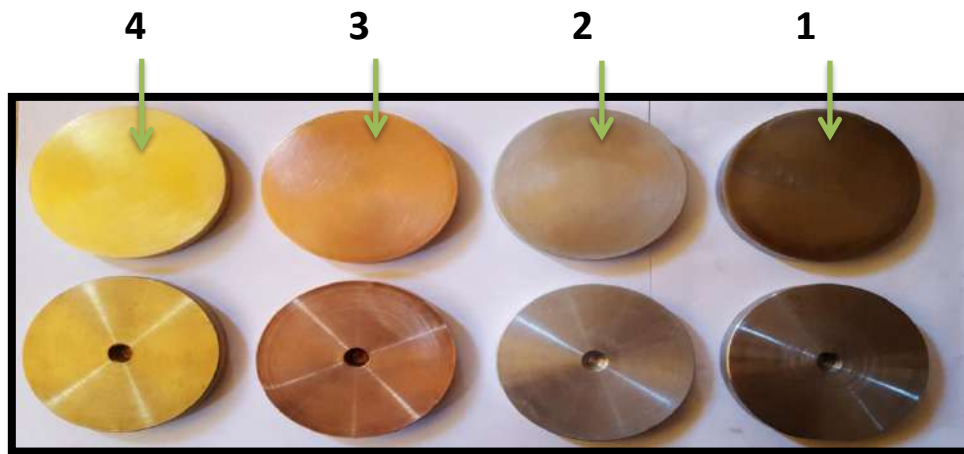


الشكل (3-5) انبوب التفريغ من نوع بايركس

electric electrode

6-3 : الاقطاب الكهربائية :

للحصول على مجال كهربائي منتظم تم استخدام اربعة ازواج من الاقطاب كهربائية مستويه لمعادن مختلفة الالمنيوم و البراص و الحديد و النحاس. ذات قطر 8.8cm وسمك 1cm ، كما موضحة بالشكل



الشكل (3-6) يبين الاقطاب

4 سبيكة البراص

3 معدن النحاس

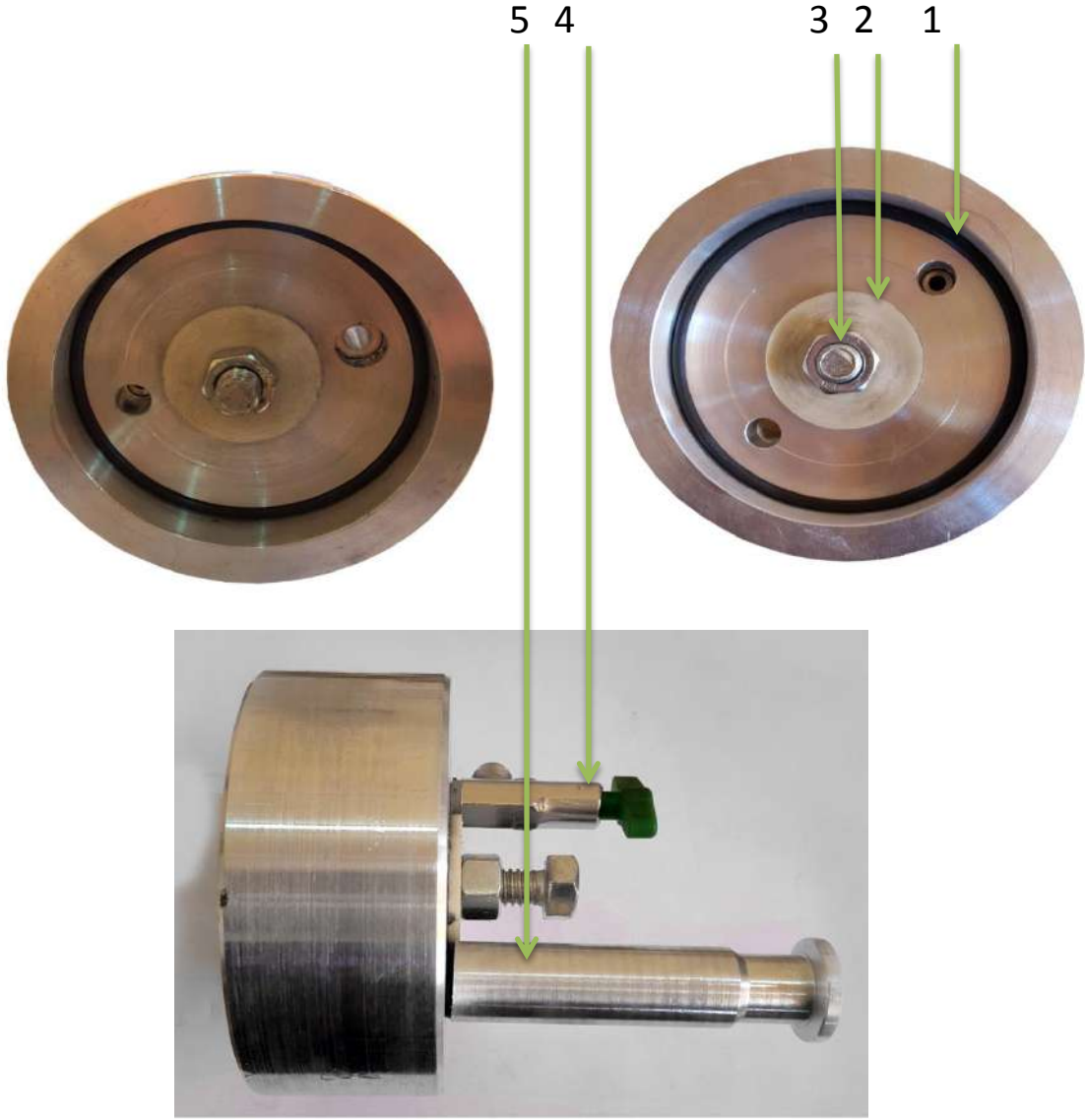
2 معدن الالمنيوم

1 معدن الحديد

Flanges

7-3 : شفاه ربط :

استعملنا فلنجتين من الالمنيوم غير قابل للصدأ لغرض غلق نهايتي الانبوب حيث تكون ذات شكل اسطواني مجوف قطره الخارجي 12.6 cm وقطره الداخلي 10.1 cm وسمكه 4.1 cm ، تحتوي على اخدود لوضع واشر من البلاستيك لغرض الاحكام الجيد للفراغ، ويوجد في مركز الفلنجه ساق مسنن لغرض ربط القطب الكهربائي كما موضح في الشكل (3-7)

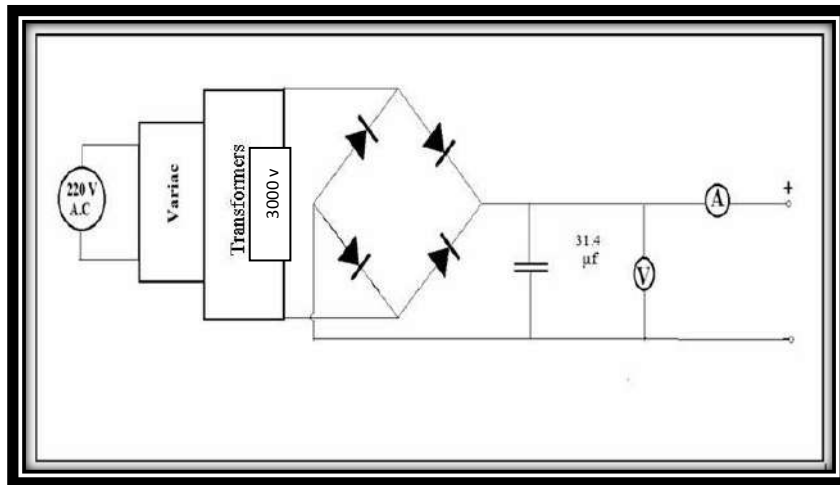


الشكل (7-3) يبين شفاه الربط

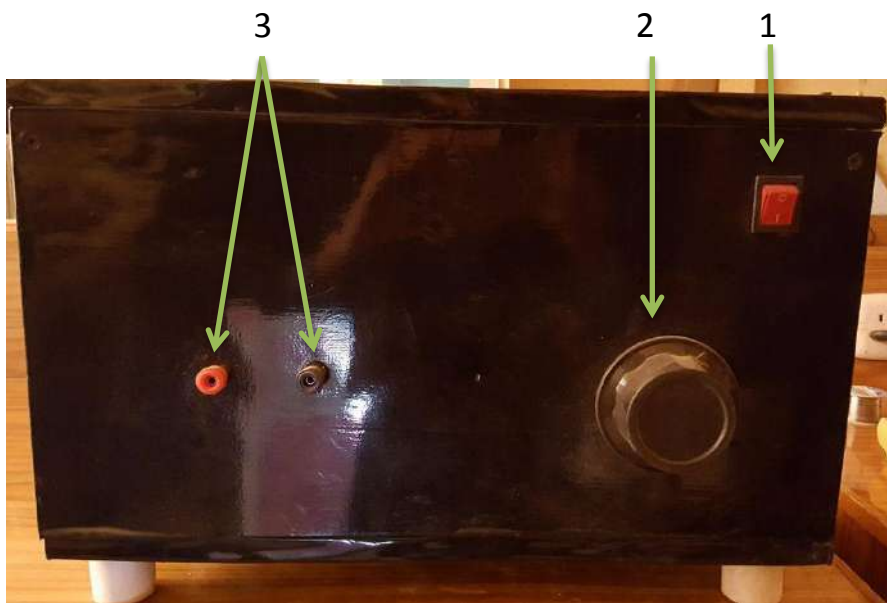
- 1- واشر بلاستيك
- 2- قرص تفلون حراري عازل
- 3- شفت مسنن يستعمل لربط القطب
- 4- صمام الغاز
- 5- فتحة التفريغ

8-3 : جهاز القدرة العالية : (High Voltage DC- Power Supply(H.V.P.S.))

تم تصميم وبناء جهاز قدرة لتيار المستمر يعطي فولتية مستمرة عالية (0 – 3000 volt) و تيار مقداره 250mA ويعمل بالتيار المستمر كما موضح بالمخطط (8-3) ويكون التحكم بالفولتية عن طريق (variac) والشكل (9-3) تمثل صورته لمجهاز القدرة



الشكل (8-3) يبين مخطط ربط مجهز القدرة العالي



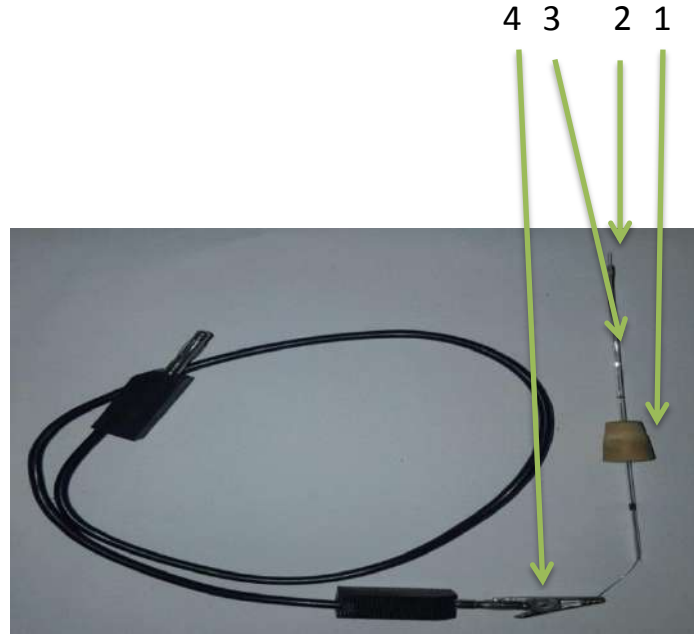
الشكل (9-3) يوضح مجهز القدرة المستعمل لتوليد البلازما

- 1- نقطة التشغيل والاطفاء 2- مغير الفولتية (فاريك) 3- نقاط الفولتية الخارجة

Langmuir probe

9-3 : مجس لانغمور :

يتكون مجس لانغمور من سلك من التنكستن بقطر 0.2mm وطول 0.4cm موضوع داخل انبوب زجاجي شعري قطره الداخلي 1mm وقطره الخارجي 1.5mm . وهذا الانبوب شعري يمر خلال سدادة مطاطية ويغمر في البلازما كما موضح بالشكل (10-3)



الشكل (10-3) يوضح المجس المستعمل لدراسة خصائص البلازما

- 1- سداة لأحكام الفراغ
- 2 - راس مجس لانغمور
- 3- انيوب شعري (غلاف المجس)
- 4- ماسك يمسك سلك التتكنستن

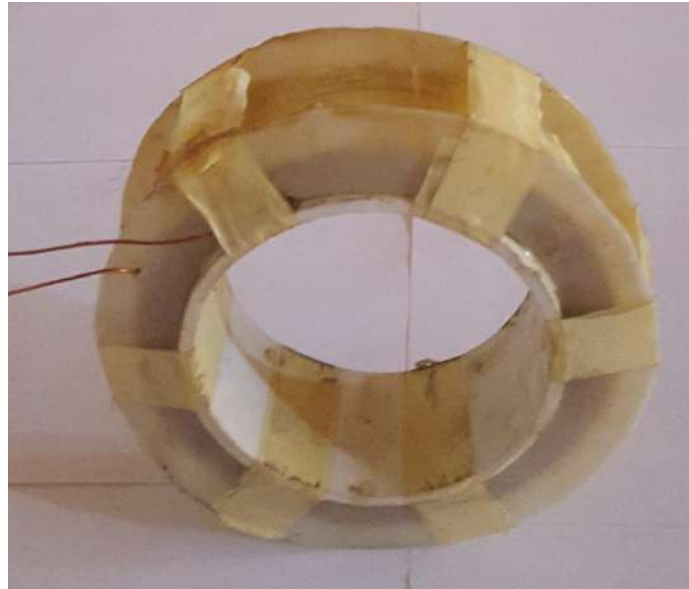
واستخدم مجهز قدرة لتجهيز المجس بالفولتية المناسبة حيث يجهز بفولتية مستمرة تتراوح من (0-350v) وهو مناسب للعمل . وهذا المجهز انكليزي الصنع كما موضح بالشكل (11-3)



الشكل (11-3) يوضح مجهز القدرة لتيار المستمر

10-3 : توليد المجال المغناطيسي : Generation of magnetic field

استعمل ملف نحاسي قطر السلك 1mm، يتألف من 200 لفة لتوليد مجال مغناطيسي منتظم، والملف دائري الشكل قطره 10.5 cm وعرضه 3cm وارتفاع 1.2cm الموضح بالشكل (12-3)



الشكل (12-3) يبين الملف المستعمل لتوليد المجال المغناطيسي

حيث استعمل مغير فولتية (8A) صيني الصنع مع قنطرة لتجهيز الملف بالتيار المستمر وهو مناسب للعمل . وتم تجهيز الملف بتيار من (1A الى 8A) الموضح بالشكل (13-3)

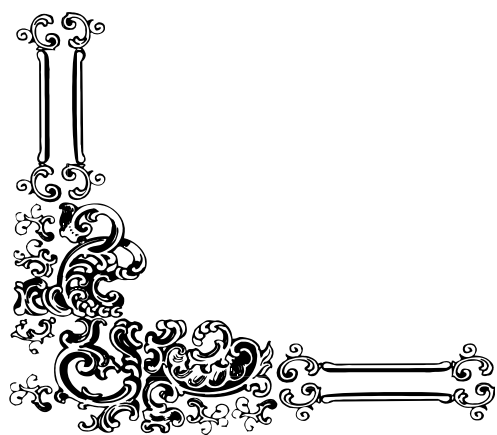


الشكل (13-3) فرياك مع قنطرة لتجهز الملف بالتيار المستمر



4

الفصل الرابع
النتائج والمناقشة



(1-4) : فولتية الانهيار ومنحني باشن : Discharge voltage and paschen curve

تم قياس فولتية الانهيار لبلازما ثنائي اوكسيد الكربون و نيتروجين لضغوط مختلفة تتراوح من 0.1 – 1 mbar ولأقطاب مختلفة لمادة قطب الكاثود (الالمنيوم و البراص و حديد و نحاس) ولمسافات مختلفة تتراوح من 1 – 18cm .

نلاحظ في منحني باشن الطرف الايسر من منحني باشن فولتية الانهيار تبدأ بالانخفاض مع زيادة (pd) وذلك بسبب زيادة تردد التصادمات ومن ثم يزداد عدد التصادمات بين الالكترونات وذرات الغاز ، اما الطرف الايمن من منحني باشن نلاحظ زيادة فولتية الانهيار مع زيادة (pd) بسبب انخفاض عدد التصادمات وبالنتيجة نحتاج الى طاقة عالية لحصول الانهيار وعند زيادة المسافة الفاصلة بين الاقطاب سوف تزداد فولتية الانهيار [29]. حيث يحصل الانهيار في غاز ثنائي اوكسيد الكربون نتيجة تصادم جزيئة (CO₂) مع الالكترونات ، هناك اهمية كبيرة للالكترونات السريعة لبدء التفاعل الكيميائي في البلازما غير المتزنة .

وعملية التاين تحصل في الغالب عند تصادم الالكترونات مع الذرات المهيجة ولإدامة التاين ينخفض المجال الكهربائي ومعدل التاين بواسطة التصادم للحفاظ على البلازما [70]

حيث تم قياس جهد انهيار غاز ثنائي اوكسيد الكربون لمعادن المختلفة كما موضح في منحني باشن بالشكل (1-4) الى (4-4) حيث لاحظنا اختلاف جهد الانهيار تبعا لاختلاف دالة شغل المعدن كما موضح في الجدول (1-4)

الجدول (4-1) يوضح اقل جهد انهيار لغاز ثنائي اوكسيد الكربون

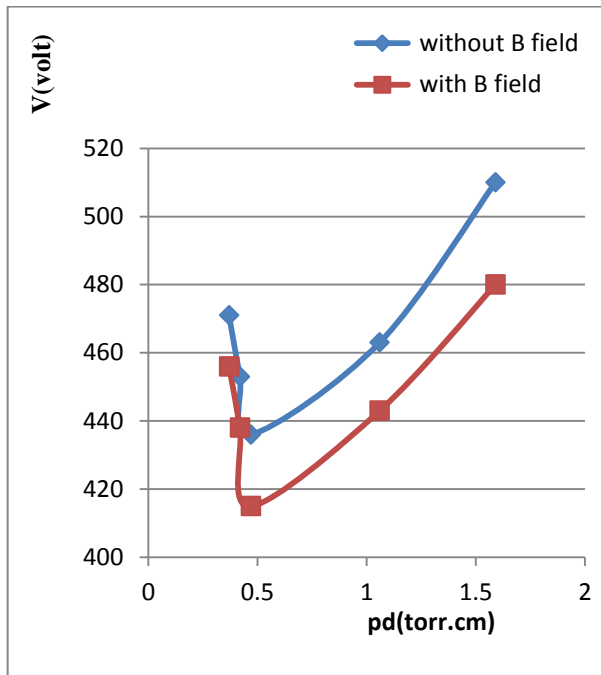
مادة الكاثود	d (cm)	$\phi(eV)$	Pd_{min} (torr.cm)	$(V_b)_{min}$ (volt)	$(V_b)_{min(m.f)}$ (volt)
Fe	5	4.63	0.38	432	420
	7	=	0.47	436	415
	8	=	0.54	441	422
	9	=	0.61	439	420
Cu	5	4.48	0.38	415	390
	6	=	0.408	416	400
	7	=	0.47	410	399
	9	=	0.61	415	400
brass	5	4.5	0.38	425	410
	7	=	0.47	424	414
	8	=	0.54	425	412
	9	=	0.61	430	415
AL	5	3.6	0.38	390	385
	7	=	0.47	404	378
	8	=	0.54	395	385
	10	=	0.68	400	387

اما جهد انهيار غاز نتروجين ، عند تصادم الالكترونات المعجلة مع ذرات غاز النتروجين ونتيجة لهذا التصادم يحصل تهيج لذرات وكذلك تأين . وتم قياس جهد انهيار غاز النتروجين لمعادن مختلفة كما موضح في منحنى باشن ولاحظنا انهيار الجهد تبعا لاختلاف دالة شغل المعدن كما موضح في الجدول ادناه:

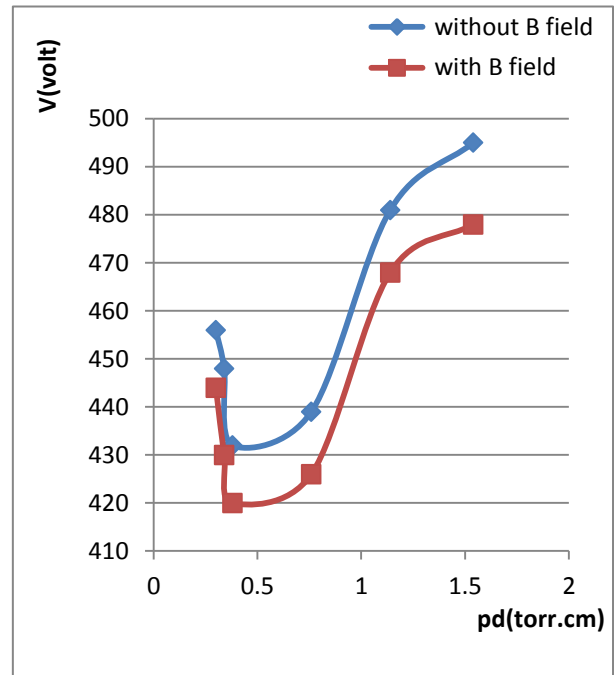
(2-4) الجدول يبين اقل جهد انهيار للمعادن مختلفة لغاز النتروجين

مادة الكاثود	d (cm)	$\phi(eV)$	Pd_{min} (torr.cm)	$(V_b)_{min}$ (volt)	$(V_b)_{min(m.f)}$ (volt)
Fe	12	4.63	0.81	217	190
	13	=	0.88	227	196
	15	=	1.02	225	198
Cu	12	4.48	0.81	213	166
	13	=	0.88	210	181
	14	=	0.95	215	189
	15	=	1.02	213	183
brass	12	4.5	0.81	203	173
	13	=	0.88	207	178
	14	=	0.95	200	171
	16	=	1.08	209	152
AL	12	3.6	0.81	202	181
	14	=	0.95	198	180

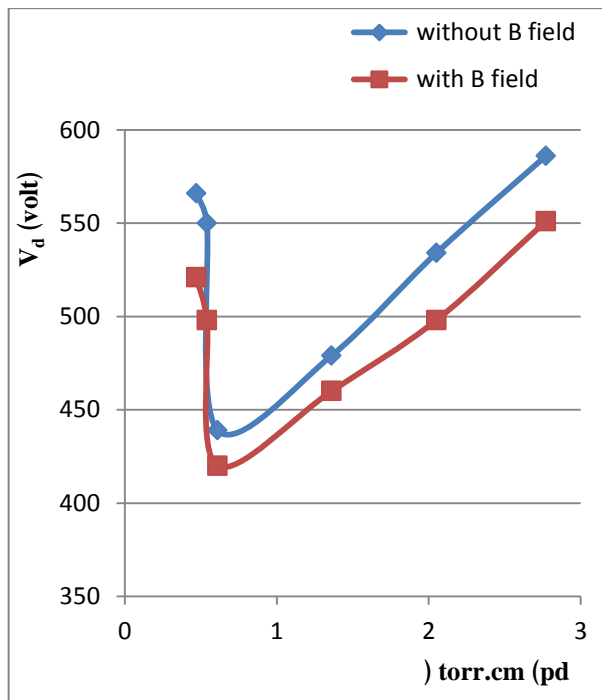
لاحظنا من خلال منحنيات باشن ان اقل جهد انهيار لغاز ثنائي اوكسيد الكربون اكبر من اقل جهد انهيار لغاز نتروجين . وعند تسليط مجال مغناطيسي على حافة الكاثود هذا يجعل الالكترونات تتحرك بمسار كبير وهذا ينتج عدد كبير من التصادمات نتيجة حصر البلازما فيقل جهد الانهيار كما في الجدولين



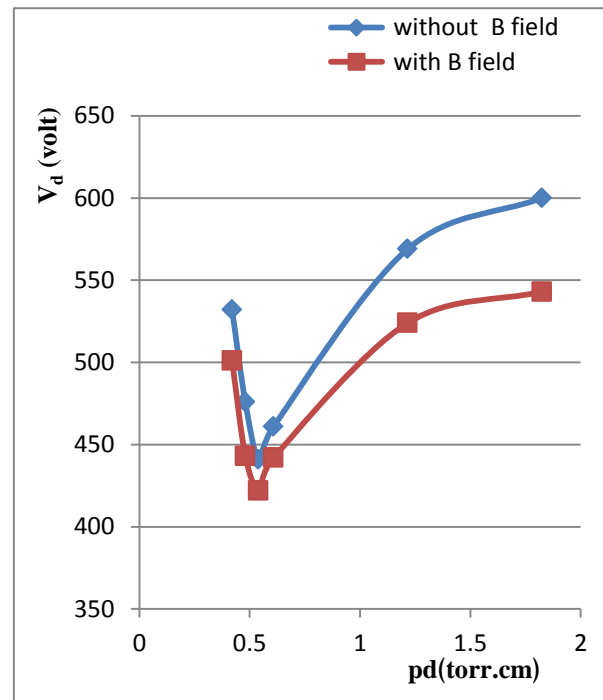
الشكل (b-1-4) يمثل منحنى باشن لقطاب الحديد لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والبعد بين الاقطاب 7cm



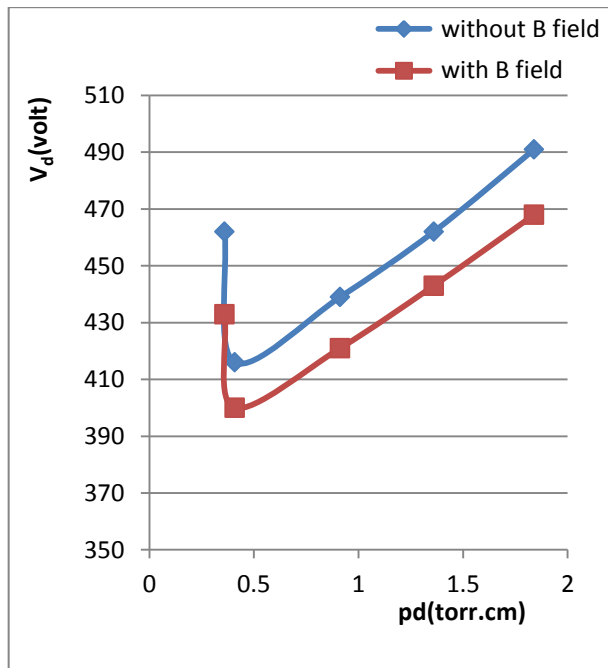
الشكل (a-1-4) يمثل منحنى باشن لقطاب الحديد لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والبعد بين الاقطاب 5cm



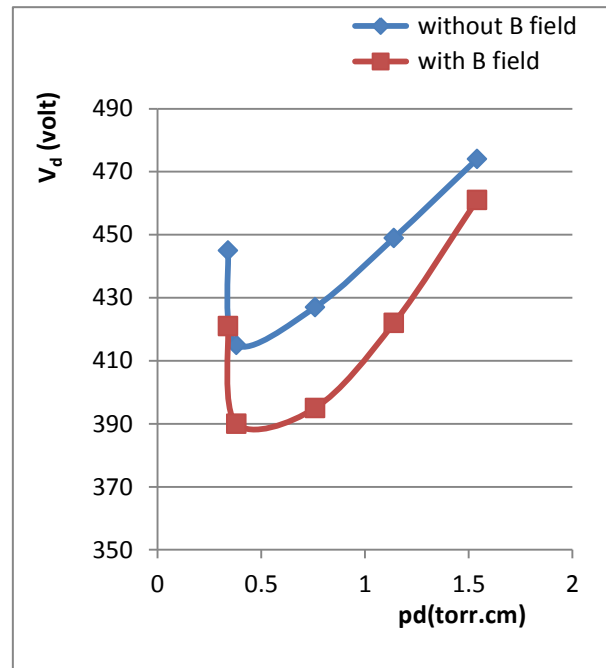
الشكل (d-1-4) يمثل منحنى باشن لقطاب الحديد لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والبعد بين الاقطاب 9cm



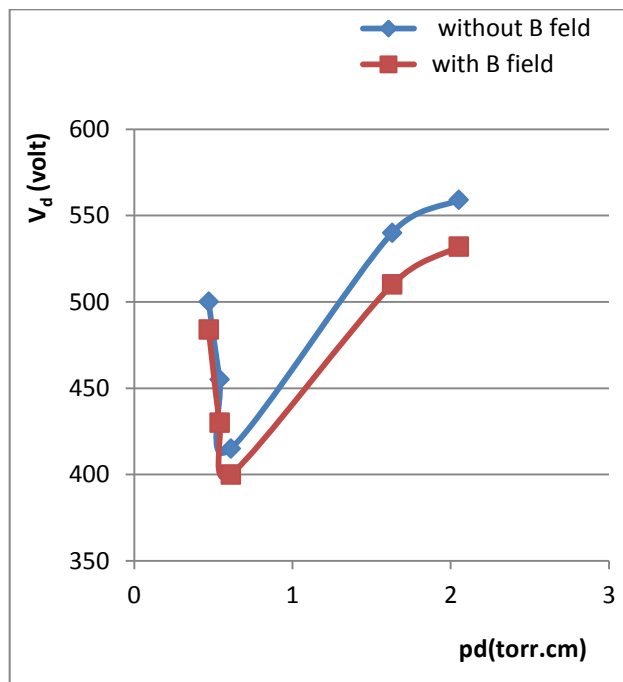
الشكل (c-1-4) يمثل منحنى باشن لقطاب الحديد لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والبعد بين الاقطاب 8cm



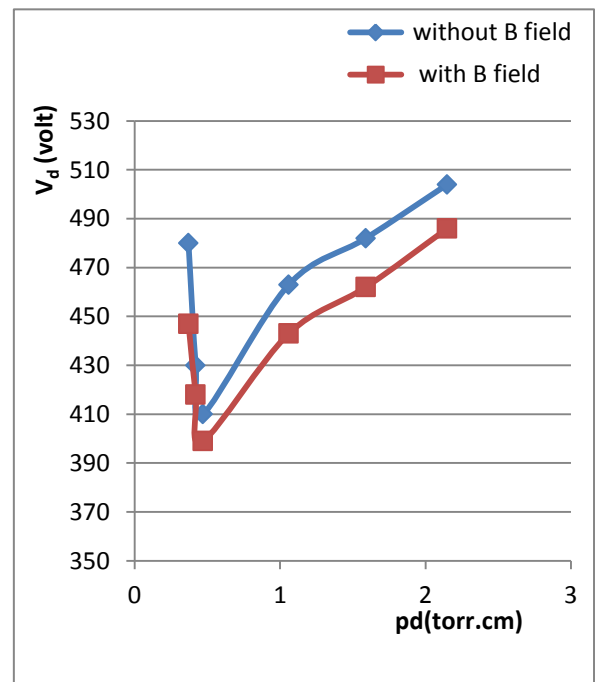
الشكل (b-2-4) يمثل منحنى باشن لقطاب النحاس لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والبعد بين الاقطاب 6cm



