تأثير عرض الفجوة الهوائية (S) والنسبة (D_1/D_2) على القيمة الصغرى للبعد البؤري ألمسقطي $(F_p)_{min}$ للعدسة الثنائية القطب عند ثبوت التهيج (NI)

حسين صالح حسن

فرع الفيزياء ، الفسلجة ، كلية الطب ، جامعة النهرين

الخلاصة

تتأثر العدسة الكهرومغناطيسية ثنائية القطب الكروي بعوامل منها القيمة الصغرى للبعد البؤري المسقطي $(F_p)_{min}$ ، القيمة العظمى لكثافة الفيض المغناطيسي المحوري (B_m)، عرض النصف (W) لمنحني توزيع المجال المغناطيسي اللامتناظر [بسبب تغير قطر فتحة احد القطبين (D_1) أي تغير النسبة (D_1/D_2)] وعرض الفجوة الهوائية (S) بين الأقطاب الحديدية . كما تستخدم النسبة (S/D_m) للتعبير عن هذا النوع من العدسات وهي مقياس أولي يمكن الاعتماد عليه في تصميم العدسة . لذلك دراس تأثير تغير عرض الفجوة الهوائية والنسبة (D_1/D_2) على المتغيرات أعلاه وخصوصا $(F_p)_{min}$ للحصول على أفضل تصميم للعدسة المسقطية وأعظم تكبير ممكن بالرغم من أن التكبير المطلوب من العدسة المسقطية هو بحدود (300) مرة . (1) وقد تم أجريت الحسابات بطريقة العناصر المتناهية (Finite element method) التي اقترحها مونرو لأول مرة (2) وهي طريقة عددية لإيجاد المجال المغناطيسي في العدسات الالكترونية.

المقدمة

العدسة الكهرومغناطيسية هي أداة الكترونية تعمل على تبئير الحزمة الالكترونية المعجلة (أو جسيمات متحركة لها شحنة كهربائية) وتكوين صورة للانموذج ،وتصنف العدسات الكهرومغناطيسية حسب أقطابها إلى : العدسة الخالية من الحديد (Iron Free Lens) ، العدسة الكهرومغناطيسية أحادية القطب (The Single pole-piece Lens) ، العدسة الكهرومغناطيسية ثنائية القطب (The Double pole-piece Lens) ، والعدسة الكهرومغناطيسية ثلاثية القطب (The Triple pole-piece Lens) وتسمى بالعدسة المزدوجة (3) أو ثلاثية القطب (4) .

هناك عيوب تقوم بتشويه الصورة وعوامل تؤثر على تكبيرها ومن هذه العوامل : البعد البؤري المسقطي (الدراسة الحالية) ومدى تأثره بعرض الفجوة الهوائية والنسبة (D_1/D_2) للحصول بالنتيجة على أعظم تكبير وأفضل مجال رؤية .[5]

تعتمد فكرة عمل العدسة على تمرير تيار كهربائي مستمر (I) في ملف دائري عدد لفاته (N) وبذلك يتولد مجالا مغناطيسيا كثافته (B_z) على امتداد المحور (z) بحيث إن الجسيمات المشحونة المارة خلاله تنحرف نحو المحور (z) وحسب قانون أمبير :(6)

$$\int_{-\infty}^{\infty} B_z dz = \mu_0 NI \quad \text{.....[1]}$$

اذ (μ_0) هي النفاذية المغناطيسية في الفراغ وتساوي ($4\Pi \times 10^{-7}$ H/m) و(NI) تهيج العدسة يقاس بوحدات (A.t) . ويحاط الملف بدائرة مغناطيسية مكونة من مادة حديدية التمغنط مثل الحديد المطاوع وذلك لزيادة الكثافة العظمى للفيض المغناطيسي (B_m) والحصول على مجال محصور في منطقة صغيرة (أقل قيمة لعرض النصف الكلي W لمنحني توزيع المجال) .

العدسة الكهرومغناطيسية ثنائية القطب

تتكون العدسة ثنائية القطب من ملف كبير تحيط به دائرة حديدية وقطعتي قطب متناظرة محوريا مصنوعة من الحديد المطاوع ، اذ سيتولد المجال المغناطيسي المحوري وسط الفجوة الهوائية التي تفصل بين القطبين الحديديين ، ويوضع الملف بعيدا بقليل عن وجه القطبين لتقليل اعتماد خواص العدسة على التغيرات التي تحصل في الملف . هناك ثقوب دائرية متحدة المركز في كلا القطبين قطرها (D) على امتداد طول محور العدسة

للسماح بمرور الحزمة الالكترونية من خلالها وينحصر المجال المغناطيسي المتولد من مرور التيار المستمر في الفجوة الهوائية بين القطبين ، فإذا كان قطر فتحة احد القطبين مساويا للآخر تصبح العدسة متناظرة (Symmetrical Lens) وعندما لا يتساوى قطريهما ($D_1 \neq D_2$) تصبح العدسة لامتناظرة (Asymmetrical Lens) ويفقد المجال المغناطيسي تناظره وبذلك تختلف الخواص البصرية للعدسة المتناظرة عن العدسة اللامتناظرة ، في هذه الحالة تعرف العدسة بواسطة المعاملات الهندسية (S,D_1,D_2) . ويمكن أن تستخدم العدسة اللامتناظرة أيضا كعدسة شيئية في المجهر الالكتروني (7) . العدسة المسقطية من أهم عدسات المجهر الالكتروني بعد العدسة الشيئية وذلك لأنها تقوم بتكبير الصورة التي تكونها العدسة الشيئية وتسقطها على شاشة المجهر الالكتروني حيث تعمل عند القيمة الصغرى لبعدها البؤري $(F_p)_{min}$ لغرض الحصول على أعظم تكبير للصورة ومجال رؤية للجسم على الشاشة وبذلك تقع الأهمية الكبيرة على الاختيار الصحيح في تصميم القطب الذي يعطي معاملات تشويه قليلة .(8)

تصميم العدسة

في دراستنا الحالية تم اخذ قطبي العدسة غير المشبعة مغناطيسيا بشكل كروي مصنوع من الحديد المطاوع كما في الشكل (1) نصفا قطريهما (30 mm) . وضعت الملفات على بعد (1mm) عن رأس سطح كل قطب وعن محيط العدسة المصممة . إن قطر الفتحة المحورية للقطب الأول متغير (D_1=1,2,4,6,8,10 mm) والثاني ثابت(D_2=2mm) ولان ($D_1 \neq D_2$) فان العدسة لامتناظرة ومجالها لا متناظر أيضا" . بأخذ قيم متغيرة لعرض الفجوة الهوائية بين القطبين (S = 2,4,6,8,10,12 mm) والنسبة (D_1/D_2) ودراسة تأثير ذلك في المتغيرات (W, B_m) ، الثابت الهندسي للعدسة (L) فضلا" عن القيمة الصغرى للبعد البؤري المسقطي $(F_p)_{min}$ للحصول على أفضل عرض فجوة (S) وأفضل نسبة (D_1/D_2) في تصميم العدسة (9).

استخدم تهيج ثابت (NI=4000 A.t) وهو ضمن المنطقة الخطية قبل الوصول إلى حالة التشبع وبذلك يكون لكثافة الفيض في أي مكان من العدسة علاقة خطية بالتهيج (NI) . إن أبعاد أحد الملفين المتماثلين الموجودين في تصميم العدسة (42x14 mm) اي أن مساحة الملفين ($A=11.76\ cm^2$) وعامل التهيج ($\sigma = NI/A = 340.136\ A.t/cm^2$)

القيمة العظمى لكثافة الفيض المغناطيسي (B_m)

كلما كبر قطر فتحة القطب (D_1) كبر المجال المغناطيسي الذي يخترقها مؤديا إلى انخفاض قمة المجال لكي تبقى المساحة تحت منحني توزيع المجال المغناطيسي ثابتـــة ، ويلاحظ انه في كل توزيع للمجال هناك قيمة عظمى للفيض (B_m) وعندما تكون النـــسبة ($D_1/D_2=1$) يكون المجال متناظرا وتقع (B_m) في منتصف الفجوة الهوائية على محـــور (z) ، أما التوزيعات الأخرى للمجال فيلاحظ أنها لامتناظرة، وان موقع القمة فيها يكـــون في أماكن مختلفة ، ويزداد اللاتناظر عند الفتحات الكبيرة عدا النسبة ($D_1/D_2=1$) . كما إن القيمة العظمى للفيض (B_m) تقل بزيادة عرض الفجوة الهوائية (S) وهذا يدل على أن عرض الفجوة الهوائية يؤثرفي توزيع كثافة الفيض المغناطيـــسي عنـــد ثبـــوت النـــسبة (D_1/D_2) (10).

