

## دراسة الخواص البصرية لعدسة مغناطيسية باستخدام الحاسوب

صادق حسن لفته

كلية العلوم للبنات / جامعة بابل

### الخلاصة :

تم في البحث الحالي دراسة تأثير قطر الفتحة المحورية لعدسة مغناطيسية على الخواص البصرية الشبئية وذلك باستخدام تقنية الحاسوب عن طريق بعض البرامج الحاسوبية للحصول على تصميم امثل يمكن استخدامه كعدسة شبئية في المجاهر الإلكترونية النفاذة .

### : Abstract

In the current research gad been study the influence of the diameter of the aperture of the magnetic lens upon the of objective properties by utilizing the computer technique by using some programs to obtain best design lens can be using as .objective lens in penetrating electron microscope

### المقدمة :

هنالك تشابه كبير بين نفوذ الضوء خلال الاوساط الكاسرة للحزمة وحركة الجسيمات المشحونة في المجالات المغناطيسية والكهربائية، ويمكن ادراك ذلك من خلال اجهزة الجسيمات المشحونة كالمجاهر الالكترونية، حيث تقوم هذه الاجهزة بتجميع حزمة متحركة من الجسيمات المشحونة (الالكترونات) في نقطة واحدة على امتداد محورها الاساسي عن طريق اداة مهمة تعرف بالعدسة الالكترونية التي تشابه بعملها هذا عمل العدسة الزجاجية اللامة او العين في تجميعها لحزمة ضوئية في نقطة واحدة تقع على امتداد محورها البصري (1,2). تصنف العدسات الالكترونية من حيث مبدأ العمل الى ثلاثة انواع رئيسية، وهي: العدسة الكهروستاتيكية (electrostatic lens)، العدسة الكهرومغناطيسية (electromagnetic lens) وعدسة المغناطيس الدائم (permanent magnet lens) (3,4,5).

ونظرا لاهمية العدسات الكهرومغناطيسية في المجاهر الالكترونية والتي تسمى ايضا بالعدسة المغناطيسية، وتتكون من ملف مصنوع بصورة عامة من سلك نحاسي معزول كهربائيا وملفوف حول قلب من مادة مغناطيسية. وتستند فكرة عمل هذه العدسة على امرار تيار كهربائي مستمر (D.C) في ملف دائري ينتج عنه مجالاً مغناطيسياً على امتداد محور الملف يعمل هذا المجال على حرف الجسيمات المارة خلاله الى نقطة تدعى بؤرة العدسة. فعند امرار تيار كهربائي مستمر (I) في ملف دائري يحتوي على (N) من اللفات سوف يتولد مجالاً مغناطيسياً (Bz) على امتداد محوره z، وحسب قانون امبير (Amper's law) فان:

$$\int_{-\infty}^{\infty} B_z dz = \mu_0 NI$$

حيث ان :