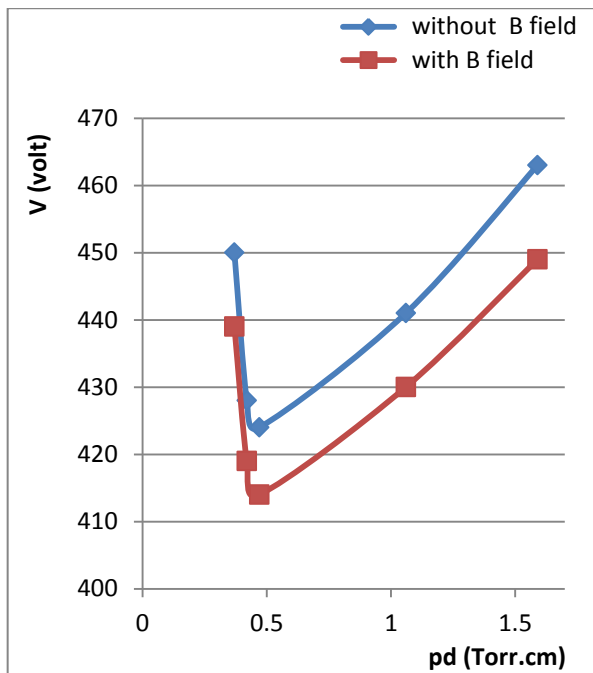
الشكل (a-2-4) يمثل منحنى باشن لقطاب النحاس لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والبعد بين الاقطاب 5cm



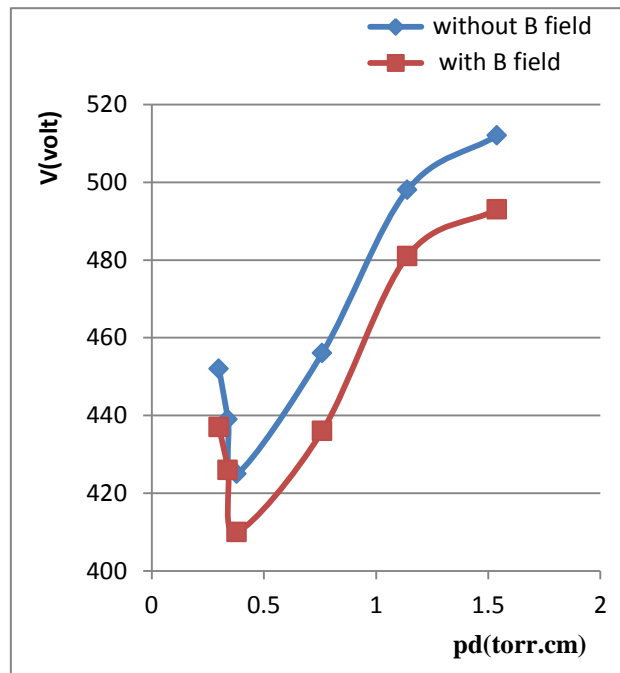
الشكل (d-2-4) يمثل منحنى باشن لقطاب النحاس لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والبعد بين الاقطاب 9cm



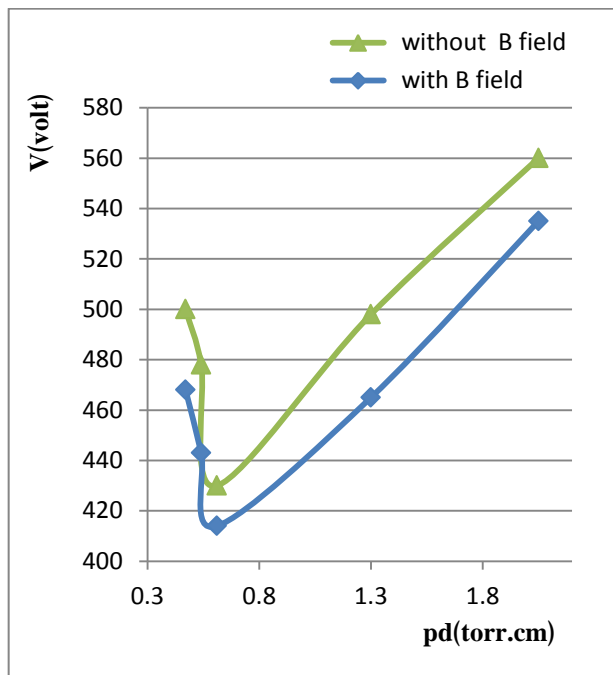
الشكل (c-2-4) يمثل منحنى باشن لقطاب النحاس لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والبعد بين الاقطاب 7cm



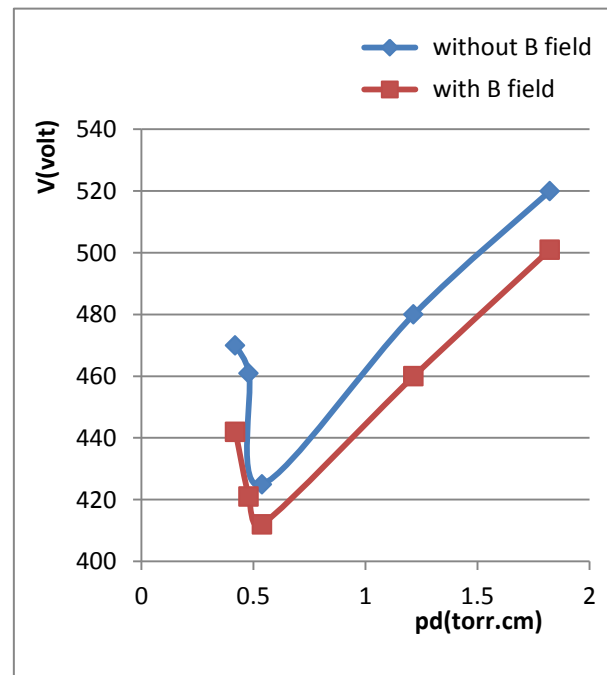
الشكل (b-1-4) يمثل منحنى باشن لقطاب البراص لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والبعد بين الاقطاب 7cm



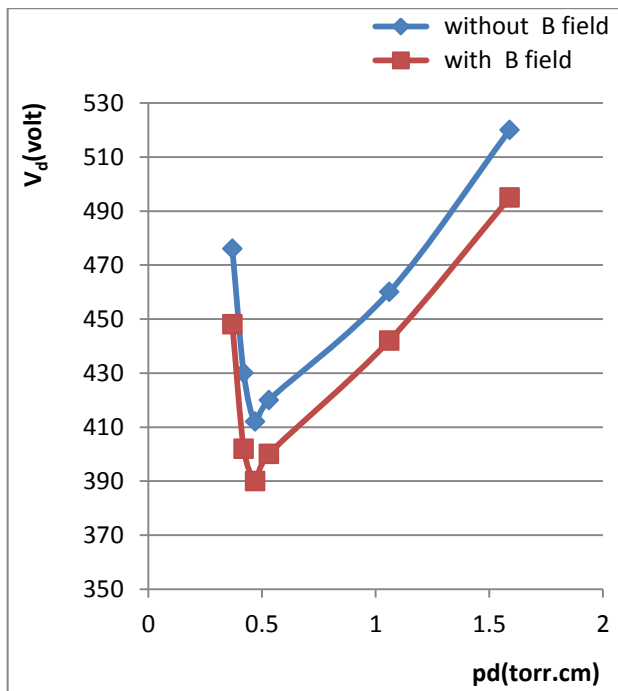
الشكل (a-1-4) يمثل منحنى باشن لقطاب البراص لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والبعد بين الاقطاب 5cm



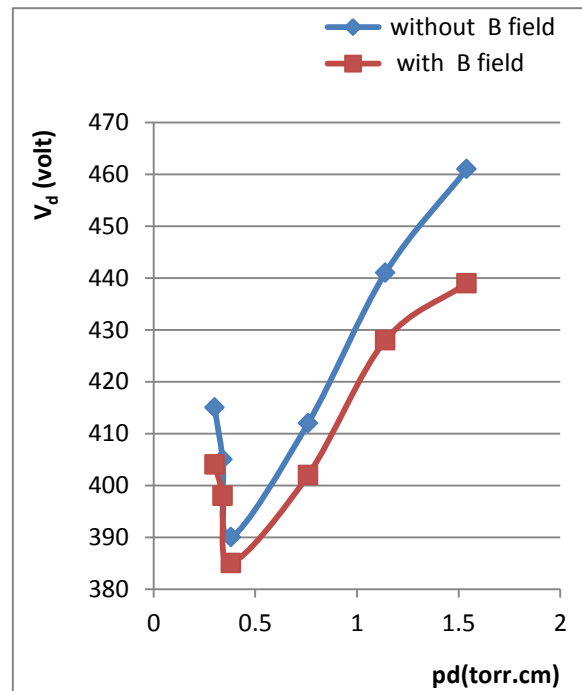
الشكل (d-1-4) يمثل منحنى باشن لقطاب البراص لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والبعد بين الاقطاب 9cm



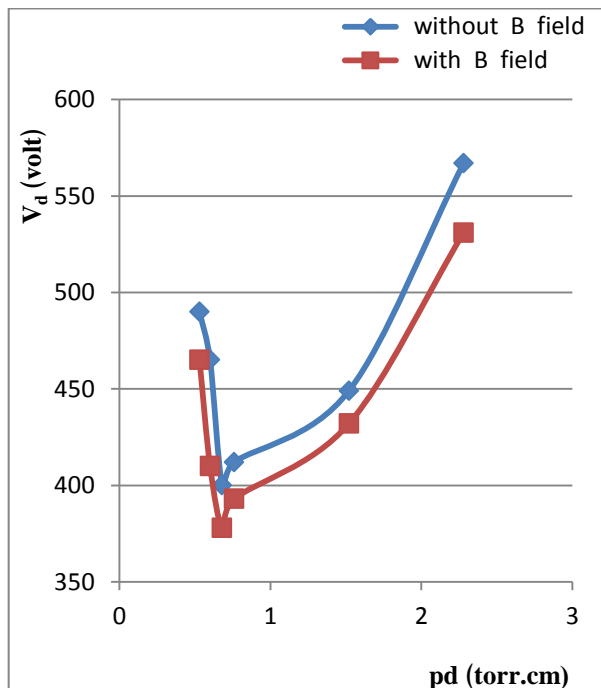
الشكل (c-1-4) يمثل منحنى باشن لقطاب البراص لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والبعد بين الاقطاب 8cm



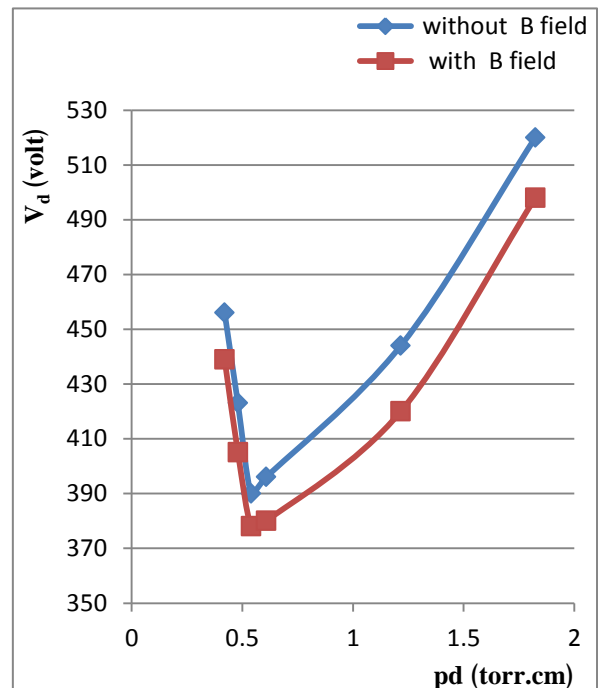
الشكل (b-4-4) يمثل منحنى باشن لقطاب الالمنيوم لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والبعد بين الاقطاب 7cm



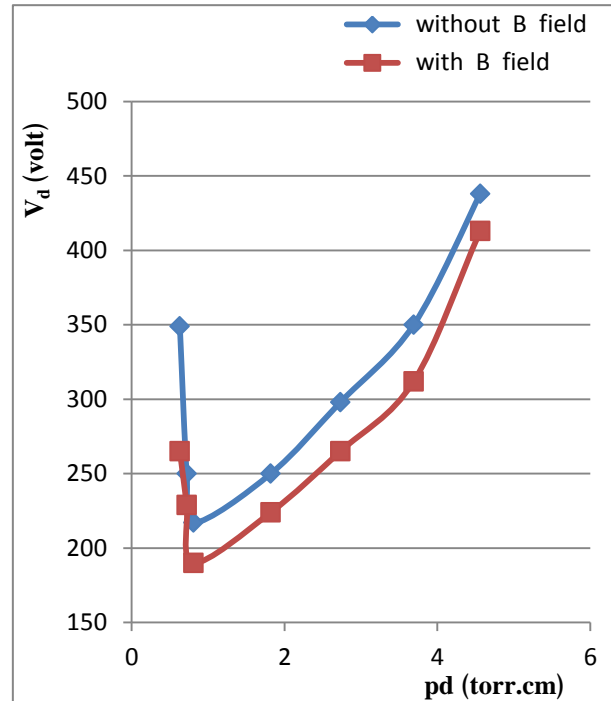
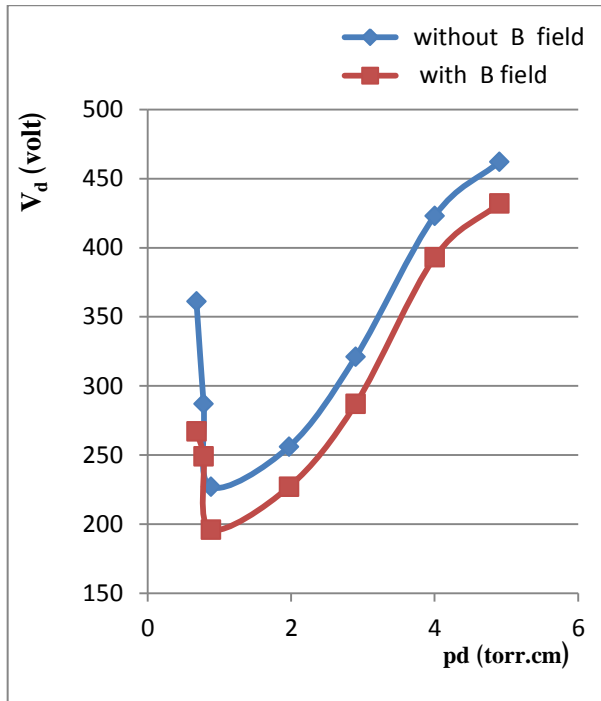
الشكل (a-4-4) يمثل منحنى باشن لقطاب الالمنيوم لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والبعد بين الاقطاب 5cm



الشكل (d-4-4) يمثل منحنى باشن لقطاب الالمنيوم لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والبعد بين الاقطاب 10cm

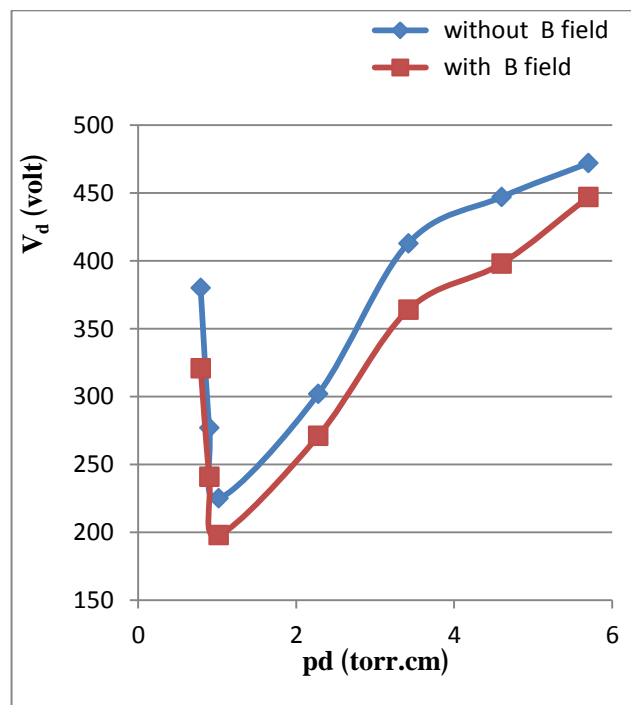


الشكل (c-4-4) يمثل منحنى باشن لقطاب الالمنيوم لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والبعد بين الاقطاب 8cm

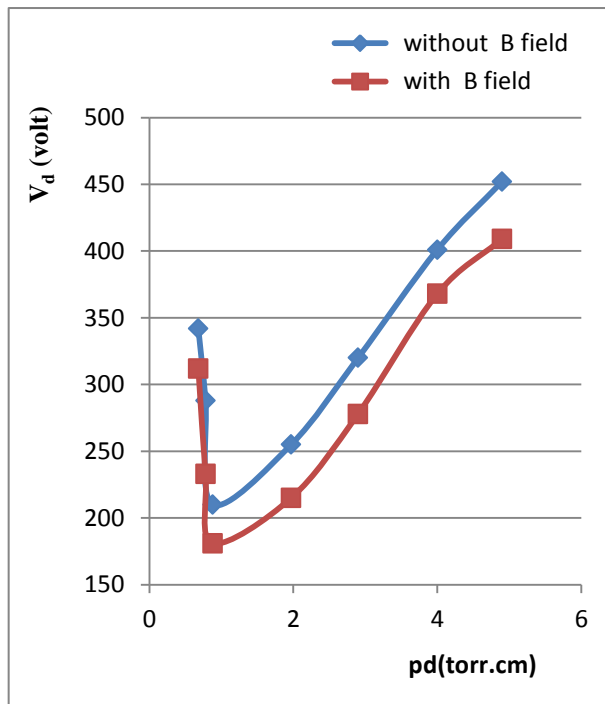


الشكل (b-5-4) يمثل منحنى باشن لقطاب الحديد لغاز النيتروجين والبعد بين الاقطاب 15cm

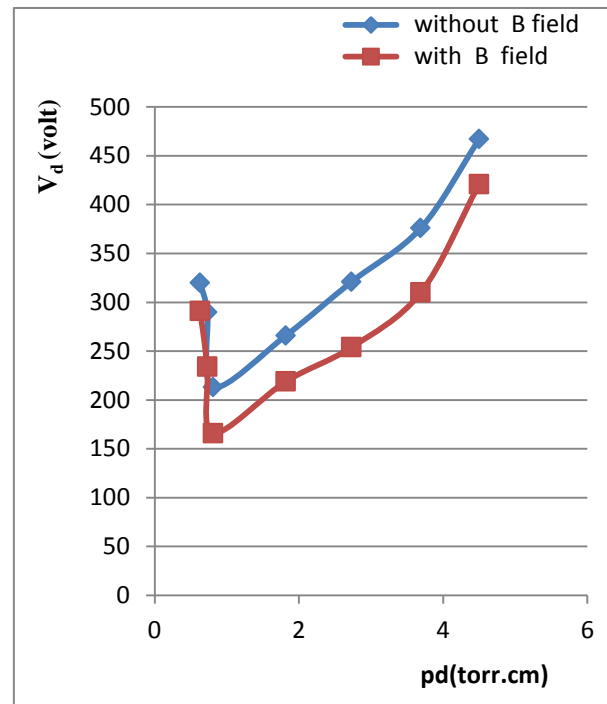
الشكل (a-5-4) يمثل منحنى باشن لقطاب الحديد لغاز النيتروجين والبعد بين الاقطاب 12cm



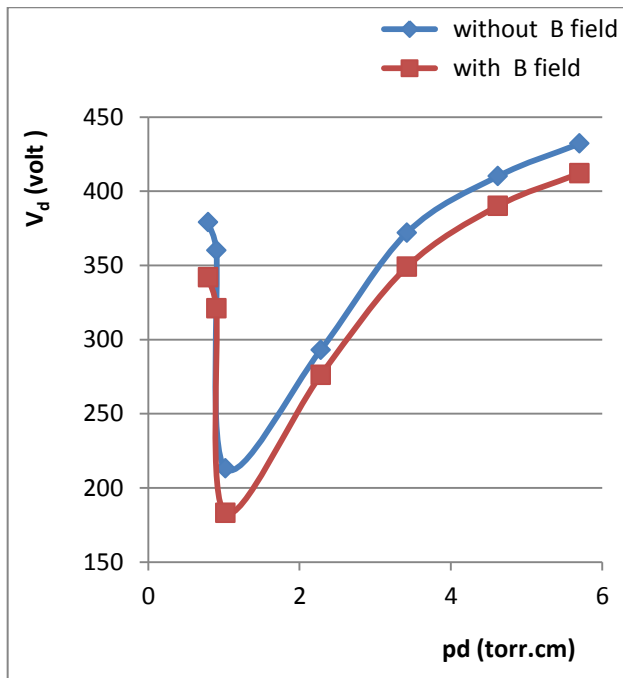
الشكل (c-5-4) يمثل منحنى باشن لقطاب الحديد لغاز النيتروجين والبعد بين الاقطاب 13cm



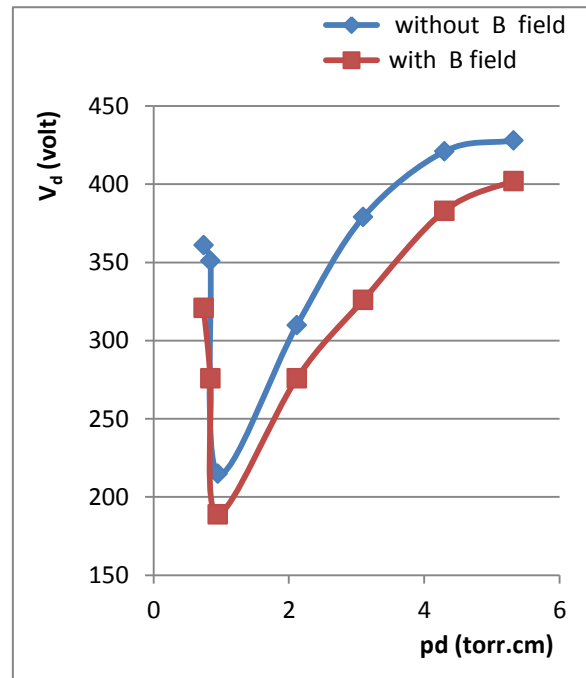
الشكل (b-6-4) يمثل منحنى باشن لاقطاب النحاس لغاز النيتروجين والبعد بين الاقطاب 13cm



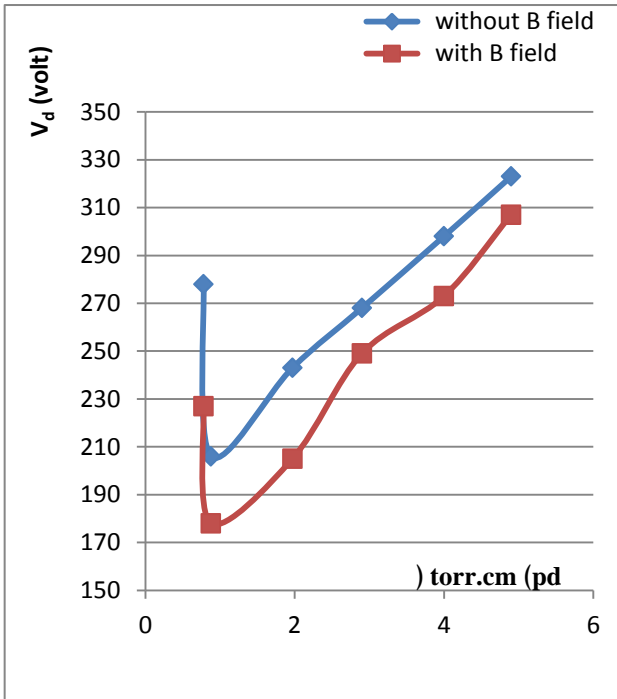
الشكل (a-6-4) يمثل منحنى باشن لاقطاب النحاس لغاز النيتروجين والبعد بين الاقطاب 12cm



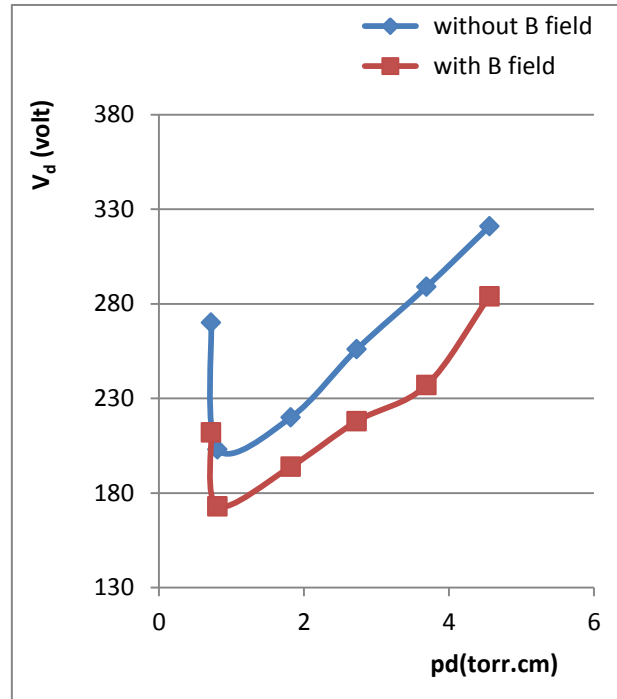
الشكل (d-6-4) يمثل منحنى باشن لاقطاب النحاس لغاز النيتروجين والبعد بين الاقطاب 15cm



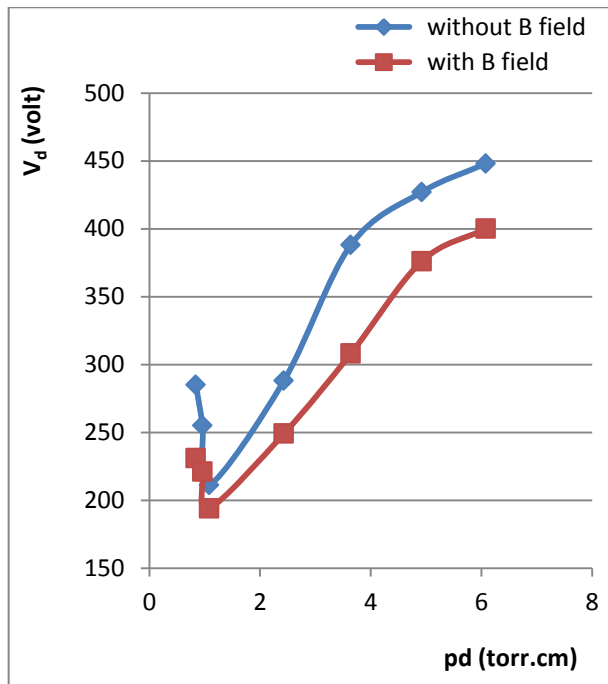
الشكل (c-6-4) يمثل منحنى باشن لاقطاب النحاس لغاز النيتروجين والبعد بين الاقطاب 14cm



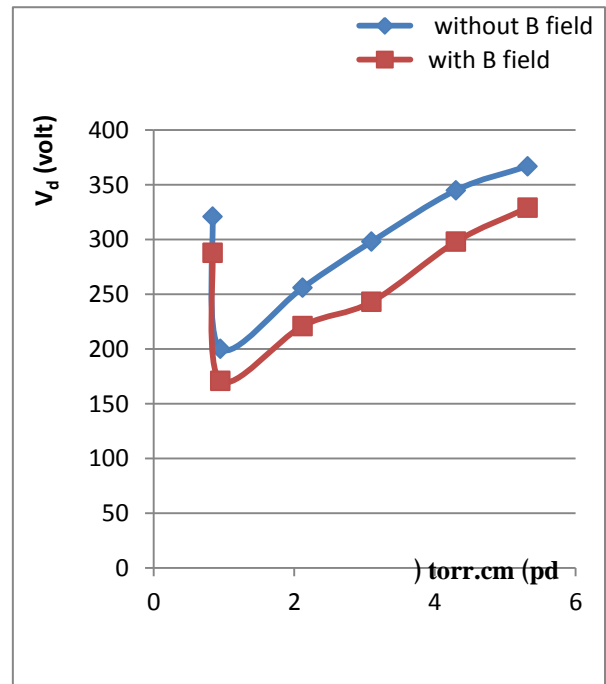
الشكل (b-7-4) يمثل منحنى باشن لاقطاب البراص لغاز النتروجين والبعد بين الاقطاب 13cm



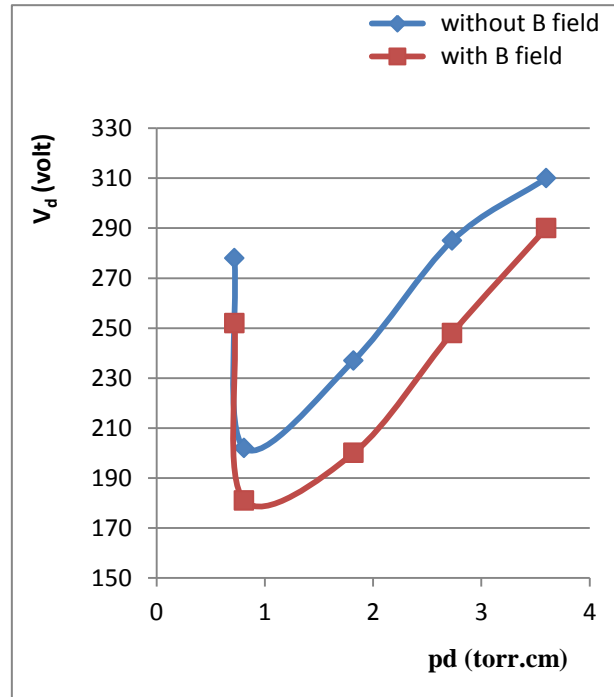
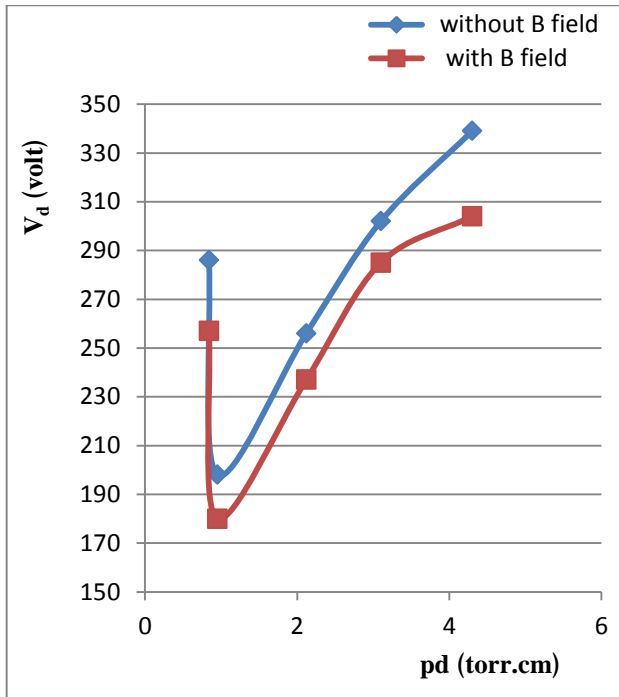
الشكل (a-7-4) يمثل منحنى باشن لاقطاب البراص لغاز النتروجين والبعد بين الاقطاب 12cm



الشكل (d-7-4) يمثل منحنى باشن لاقطاب البراص لغاز النتروجين والبعد بين الاقطاب 16cm



الشكل (c-7-4) يمثل منحنى باشن لاقطاب البراص لغاز النتروجين والبعد بين الاقطاب 14cm



الشكل (b-8-4) يمثل منحنى باشن لاقطاب الالمنيوم لغاز النتروجين والبعد بين الاقطاب 14cm

الشكل (a-8-4) يمثل منحنى باشن لاقطاب الالمنيوم لغاز النتروجين والبعد بين الاقطاب 12cm

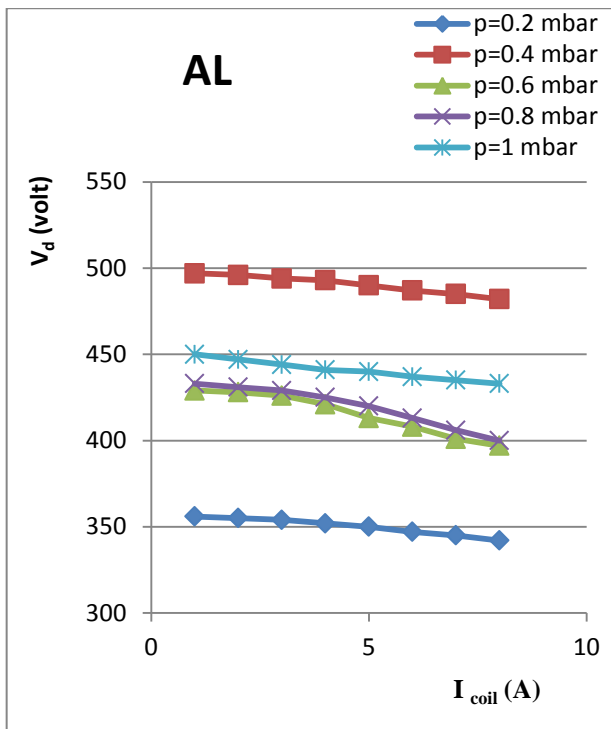
(2-4): تأثير المجال المغناطيسي على فولتية و تيار التفريغ :**Influence of magnetic field on the current and voltage discharge**

تأثير المجال المغناطيسي الخارجي على كل من فولتية و تيار التفريغ عن طريق تغير تيار الملف المستعمل لتوليد المجال من (1-8A) لمدى من الضغوط لغاز ثنائي اوكسيد الكربون غاز النتروجين باستعمال اقطاب مستوية لمعادن مختلفة (نحاس و الالمنيوم و الحديد و البراص) ولابعاد مختلفة (1cm , 5cm , 10cm , 15cm) ونتائج موضحة بالاشكال ادناه .