يوضح الشكل (2) العلاقة بين (B_m) والنسبة (D_1/D_2) لقيم متغيرة مـــن عـــرض الفجوة الهوائية (S) وتكون أعلى قيمة (B_m=2.265 T) عند (S=2 mm) مما يدل على انه بعرض فجوة صغير نحصل على قيمة عظمى لكثافة الفيض المغناطيسي عنـــد قيمـــة واطئة للنسبة (D_1/D_2) وفي هذه الدراسة تساوي(0.5) .

يوضح الشكل (3) العلاقة بين (B_m) والنسبة (S/D_m) لقيم متغيرة مـــن عـــرض الفجوة الهوائية (S) ، اذ تتناقص (B_m) مع نقصان النسبة (S/D_m) عند قيمة عـــرض فجوة هوائية ثابتة ، وبشكل عام فان (B_m) تتناقص بزيادة (S) ولقـــيم متزايـــدة للنـــسبة (S/D_m)، ولذلك يجب اختيار نسبة (S/D_m) واطئة للحصول على قيمـــة عاليـــة للقيمـــة العظمى للفيض (B_m) .(11)

حسب المعادلة الآتية (12) فان :

$$B_m = \frac{\mu_0 NI}{\left(S^2 + 0.45 {D_m}^2\right)^{1/2}} = \frac{\mu_0 NI}{L} \quad \text{.....[2]}$$

اذ أن (D_m) هو متوسط قطر فتحة القطبين وتساوي : $D_m=(D_1+D_2)/2$ أما (L) فهو الثابت الهندسي للعدسة (القطر المائل للعدسة ثنائية القطب) ويساوي : (13)

$$L=\left(S^2 + 0.45 {D_m}^2\right)^{1/2} \quad \text{.....[3]}$$

يوضح الشكل (4) العلاقة بين القيمة العظمى لكثافة الفيض المغناطيسي (B_m) ومقلوب الثابت الهندسي للعدسة (1/L) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S) وهي علاقة خطية ، ميل الخط المستقيم فيها : (Slope = 4.8 x 10^{-3} T.m) وهي تساوي تقريبا القيمة النظرية لميل العلاقة الخطية في المعادلة [2] التي تساوي : ($\mu_o NI = 4\Pi$ x 10^{-7} x 4000 =5.02 x 10^{-3} T.m)

عرض النصف الكلي لمنحني توزيع المجال المغناطيسي (W) /

إن عرض النصف الكلي (W) هو عرض منحني توزيع المجال المغناطيسي في النقطة التي تكون فيها كثافة الفيض المغناطيسي ($B_m/2$) ، اذ يزداد عرض النصف مع زيادة قطر فتحة القطب وتكون قيمته اكبر ما يمكن عند قطر الفتحات الكبيرة ، و يتضح ذلك في الشكل (5) الذي يبين العلاقة بين عرض النصف الكلي (W) مع النسبة (D_1/D_2) ولقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S) اذ نحصل على قيم واطئة لعرض النصف (W=2.18 mm) عند أدنى عرض فجوة هوائية مستعملة (S=2mm) وللنسبة (D_1/D_2=0.5) .

في العدسات ثنائية القطب اللامتناظرة فان عرض النصف الكلي (W) له علاقة بالثابت الهندسي للعدسة (L) وحسب العلاقة الآتية: (14)

$$W = 0.97\left(S^2 + 0.45D_m^{\ 2}\right)^{1/2} = 0.97\ L \quad \text{.....[4]}$$

يوضح الشكل (6) العلاقة بين عرض النصف الكلي (W) مع الثابت الهندسي (L) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S) وهي علاقة طردية خطية ، ميل الخط المستقيم فيها يساوي :(Slope = 0.98) وهي مساوية تقريبا للقيمة النظرية الموجودة في ميل العلاقة الخطية في المعادلة [4] التي تساوي (0.97) .

استنادا إلى العلاقة الخطية في المعادلة [4] والتي فيها (W=0.97 L) فان علاقة (L) مع النسبة (D_1/D_2) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S) الموضحة في الشكل (7) تتشابه إلى حد كبير مع علاقة (W) بالنسبة (D_1/D_2) الموضحة في الشكل (5) .

يرتبط عرض النصف الكلي (W) مع النسبة (S/D_m) ولقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S) بعلاقة موضحة في الشكل (8) اذ نحصل على أقل قيمة ل (W=2.18 mm) عند أقل قيمة لعرض فجوة هوائية مستعملة(S=2 mm)عند قيمة النسبة (D_1/D_2=1.333) .

القيمة الصغرى للبعد البؤري المسقطي $(F_p)_{min}$

يعرف البعد البؤري بأنه مقلوب انحدار الحزمة المتقاطعة مع المحور البصري بعد دخولها المجال المغناطيسي للعدسة ، ولكي نحصل على تكبير عال فمن الضروري أن يكون البعد البؤري صغيرا ، وهكذا يعد البعد البؤري المسقطي (F_P) العامل المؤثر في تكبير الصورة التي تكونها العدسة المسقطية ولا تعتمد قيمة (F_P) على اتجاه دخول الحزمة الالكترونية انما تعتمد قيمة (F_P) على ميل الحزمة الالكترونية مع المحور البصري بعد اختراقها المجال المغناطيسي كليا . (15)

ترتبط القيمة الصغرى للبعد البؤري المسقطي $(F_p)_{min}$ بالثابت الهندسي للعدسة (L) بالعلاقة الآتية (16) :

$$(F_p)_{min} = 0.5\left(S^2 + 0.45D_m^{\,2}\right)^{1/2} = 0.5\ L \quad \text{.....[5]}$$

كما ترتبط القيمة الصغرى للبعد البؤري المسقطي $(F_p)_{min}$ بعرض النصف الكلي للمجال (W) بالعلاقة الآتية (12) :

$$(F_p)_{min} = 0.5154\ W \quad \text{.....[6]}$$

يوضح الشكل (9) العلاقة بين $(F_p)_{min}$ والنسبة (D_1/D_2) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S) حيث نحصل على أقل قيمة [$(F_p)_{min}$ =1.1194 mm] عند أدنى قيمة للنسبة (D_1/D_2=0.5) وبأقل عرض فجوة هوائية مستعملة (S=2 mm) . أما الشكل (10) فيوضح العلاقة بين $(F_p)_{min}$ والنسبة (S/D_m) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S)حيث نحصل على أدنى قيمة [$(F_p)_{min}$ =1.1194 mm] عند أقل عرض فجوة هوائية مستعملة (S=2 mm) لنسبة (S/D_m=1.333). ولذلك فمن الشكلين (9) و (10) نستنتج انه باستعمال عرض فجوة هوائية صغيرة نحصل على أقل قيمة للبعد البؤري المسقطي وأعلى تكبير ممكن .(17)

إن أصغر مقدار لقيمة $(F_p)_{min}$ تساوي (1.1194 mm) وهي مقاربة لأصغر مقدار لقيمة $(F_p)_{min}$ للعدسة الأحادية القطب الكروي المزدوجة وتساوي (1.08 mm) في حين تكون (13.56 mm) للعدسة الأحادية القطب الكروي المفردة بصرف النظر عن معامل التهيج ($NI/V_r^{1/2}$) الذي لايؤثر في قيمة $(F_p)_{min}$ ولا يعتمد تقريبا على الشكل الهندسي للقطب .(15)

يوضح الشكل (11) العلاقة الخطية بين $(F_p)_{min}$ و (L) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S) حيث يكون ميل الخط المستقيم فيها (Slope=0.512) وهي مساوية تقريبا للقيمة النظرية الموجودة في ميل العلاقة الخطية في المعادلة [5] التي تساوي (0.5) . بينما الشكل (12) فانه يوضح العلاقة الخطية بين $(F_p)_{min}$ و (W) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S) وفيها ميل الخط المستقيم يساوي (Slope=0.5125) وهي مساوية تقريبا للقيمة النظرية الموجودة في ميل العلاقة الخطية في المعادلة [6] التي تساوي (0.5154) .

مجال الرؤية (r) والتكبير (M)

يعرف مجال الرؤية (field of view) للعدسات المسقطية بأنه أكبر مساحة من الجسم يمكن رؤيتها على الشاشة ، أو هو الإزاحة القطرية للحزمة الالكترونية عن المحور البصري ويقاس بوحدات (mm) ، علما ان مجال الرؤية للعدسات لا يتأثر بحجم العدسة أو شكل القطب أو عمل كثافة الفيض المغناطيسي انما يتحدد بسعة الفتحة المحورية للعدسة ، ولان قطري فتحتي القطبين يكون إحداها ثابت (D_2) والآخر متغير (D_1) فان مجال الرؤية يكون متغيرا ، علما بان العدسة الخالية من الحديد لها اكبر مجال رؤية بالنسبة الىباقي أنواع العدسات ذي الأقطاب المختلفة وعند الاتجاه المفضل لدخول الحزمة الالكترونية في مجال العدسة المسقطية . (15) وهذا يثبت أن التناسب عكسي بين مجال الرؤية (r) و (F_p) ولطالما لدينا $(F_p)_{min}$ واطئة فهذا يعني أن (r) عالي .