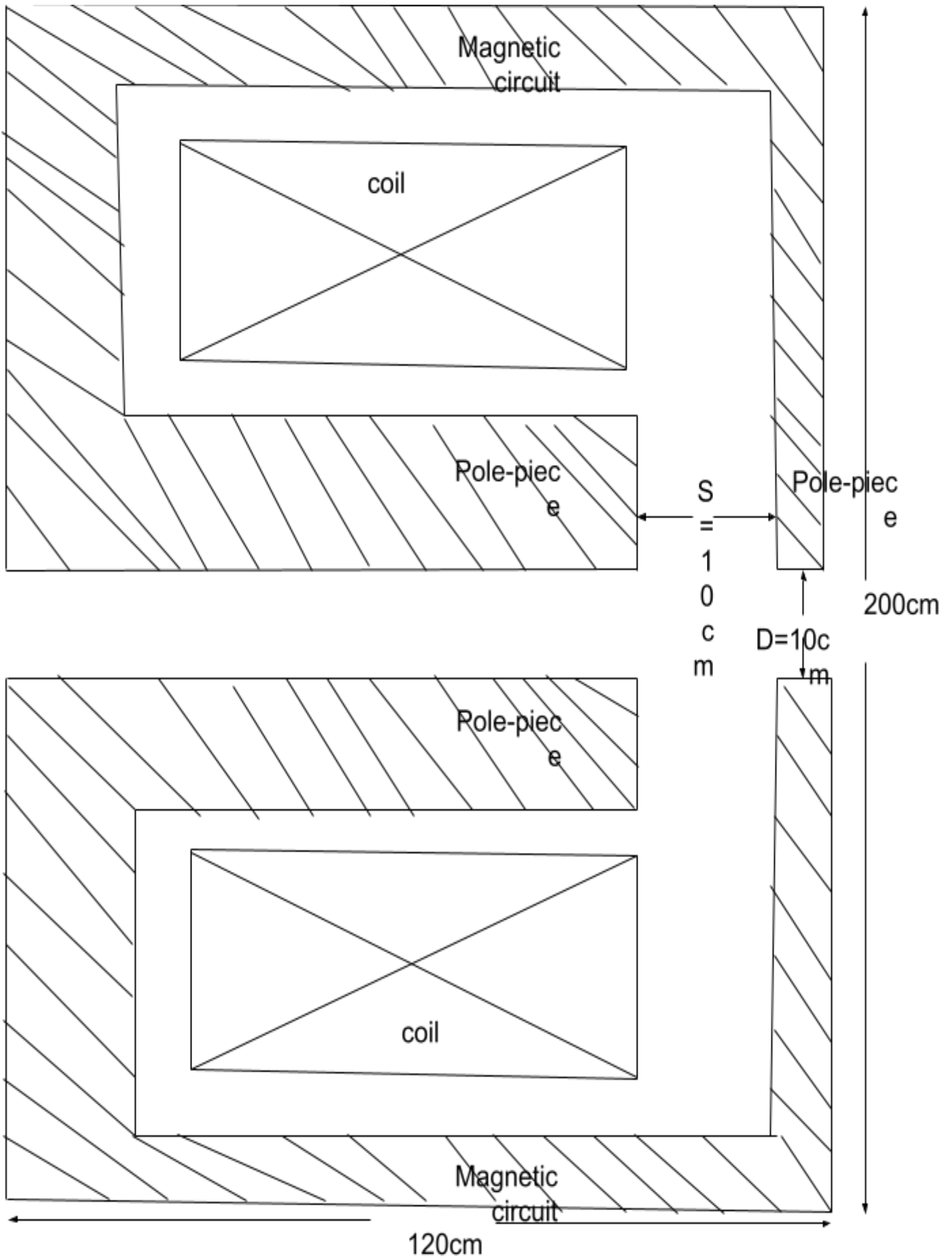
$\mu_0$  = نفاذية الفراغ (space permeability) وتساوي  $4\pi \times 10^{-7}$  H/m.

NI = تهيح العدسة (lens excitation) بوحدات امبير-لفة (A.t).

ولأجل زيادة القيمة العظمى لكثافة الفيض المغناطيسي والحصول على مجال مغناطيسي شديد محصور في منطقة صغيرة يحاط الملف بغلاف من مادة حديدية التمتع (ferromagnetic) مثل الحديد المطاوع (soft iron) او حديد الـ(permandur) بحيث ان المجال المغناطيسي يكون محصوراً في فجوة هوائية تقع بين قطعتي حديد تمثلان قطبين مغناطيسيين (6,7,8).