عند تسليط مجال المغناطيسي على البلازما ويوضع الملف عند حافة الكاثود سوف تنحصر، والالكترونات سوف تتحرك بصورة لولبية حول خطوط المجال المغناطيسي وبالنتيجة يقل المسار الحر للإلكترون في البلازما يزداد وتزداد تبعا لذلك التصادمات في البلازما [71] . ويقل نصف قطر لارمور وفق المعادلة (34-2)

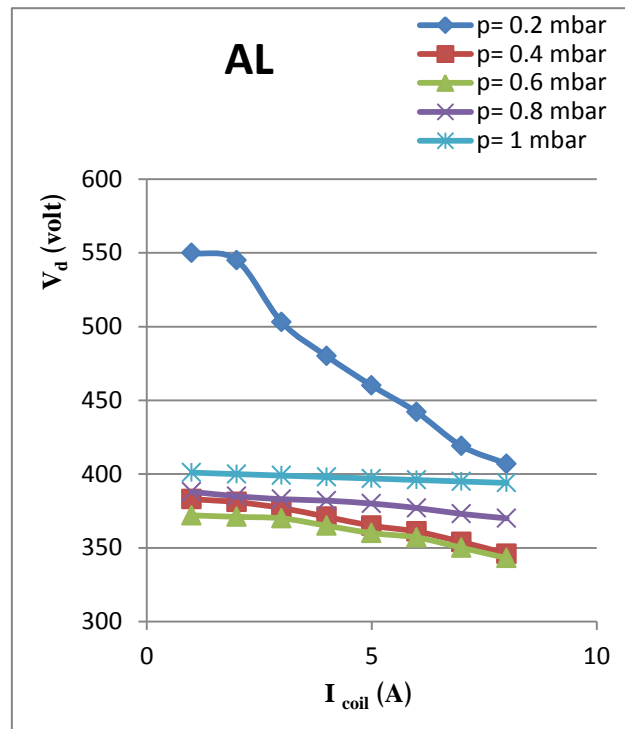
ونصف قطر لارمور للإلكترونات اصغر من نصف قطر لارمور الأيونات حيث تتأثر الالكترونات بالمجال المغناطيسي اكثر من الايونات [72]. وبالنتيجة تقل فولتية الانهيار ، اما تيار التفريغ يزداد تبعا لزيادة عدد التصادمات وهذا يولد عدد اكثر من الالكترونات .

اما عند زيادة البعد بين الاقطاب تزداد فولتية التفريغ وذلك لان عند زيادة البعد بين الاقطاب نحتاج الى مجال كهربائي عالٍ لحصول عملية الانهيار [29] . حيث نلاحظ ان فولتية الانهيار تختلف تبعا لاختلاف دالة شغل المعدن . كلما كانت دالة الشغل واطنة تقل فولتية الانهيار وكلما تزداد دالة الشغل تزداد فولتية الانهيار. وكذلك تختلف جهود انهيار الغازات من غاز الى اخر حيث لاحظنا ان جهد انهيار النتروجين اقل من جهد انهيار ثنائي اوكسيد الكربون . كما مبين في الاشكال (9-4) الى (24-4)



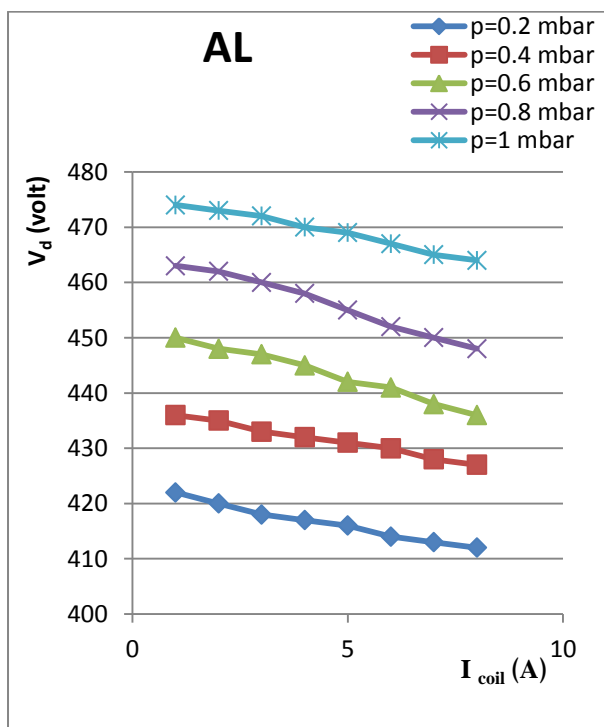
الشكل (b-9-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 5cm



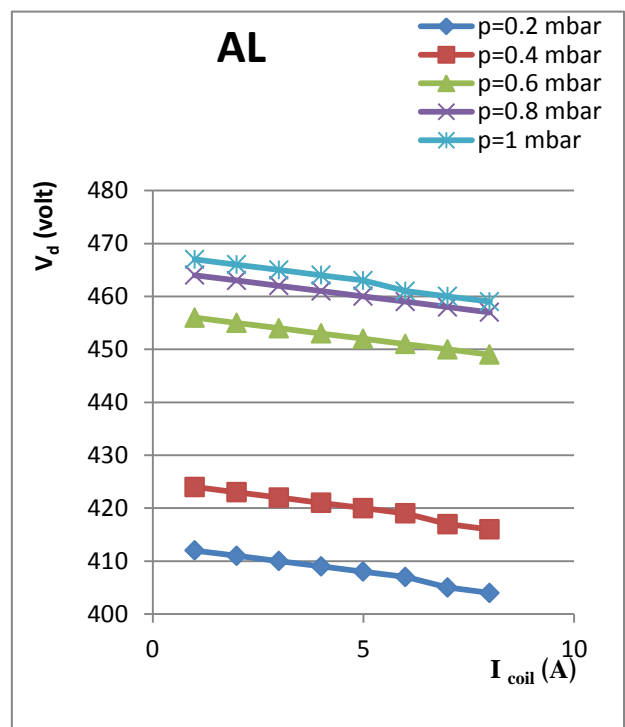
الشكل (a-9-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 1cm



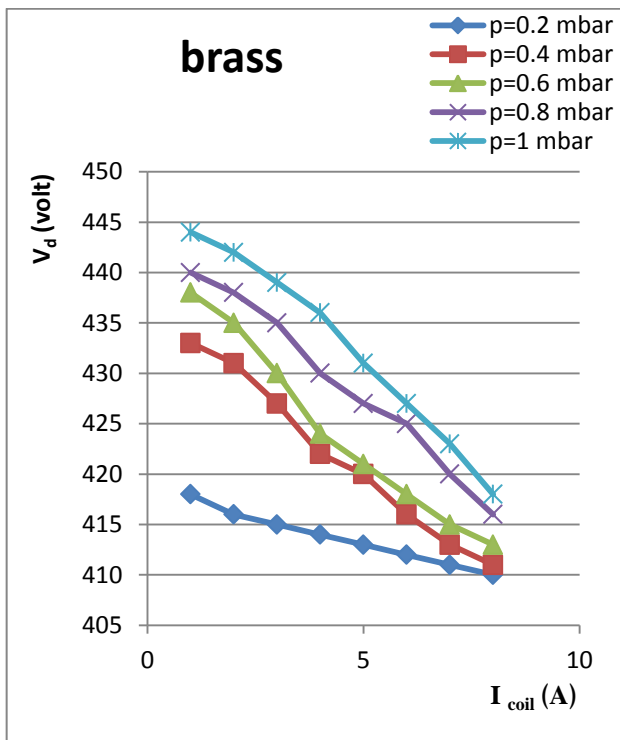
الشكل (d-9-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 15cm



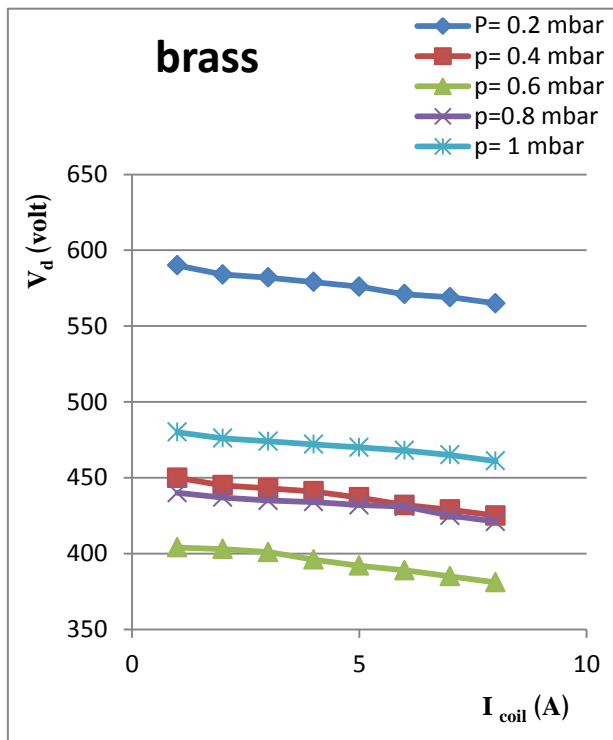
الشكل (c-9-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 10cm



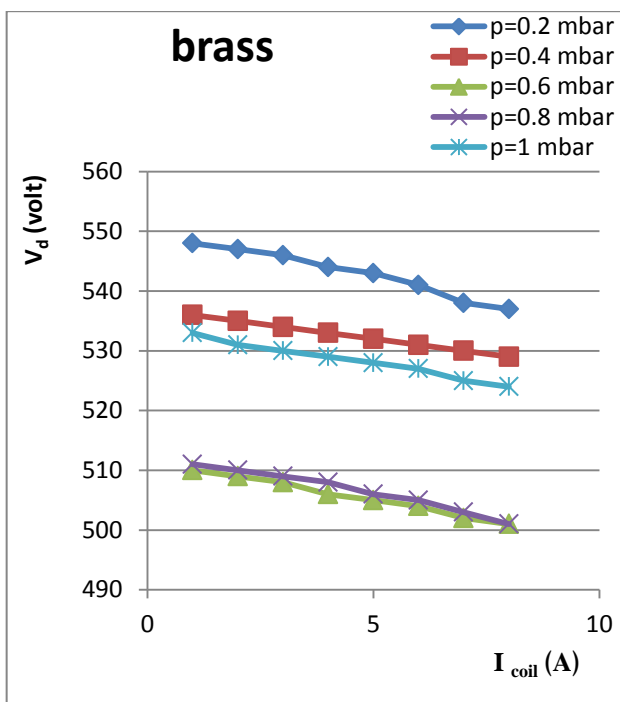
الشكل (b-10-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 5cm



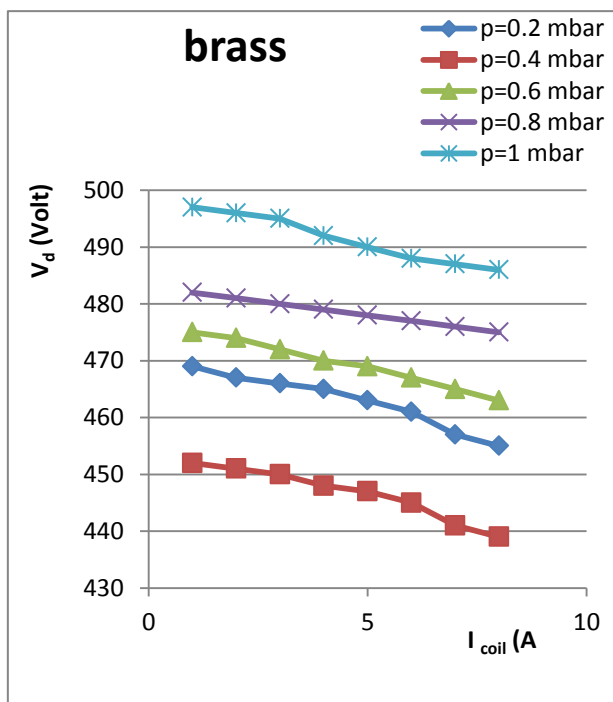
الشكل (a-10-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 1cm



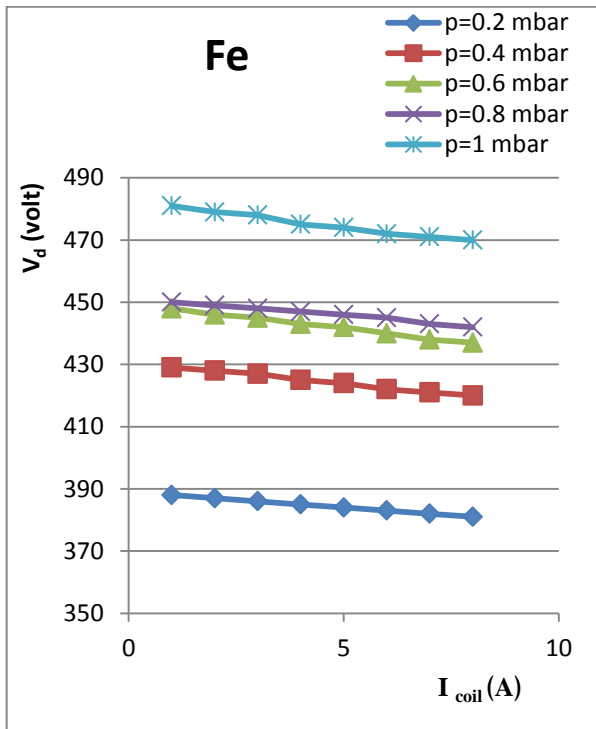
الشكل (d-10-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 15cm



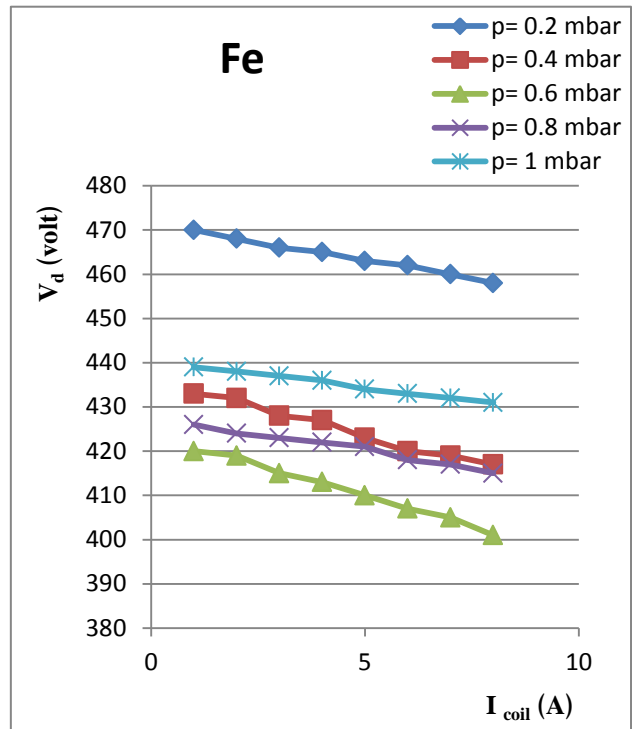
الشكل (c-10-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 10 cm



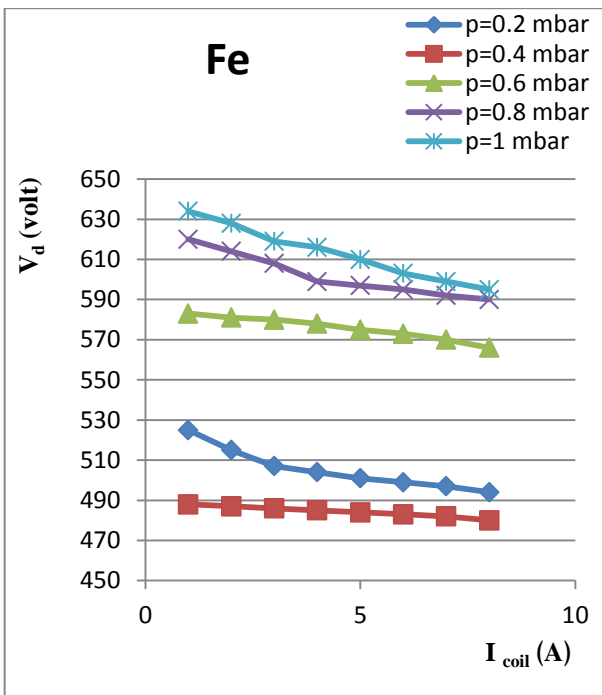
الشكل (b-11-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 5cm



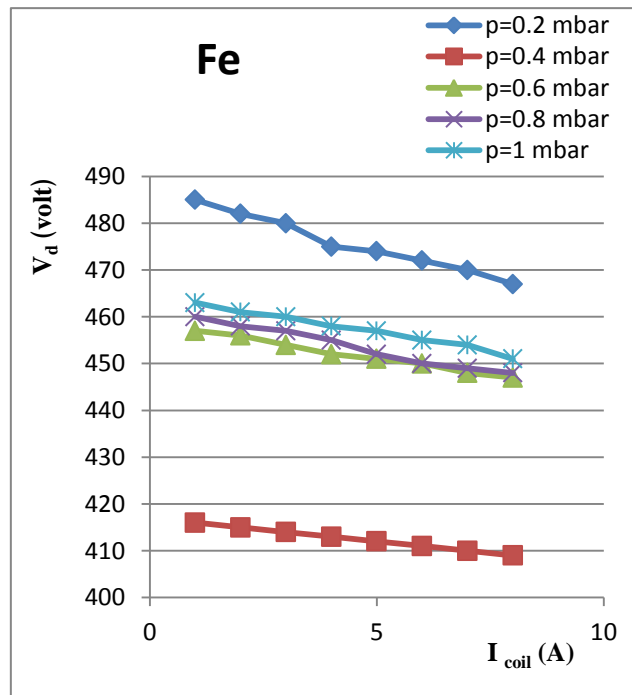
الشكل (a-11-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 1cm



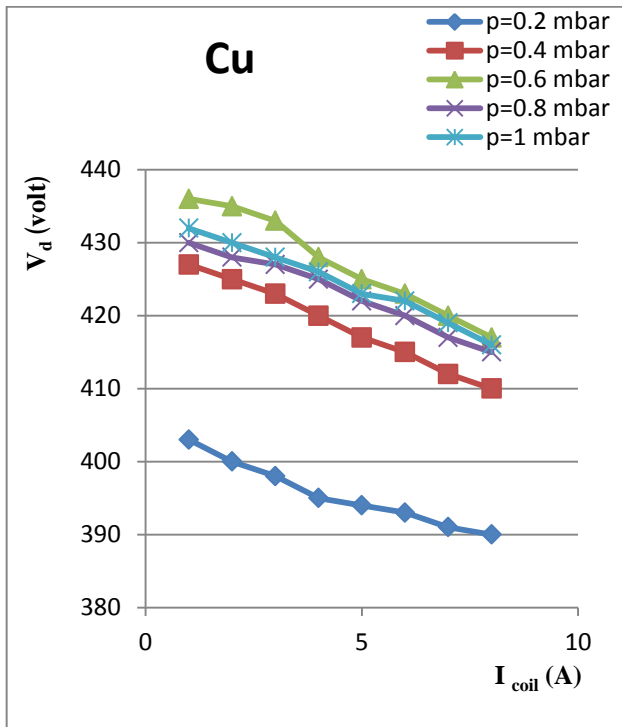
الشكل (d-11-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 15cm



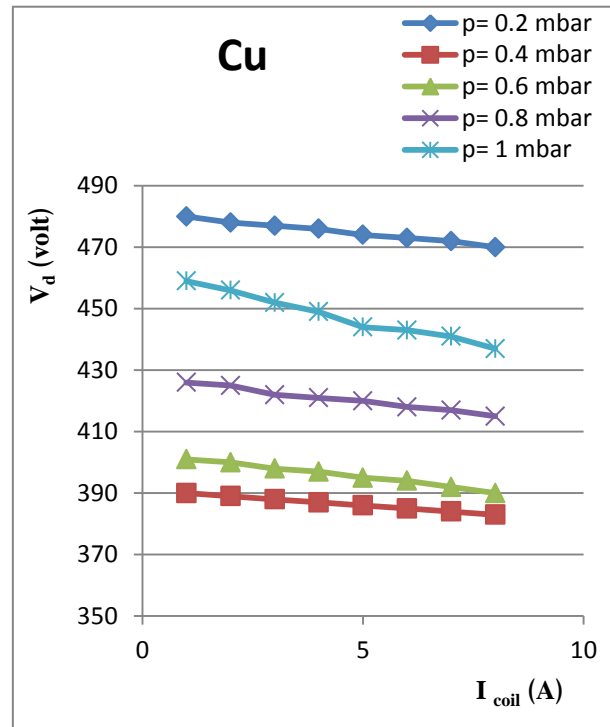
الشكل (c-11-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 10 cm



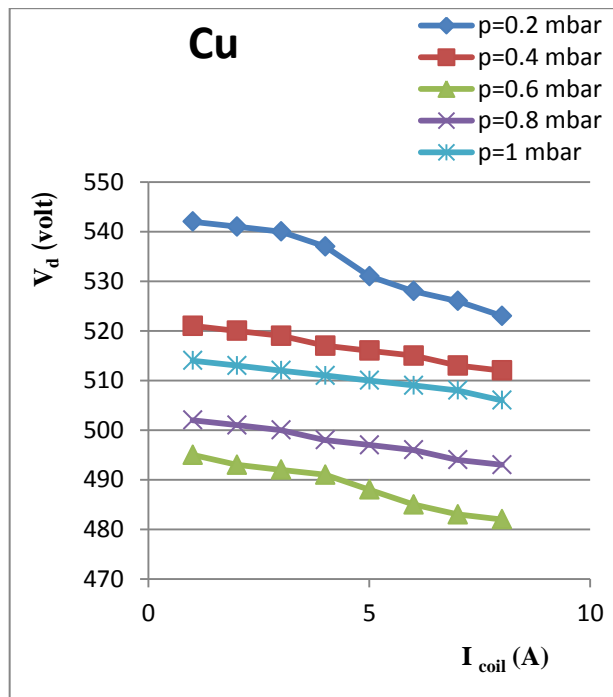
الشكل (b-12-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 5cm



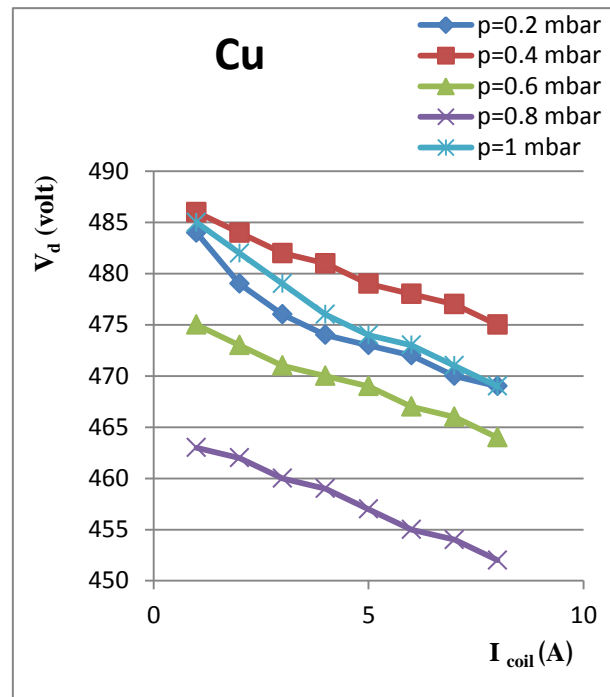
الشكل (a-12-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 1cm



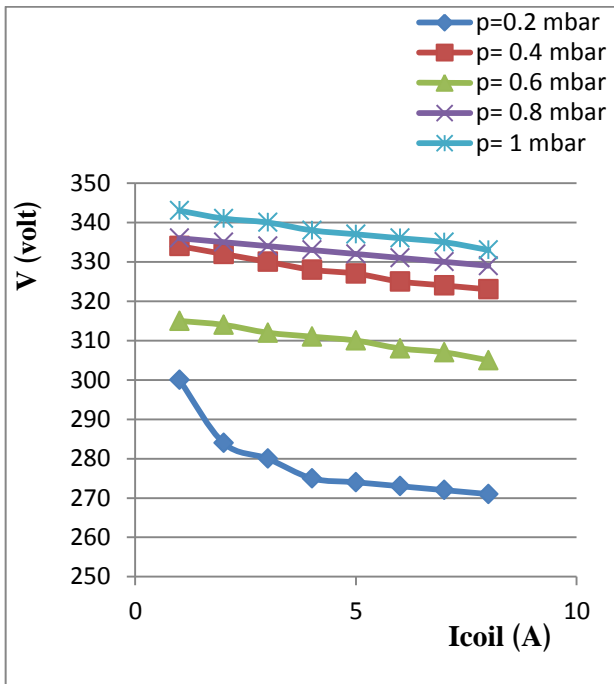
الشكل (d-12-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 15cm

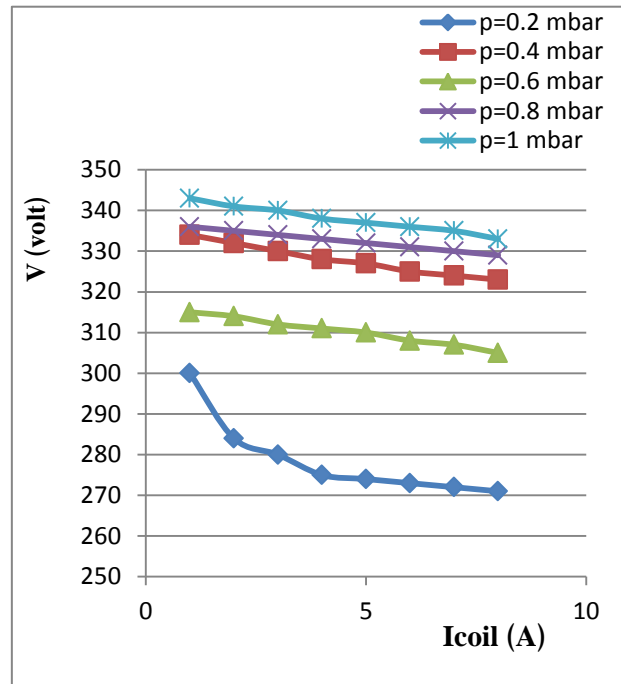


الشكل (c-12-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b

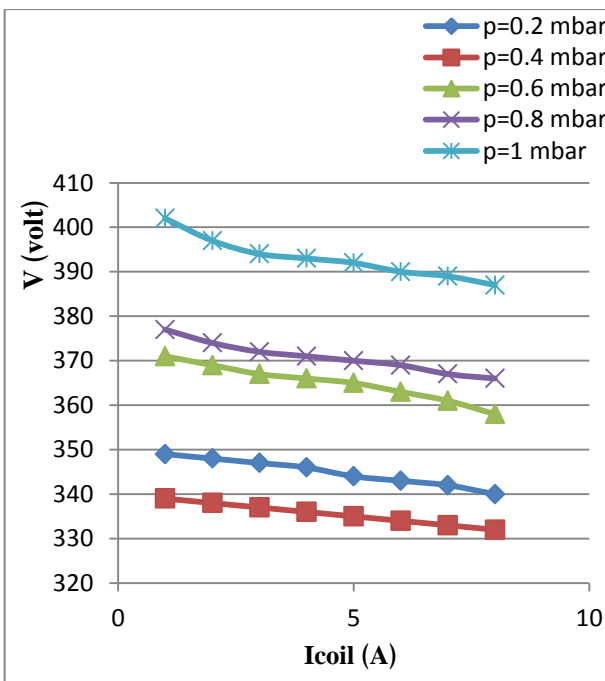
لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 10 cm