تكبير العدسات المسقطية (M) يحسب من المعادلة الآتية (3) :

$$M=[\ell - (F_p)_{min}] / (F_p)_{min} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots[7]$$

اذ (ℓ) هي المسافة من مركز العدسة المسقطية إلى الشاشة مقاسة بوحدات(mm).و يبلغ تكبير العدسة المسقطية المنفردة ذي القطب الكروي (462) مرة وهو كبير بالمقارنة مع العدسة الخالية من الحديد والعدسات الأخرى ذي الأقطاب المختلفة (15) ، الذي

يساوي تقريبا تكبير العدسة المسقطية ثنائية القطب الكروي المستعملة في البحث الحـالي البالغة (446) مرة، اذ تم أخذ(ℓ=500 mm) بعدا" افتراضي ضمن مدى أطوال أعمـدة المجهر الالكتروني.

الاستنتاج

1) زيادة عرض الفجوة الهوائية (S) يؤدي إلى اتساع المجال المغناطيـسي (زيـادة عرض النصف الكلي W) مع انخفاض القيمة العظمى (B_m) لهذا المجال ، وهو سلوك متوقع لان زيادة المسافة الفاصلة بين وجهي القطبين يؤدي إلى زيادة وحدة المساحة لعدد خطوط الفيض المغناطيسي نفسه (أي قلة كثافة الفيض المغناطيسي) وهو بالحقيقة تفسير للثبوت التقريبي لقيم (B_z) على مسافة واسعة من المحور البصري لقيم (S) العالية .

2) بعرض فجوة صغير (S) ونسبة (D_1/D_2) واطئة نحصل على أعلى قيمة عظمـى لكثافة الفيض المغناطيسي (B_m).

3) تتناقص القيمة العظمى لكثافة الفيض المغناطيسي (B_m) مع نقصان النسبة (S/D_m) عند قيمة عرض فجوة هوائية ثابتة ، وهذا يعني أنه يمكن الحصول علـى قيمـة (B_m) عالية عند قيمة (D_m) واطئة (أي نسبة S/D_m عالية) بثبوت عرض الفجوة (S) .

4) تحقيق العلاقة الخطية بين القيمة العظمى لكثافة الفيض المغناطيسي (B_m) ومقلوب الثابت الهندسي للعدسة (1/L) حسب المعادلة [2] واقتراب القيمة المحسوبة (4.8×10^{-3} T.m) من القيمة النظرية ($\mu_o NI = 5.02 \times 10^{-3}$ T.m) لميل الخط المستقيم .

5) الحصول على أكبر قيمة عظمى لكثافة الفيض المغناطيسي (B_m) ، أي أصغر قيمة لعرض النصف (W) والثابت الهندسي للعدسة (L) عند أقل قيمة لقطر فتحة القطب (أي أقل قيمة للنسبة D_1/D_2) لعرض الفجوة الهوائية نفسها (يراعى أن تكون S صغيرة) وهذا يعني إن تغيير قطر الفتحة المحورية (أي النسبة D_1/D_2) يؤثر في معـاملات مجـالات التصوير (B_m ,W) .

6) تحقيق العلاقة الخطية بين عرض النصف الكلي (W) والثابت الهندسي للعدسـة أو القطر المائل للعدسة (L) حسب المعادلة [4] واقتراب القيمة المحسوبة (0.98) من القيمة النظرية (0.97) لميل الخط المستقيم .

7) الحصول على قيم واطئة لعرض النصف الكلي (W) عند عرض الفجوة الهوائية (S=2 mm) مع ملاحظة الحصول على القيمة الأدنى لعرض النصف عند القيمة الأعلى للنسبة (S/D_m) لعرض الفجوة الهوائية نفسها ، وهذا تأكيد تأثير قطر الفتحة المحورية في عرض النصف .

8) تحقيق العلاقة الخطية بين القيمة الصغرى للبعد البؤري المسقطي $(F_p)_{min}$ والثابت الهندسي للعدسة (L) حسب المعادلة [5] واقتراب القيمة المحسوبة (0.512) من القيمة النظرية (0.5) لميل الخط المستقيم .

9) تحقيق العلاقة الخطية بين القيمة الصغرى للبعد البؤري المسقطي $(F_p)_{min}$ وعرض النصف الكلي (W) حسب المعادلة [6] واقتراب القيمة المحسوبة (0.5125) من القيمة النظرية (0.5154) لميل الخط المستقيم .

10) أقل القيمة صغرى للبعد البؤري المسقطي $(F_p)_{min}$ تكون عند أقل قيمة للنسبة (D_1/D_2) وأعلى قيمة للنسبة (S/D_m) لأقل عرض فجوة هوائية مستعملة (S=2 mm) . ولان القيمة الصغرى للبعد البؤري المسقطي تتناسب طرديا مع عرض الفجوة الهوائية فهذا يعني أن قوة كسر العدسة تقل بزيادة عرض الفجوة الهوائية والعكس صحيح ، وعليه فان قوة التكبير لمجال الرؤية (M) تزداد مع نقصان عرض الفجوة الهوائية التي تفصل وجهي القطبين للعدسة الكهرومغناطيسية ، اذ أن أعظم تكبير ناتج للعدسة ثنائية القطب الكروي المستعملة في البحث هو (446) مرة وهي قيمة مقبولة بالرغم من أن التكبير المطلوب من العدسة المسقطية هو بحدود (300) مرة . (1)

المصادر

1-Wischnitzer , S. (1981), Introduction to Electron Microscope , Robert Maxwell , M.C.

2-Munro , E. , (1973) ,Computer-Aided Design Electron Lenses by the Finite Element Method Image Processing and Computer-Aided Design in Electron Optics " Ed. P. W. Hawkes (London: Academic) 163-357 .

3-Juma , S. M. (1975) , Rotation–Free Magnetic Electron Lenses , Ph.D. Thesis , University of Aston in Birmingham , England ,.

4-Tsuno , K. and Harada Y. (1981), J. . E: Sci. Instrum.14 : 955-960.

5- الشمري ، بان علي ناصر .(2002) ،دراسة التشويه للعدسات المسقطية في المجهر الالكتروني النفاذ ، رسالة ماجستير – كلية العلوم – جامعة بابل.

6- الشافعي ، طالب محسن عباس .(2007) دراسة حاسوبية في تصميم عدسات المجهر الالكتروني النفاذ ، رسالة دكتوراه – كلية التربية – الجامعة المستنصرية.

7-Liebmann , G. (1951) , Proc. Phys. Soc. B 64 : 972-977.

8-Plies , E. , (2000) . Modern Electron Optics in SEM and Inspection , Proc.12th Europ. congr. Electron Microsc.3:1423-1425.

9-AL-Jubori , W. J. (2001) .Inverse Design of Asymmetrical Magnetic Lenses in the Absence of Magnetic Saturation , Ph.D. Thesis , AL-Mustansiriyah University , Baghdad , Iraq ,

10- Liebmann , G. , (1955) . Proc. Phys. Soc. B 68 :679-681.

11-AL-Obaidi , H. N. (1999) J. Col. Educ. , AL-Mustansiriyah University , 3 :5-46 .

12-Dugan , J. (1961),Durandeau , P. and Fert , C. , Rev. Opt. 40 :77-305.