## تصميم العدسة :

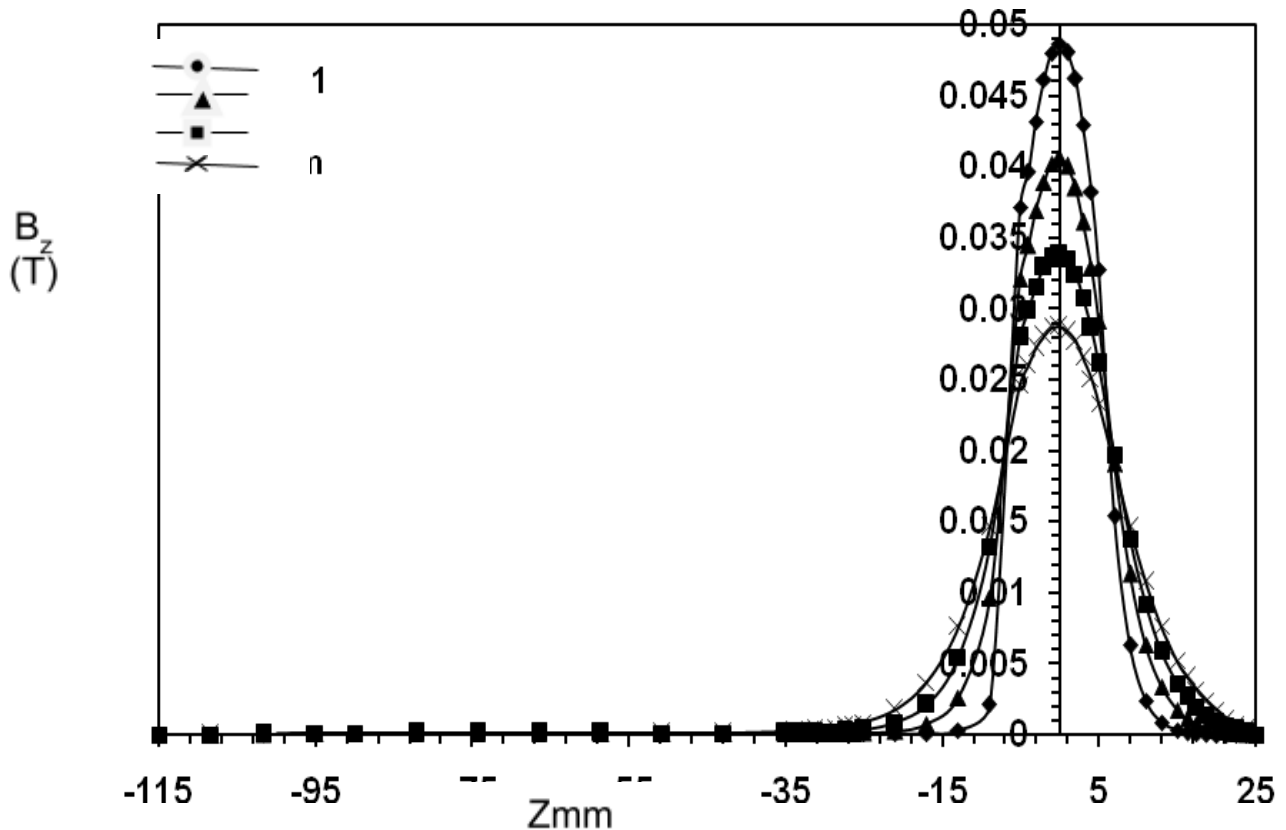
يوضح الشكل (1) المخطط والابعاد الهندسية لعدسة الاختبار المعتمدة في هذا البحث. ويلاحظ من هذا الشكل ان لهذه العدسة ملف دائري مساحة مقطعه ( $34 \text{ cm}^2$ ) وتحتوي على قطبين مغناطيسيين. القطب الايسر عبارة عن اسطوانة ، أما قطب العدسة الايمن فهو بشكل صفيحة مستوية وتفصل قطبي العدسة فجوة هوائية عرضها ( $S=10\text{mm}$ )، وتخرق القطبين فتحة محورية قطرها ( $D=10\text{mm}$ ). وقد أحيط الملف وقطبي العدسة بدائرة حديدية التمغنت من نفس مادة الاقطاب<sup>(2)</sup>. (soft iron)