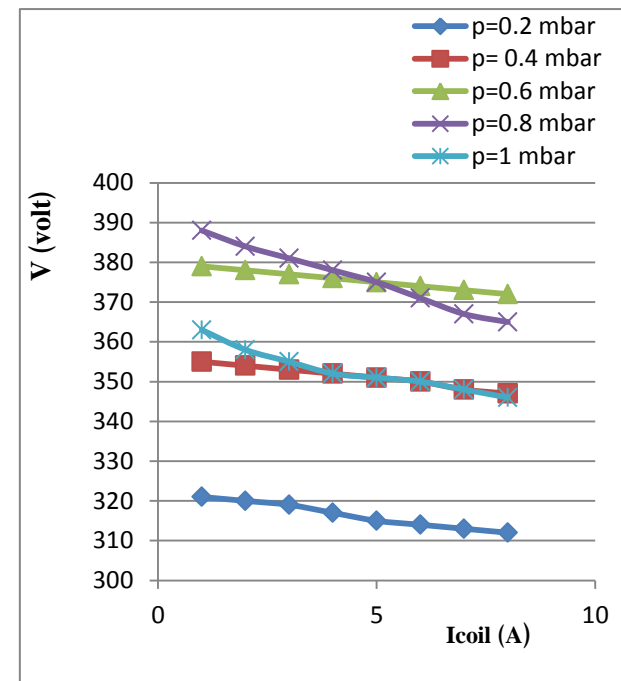
الشكل (b-13-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 5cm



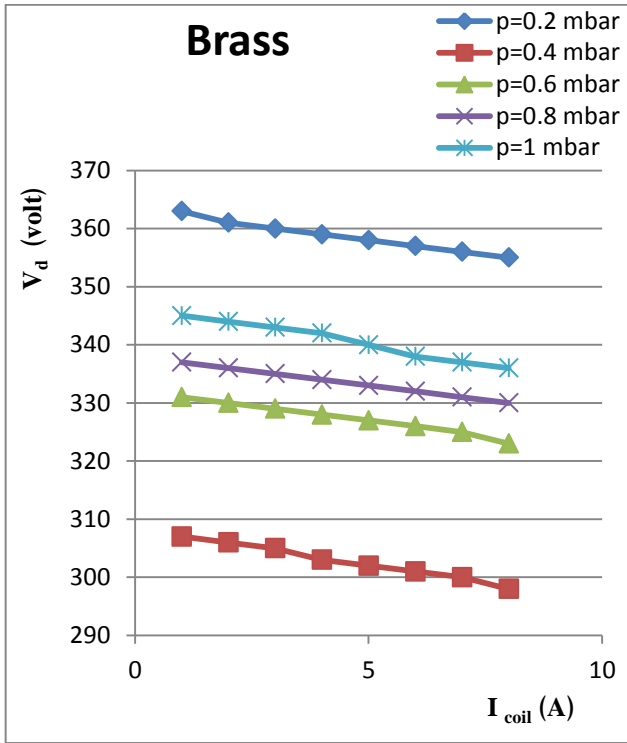
الشكل (a-13-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 1cm



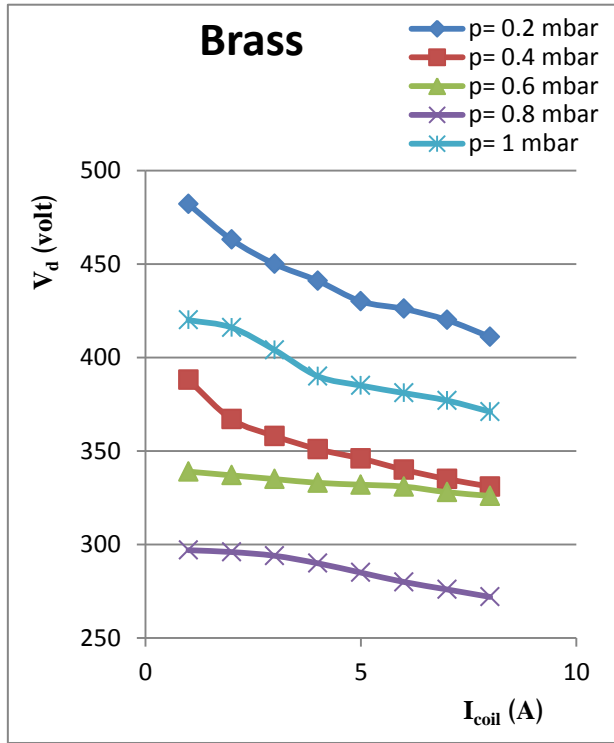
الشكل (d-13-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 15cm



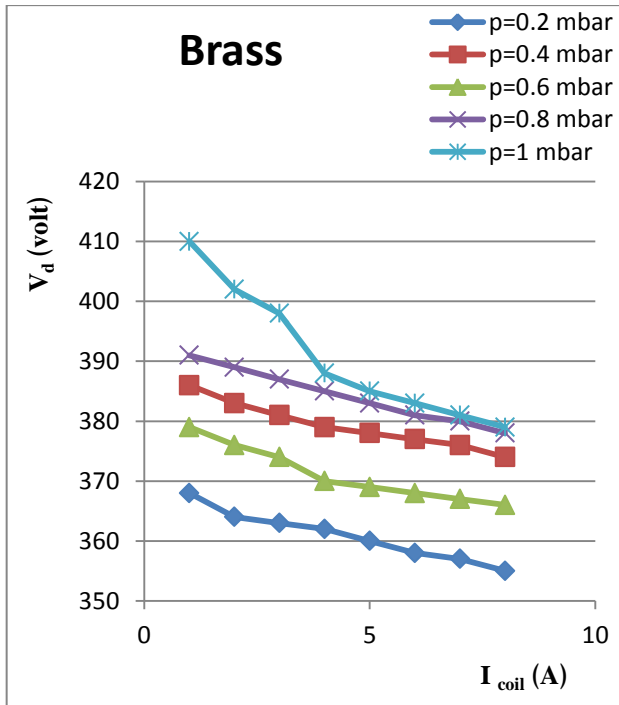
الشكل (c-13-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 10 cm



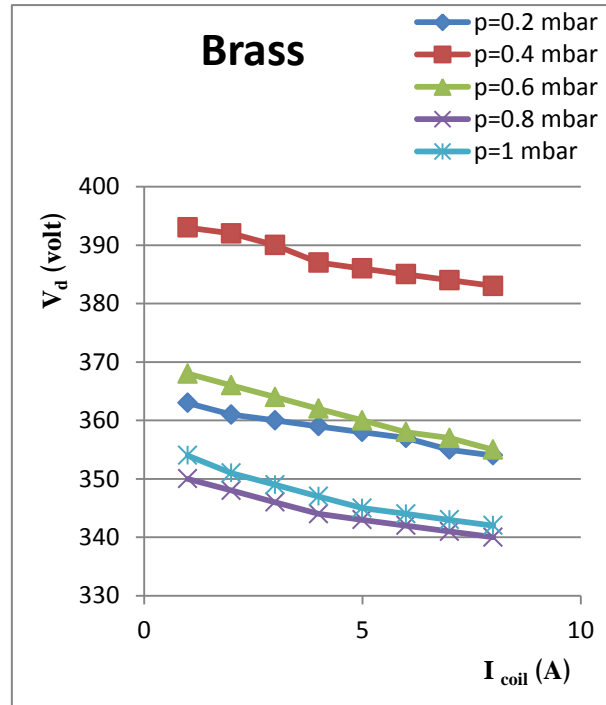
الشكل (b-14-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 5cm



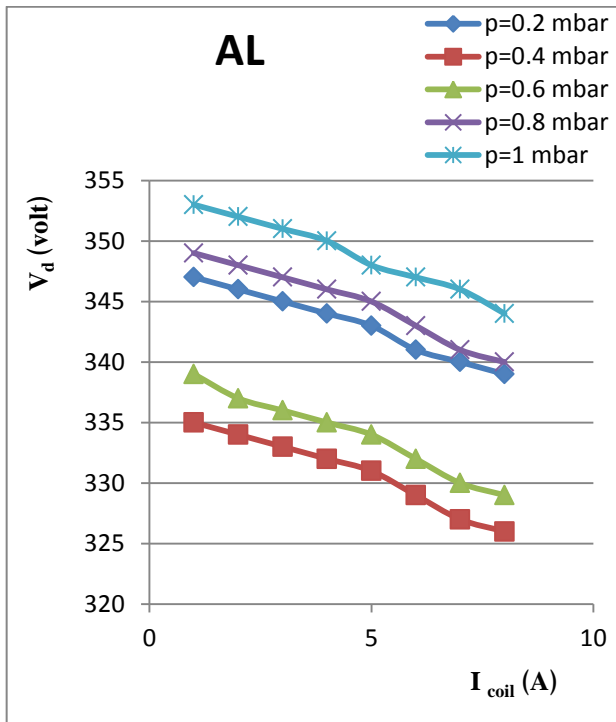
الشكل (a-14-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 1cm



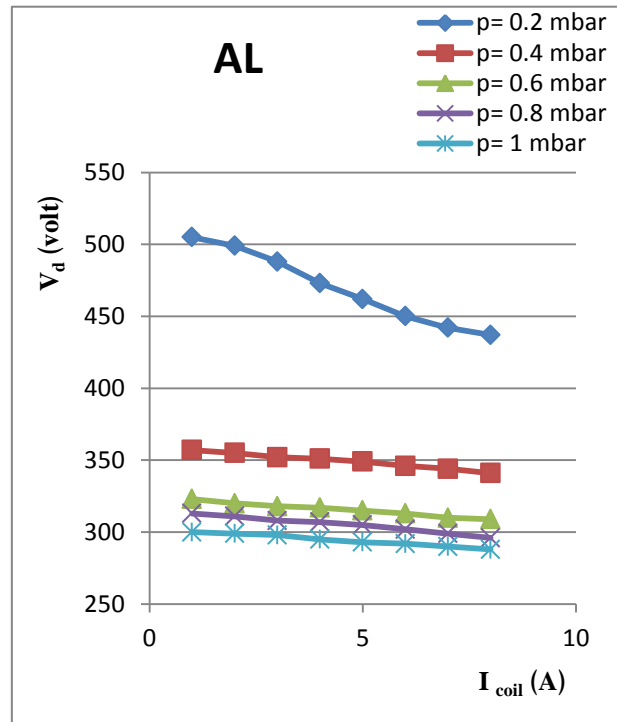
الشكل (d-14-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 15cm



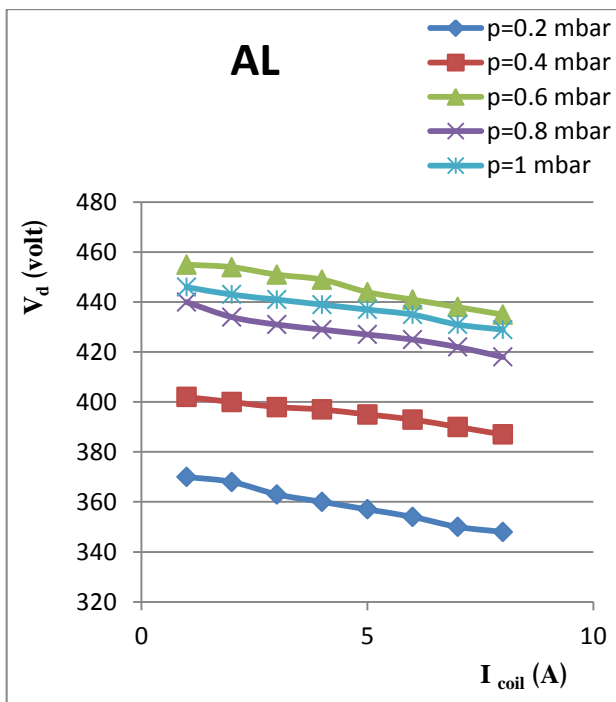
الشكل (c-14-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_b
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 10cm



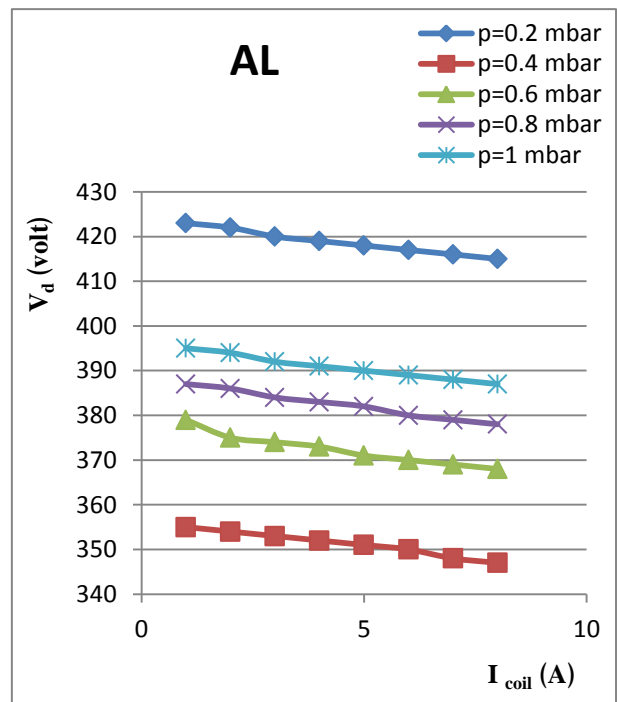
الشكل (c-15-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_d
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 5cm



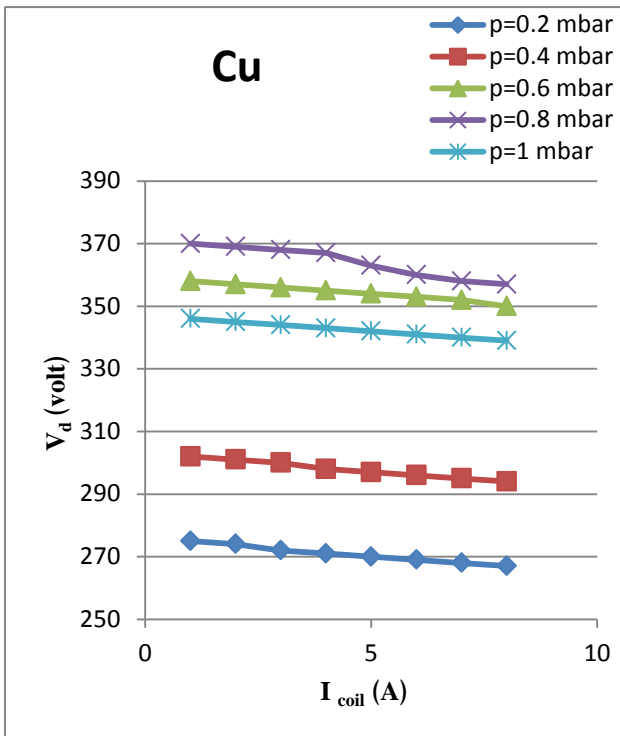
الشكل (a-15-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_d
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 1cm



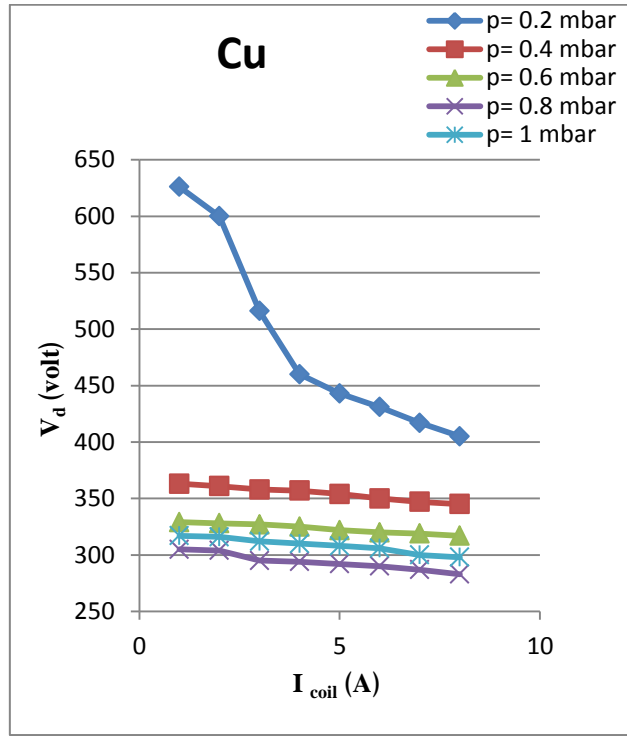
الشكل (d-15-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_d
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 15cm



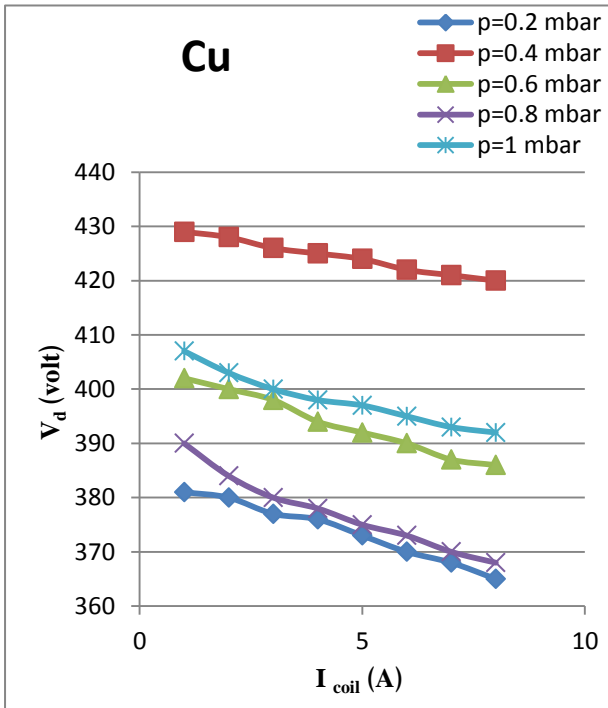
الشكل (c-15-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_d
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 10cm



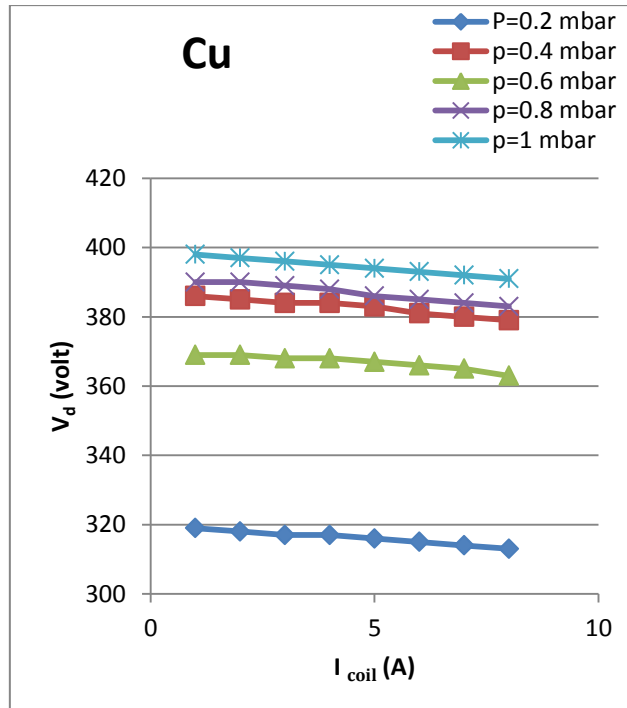
الشكل (b-16-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_d
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 5cm



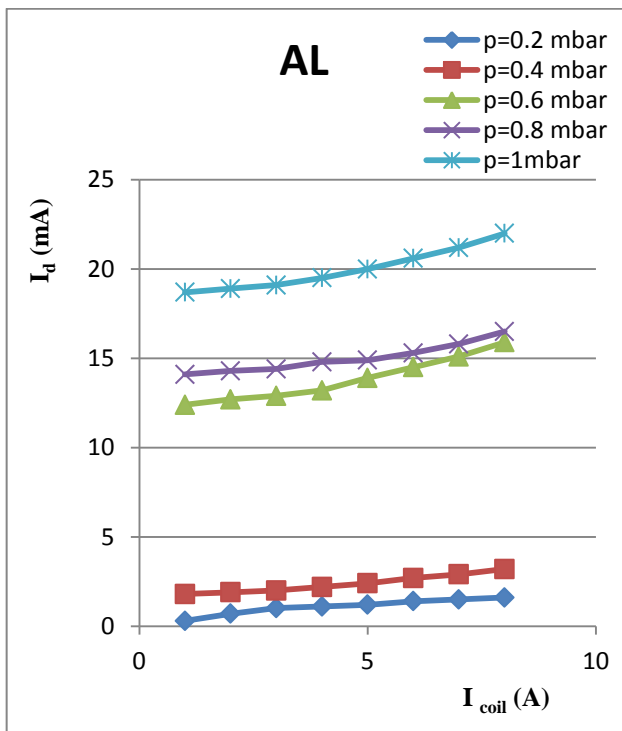
الشكل (a-16-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_d
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 1cm



الشكل (d-16-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_d
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 15cm

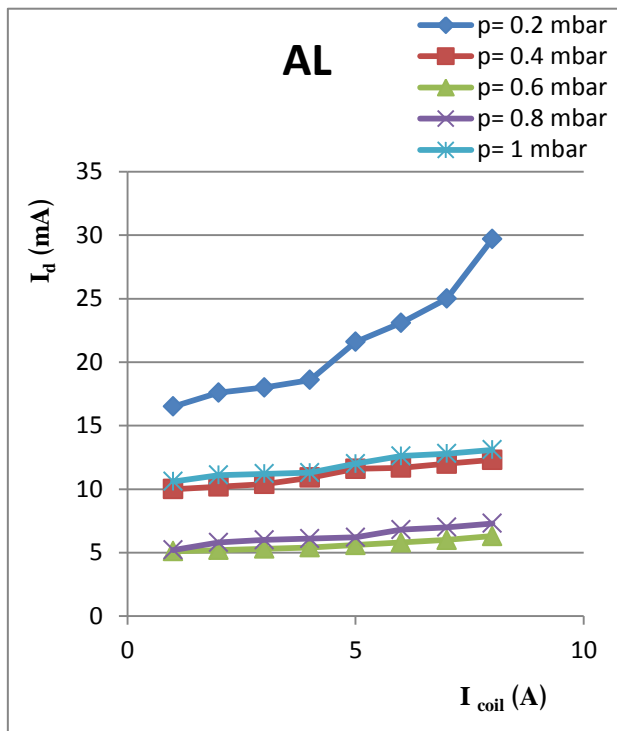


الشكل (c-16-4) تأثير المجال المغناطيسي على V_d
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 10cm



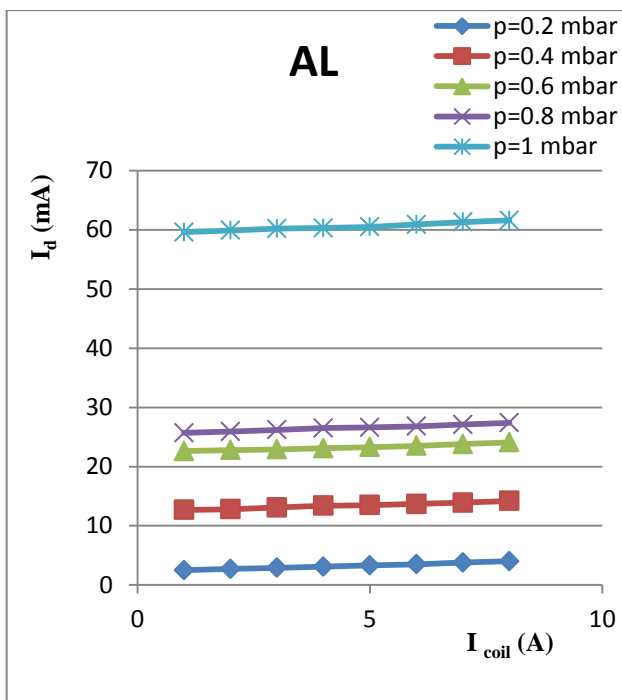
الشكل (b-17-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 5cm



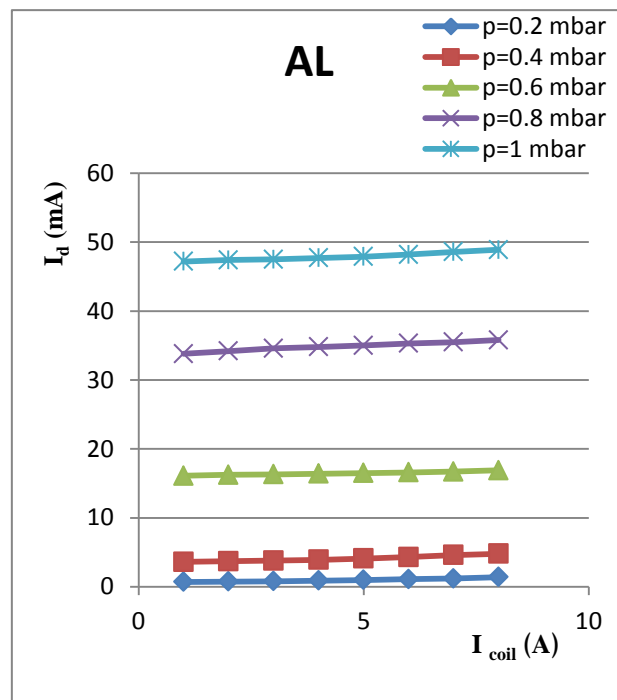
الشكل (a-17-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 1cm



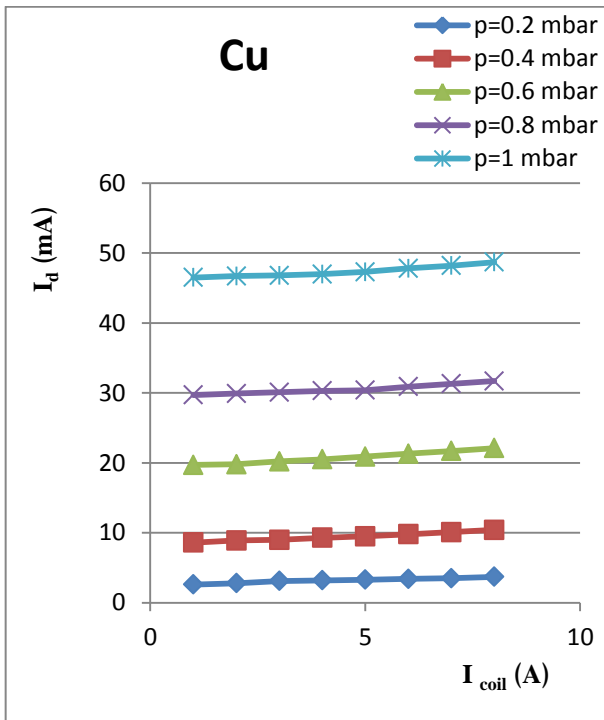
الشكل (d-17-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 5cm



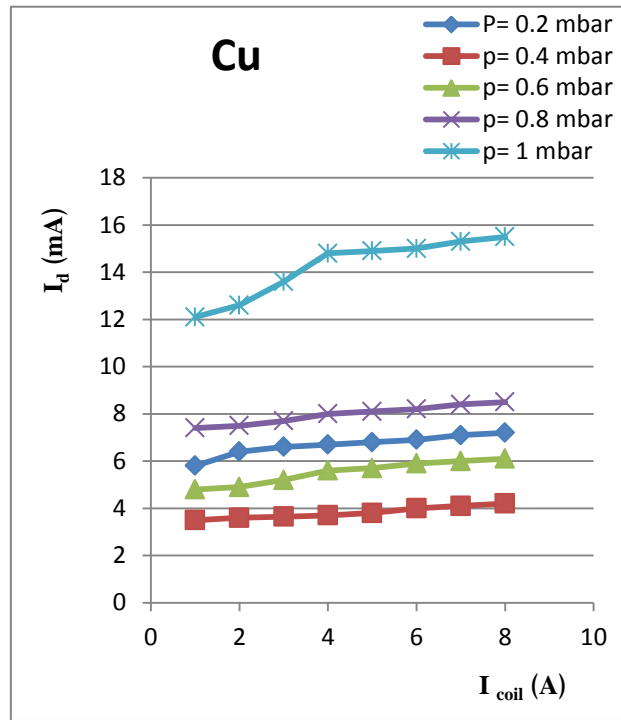
الشكل (c-17-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 1cm



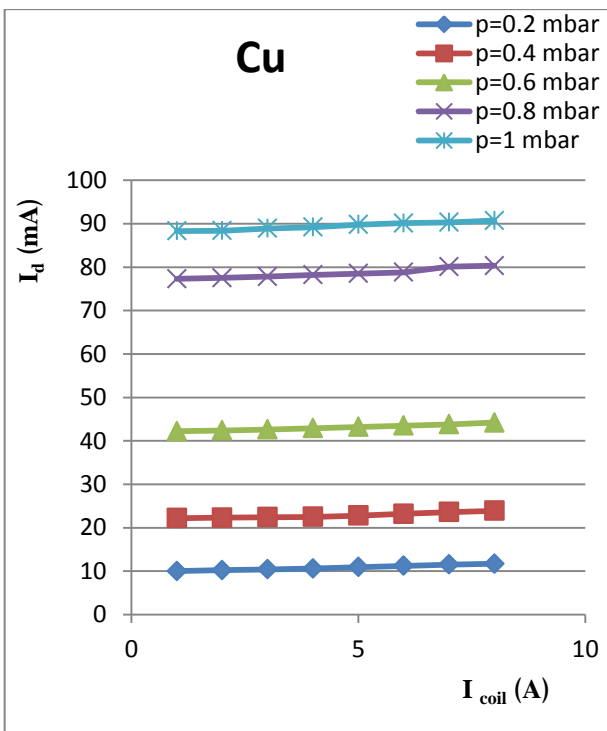
الشكل (b-18-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 5cm