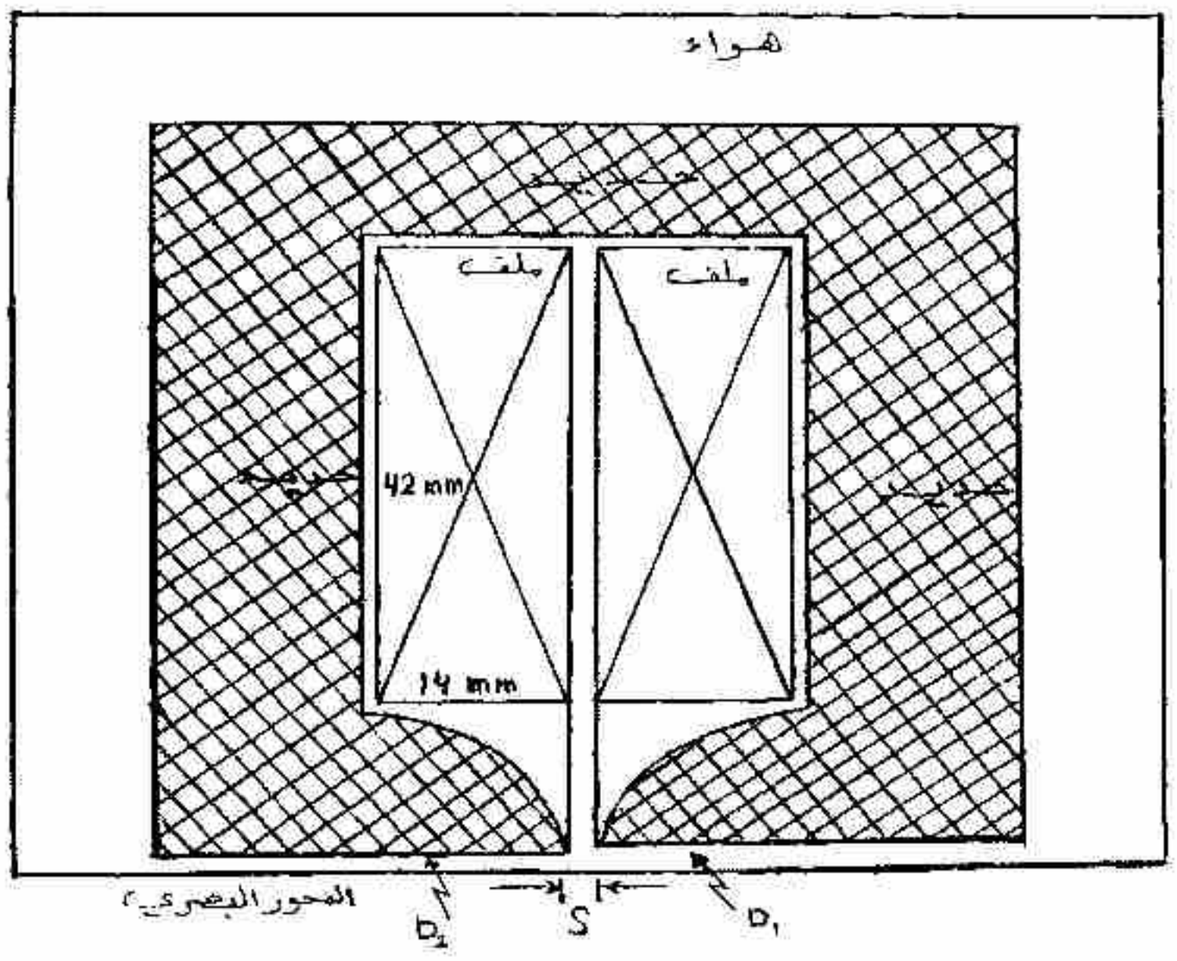
13 – حسن ، حسين صالح . (1989) حسابات عن تصميم العدسات الالكترونية المغناطيسية الأحادية القطب المشبعة ، رسالة ماجستير – كلية التربية – الجامعة المستنصرية .

14- Durandeau , P. and Fert , C . (1957) . Rev. Opt. 36 :205-234 ,

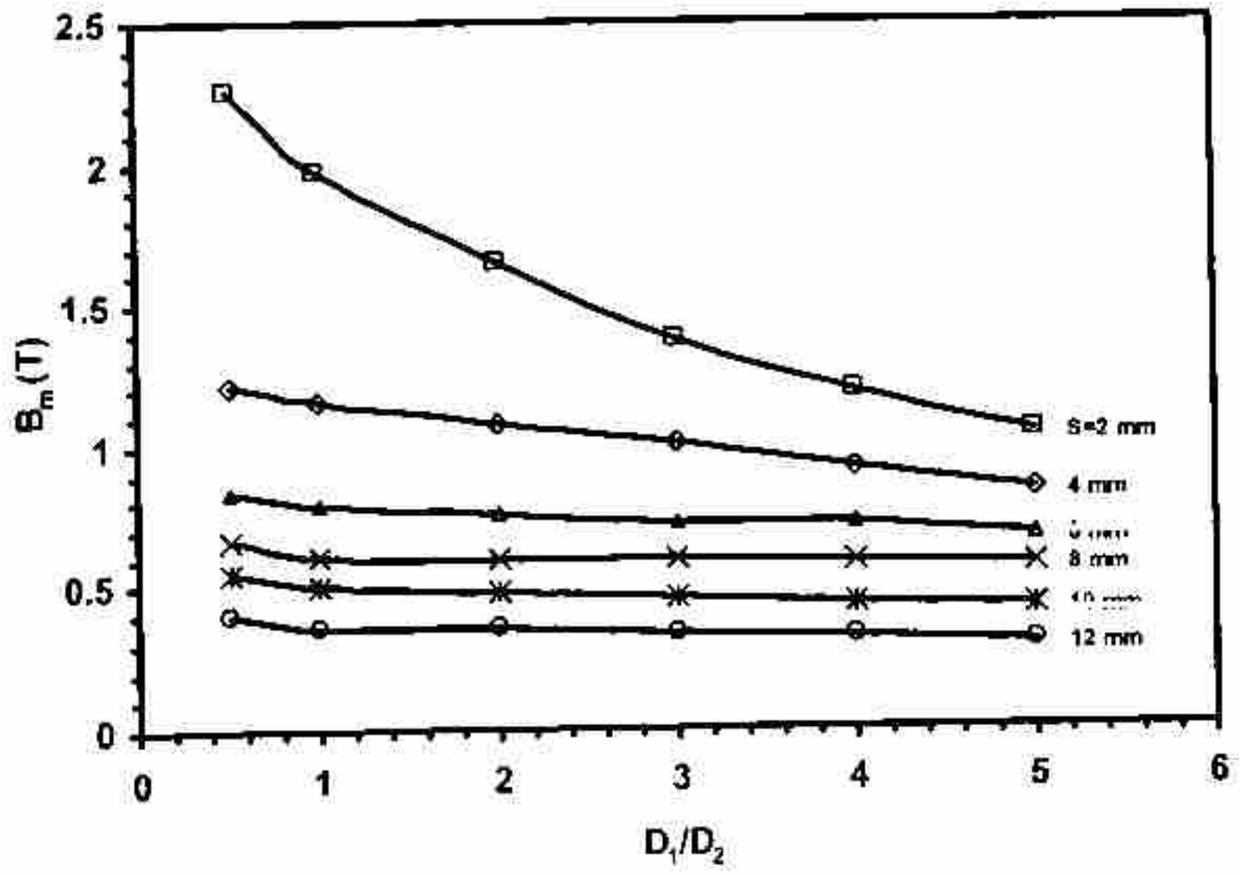
15 – ياسين ، محمد جواد .(1994) ، دراسة حاسوبية لعدسة الكترونية لا تقليدية ذات مجالين مغناطيسيين متعاكسين " ، رسالة ماجستير - كلية التربية – الجامعة المستنصرية.

16-Fert , C. and Durandeau , P. (1967) Magnetic Electron Lenses Focusing of Charged Particles , Vol. 1 , ed. A. Septier , (New York: Academic,309-352.