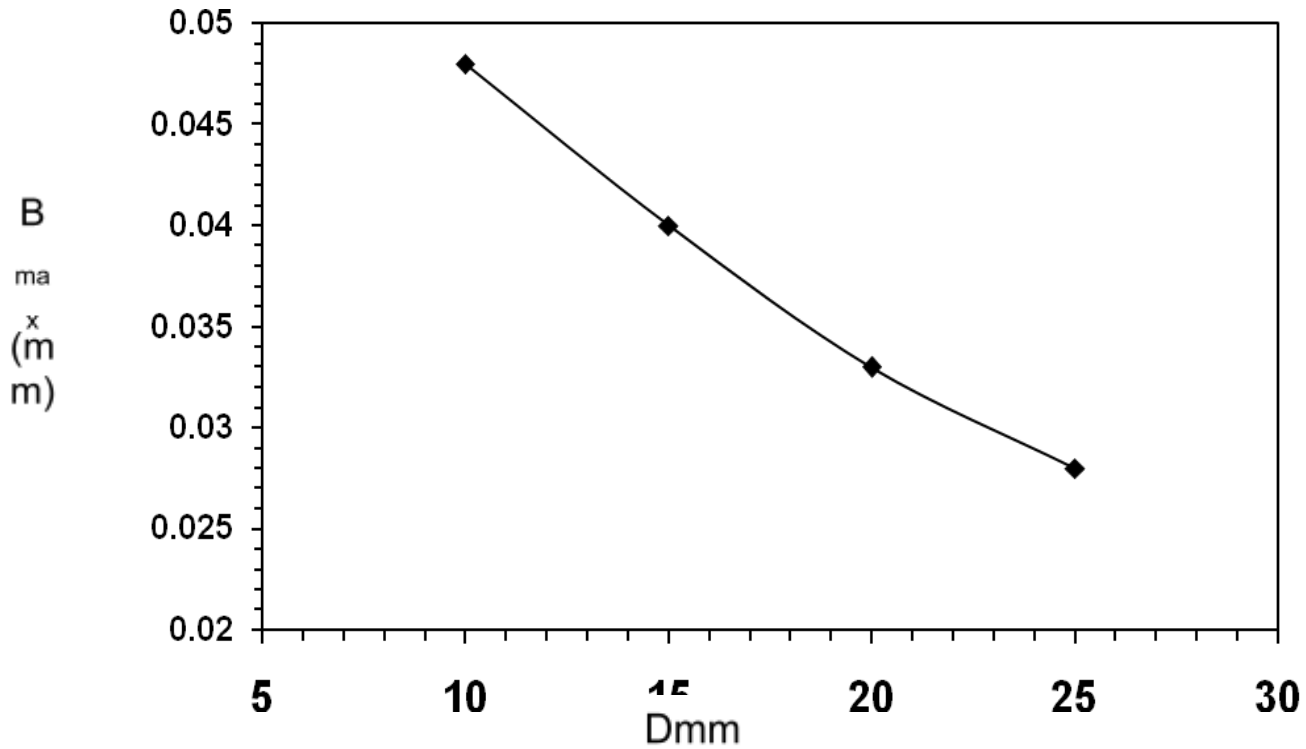
## الحسابات والمناقشة

تم في البحث الحالي دراسة تأثير قطر الفتحة المحورية (D) على توزيع المجال المغناطيسي المحوري ( $B_z$ ) لعدسة الاختبار ومن ثم على الخواص البصرية الشيئية للوصول للتصميم الامثل للعدسة حيث تم اختيار القيم الآتية لتمثيله ( $D=4, 6, 8, 10$  mm) بثبوت عرض الفجوة الهوائية ( $S=10$  mm) عند تهيج العدسة ( $NI=500$  A.t). اذ يوضح الشكل (2) توزيع كثافة الفيض المغناطيسي المحوري  $B_z$  ولقيم مختلفة لقطر الفتحة المحورية بثبوت عرض الفجوة الهوائية وعند تهيج العدسة ( $NI=500$  A.t)، ويلاحظ من هذا الشكل ان القيمة العظمى لكثافة الفيض المغناطيسي المحوري ( $B_{max}$ ) تقل مع زيادة قطر الفتحة المحورية (D) وكما هو مبين بالشكل (3) بينما تزداد قيمة عرض نصف المجال المغناطيسي (W) مع زيادة قطر الفتحة المحورية (D) وكما هو موضح بالشكل (4).