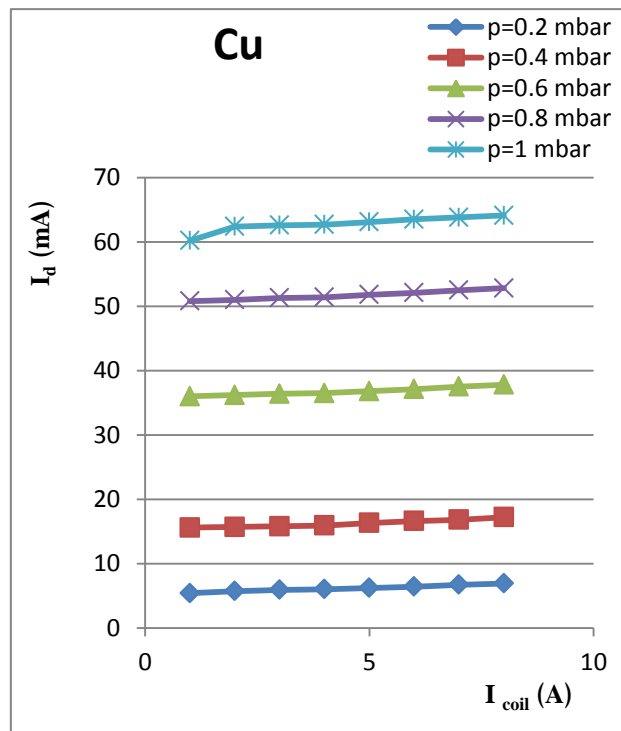
الشكل (a-18-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 1cm



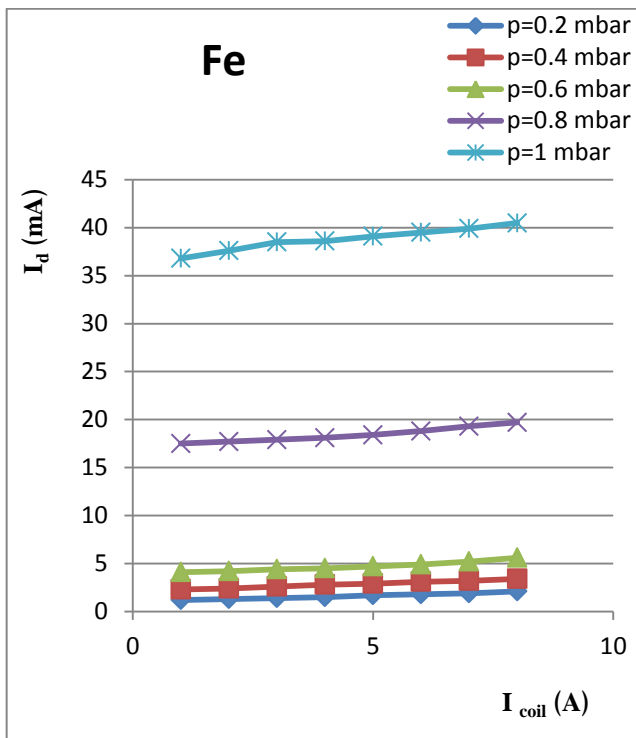
الشكل (d-18-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 15cm



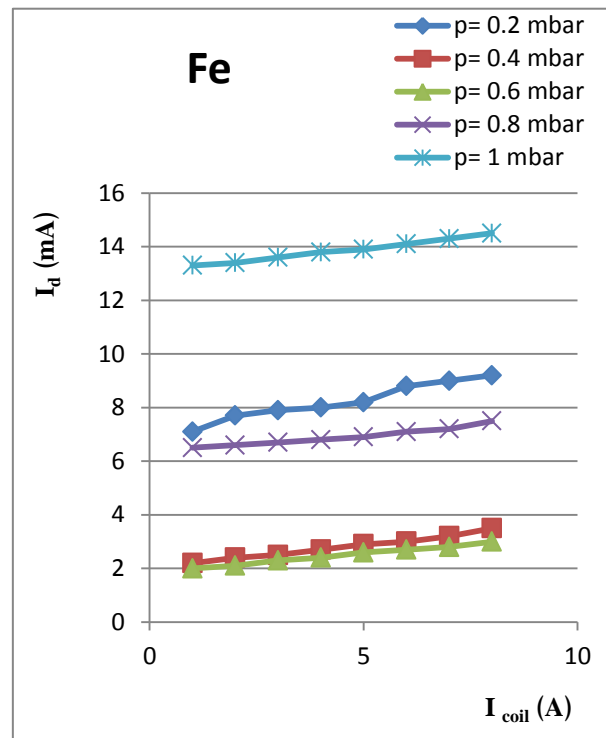
الشكل (c-18-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 10cm



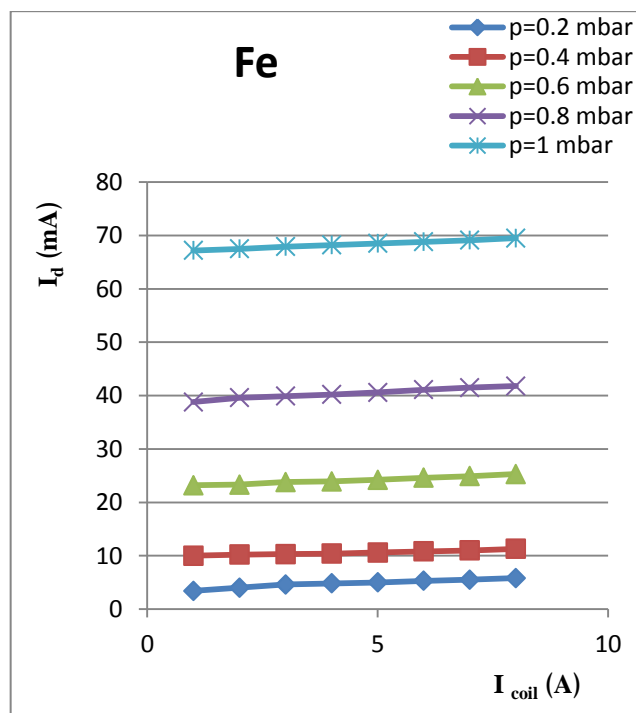
الشكل (b-19-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 5cm



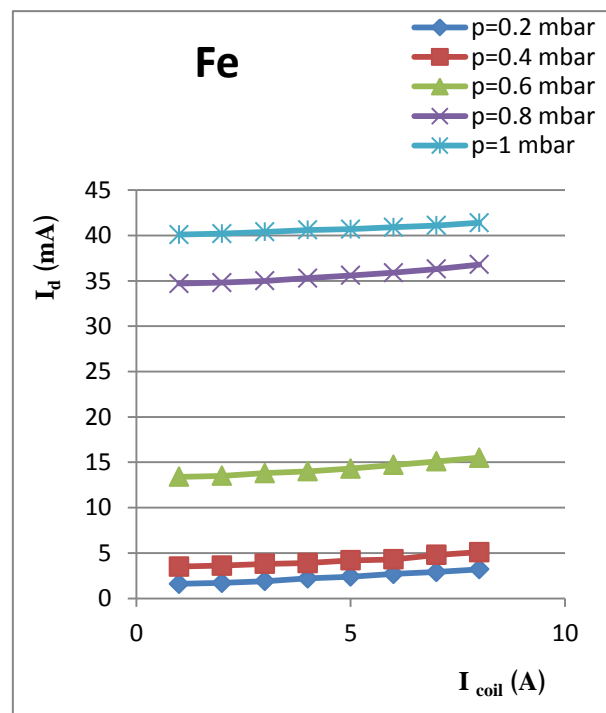
الشكل (a-19-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 1cm



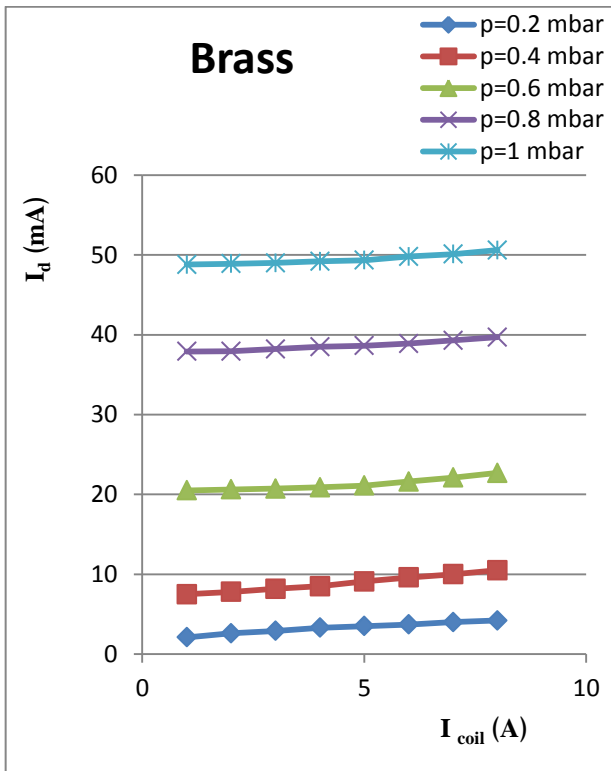
الشكل (d-19-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 15cm



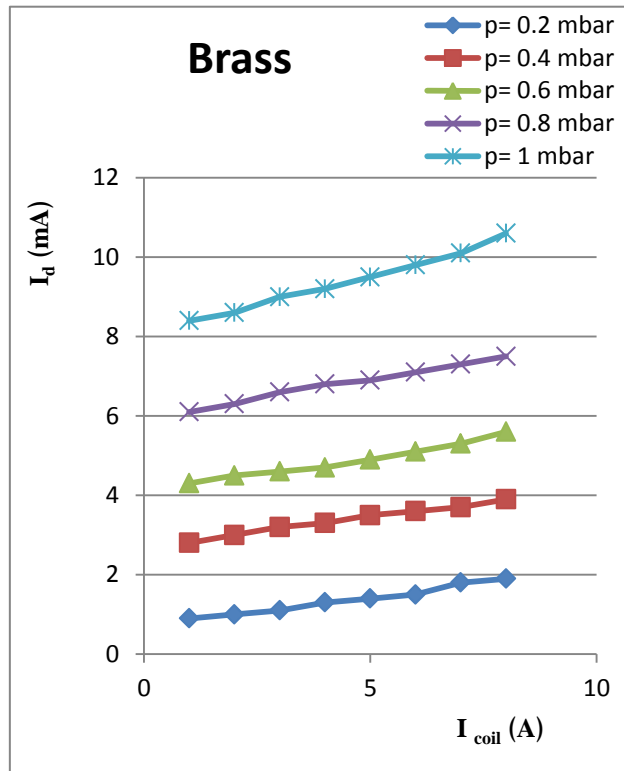
الشكل (c-19-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 10cm



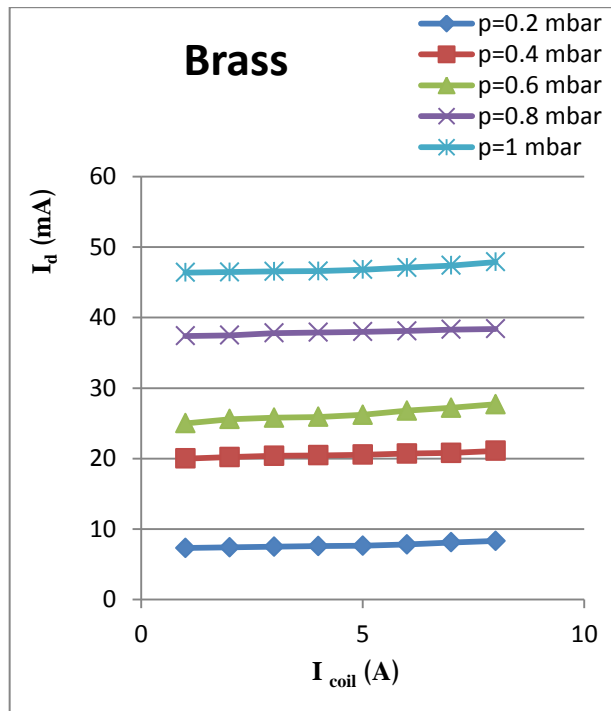
الشكل (b-20-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 5cm



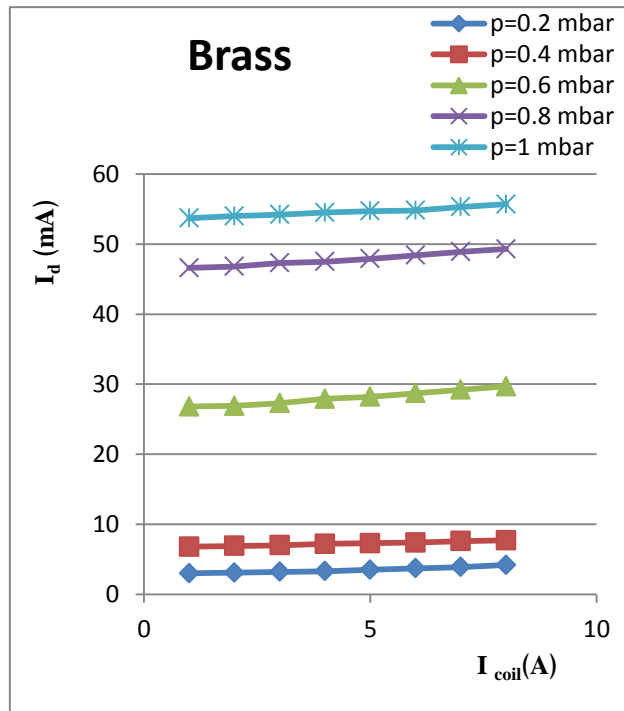
الشكل (a-20-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 1cm



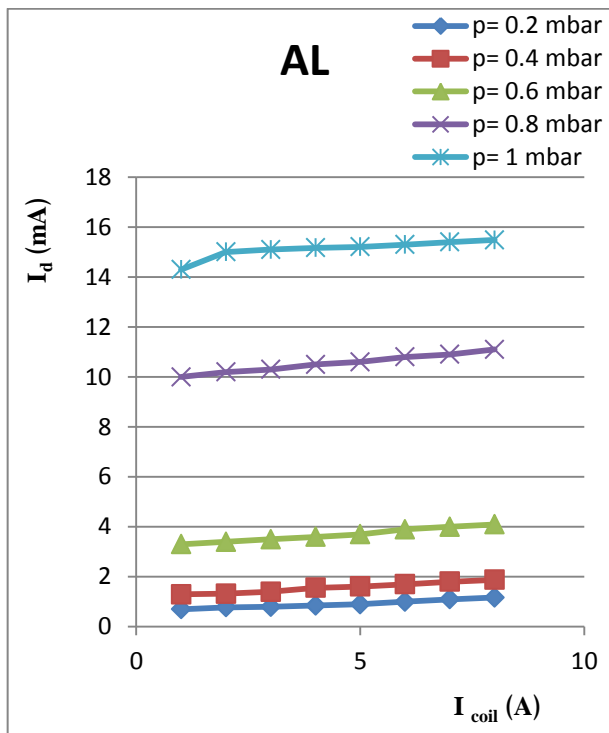
الشكل (d-20-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 15cm



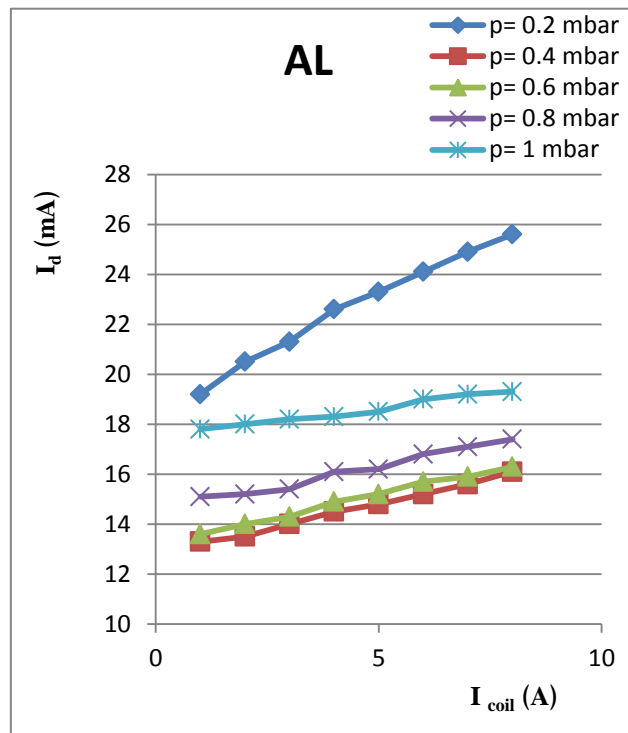
الشكل (c-20-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز ثنائي اوكسيد الكربون والمسافة بين الاقطاب 10cm



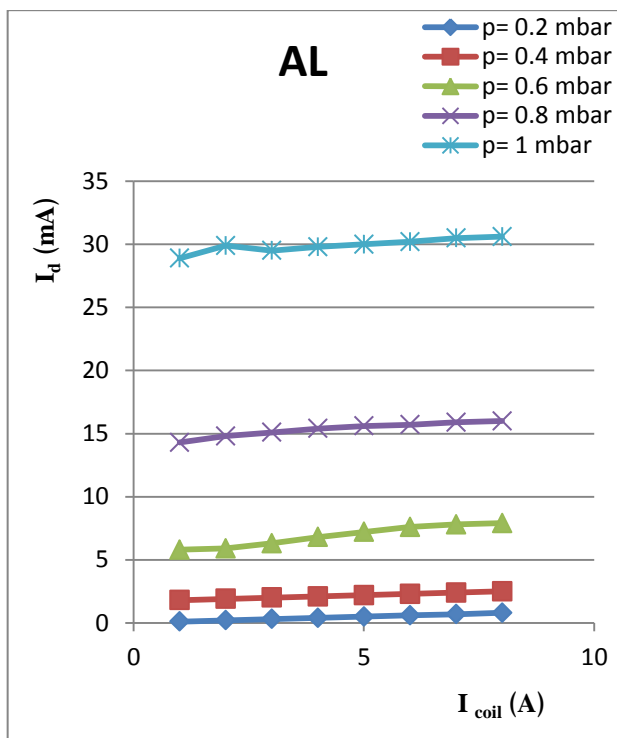
الشكل (b-21-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 5cm



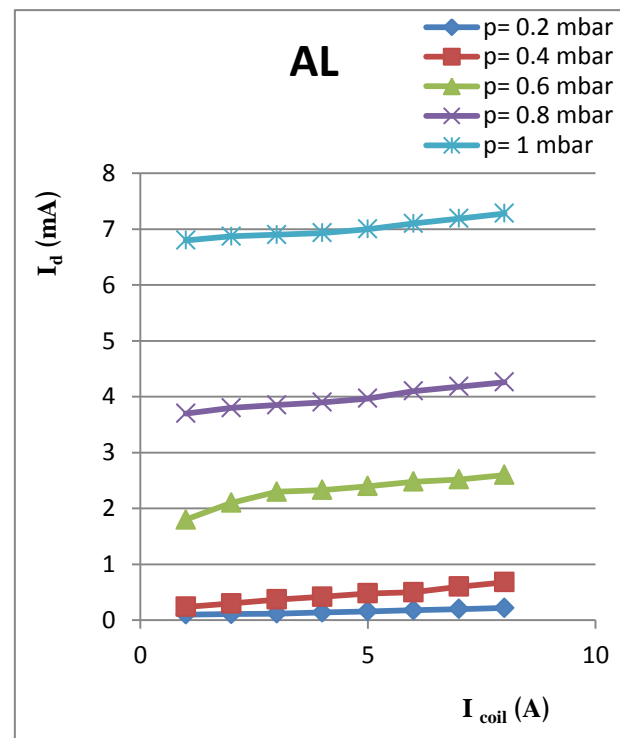
الشكل (a-21-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 1cm



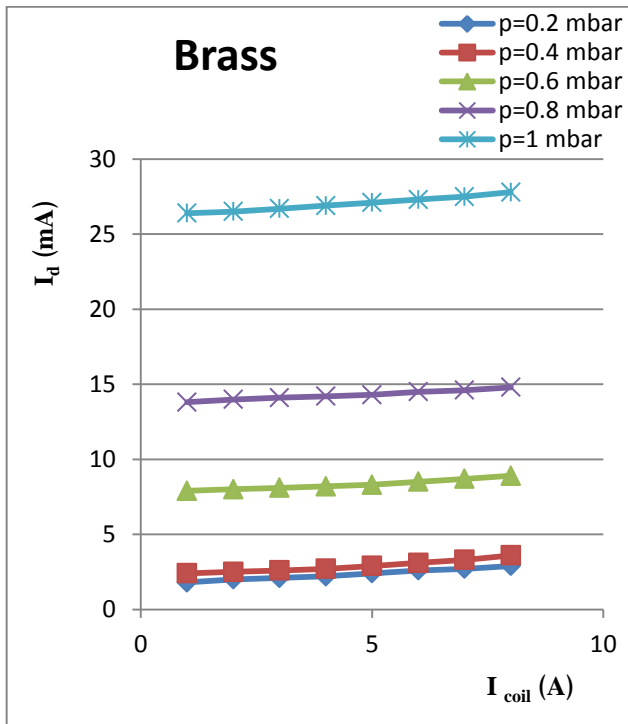
الشكل (d-21-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 15cm

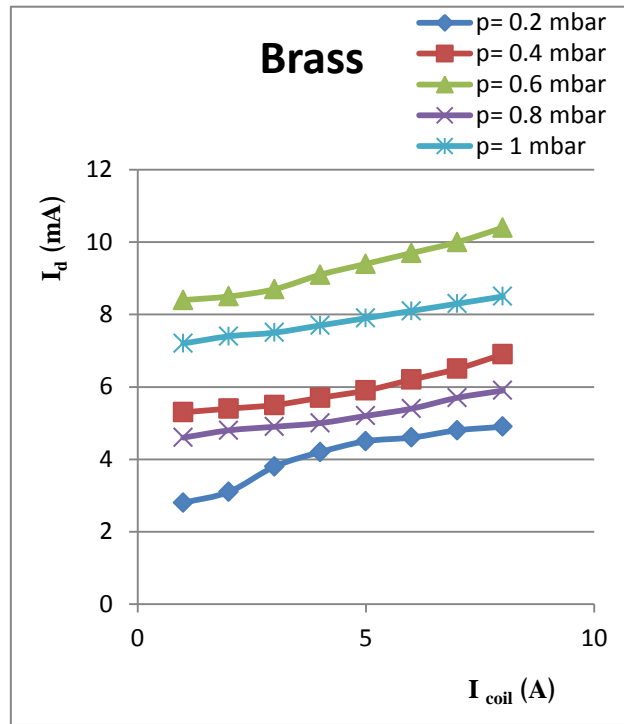


الشكل (c-21-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

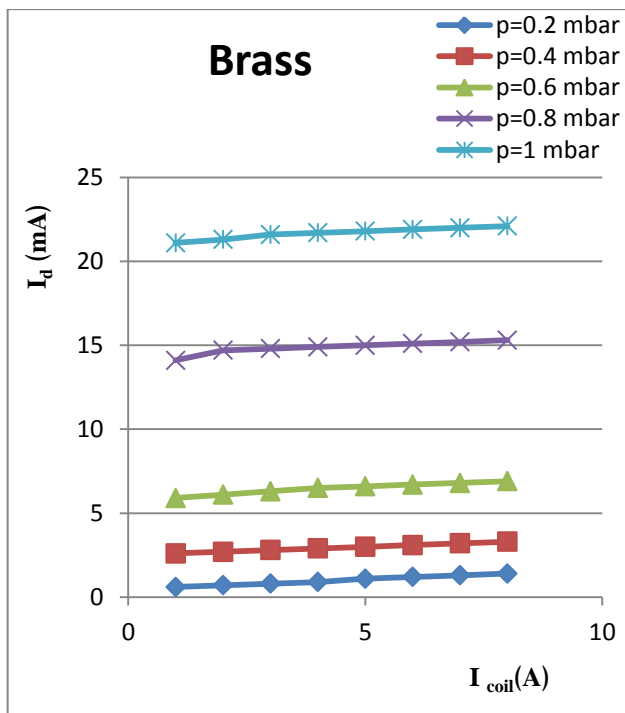
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 10cm



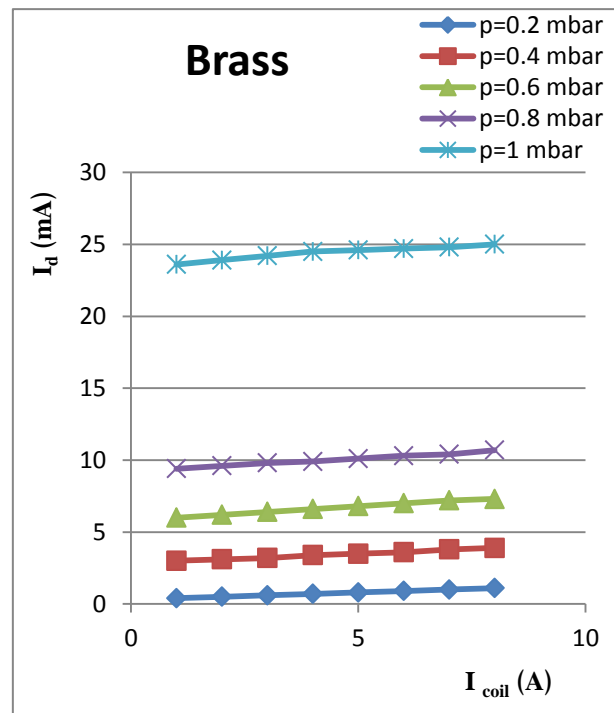
الشكل (b-22-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 5cm



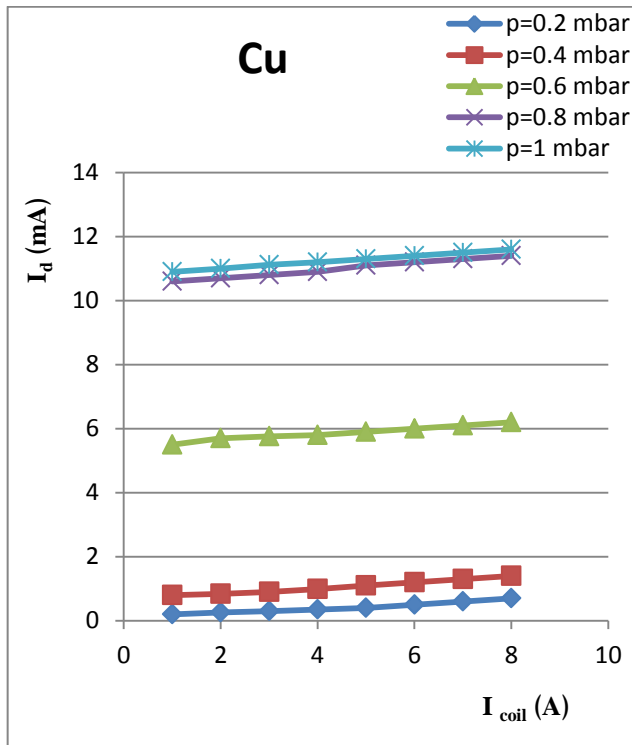
الشكل (a-22-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 1cm



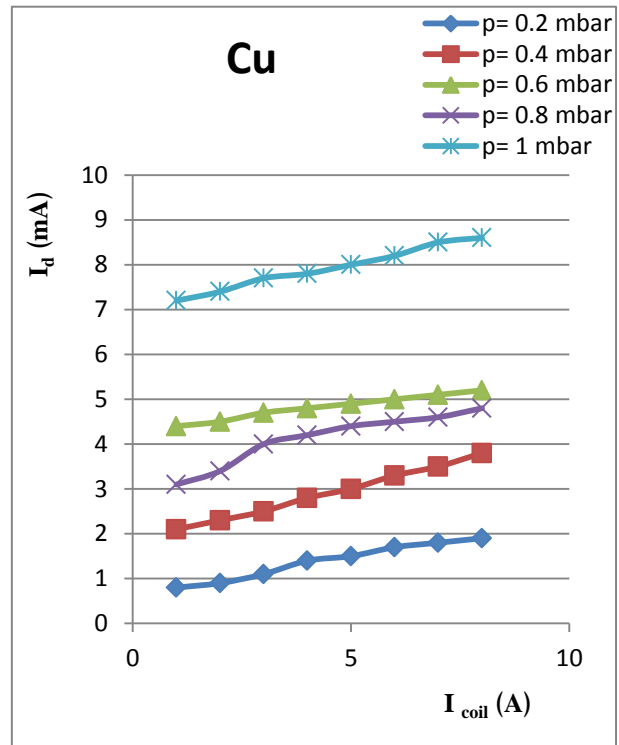
الشكل (d-22-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 15cm



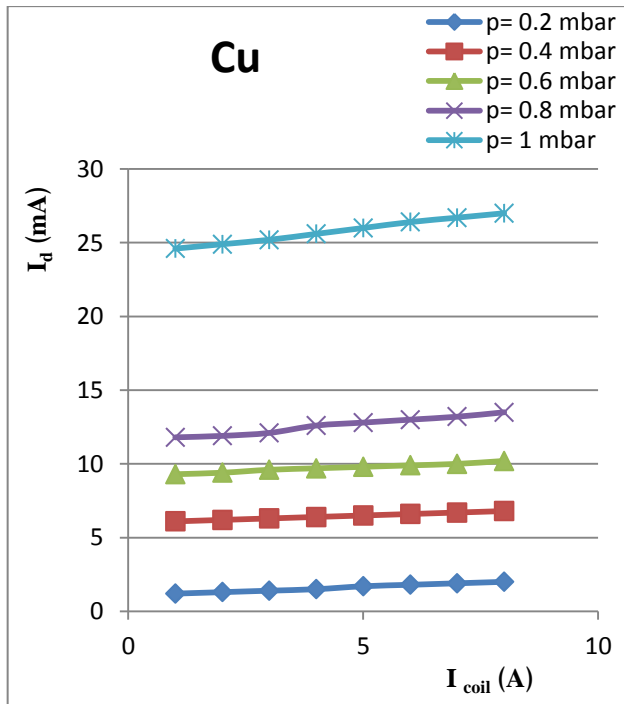
الشكل (c-22-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 10cm