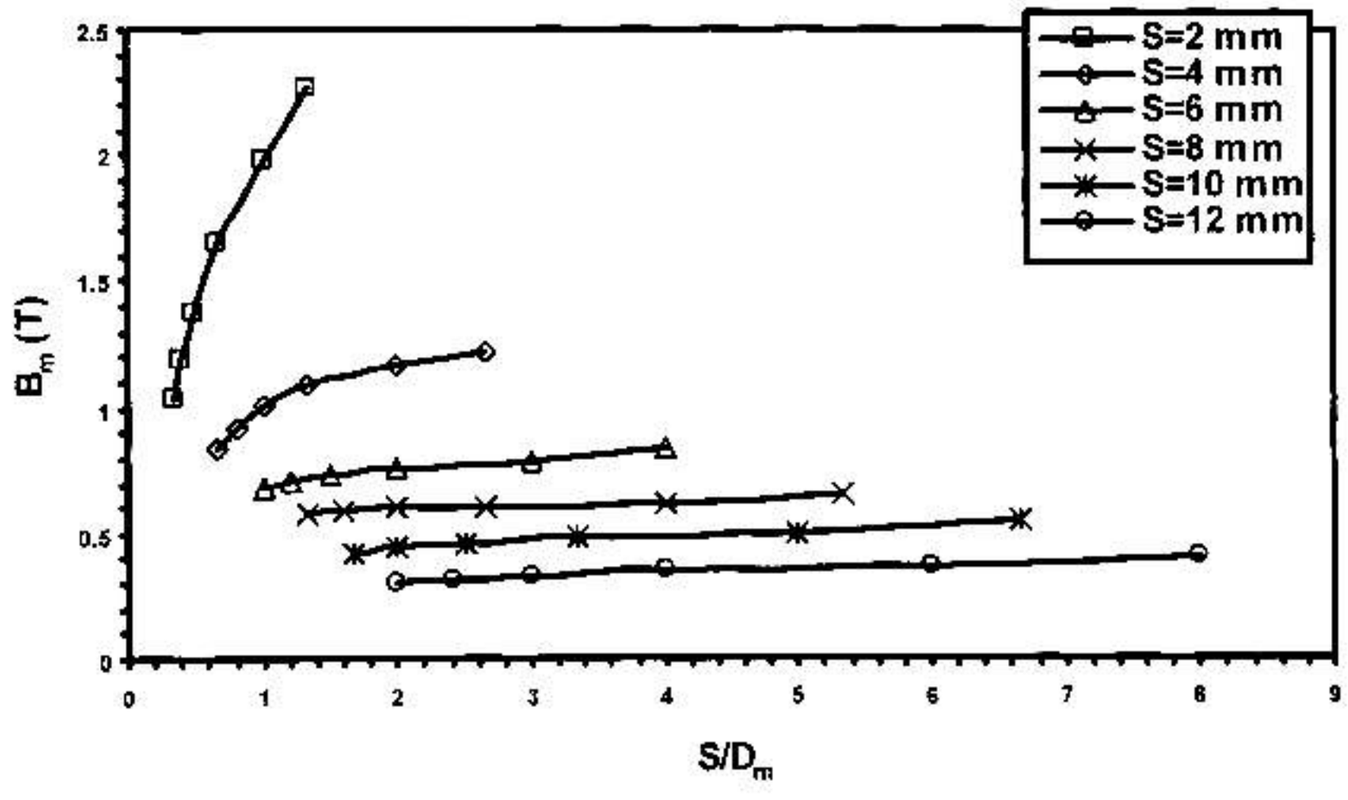
17-Juma , S. M. and Yahya , A. A. (1986) , J. Phys.E: Sci. Instrum. 19 :614-624) .



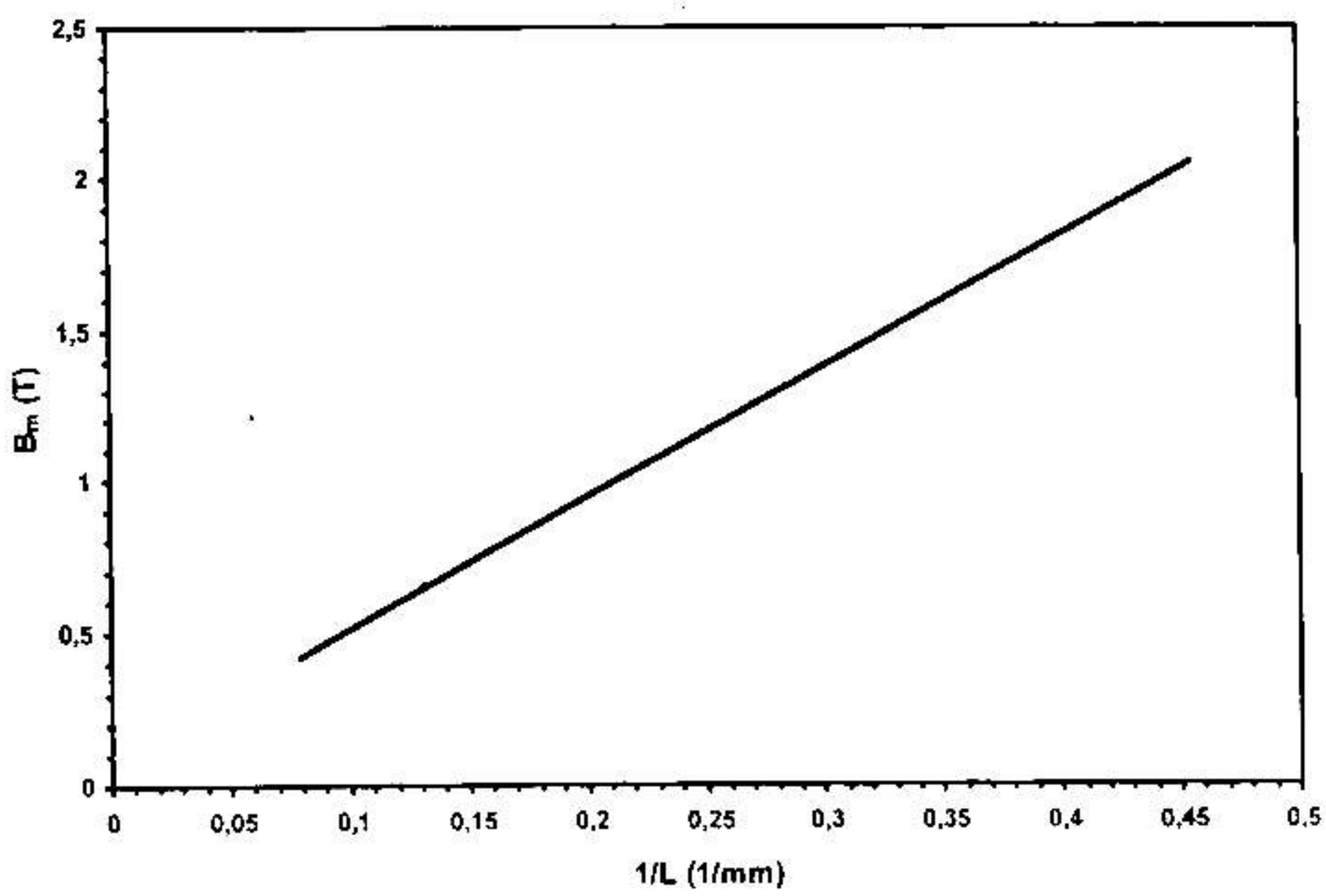
شكل (1): مقطع عرضي لنصف العدسة ثنائية القطب الكروي اللامتناظرة



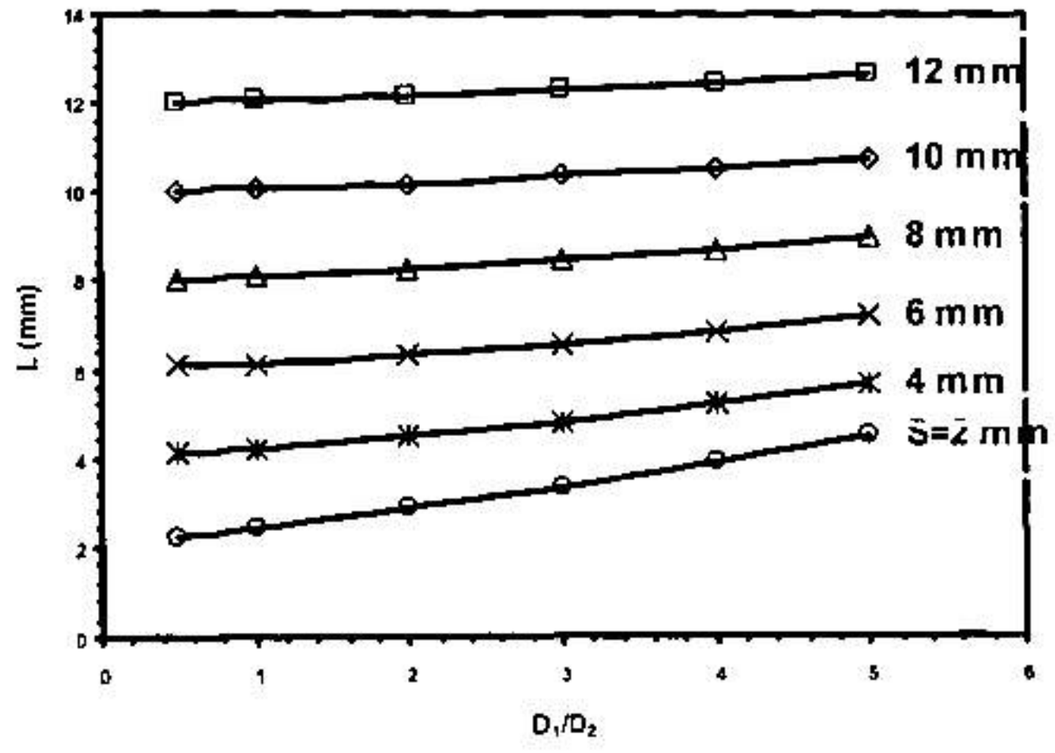
شكل(2): العلاقة بين (B_m) والنسبة (D_1/D_2) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S)