لدراسة تأثير قطر الفتحة المحورية (D) على الخواص البصرية للعدسة المغناطيسية تم استخدام توزيع المجال المغناطيسي المحوري للعدسة  $B_z$  ولقيم مختلفة لقطر الفتحة المحورية لحساب الخواص البصرية الشيئية. اذ يوضح الاشكال (5)، (6)، (7) تغير البعد البؤري الشيني ( $f_0$ )، معامل الزيغ الكروي (Cs) ومعامل الزيغ اللوني  $C_c$  للعدسة المغناطيسية الشيئية مع زيادة قطر الفتحة المحورية (D) (ويلاحظ من الشكل ان زيادة قطر الفتحة المحورية (D) بثبوت عرض الفجوة الهوائية  $S=10$  mm عند تهيج العدسة  $NI=500$  A.t يؤدي الى زيادة قيم البعد البؤري الشيني ومعاملات الزيوغ وهذا ما مبين بالجدول (1)، اذ يلاحظ من هذا الجدول ان زيادة قطر الفتحة المحورية (D) يؤدي الى الحصول على خواص بؤرية سيئة ويعزى السبب في ذلك الى الزيادة في عرض نصف المجال المغناطيسي المحوري (W).



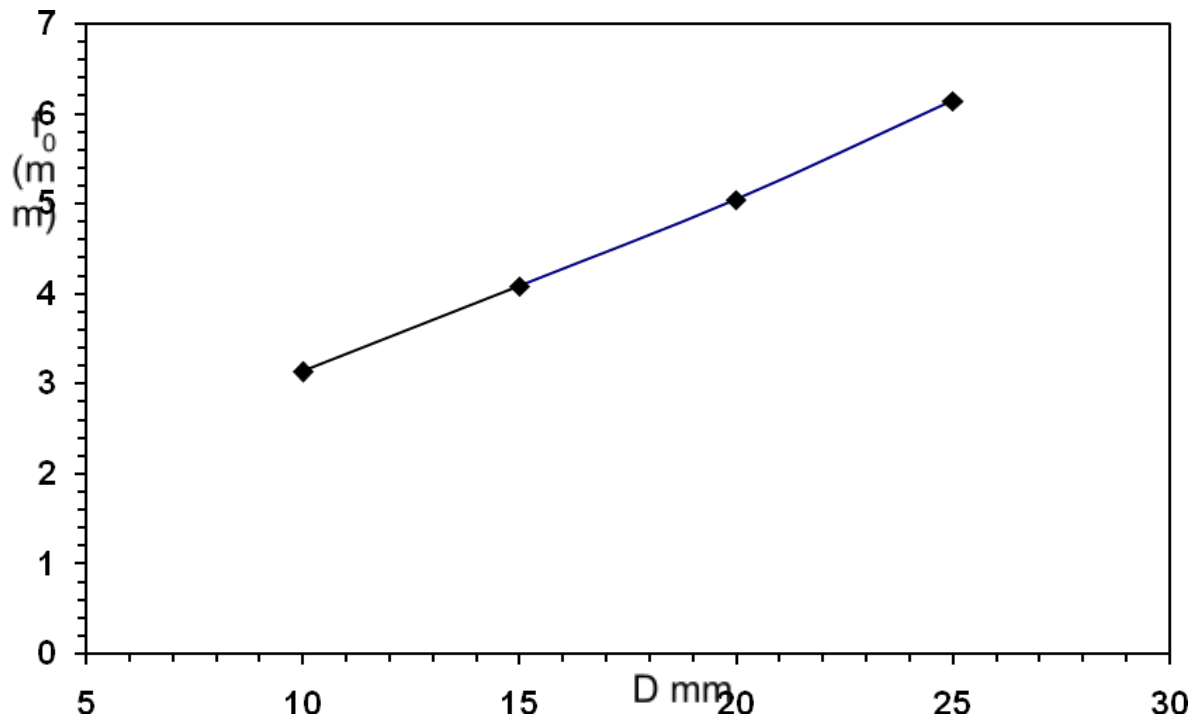
الشكل (2) توزيعات المجال المغناطيسي المحوري  $B_z$  ولقيم مختلفة لقطر الفتحة المحورية بثبوت عرض الفجوة الهوائية  $S=10$  mm عند تهيج العدسة  $NI=500$  A.t.