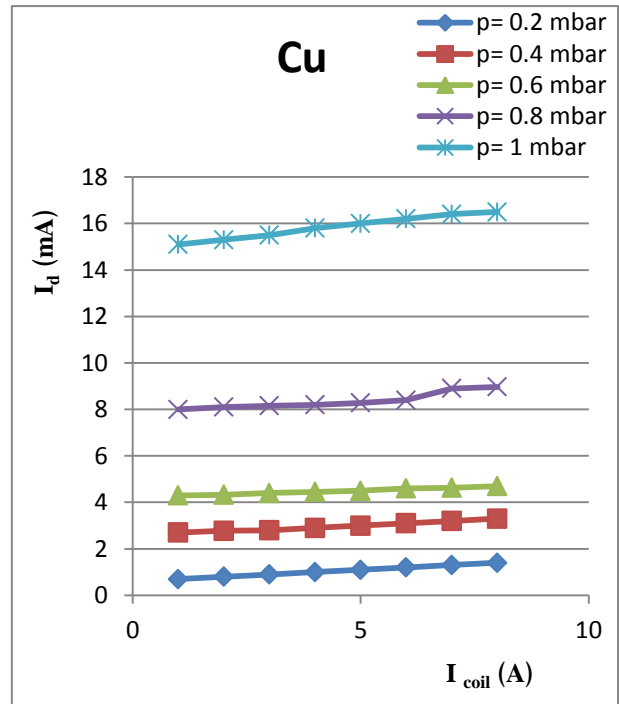
الشكل (b-23-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 5cm



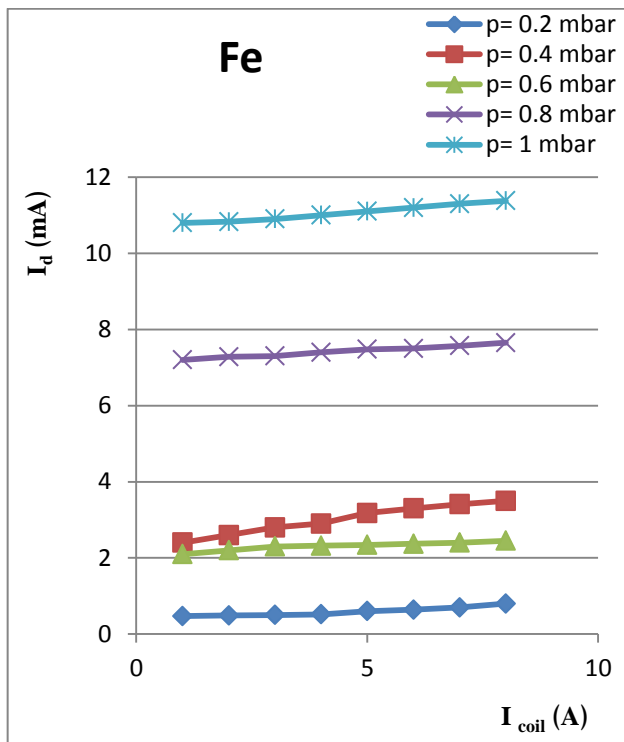
الشكل (a-23-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 1cm



الشكل (d-23-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 15cm

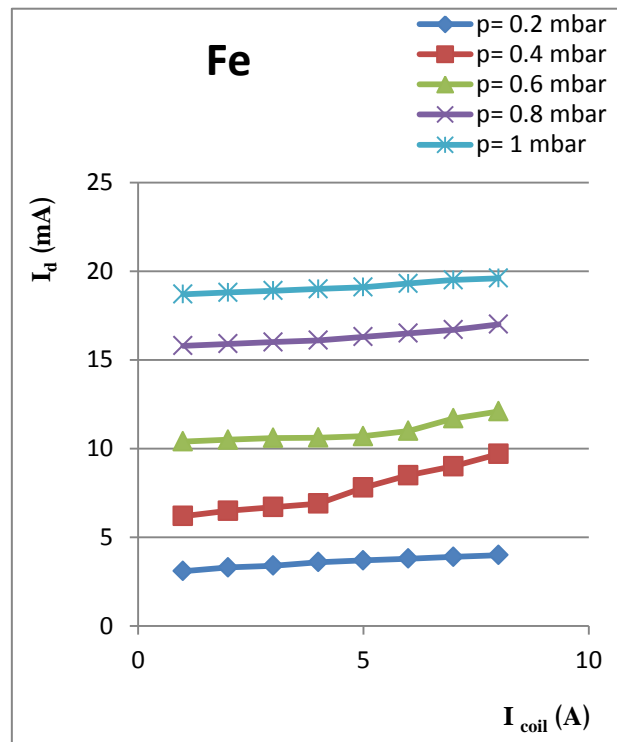


الشكل (c-23-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d
لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 10cm



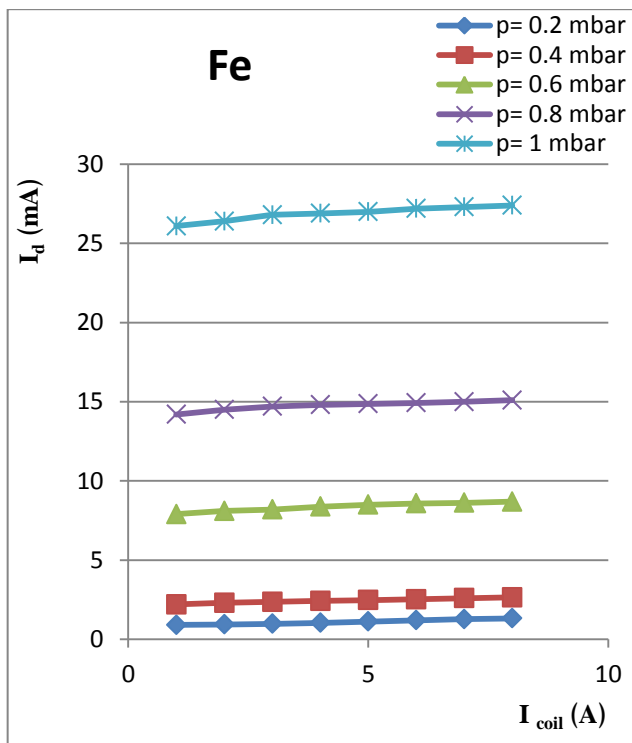
الشكل (b-24-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 5cm



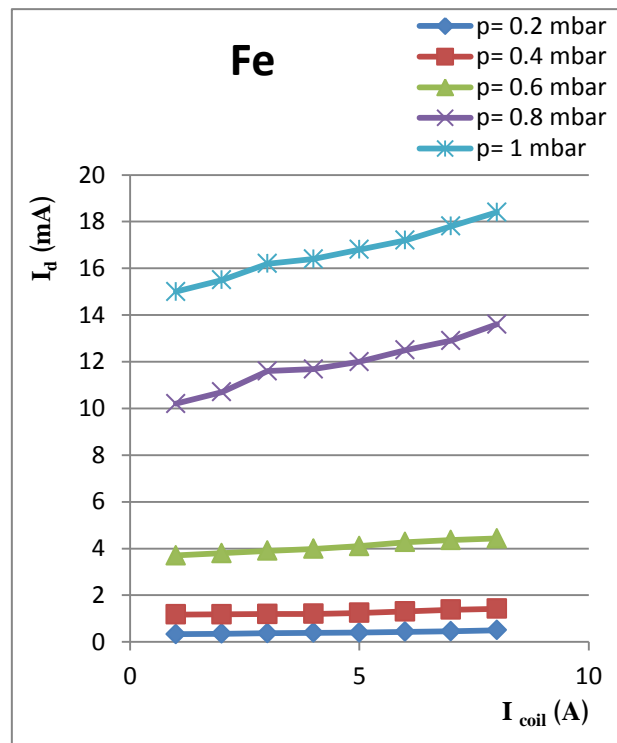
الشكل (a-24-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 1cm



الشكل (d-24-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 5cm



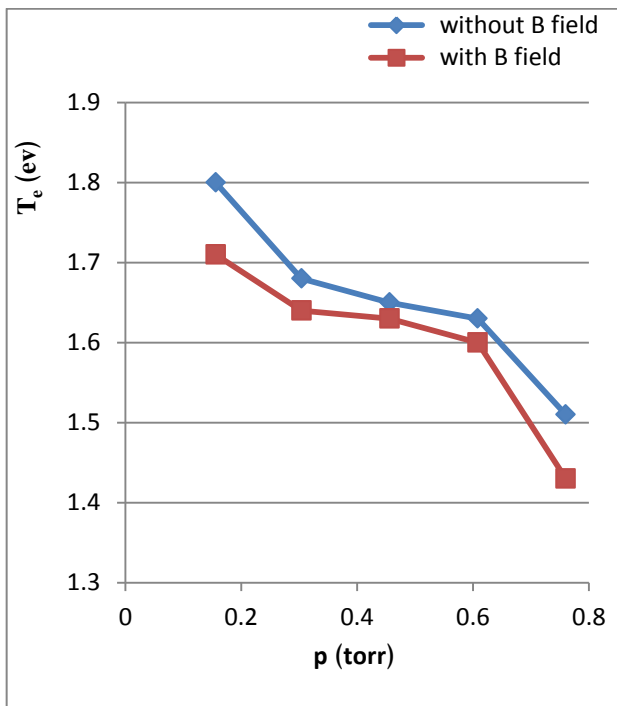
الشكل (c-24-4) تأثير المجال المغناطيسي على I_d

لغاز النتروجين والمسافة بين الاقطاب 1cm

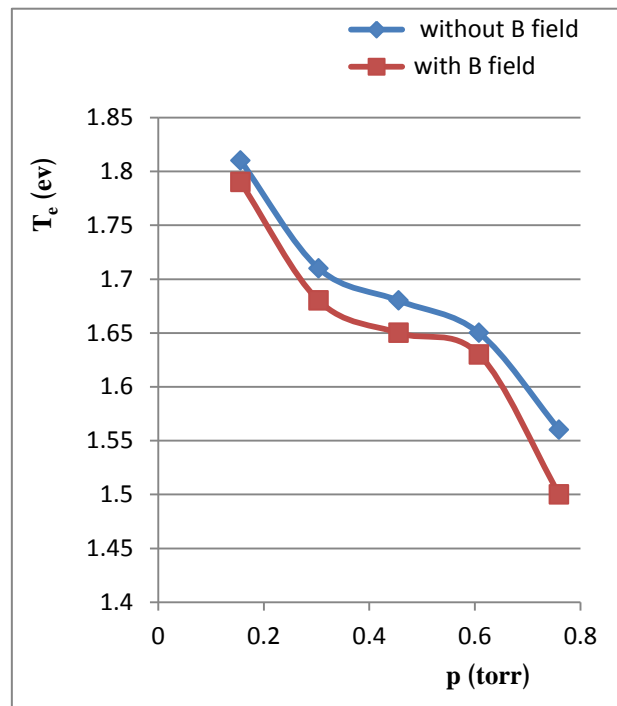
(3-4): درجة حرارة الإلكترون :-

تم قياس درجة حرارة الإلكترون لبلازما ثنائي اوكسيد الكربون وبلازما النتروجين من خلال خصائص منحني الفولتية والتيار للمجس المنفرد وتحت تاثير مجال مغناطيسي 120 G والذي يبعد 20cm عن الكاثود ولضغوط مختلفة تتراوح 0.152 – 0.76 Torr والمسافة الفاصله بين الاقطاب 25cm ، وتم وضع المجس في ثلاث مناطق مختلفة في البلازما .

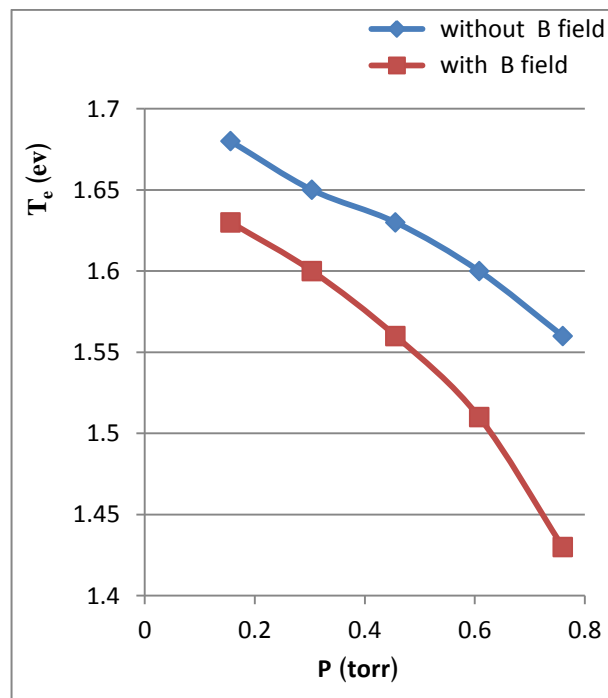
وفي الاشكال من (4-25) الى (4-32) لاحظنا انخفاض درجة حرارة الإلكترون بزيادة الضغط وذلك لان المسار الحر للإلكترونات يكون اقصر ومن ثم تزداد التصادمات بين الإلكترونات وذرات الغاز وبالنتيجة تنتقل الطاقة من الإلكترونات الى ذرات الغاز فتزداد درجة حرارة الغاز وتقل درجة حرارة الإلكترون وكذلك تقل الطاقة الحركية للإلكترونات نتيجة زيادة ضغط الغاز . اما عند تسليط مجال مغناطيسي على البلازما فهذا يعمل على حصر البلازما وبالتالي تنخفض درجة حرارة الإلكترون بفعل زيادة عدد التصادمات الناتجة من الحركة اللولبية للإلكترونات بفعل المجال المغناطيسي. حيث نلاحظ درجة حرارة الإلكترونات المقاسة عند وضع المجس على بعد 2cm عن الكاثود عالية لان الإلكترون قريب من سطح الكاثود لان تركيز الإلكترونات في هذه المنطقة يكون عالي لان المجس يقع ضمن منطقة توهج السالب والمجال الكهربائي منخفض، وعند ابعاد المجس عن سطح الكاثود سوف تنخفض درجة الحرارة ولاحظنا عند وضع المجس على بعد 7cm عن الكاثود انخفضت درجة حرارة الإلكترون لان المجس يقع ضمن منطقة العمود الموجب حيث تكون كثافة الإلكترونات منخفضة وتقريبا يساوي كثافة الايونات. وعند وضع المجس على بعد 18cm نلاحظ ان درجة حرارة الإلكترون تنخفض اكثر لانه يقع ضمن منطقة توهج الانود. وكذلك لاحظنا ان درجة حرارة الإلكترونات لبلازما النتروجين اعلى من درجة حرارة الإلكترونات لبلازما ثنائي اوكسيد الكربون



b- يبعد المجس (7.5cm) عن الكاثود

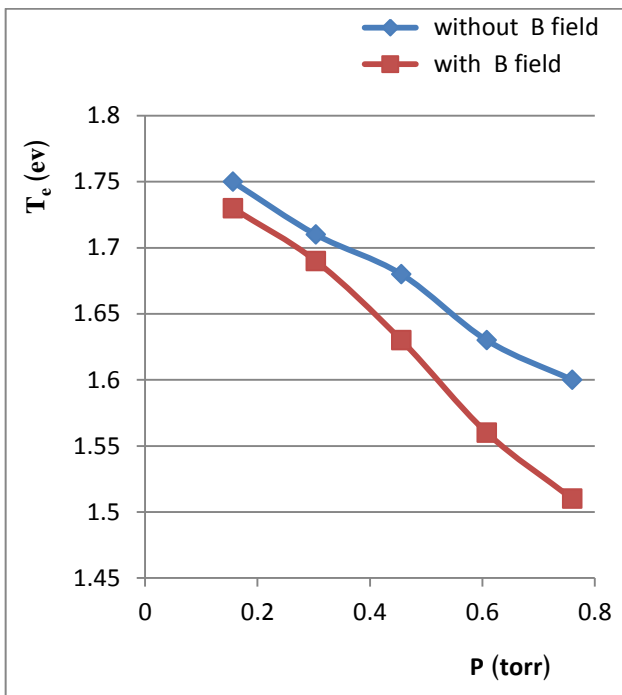


a- يبعد المجس (2cm) عن الكاثود

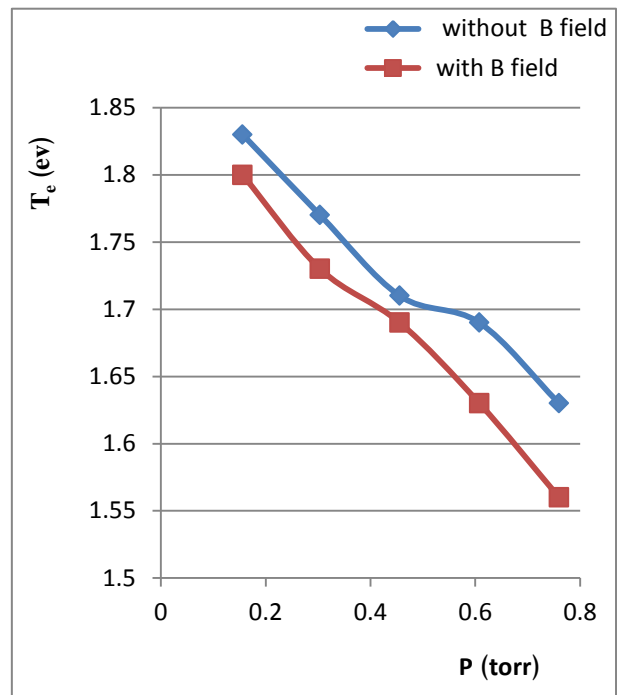


c- يبعد المجس (18cm) عن الكاثود

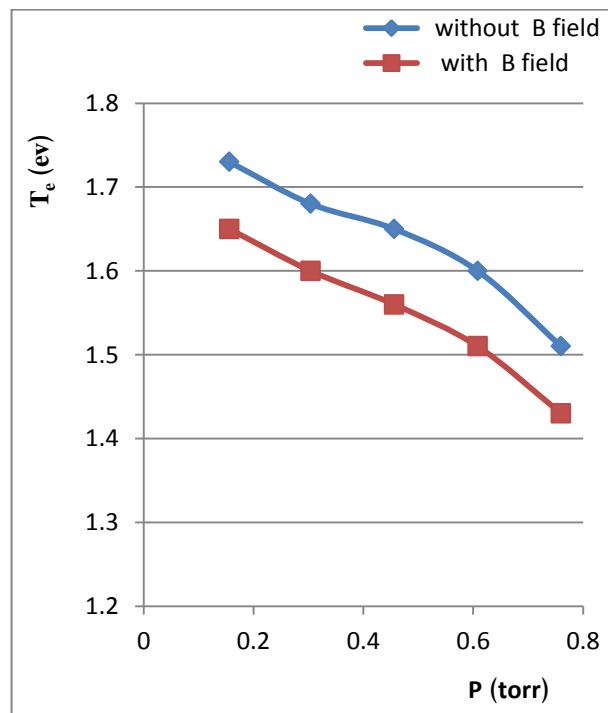
الشكل (4-25) تأثير المجال المغناطيسي على درجة حرارة الإلكترون لغاز ثنائي اوكسيد الكربون لأقطاب الألمنيوم



-b- يبعد المجس (7.5cm) عن الكاثود

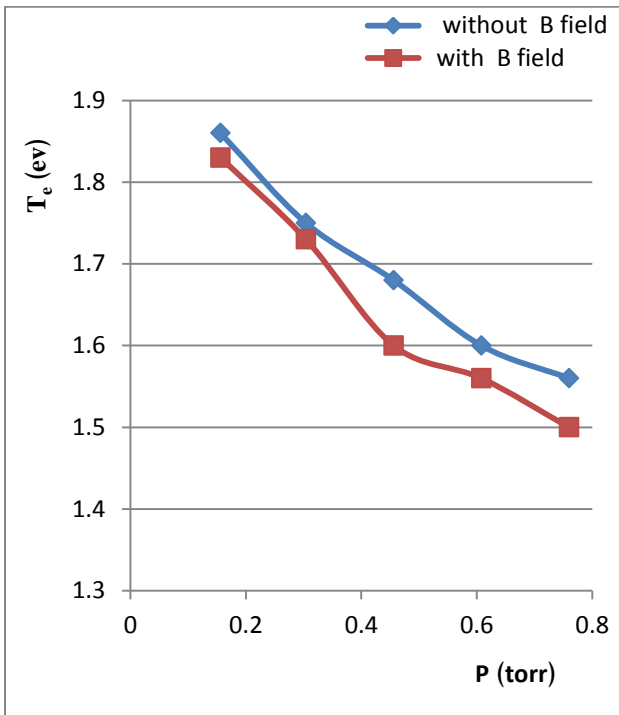


- a - يبعد المجس (2cm) عن الكاثود

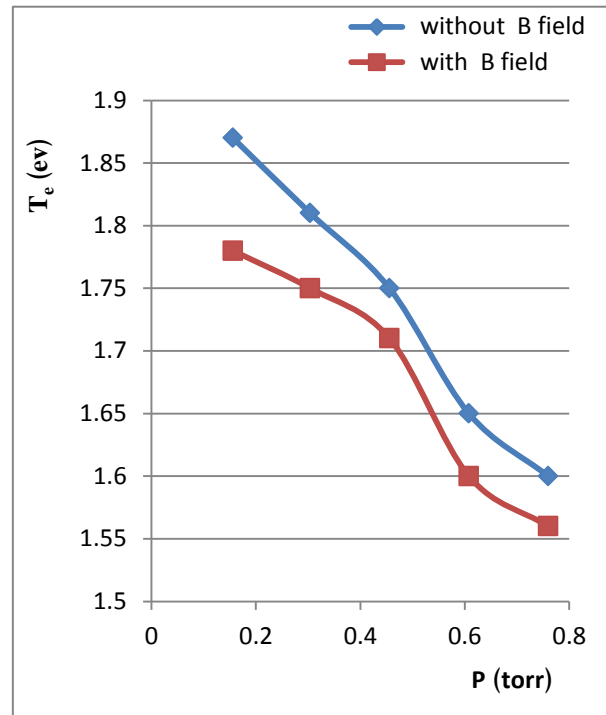


- c - يبعد المجس (18cm) عن الكاثود

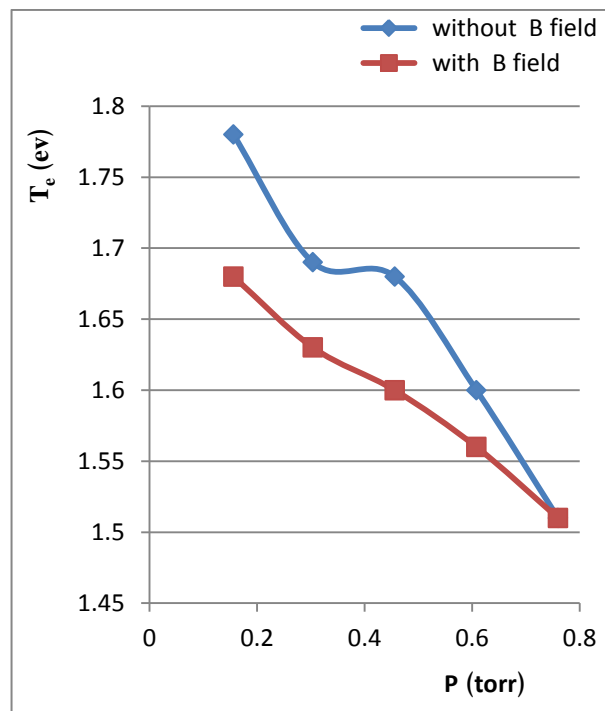
الشكل (4-26) تأثير المجال المغناطيسي على درجة حرارة الإلكترون لغاز ثنائي اوكسيد الكربون لأقطاب البراص



b - يبعد المجس (7.5cm) عن الكاثود

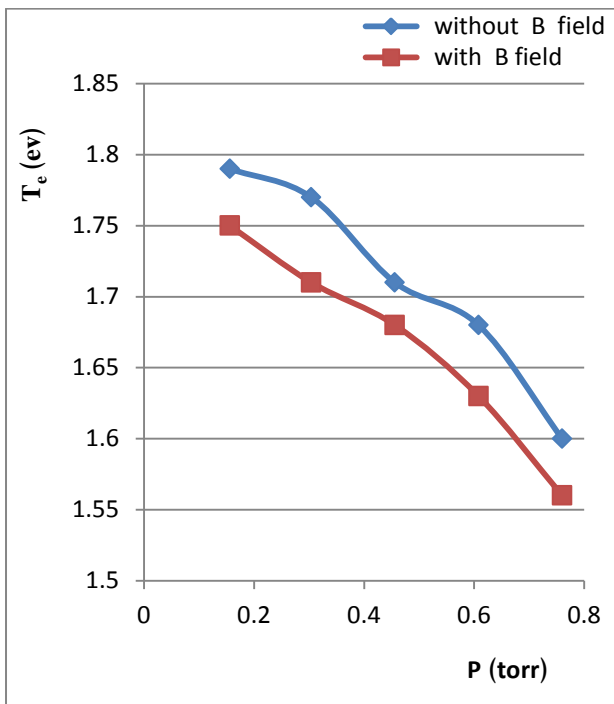


a - يبعد المجس (2cm) عن الكاثود

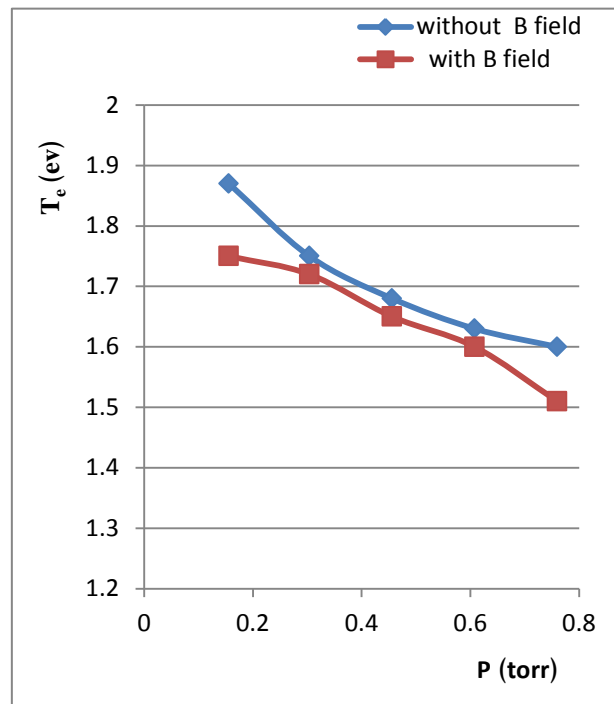


c - يبعد المجس (18cm) عن الكاثود

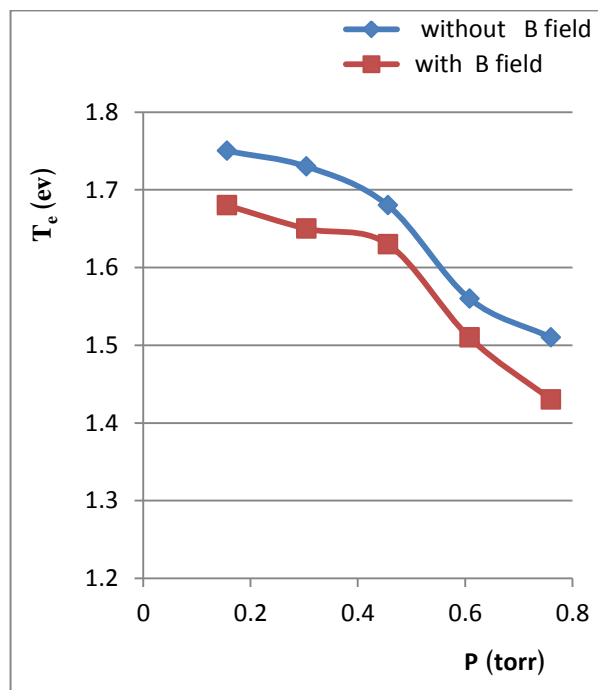
الشكل (27-4) تأثير المجال المغناطيسي على درجة حرارة الإلكترون لغاز ثنائي اوكسيد الكربون لأقطاب الحديد



b - يبعد المجس (7.5cm) عن الكاثود



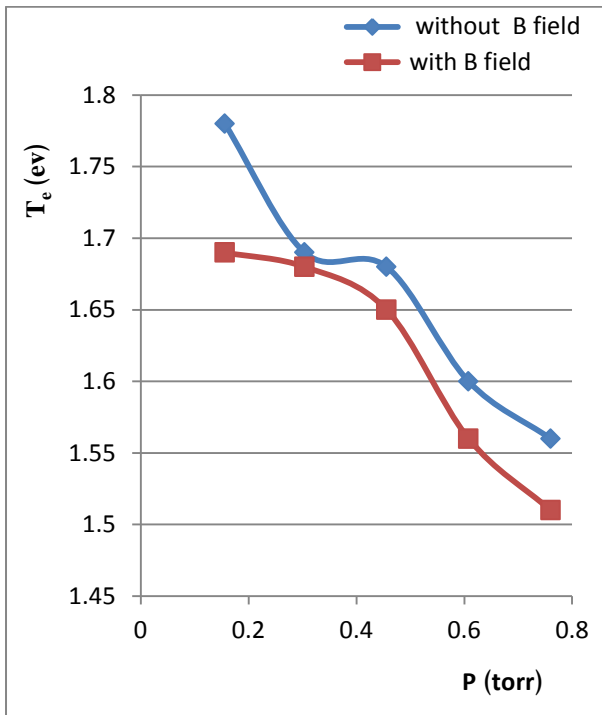
a - يبعد المجس (2cm) عن الكاثود



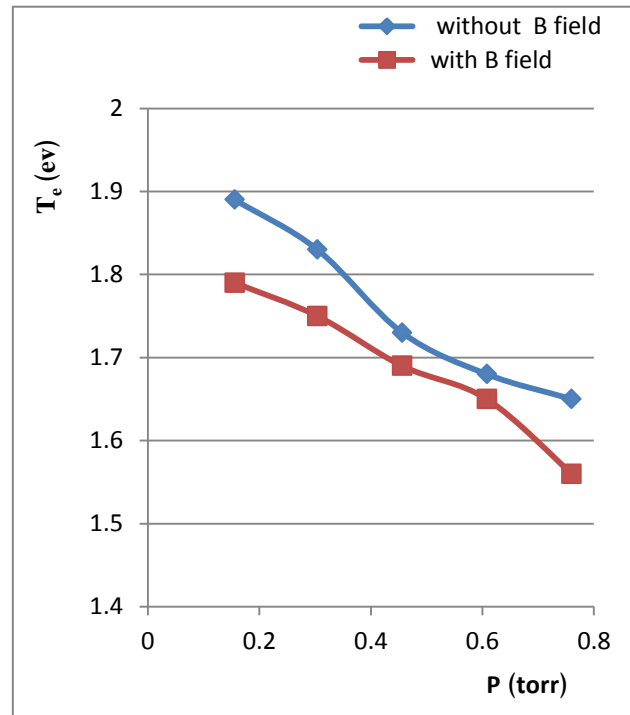
c - يبعد المجس (18cm) عن الكاثود

الشكل (28-4) تأثير المجال المغناطيسي على درجة حرارة الإلكترون لغاز ثنائي اوكسيد الكربون لأقطاب