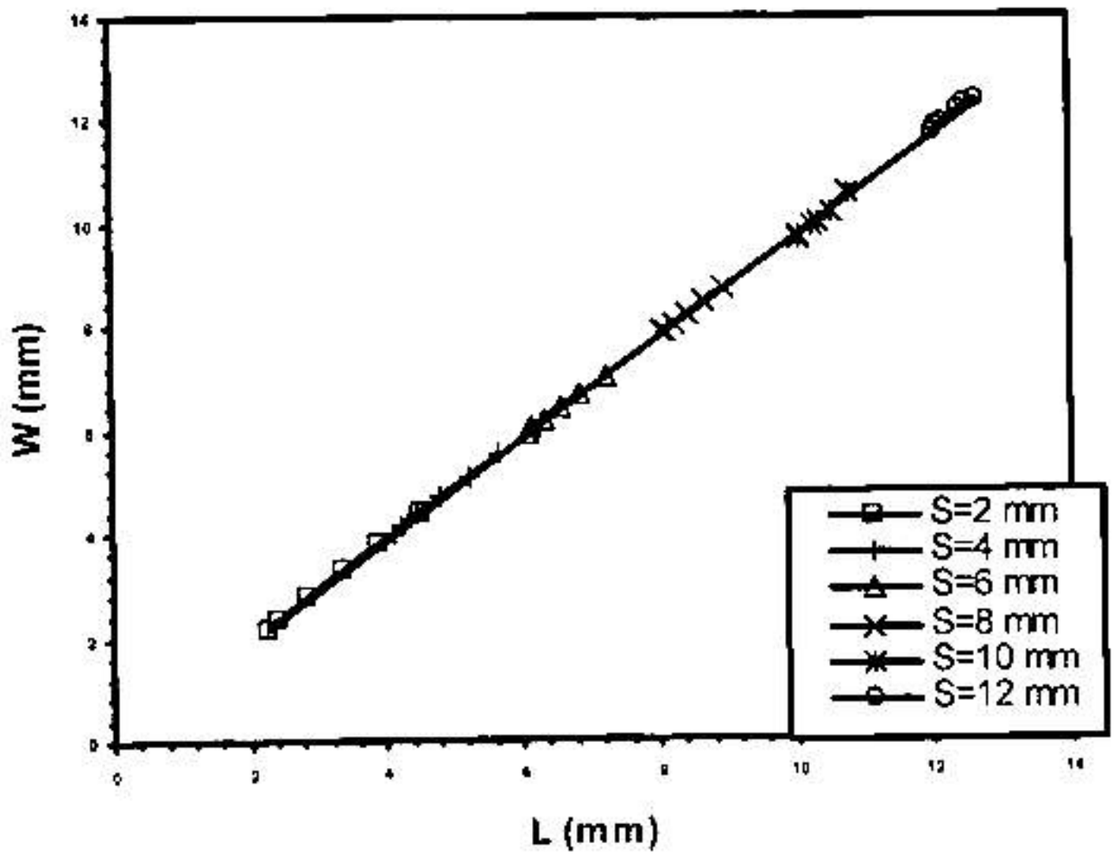
شكل (3) العلاقة بين (B_m) والنسبة (S/D_m) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية(S)



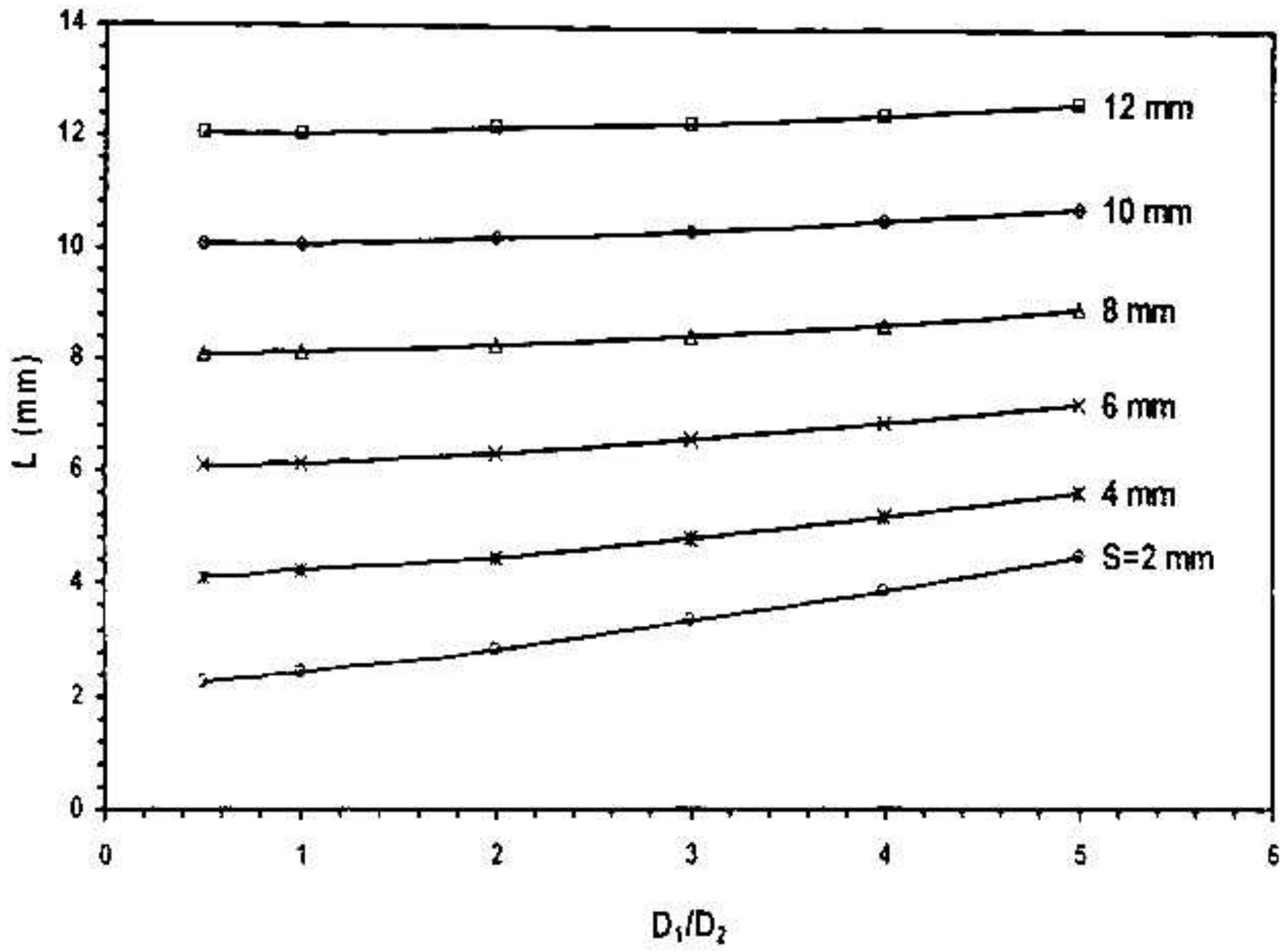
شكل (4) العلاقة بين (B_m) و (1/L) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S)