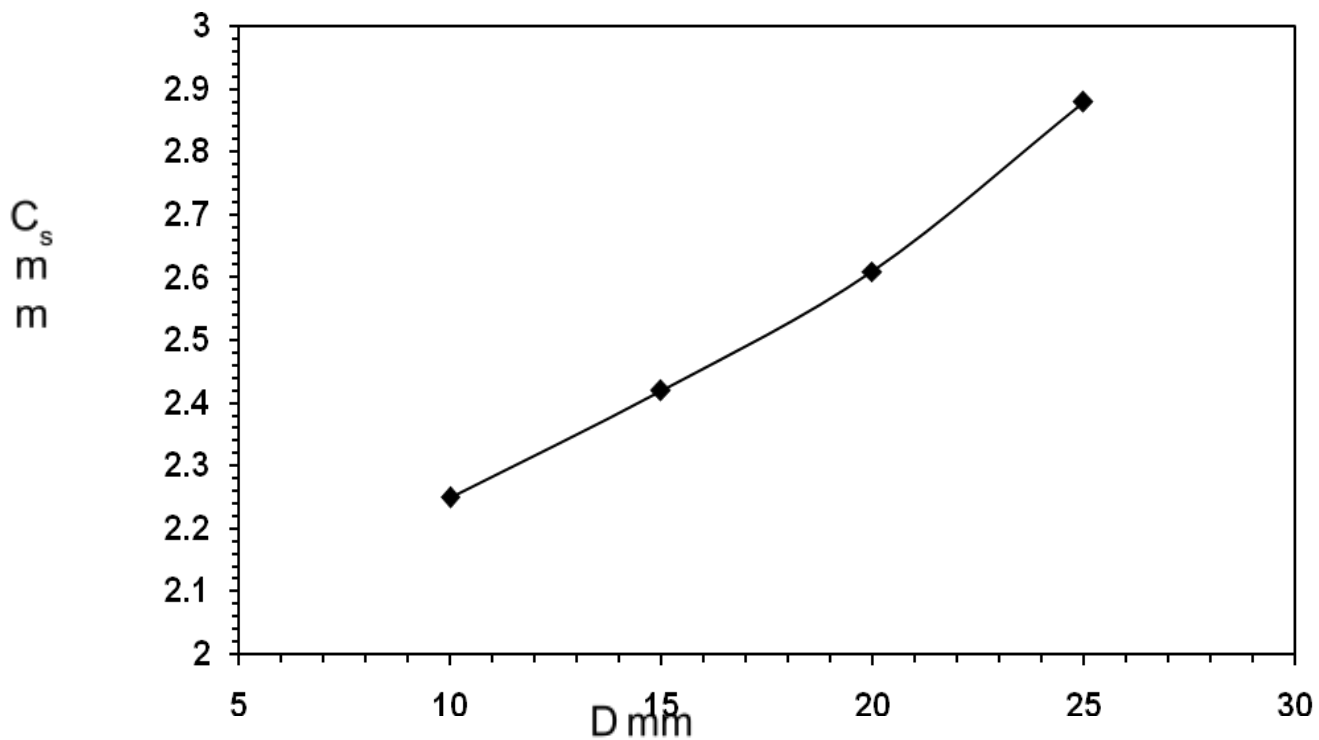
مع زيادة القطر  $B_{max}$  الشكل 3- تغير القيمة العظمى لكثافة الفيض المغناطيسي المحوري عند تهيج العدسة  $NI=500A.t$   $S=10mm$  بثبوت عرض الفجوة الهوائية  $D$  المحورية