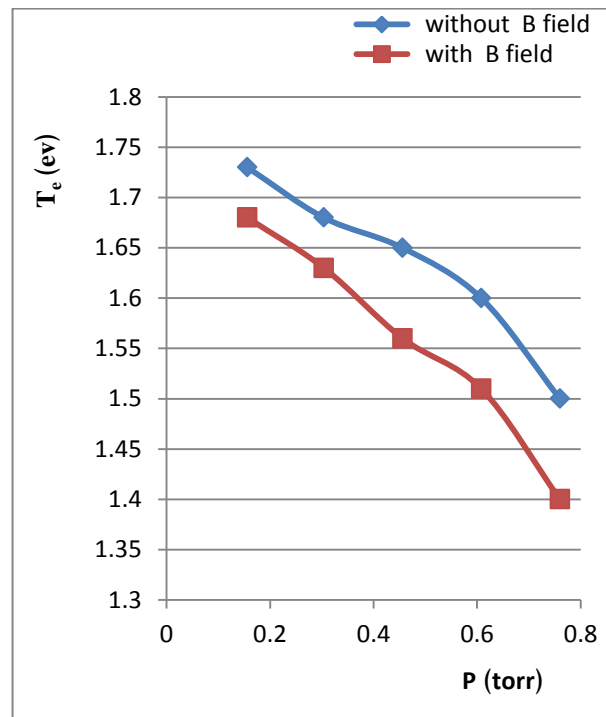
نحاس



b - يبعد المجس (7.5cm) عن الكاثود

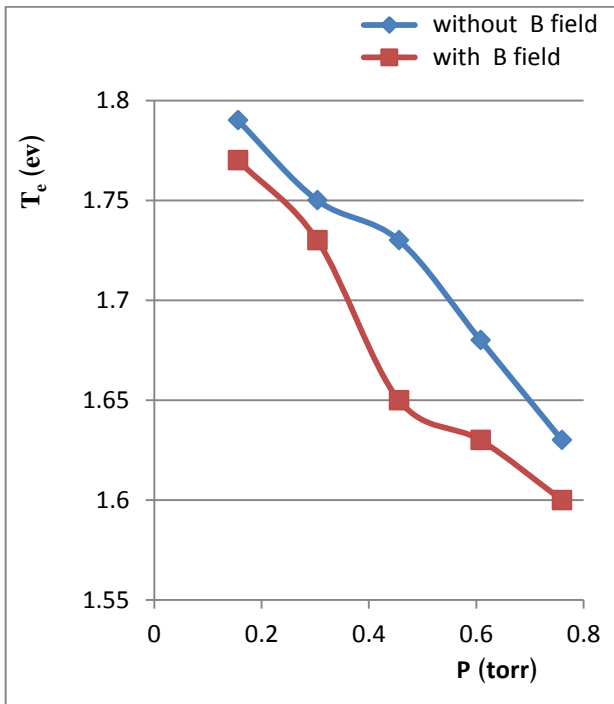


a - يبعد المجس (2cm) عن الكاثود

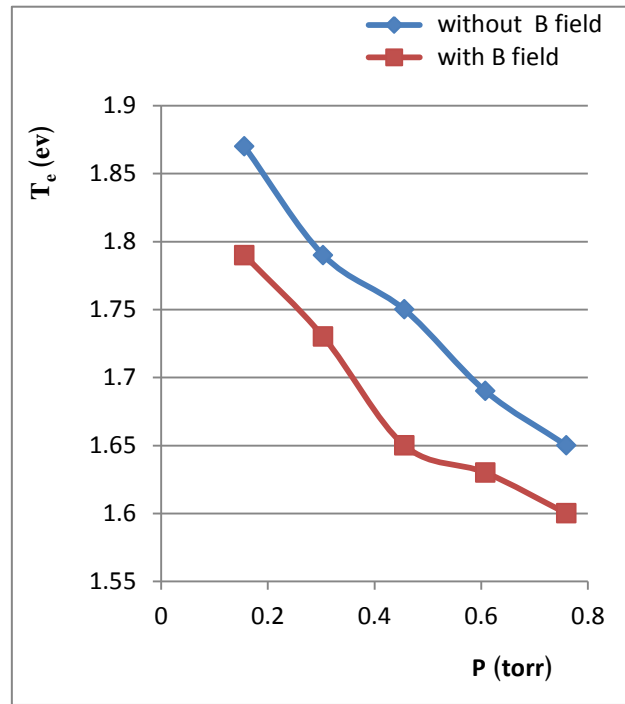


c- يبعد المجس (18cm) عن الكاثود

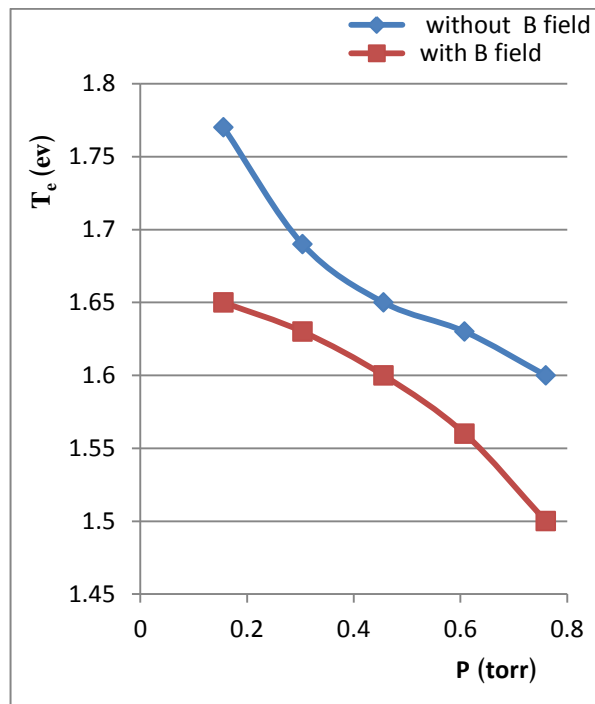
الشكل (29-4) تأثير المجال المغناطيسي على درجة حرارة الإلكترون لغاز نتروجين لأقطاب الألمنيوم



b - يبعد المجس (7.5cm) عن الكاثود

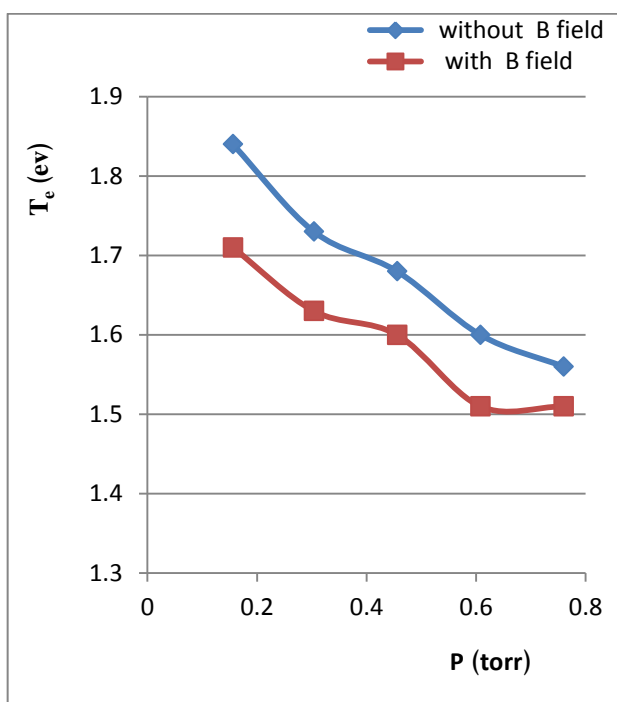


a - يبعد المجس (2cm) عن الكاثود

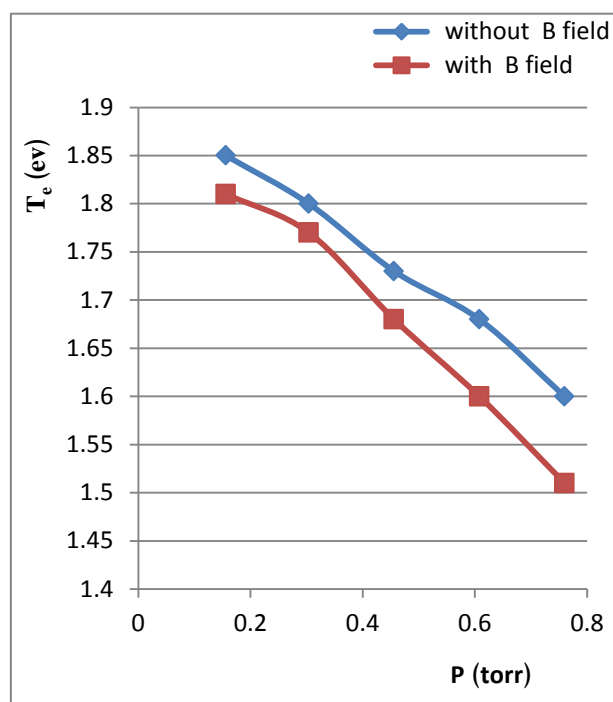


c - يبعد المجس (2cm) عن الكاثود

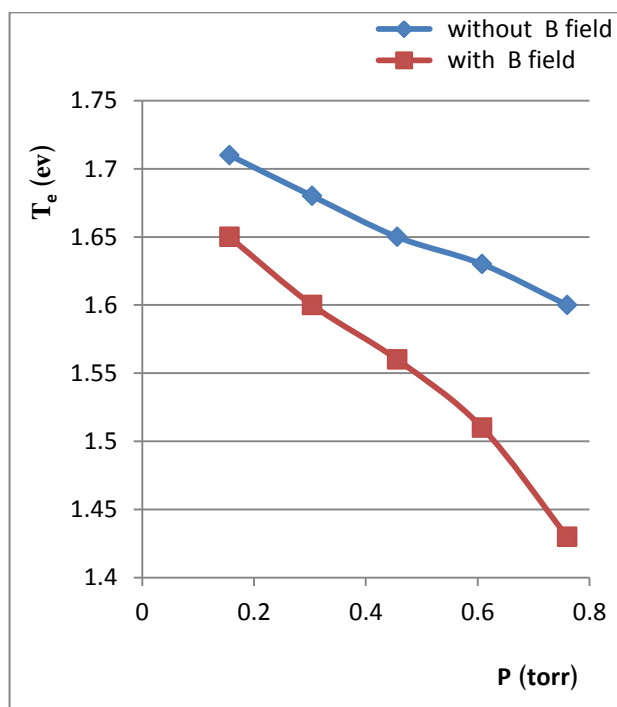
الشكل (30-4) تأثير المجال المغناطيسي على درجة حرارة الالكترون لغاز النتروجين لأقطاب البراص



b - يبعد المجس (7.5cm) عن الكاثود

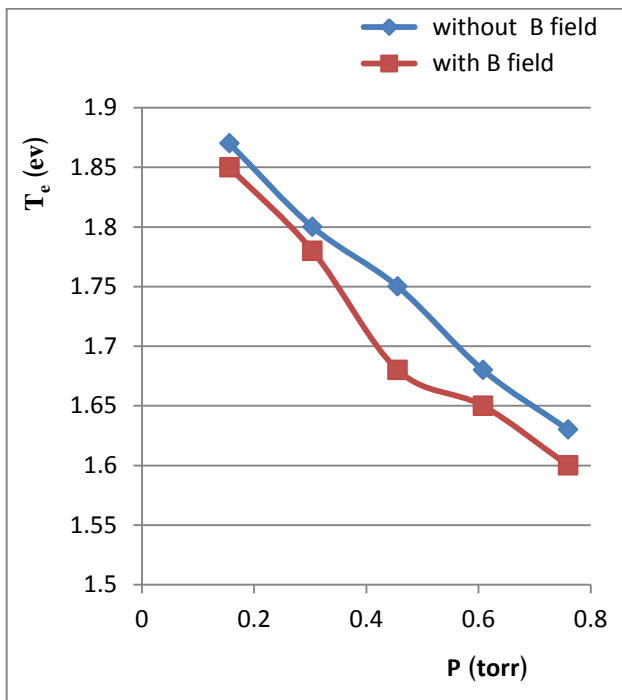


a - يبعد المجس (2cm) عن الكاثود

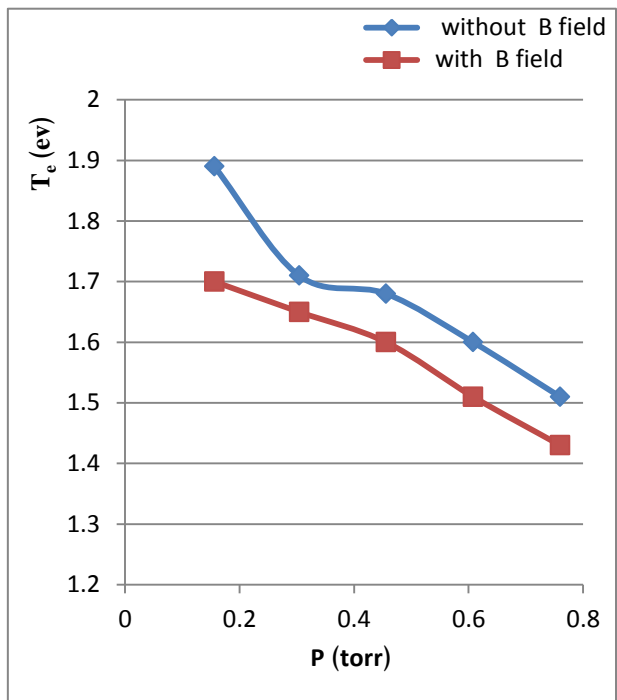


c - يبعد المجس (18cm) عن الكاثود

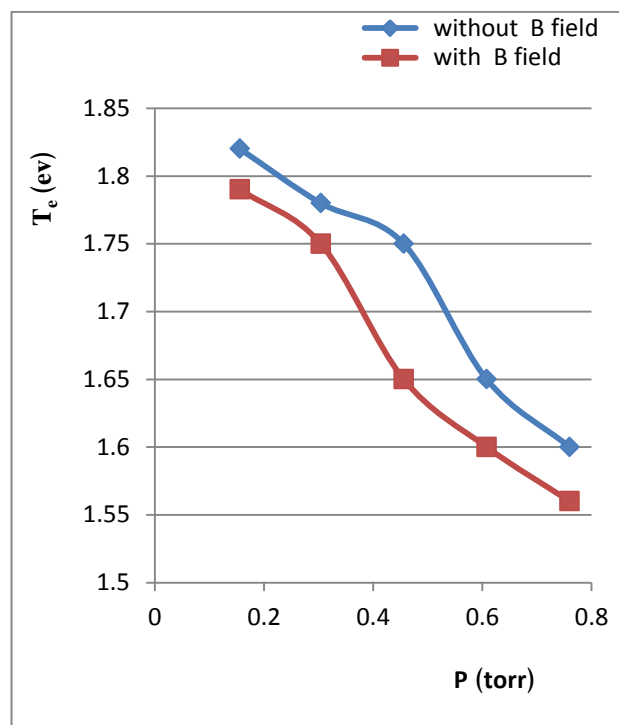
الشكل (31-4) تأثير المجال المغناطيسي على درجة حرارة الإلكترون لغاز النتروجين لأقطاب النحاس



b - يبعد المجس (7.5cm) عن الكاثود



a - يبعد المجس (2cm) عن الكاثود



c - يبعد المجس (18cm) عن الكاثود

الشكل (4-32) تأثير المجال المغناطيسي على درجة حرارة الإلكترون لغاز النتروجين لأقطاب الحديد

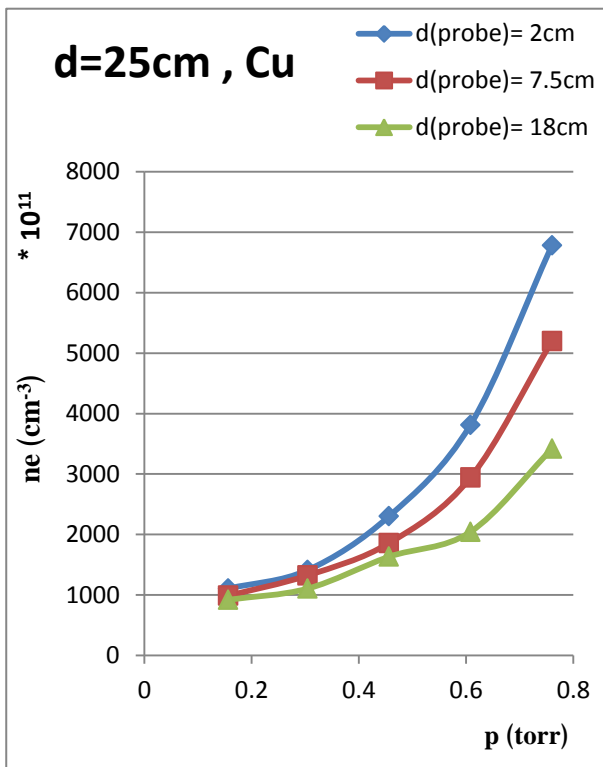
(4-4) : كثافة الإلكترونات :**Electron density**

كما معروف ان ضغط الغاز له تأثير رئيسي على معاملات البلازما ، وعادة ما يؤثر زيادة تصادم الإلكترونات مع الذرات على كثافة الإلكترونات .

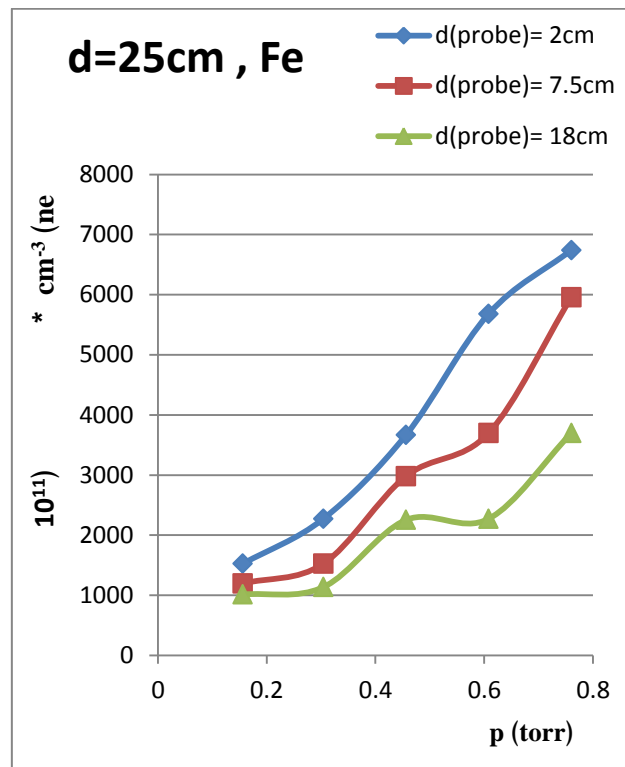
حيث نلاحظ ان كثافة الإلكترونات تكون عالية عند وضع المجس على بعد 2cm عن الكاثود وذلك لأنه يقع ضمن منطقة التوهج السالب حيث تمتاز هذه المنطقة بان مجالها الكهربائي ضعيف بينما حاملات الاغلبية هي الإلكترونات في هذه المنطقة بحدود 10^{16} electron/m³ . وعند وضع المجس على بعد 7cm من الكاثود نلاحظ انخفاض كثافة الإلكترونات لأنه يقع ضمن منطقة العمود الموجب والذي يكون فيها المجال الكهربائي منخفض اما كثافة الإلكترونات تكون منخفضة مقارنة مع منطقة التوهج السالب . وعند نقل المجس ووضعه على بعد 18cm سوف نلاحظ انخفاض كثافة الإلكترونات اكثر لأنه يقع ضمن منطقة توهج الانود .

وكذلك نلاحظ ان كثافة الإلكترونات عالية في غاز ثنائي اوكسيد الكربون في حالة استخدام اقطاب الحديد وحصلنا على اقل كثافة للإلكترونات في حالة استخدام اقطاب الالمنيوم نتيجة اختلاف دالة شغل المعدن كما موضح في الاشكال ((33-4) - (36-4)) . وفي غاز النتروجين نلاحظ ان كثافة الإلكترونات عالية مقارنة بغاز ثنائي اوكسيد الكربون لان جزء من الطاقة يستهلك لتفكيك غاز ثنائي اوكسيد الكربون وكذلك سوف تتولد طبقة من الكربون على المجس .

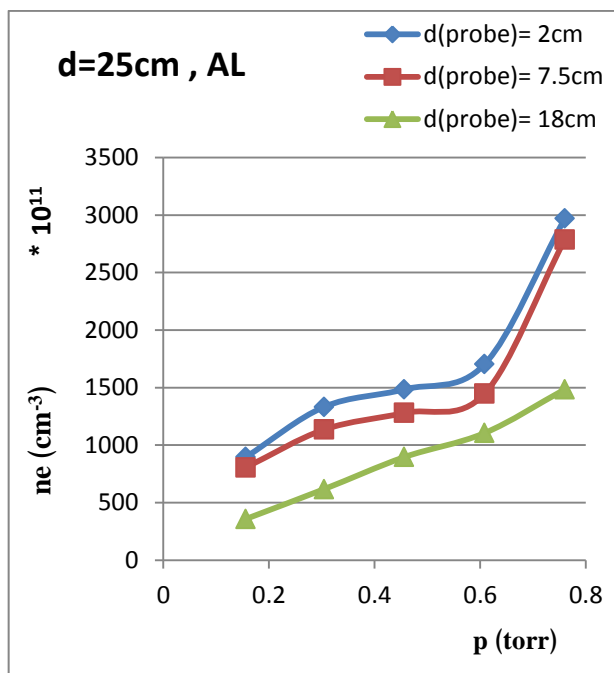
اما عند تسليط مجال مغناطيسي فان كثافة الإلكترونات تزداد نتيجة انخفاض درجة حرارة الإلكترونات وزيادة عدد التصادمات كما في الاشكال ((41-4) - (48-4))



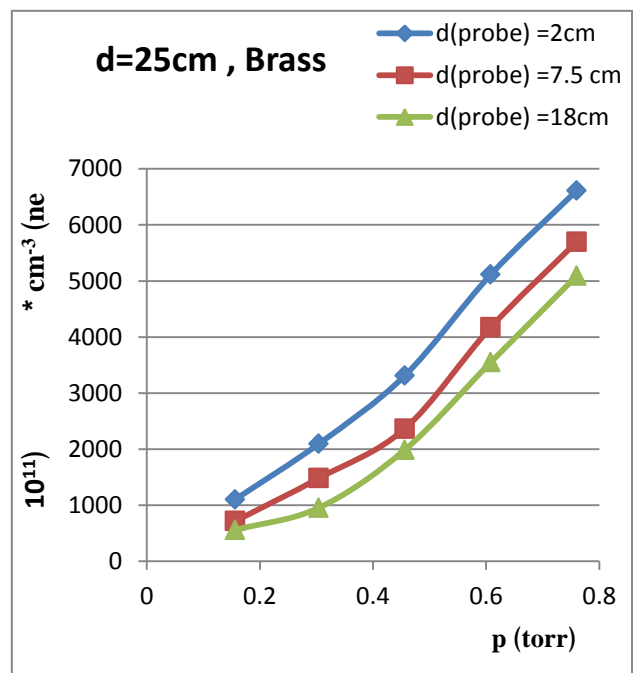
الشكل (34-4) العلاقة بين كثافة الالكترونات والضغط لغاز ثنائي اوكسيد الكربون



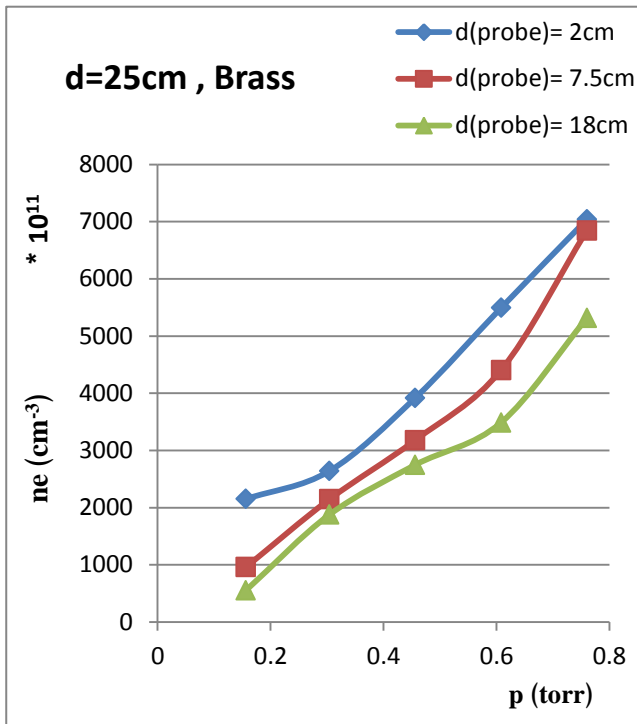
الشكل (33-4) العلاقة بين كثافة الالكترونات والضغط لغاز ثنائي اوكسيد الكربون



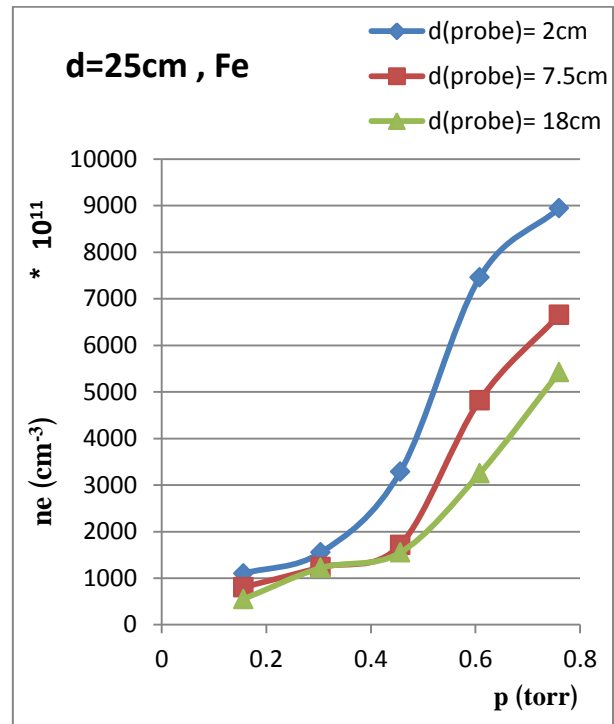
الشكل (36-4) العلاقة بين كثافة الالكترونات والضغط لغاز ثنائي اوكسيد الكربون



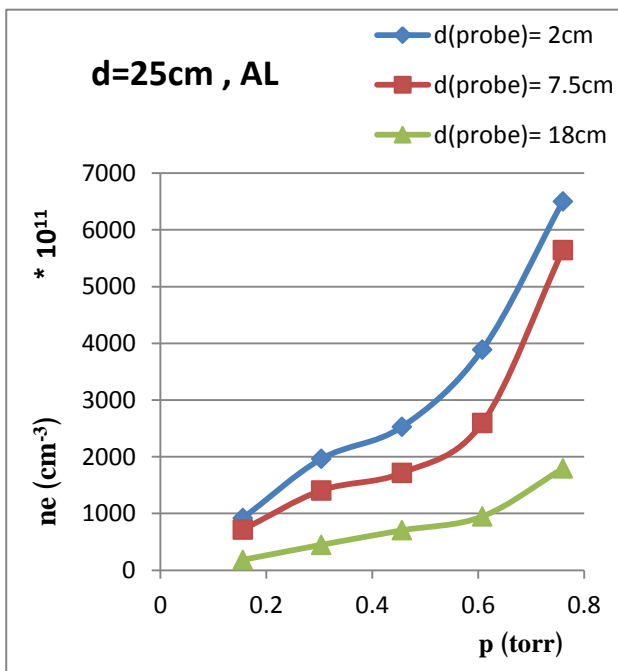
الشكل (35-4) العلاقة بين كثافة الالكترونات والضغط لغاز ثنائي اوكسيد الكربون



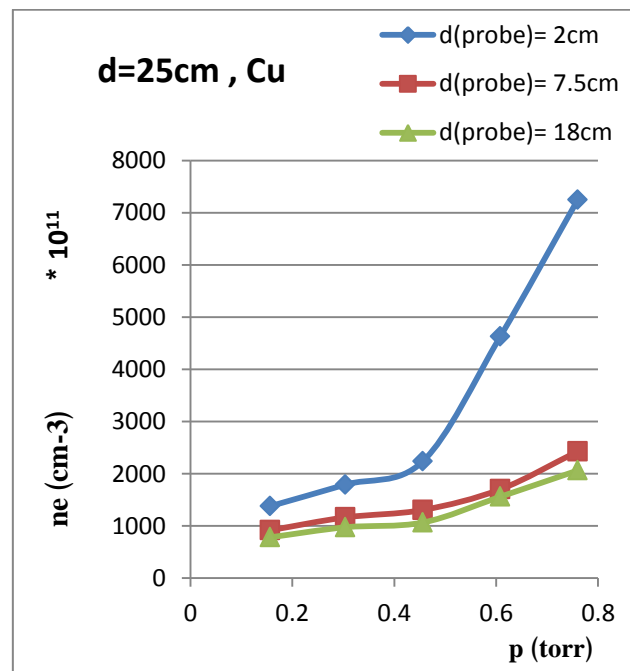
الشكل (38-4) العلاقة بين كثافة الالكترونات والضغط لغاز النتروجين