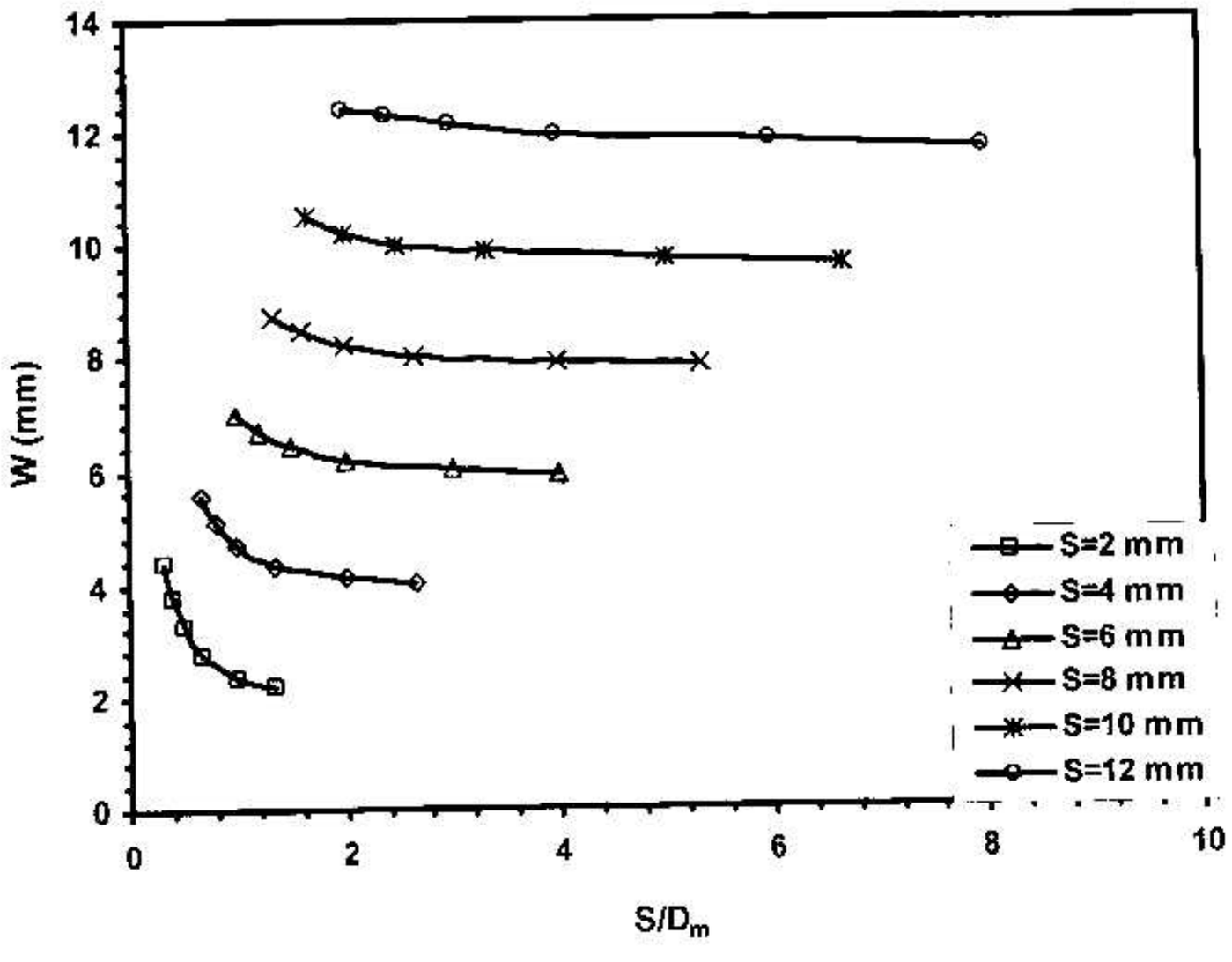
شكل (5): العلاقة بين (W) والنسبة (D_1/D_2) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S)



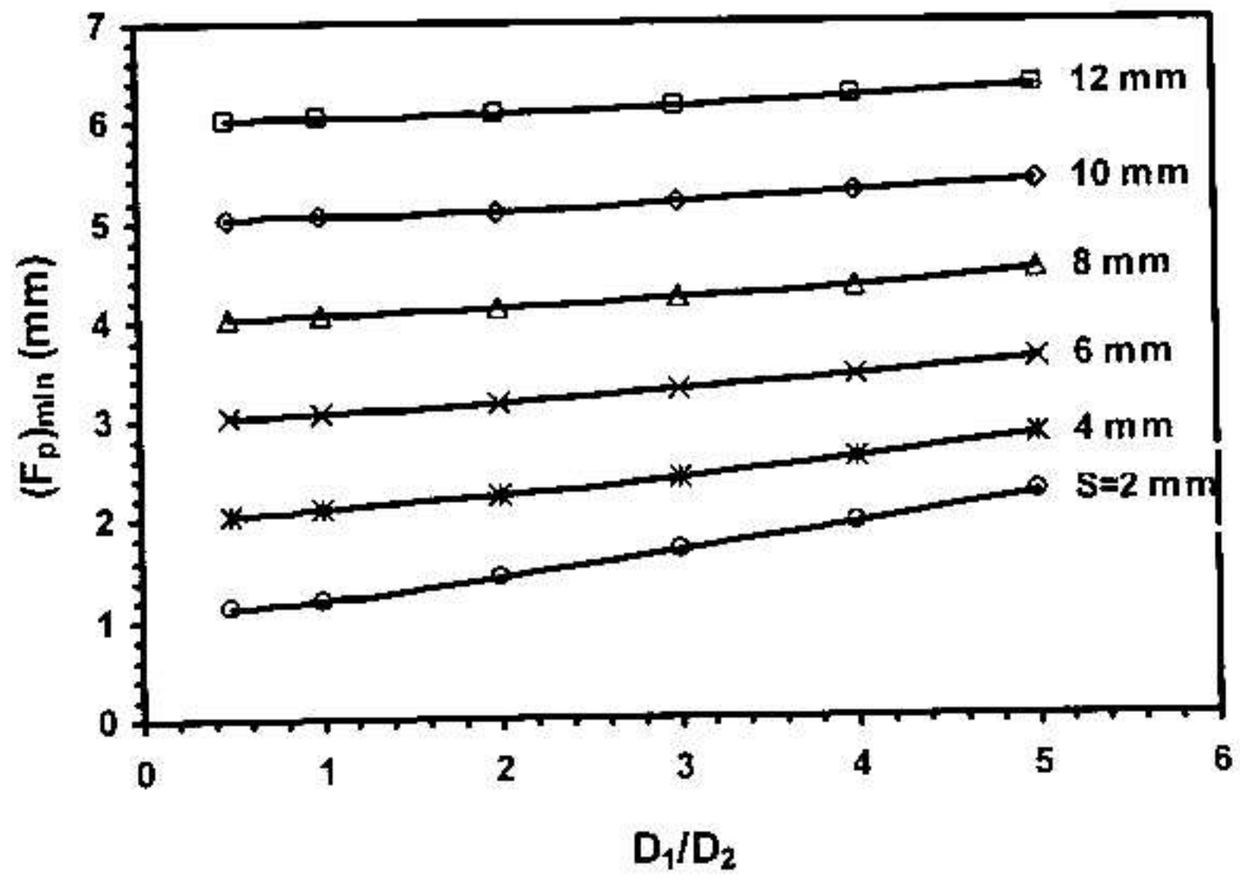
شكل (6) العلاقة بين (W) و (L) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S)



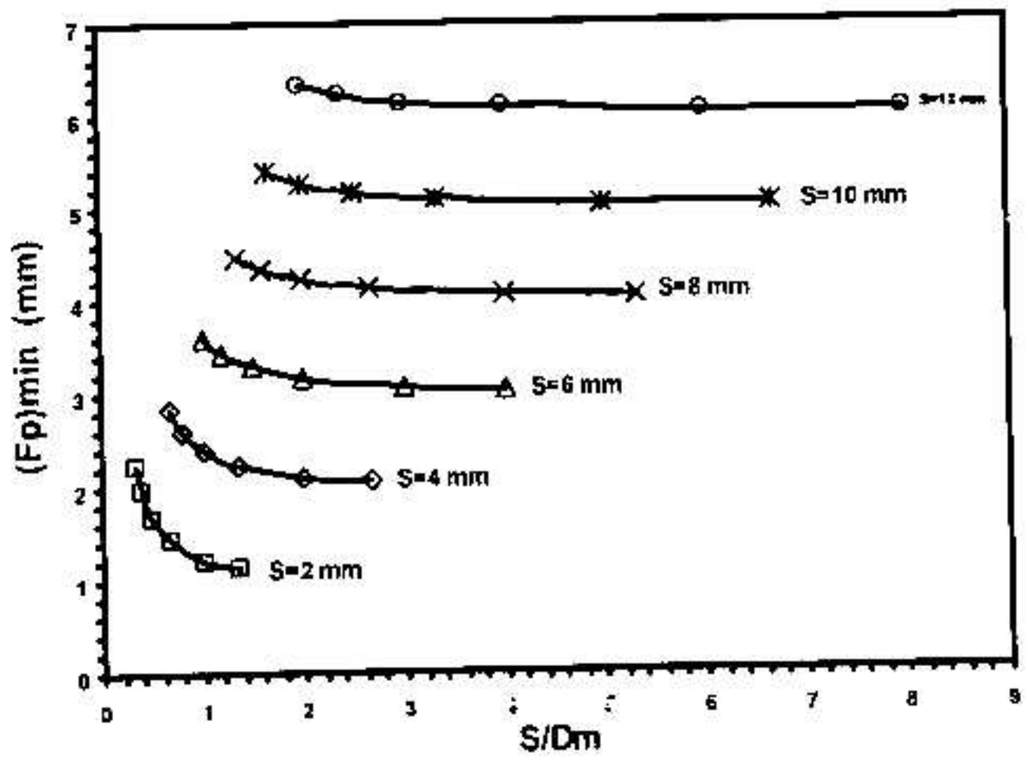
شكل(7) العلاقة بين (L) والنسبة (D_1/D_2) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S)