W  
m  
m

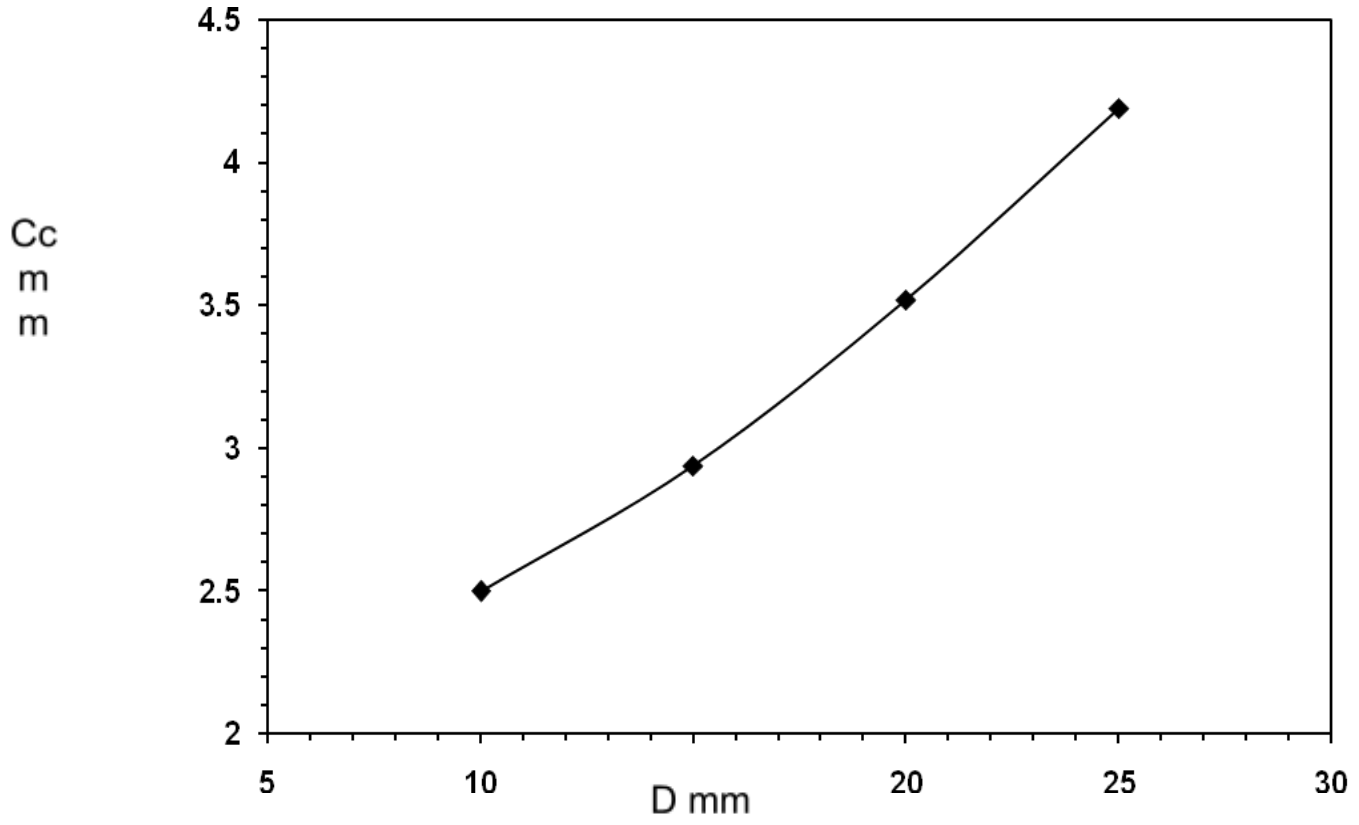
Dmm



بثبوت  $D$  مع زيادة قطر الفتحة المحورية ( $f_0$ ) الشكل (5) تغير قيم البعد البؤري  
 عند تهييج العدسة  $S=10\text{mm}$  عرض الفجوة الهوائية  $NI=500\text{ A.t}$



بثبوت  $D$  مع زيادة قطر الفتحة المحورية ( $C_s$ ) الشكل (6) تغير قيم الزيغ الكروي  
 عند تهييج العدسة  $S=10\text{mm}$  عرض الفجوة الهوائية  $NI=500\text{ A.t}$



بثبوت D مع زيادة قطر الفتحة الـ (7) تغير قيم الزيغ اللوني  
NI=500 A.t عند تهيج العدسة S=10mm عرض الفجوة الهوائية

جدول (1) تغير الخواص البؤرية الشينية مع زيادة قطر الفتحة المحورية D بثبوت الفجوة الهوائية (S) و تهيج العدسة  $NI=2000 A.t$ .

(D (mm	( $f_o$ (mm	( $C_s$ (mm	( $C_c$ (mm
10	3.41	2.25	2.5
15	4.09	2.42	2.94
20	5.05	2.61	3.52
25	6.16	2.88	4.19

#### الاستنتاجات :

1. تزداد القيمة العظمى لكثافة الفيض المغناطيسي المحوري كلما قلت قيم قطر الفتحة المحورية للعدسة المغناطيسية ويصاحب ذلك نقصان في عرض النصف .
2. تقل معاملات الزيوغ وتصبح العدسة ذات خواص بؤرية شينية جيدة كلما قلت قيم قطر الفتحة المحورية ويعود السبب في ذلك الى نقصان عرض نصف المجال .
3. ان افضل عدسة في هذه الدراسة هي العدسة ذات المعاملات  $D=10$  و  $S=10mm$