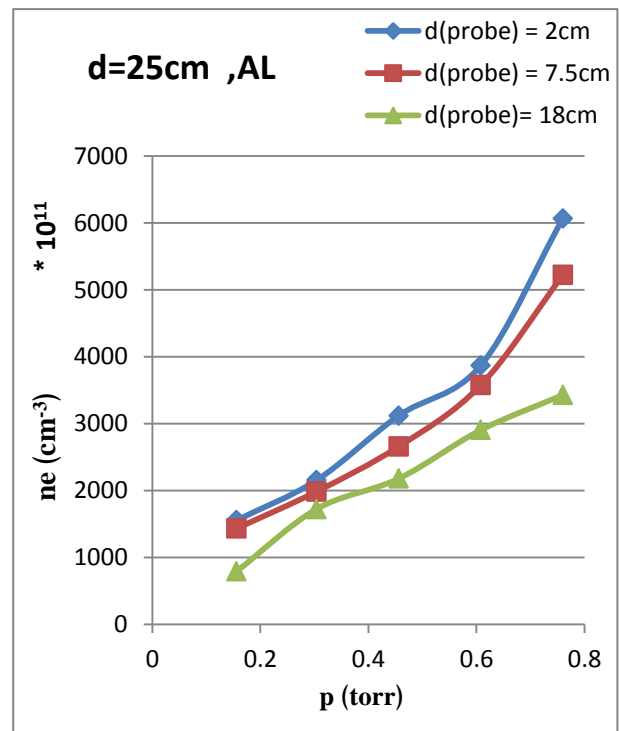
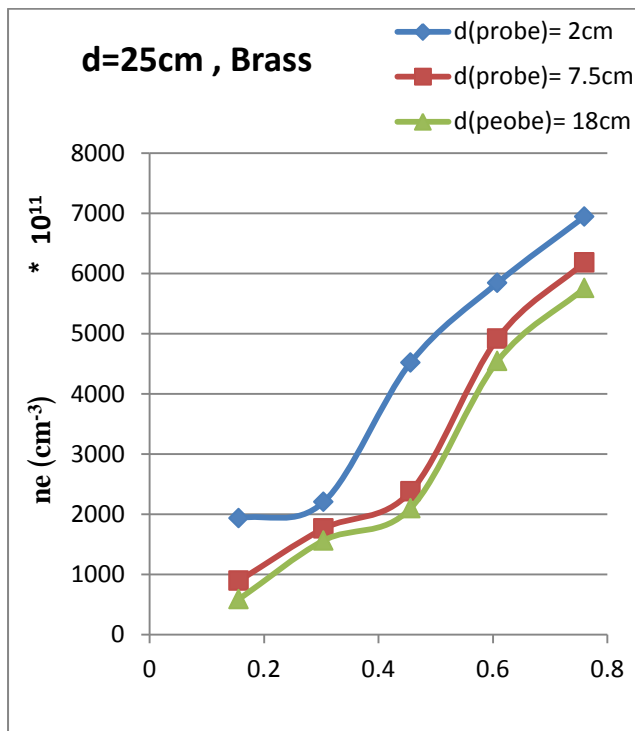
الشكل (37-4) العلاقة بين كثافة الالكترونات والضغط لغاز النتروجين



الشكل (40-4) العلاقة بين كثافة الالكترونات والضغط لغاز النتروجين

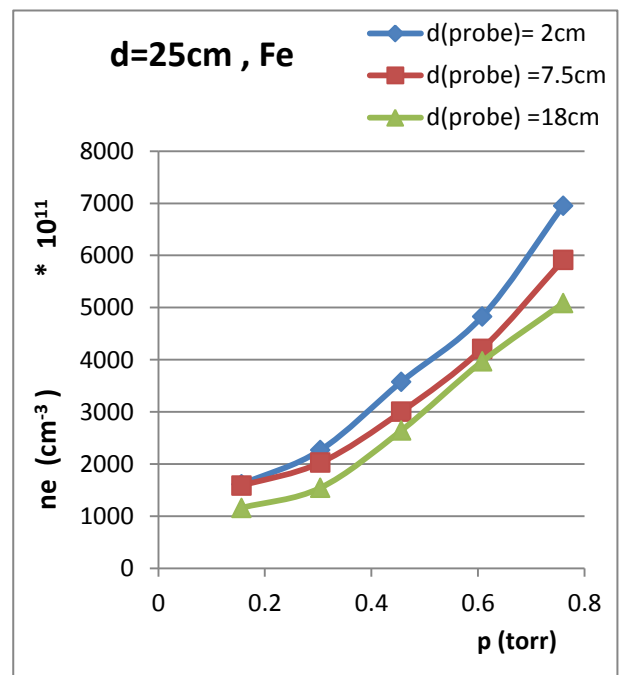
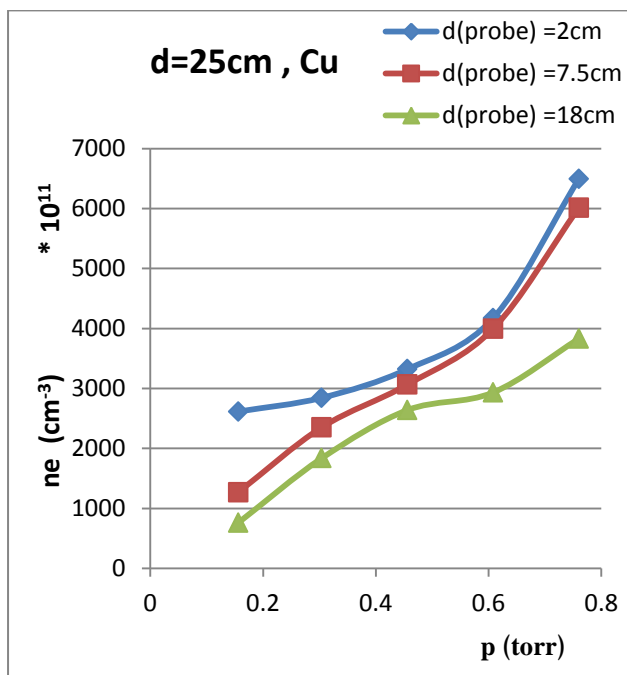


الشكل (39-4) العلاقة بين كثافة الالكترونات والضغط لغاز النتروجين



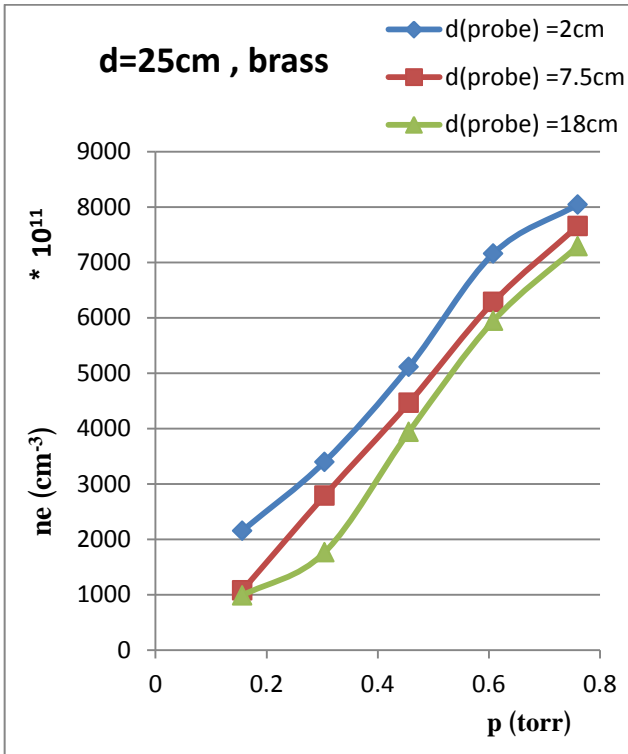
الشكل (42-4) العلاقة بين كثافة الالكترونات والضغط لغاز ثنائي اوكسيد الكربون بوجود المجال المغناطيسي

الشكل (41-4) العلاقة بين كثافة الالكترونات والضغط لغاز ثنائي اوكسيد الكربون بوجود المجال المغناطيسي



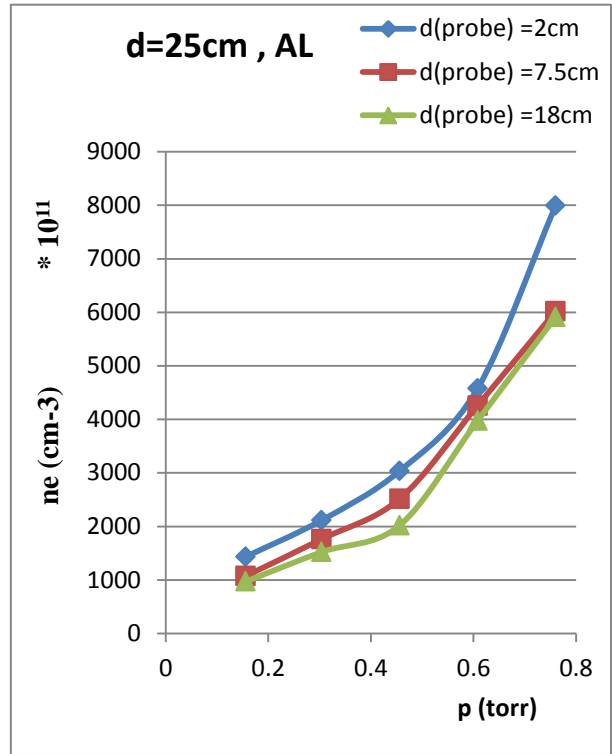
الشكل (44-4) العلاقة بين كثافة الالكترونات والضغط لغاز ثنائي اوكسيد الكربون بوجود المجال المغناطيسي

الشكل (43-4) العلاقة بين كثافة الالكترونات والضغط لغاز ثنائي اوكسيد الكربون بوجود المجال المغناطيسي



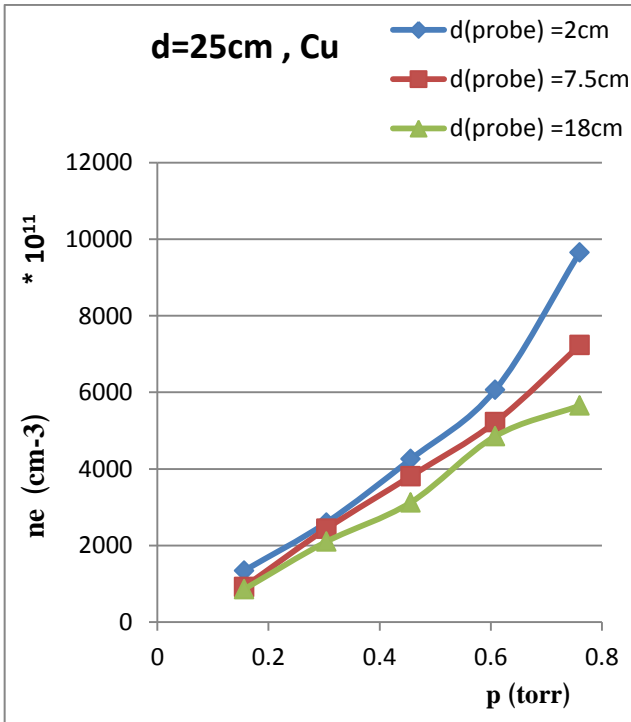
الشكل (46-4) العلاقة بين كثافة الالكترونات والضغط

لغاز النتروجين بوجود المجال المغناطيسي



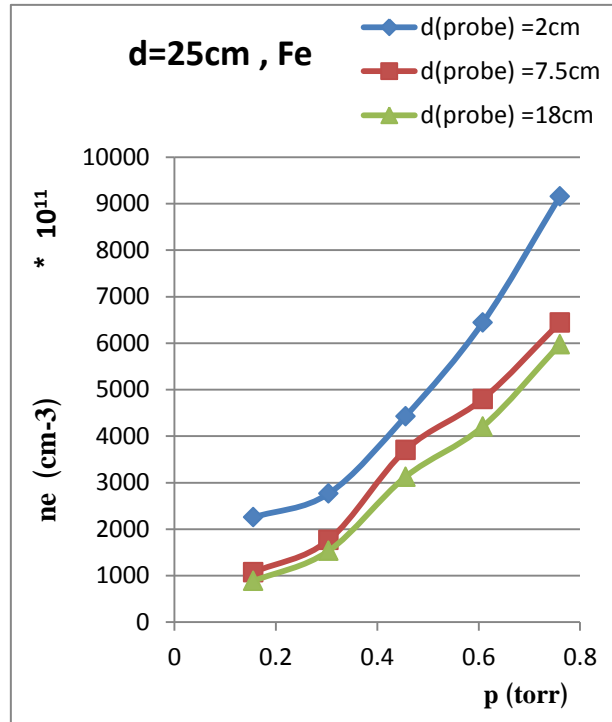
الشكل (45-4) العلاقة بين كثافة الالكترونات والضغط

لغاز النتروجين بوجود المجال المغناطيسي



الشكل (48-4) العلاقة بين كثافة الالكترونات والضغط

لغاز النتروجين بوجود المجال المغناطيسي



الشكل (47-4) العلاقة بين كثافة الالكترونات والضغط

لغاز النتروجين بوجود المجال المغناطيسي

(5-4) : الاستنتاجات

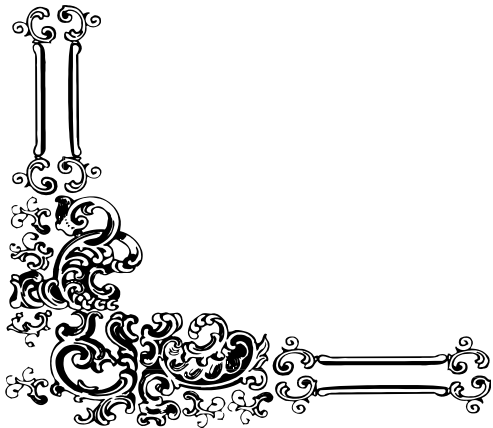
- 1- لاحظنا العمل كان ضمن التوهج الطبيعي من خلال دراسة التفريغ الكهربائي في الغازات ان جهد الانهيار يختلف من غاز الى اخر تبعا حيث لاحظنا ان جهد انهيار غاز النتروجين اقل من جهد انهيار غاز ثنائي اوكسيد الكربون
- 2- لاحظنا تأثير نوع المادة قطب الكاثود على جهد انهيار الغاز حيث يرتبط جهد الانهيار بدالة شغل المعدن . هنالك تأثير للمسافة الفاصلة بين الاقطاب الكاثود والانود على جهد الانهيار كلما ازداد البعد بين الاقطاب تزداد فولتية الانهيار
- 3- عند تسليط مجال مغناطيسي على البلازما ينخفض جهد الانهيار للغاز بسبب حصر البلازما وبالتالي تزداد عدد التصادمات
- 4- ان درجة حرارة الالكترين في البلازما تنخفض بزيادة ضغط الغاز نتيجة زيادة عدد التصادمات بين الالكترينات وجزيئات الغاز وبالنتيجة تقل الطاقة المنتقلة من الالكترين الى جزيئة الغاز
- 5- ان درجة حرارة الالكترينات في غاز النتروجين اكبر من درجة حرارة الالكترينات في بلازما ثنائي اوكسيد الكربون
- 6- عند تسليط مجال مغناطيسي على البلازما تنخفض درجة حرارة الالكترينات
- 7 – كثافة الالكترينات تزداد عند زيادة ضغط الغاز وكذلك عند تسليط مجال مغناطيسي بسبب زيادة عدد التصادمات فتتولد الكترينات اكثر

(6-4) الدراسات المستقبلية

- 1- دراسة خصائص التفريغ الكهربائي لخليط من الغازات عند ضغط منخفض
- 2- دراسة خصائص التفريغ الكهربائي لأقطاب ذات اشكال هندسية مختلفة
- 3- استخدام هذه المنظومة لترذيد وتحضير الاغشية الرقيقة



المصادر



[1] Meek, J.M. and Craggs, J.D., Electrical Breakdown of Gases, John Wiley, New York (1978)

-
- [2] Qusay Adnan Abbas Mohammed, PLASMA Characteristics OF A DC Closed Field Magnetron Sputtering Device ,(PHD) A Thesis , College of Science , University of Baghdad (2009)
- [3] A. M. Howatson , Introduction to gas discharge , second Edition , Fellow of Balliol College , Oxford , 1976
- [4] Dr. Yuri P. Raizer , Gas Discharge Physics , Department of Engineering Science , University of Oxford (1987)
- [5] Roth J.R. , Industrial plasma Engineering . Volume 1 : principle IOP , Bristol
- [6] George J.Collins , Dr. IlGyo Koo "Gas discharge plasma and their application " Electrical Engineering Ph.D. Student (2010)
- [7] أ.د. وليد الصهبيوني " مقدمة في فيزياء البلازما " دار الفكر في دمشق (٢٠٠٧)
- [8] Robert J Goldston and Paul H Rutherford, " Introduction to Plasma Physics" (1995).
- [9] Ala' Fadhil Ahmed AL- Rashidy , Experimental Study of Impedance Characteristics in pulsed electrical discharge ,(PHD) A Thesis , College of Science , University of Baghdad (2011)
- [10] F.F Chen."Plasma physics and controlled fusion". 2nd ed. New York/London: Plenum Press,(1974).
- [11] Emad Abdul Razaq , Design and Study of Variable Magnetic DC Sputtering System ,(PHD) thesis , college of Science , University of Baghdad (2012)
- [12] N. B. Sahari , Generation of homogeneous glow discharge using a combination of fine wire mesh and perforated Aluminum electrode , Faulty of Electrical Engineering , Universiti Teknologi Malaysia , 2013

-
- [13] Kadhim Abdulwahid , Design and Construction of DC Planer Magnetron Sputtering to Prepared Se Thin Films , Thesis , College of Science , University of Baghdad ,2010
- [14] Alexander Fridman , Plasma Chemistry , Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York (2008)
- [15] Abdulhussain Abbas Khiedyer , Experimental Study of Glow Discharge Plasmas and Their Interaction with Materials ,(PHD) Thesis , College of Science , University of Baghdad , 2012
- [16] N St J Braithwaite , Introduction to gas discharge , the open University , Oxford Research Unit , Foxcombe Hall , Boars Hall , Oxford OX15HR , 2000
- [17] S. FLUGGE . Encyclopedia of physics , Gas Discharge II , Volume XXII (1956)
- [18] Fadhil Yousif Hadi, Voltage collapse parameters of glow discharge plasma ,(PHD) Thesis , College of Science , University of Baghdad , 2014
- [19] Michael A. Lieberman and Allan J. Lichtenberg , Principles of plasma discharge and materials processing , second Edition , 2005
- [20] Robert L. Merlino , Understanding Langmuir probe current-voltage characteristics , Department of Physics , University of Iowa , 2007
- [21] R. Kenneth and Jose A. C. Broekaert , Glow discharge plasma in analytical spectroscopy , 2003
- [22] Annemie Bogaerts and Renaat Gijbels , Fundamental aspects and applications of glow discharge spectrometric techniques , Department of chemistry , University of Antwerp , 1997
- [23] Isaac D, and R.C. Woods" Langmuir probe mapping in low pressure dc discharge" , ISPC -10- Bochum, A ug. ,1991.
- [24] J. Isidorovic , "Paschen curve and spatial distribution of emitted light of glow discharge in air" , Acta. Phys.Pol.A 88, s-37,1995

- [25] A. Bogaerts, A. Quentmeier, N. Jakubowski, and R. Hijbels "Plasma diagnostics of an analytical Grimm glow discharge in Ar and Ne" , Spectrochimica Acta part B 50, 1995 1337-1349 .
- [26] M. Tichy , P. Kudrna, J.F. Behnke , S. Klagge , Langmuir probe Diagnostics for Medium Pressure and Magnetised Low-Temperature Plasma , Department of Electronics and Vacuum Physics , Faculty of Mathematics and Physics , Charles University , V. Holesovickach 2, 180,00 Prague 8, Czech Republic (1997)
- [27] Yoon, N.S., Kim, S. S. & Hanbit project Team , Interaction of Transverse Electromagnetic Wave with a Bounded Thermal Plasma with an External Magnetic Field , ECA, Vol. 22c , pp. 145-148, Korea
- [28] H. Kirkici, "Hollow cathode discharges for plasma light sources" , EICEE99 , E02.74 (1999).
- [29] V A Lisovskiy, S D Yakovin and Yegorenkov , " Low pressure gas breakdown in uniform DC electric field" , Kharkov National University , PII: S0022-3727(00)13111-0 , (2000)
- [30] Jian, M & Jun-lin Qill " The Effect of Various Magnetic Field Configurations on a hollow – Cathode Discharge" , J. Phys. D: Appl. Phys. , Vol. 33, 1785-1793
- [31] V A Lisovskiy , and S.D. Yakovine " Conditions for the normal regime of a glow discharge a glow discharge" , Plasma Physics Reports , Vol. 26, No. 12 , 2000, pp.1066- 1075.
- [32] Jana , D.C & Pradhan " The influence of a Transverse Magnetic Field on a Subnormal Glow Discharge in Air" Pramana j. Phys. Vol. 56, No. PP. 107-115 , India
- [33] Hassouba, M.A " Effect of the Magnetic Field on the plasma parameters in the Cathode Fall Region of the DC-Glow Discharge " , Eur. Phys. J. Appl. , 14, PP. 131-135 , Egypt , (2000)

-
- [34] M.A. Hassouba, F.F. Alakshar, and A.A. Garamoon , " Measurements of the breakdown potentials for different cathode material in Townsend discharge", FIZIKA A 11 2(2002)
- [35] Kamran Akhtar, J.E. Scharer, S.M. Tysk, and E.Kho " Plasma interferometry at high pressure" , Review of Scientific Instruments ,74, 2,2003.
- [36] A. R. Peter, M. Bazavan, V. Covela, and V.V.Covela " Characterization of a dc plasms with hallow cathode effect" , Romanian Reports in Physics ,56 ,2 ,2004.
- [37] G. Petraconi , H. S. Maciel, " Longitudinal Magnetic Field Effect on the Electrical Breakdown in Low Pressure Gases " , Brazilian Journal of Physics, Vol. 34 , No. 4B , (2004)
- [38] S.S. Pradhan & D. C. Jana " Measurement of Low Pressure Plasma Parameters by the Floating Double Probe Method in Magnetic Field on a Subnormal Glow Discharge Region in Molecular and Rare Gases " , Journal of Physical Scienses , Vol. 10 , 158-163 (2006)
- [39] A.S. Hasaani , "Magnetically Confined Plasmas: The Past and the Present State of The Art", Iraqi J. Sci. and Technol., Vol.3 No.1, pp.111-120 (2006).
- [40] Marija Radmilovic –Radjenovic & Branislav Radjenovic , " The Effect of Magnetic Field on the Electrical Breakdown Characteristics " , J. Appl. Phys. 39(2006) , 3002-3009
- [41] I.R. Rafatov, D. Akber, and S. Bilikmen "Modeling of non-uniform dc driven glow discharge in argon gas" , Physics Letters A 367(2007) 114-119.
- [42] M.H. Elghazaly, S. Solyman, and A.M. Abdel baky " Study of some basic transport coefficient in noble gas discharge", Egypt. J. Solids , vol(30) 1,137-149 (2007).
- [43] A. H. Sari , S. H. Mortazavi , N. Bolouki , M. Khoramabadi , H. R. Ghomi " , Effect of Longitudinal Magnetic Field on a Simple Plasma Electron Source " , Iranian Physical Journal, 2-1, 23-25 (2008)

- [44] E.E. Granda, R.Lopez, R. Pena, R. Valancia, S.R. Barocio and J.S. Benitez " V-I curves plasma parameters in high density dc glow discharge generated by a current source", Journal of Physics: Conference Series 100(2008) 062019.
- [45] G. Garcia-Cosio, M. Calixto-Rodriguz, " Low-pressure discharge of Ar/N₂/CO₂ ternary mixture" , 29th ICPIG, July 12-17 (2009)
- [46] S.S. Pradhan and O.K. Jana , "Study the characteristics of subnormal glow discharge in presence of transverse magnetic field in air", Journal of Sciences , Vol,14,2010,241-246..
- [47] Sabah I. Wais, Raghad Y. Mohammed , Sedki O. Yousif , " Influence of Axial Magnetic Field on the Electrical Breakdown and Secondary Electron Emission in Plane-Parallel Discharge " , Electrical and computer Engineering , Vol:5 , No:8 (2011)
- [48] Leomor Salazar, horacio Martinez, Alfonso , "Ar/N₂/CH₄ Glow Discharge at Low pressure " , Journal of Physical Science and Application 2(8) (2012) 283-288
- [49] Mohamad A. K. Ahmed , Awatif S. Jasim , " Characterization of Low-Pressure Argon and Nitrogen Discharge Plasmas Using Electrical Floating Probe Method " Department of physics College of Education Tikrit University .
- [50] Peng Zilong , Liu Younghong , Li Yinan , Zhang Yiyao and Wang Liping, " Design of a Magnetic Field Generator for Compression Plasma Discharge Channel of Micro EDM Deposition " International Journal of control and Automation , Vol. 7 , No. 6(2014) , pp. 339-350
- [51] Abdilrida S. Hasaani , " Magnetic Field Effect on the Characteristics of Large-Volume Glow Discharge in Argon at Low Pressure " , Iraqi journal of Science Vol. 57, No. 1A, PP:135-144
- [52] Mark Lawrence Lipham . Jr , "Electrical Breakdown Studies of Partial Pressure Argon Under KHZ Range Pulse Voltage " Auburn University , 2010

- [53] L. F. Berzak , S. E. Dorfman , and S. P. Smith , " Paschen's Law in Air and Noble Gases " (2006)
- [54] أ.م.د بهاء حسين صالح ربيع " اساسيات في فيزياء البلازما " الطبعة الثانية ، المطبعة العصرية (2009)
- [55] John Howard " Introduction to plasma physics " , Physical Sciences and Engineering , Australian National University , (2002)
- [56] Dr. L. Conde, " An Introduction to plasma Physics and its Space Application " Department of Applied Physics ETS Ingenieros Aeronauticos Universided Politecnica de Madrid , (2014)
- [57] Kenro Miyamoto , Fundamental of Plasma Physics and Controlled Fusion , third Edition
- [58]C. M. Ferreira and A. Ricard , J. Appl. Phys. 54, 2261 (1983)
- [59] J. H. Park and H. N. Cones , J. Res . Bat. Bur. Stand . 56, 201 (1956)
- [60] Prof. Dr. Wolfhard Möller , " Fundamentals of Plasma Physics" , University of Technology Dresden , (2006)
- [61] Dr. F. J. de Hoog & Dr. N. Sadeghi " low pressure plasma sources " (1997)
- [62] Francis F. Chen , " Langmuir Probe Diagnostics " , Electrical Engineering Department , University of California , (2003)
- [63] E. O. Johnson and L. Malter , " A Floating Double Probe Method for Measurement in Gas Discharge " Vol. 80 , No 1 , (1950)
- [64] ChinWook Chung , " Plasma Diagnostics using Harmonics Analysis in Processing Plasmas " Dept. of Electrical Engineering , Hanyang University , Seoul , Korea , (2010)
- [65] David Sirajuddin , " Determination of Plasma Parameters of Neon DC Plasma Using a Langmuir Probe " Nuclear Engineering & Radiological Sciences , (2007)
- [66] Edbertho Leal-Quiros , " Basic Plasma Diagnostics : Probes and Analyzers " University of puerto Rico , PI: NASA-CIPA Proposal

-
- [67] B. Ghimire , R. Khanal , D.P. Subedi , " Diagnostics of Low Pressure DC Glow Discharge Using Double Langmuir Probe " Vol. 10, No.1 , pp20-27 , (2014)
- [68] G. Garcia-Cosio , M. Calixto-Rodriguez " low-pressure plasma discharge of Ar/N₂/CO₂/ ternary mixture " , ICPIG, July 12-17 , 2009 , Cancun, Mexico , Topic number B6
- [69] P. Yang , C. S. Ren , D. Z. Wang , X. L. Qi , " Influence of additional magnetic field on plasma parameter in magnetron sputtering " , Dalian University of Technology , Dalian 116024, china , Vacuum 83 (2009) 1376-1381.
- [70] M. A. Hassouba , N. Dawood , " Study the Effect of the Magnetic Field on the Electrical Characteristics of the Glow Discharge " , ISSN: 0976-8610 , CODEN(USA):AASRFC , Advances in Applied Science Research , 2(4): 123-131 , (2011)

Abstract

It was built to generate electrical discharges plasma gases dual-dioxide and nitrogen system where we used a lap of glass Albaerks cylindrical length of 30cm in its diameter of 10cm and to seal off the lips we used to link (flanges) of aluminium. For discharge we used the electrode flat diameter of 8.8cm and various metals (Bras, aluminum, iron, copper) to obtain the electric field regularly. And also we did file to generate a magnetic field consists of 200 wrappers which has the ability to generate a magnetic field of approximately 120G and the subject on the glass tube used to generate plasma Where we measured the effort gaseous nitrogen and dual-oxide breakdown carbon in different dimensions and pressures ranging from (0.053 - 0.76 Torr), and we noticed the difference effort gases dual collapse the dioxide and nitrogen depending on the different material pole cathode, where that effort collapsed gases depends on work function material pole cathode, where we found that the lower the work function metal is reduced breakdown voltage, as well as the difference in voltage collapse of nitrogen gas for a bilateral gas carbon dioxide, where we noticed the collapse of nitrogen effort less than the collapse of a bilateral effort dioxide. When we add a magnetic field breakdown voltage is reduced as a result of plasma inventory and then increase the number of collisions between electrons and atoms so we found decreases breakdown voltage. And we used the probe Langmore which is made of wire Tnquestn diameter (0.2mm) which is enveloped by tube glass capillary and we studied the plasma characteristics (degree of electron temperature and density of electrons) through the curved voltage and the current characteristics (IV) and taking a tendency curve, we find the temperature where we noticed that the temperature It decreases with increasing gas pressure because of the increase collisions between electrons and atoms of the gas, and also noticed that the temperature of the electrons of the plasma nitrogen is greater than the degree of electron temperature plasma dual-dioxide .and when we put a magnetic field the degree of electron temperature will reduce due because of the rate of collisions will increase magnetic pressure due to the increased free path of charged particles and thus between electrons and atoms of gas, where we observed that the degree of electron temperature associated with a .function held metal

*Ministry of Higher
Education & Scientific Research
University of Al-Qadisiya
College of Education
Department of Physics*



*Effect of Cathode Material and Magnetic
Field on the Properties of Electrical
Discharge in Gases at Low Pressure*

A thesis

Submitted to the Physics Department , College of Education

University of Al-Qadisiya

*In Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in
Physics*

By

Hatem kareem mohaisen

B. Sc. Physics (2010)

College of Education / University of Al-Qadisiya

Supervised

Dr. Abdulhussain A. Khiedyer