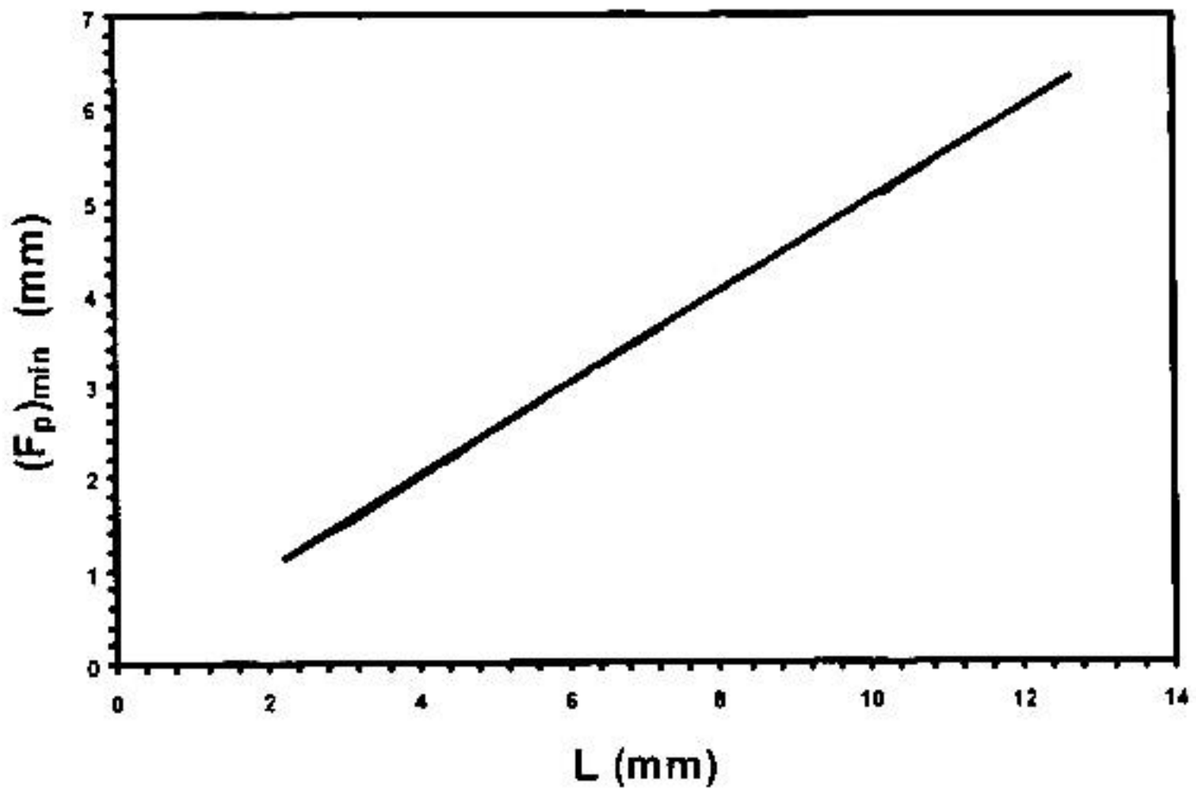
شكل(8) العلاقة بين (W) والنسبة (S/D_m) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائيـــة (S)



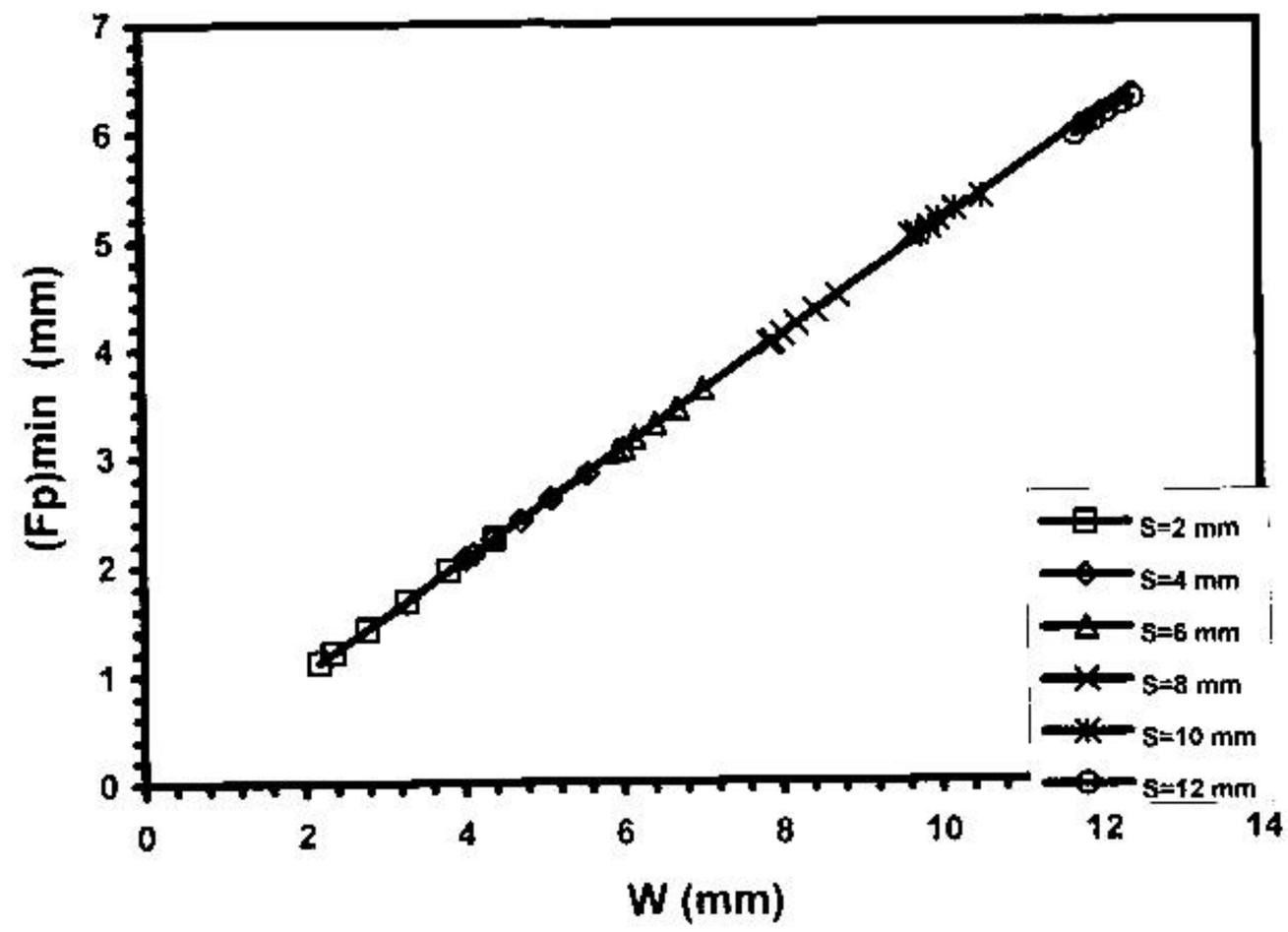
شكل(9):العلاقة بين $(F_p)_{min}$ والنسبة (D_1/D_2) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S)



شكل(10):العلاقة بين $(F_p)_{min}$والنسبة (S/D_m) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S)



شكل (11) العلاقة بين $(F_p)_{min}$ و (L) لقيم مختلفة من عرض الفجـوة الهوائيـة (S)



شكل (12) العلاقة بين $(F_p)_{min}$ و (W) لقيم مختلفة من عرض الفجوة الهوائية (S)

The Effect of Air Gap Width (S) and the Ratio (D_1/D_2) on Minimum Projector Focal Length $(F_p)_{min}$ for the Double Pole-Piece Lens at Costant Excitation (NI)

H. S. Hasan
Department of Physics , Physiology , College of Medicine , Al-Nahrain University

Abstract

The spherical double pole-piece electron lens is depend on some factors : the minimum value of projector focal length $(F_p)_{min}$, the maximum value of magnetic flux density (B_m) , the total half width (W) of asymmetrical curve of magnetic field distribution [because there are different values of bore diameter (D_1) , i.e: the ratio (D_1/D_2) with different values] and the air gap width (S) between the iron poles The ratio (S/D_m) is used to represent this type of lenses and depend as a primary factor to design the lenses . Therefore the effect of air gap width and the ratio (D_1/D_2) on the variables above , especially $(F_p)_{min}$ was studied to obtain the most favorable design , highest field of view (r) and magnification (M) of doublet projector lens although, the required projector lens is about (M=300 x) .[1] All calculations done by the finite element method suggested by (Munro,1973) [2] , which is a numerical method used to find the magnetic field in electron lenses .