#### المصادر:

1. الحلي، شذى محمد علي، (1990). "المجهر الالكتروني"، جامعة بغداد.
2. العبيدي، حسن نوري عبد الوهاب.(1991). اطروحة ماجستير/ كلية العلوم/ الجامعة المستنصرية." تصميم العدسات الكهرومغناطيسية".
3. Adriaans, J. P., Vandersteen, H. W. G., and Barth, J. E. (1989). "Practical Optimization of Electrostatic Lenses". J. Vac. Sci. Tech., 7, 651-666.
4. Al-Hilly, S. M. and Mulvey, T. (1982). "Wide-Angle Projector Systems of TEM". Electron Microscopy and Analysis. ed. (Inst.phys.conf.ser.No.61) 103-106
5. Al-Nakeshli, I. S. (1986). "Computer Aided-Design of Saturated Magnetic Lenses for Electron Microscopes". Ph.D. Thesis, University of Aston in Birmingham, London, U.K.
6. Al-Nakeshli, I. S. and Juma, S .M. (1986). "Computation on the Electron-Optical Parameters of Saturated Objective Lenses". Electron Microscopy and Analysis,. ed. G.t. Tatlok (Inst.phys.conf.sor.No.78) 125-133.
7. Marai, F. Z. and Mulvey, T. (1977). "Scherzer's Formula and the Correction of Spiral Distortion in the Electron Microscope". Ultramicroscopy, 2, 178-192.
8. Mulvey, T. (1974). "Mini-Lenses and the SEM". Scan. Elect. Micro. Part-I. ed. O. Johari (Chicago: II TRI) 43-50.



