أستعمال مركزة ذات حلقات معدنية غير منتظمة الاقطار لتجميع حزمة الامونيا الجزيئية

ضياء حمدي العميدي *

تاريخ قبول النشر ٢٠٠٤/٨/١٧

الملخص

لقد أجريت دراسات مستفيضة حول توزيع المجال الكهربائي المستقر غير المتجانس داخل المركزة التي تحتوي على حلقات معدنية ذات انحدار قطري موجب إلى موقع المنتصف ليكون في قيمته القصوى يعقبه انحدار قطري سالب وبنفس الدرجة إلى النهاية الاخرى للمركزة ، تتوزع عليها كهربائية مستقرة بشكل متعاقب. ولقد انصبت الدراسات العملية في السابق على الجزيئات التي تقوم المركزة بانتقائها أثناء مرورها خارج هذه المركزه. يتناول هذا البحث دراسة توزيع المجال الكهربائي المستقر خارج المركزه التي تحتوي على حلقات معدنية غير منتظمة الأقطار باستعمال حزمة من جزيئات الامونيا مع مقارنته مع نظيره داخل المركزه. وقد أوضحت النتائج موافقتها للدراسات العملية السابقة.

المقدمة

لقد وجدت منظومات المجال الكهربائي المستعملة في تجميع واحراف الحزمة الجزيئية تطبيقات عملية واسعة في :

١- المجالات الطيفية المستعملة في حساب عزم ثنائي القطب.

٢- تشتت الحزمة الجزيئية المستعملة في الدراسات الفيزيائية والكيميائية.

٣- حزمة الميزر الجزيئية.

ان تجميع الجزيئات من الحزمة الجزيئية والعمل على أحرفها بوساطة استعمال المجال الكهربائي المستقر غير المتجانس كان لها الاهتمام البالغ من قبل عدة مجاميع بحثية [١،٢،٣،٤،٥]. اما المكونات الاساسية للاجهزة المستعملة في حزمة الميزر الجزيئية فهي : أ- المصدر الغازي الذي يتخذ اشكال مختلفة. ب- الوسط الفعال الذي يتكون من المركزه التي تقوم بانتقاء وتجميع الجزيئات. وتكون هذه المركزات على ثلاث انواع تبعا لاتجاه المجال الكهربائي بالنسبة لاتجاه الحزمة الجزيئية [٦-١٣]. ج- فجوة المايكروويف الرنانة التي تتغم الى تردد معين تبعا للخط الطيفي الذي يحصل فيه التهيج.ان عملية تجميع الجزيئات في الحالة الكمية التي تقوم بها المركزه تعتمد على طاقة تفاعل ستارك عبر مدى واسع من قيم المجال الكهربائي غير المتجانس للمركزه والذي يؤثر بقوة على العزم ثنائي القطب المحتث للجزيئات الماره عبر المركزه [١٤].

فإذا أمررنا غاز الامونيا الموجودة في حالة الانقلاب (J = K = 3) فإن انتقاء الجزيئات التي تزداد طاقتها بتسليط المجال الكهربائي عليها يمكن إنجازها باستعمال أنظمة من المركزات التي تزداد فيها قيمة المجال الكهربائي في الاتجاه الشعاعي أو المستعرض بالنسبة لاتجاه الحزمة الجزيئية الماره من خلالها. أما الجزيئات التي تتناقص بتسليط المجال الكهربائي فلا يتم انتقاؤها في محور الحزمة الجزيئية وإنما خارج محورها.

ان الشرط الضروري لانتقاء الجزيئات هو ان الطاقة الحركية الشعاعية للجزيئات يجب أن تكون اقل من من طاقة ستارك العظمى W_{1max} المذكورة في المصدر رقم [١٤] عندما تكون $E = E_{max}$ بحيث ان:

---

* دكتوراه-قسم الفيزياء – كلية العلوم للبنات – جامعة بغداد

$$\frac{1}{2}mv_l^2 \langle W_{E\max} = \frac{1}{2}mv_c^2$$

اذ ان m تمثل كتلة الجزيئة ، v_l سرعة الجزيئة الشعاعية أو العرضية وأن v_c سرعة الجزيئة العرضية الحرجة المطلوبة للحصول على عملية انتقاء الجزيئات. ان المركزه ذات الحلقات المعدنية غير منتظمة الأقطار تعد تحوير للمركزه ذات الحلقات المعدنية منتظمة الأقطار التي استعملت من قبل الباحثين السابقين [١٥-١٨].فقد اقترحت من قبل Kazachok [١٩]. وقد تمت دراسة تفصيلية وشاملة لتوزيع المجال الكهربائي [٢٠، ٢١، ٢٢] بدأ من محورها وانتهاء بأقطابها وسأتطرق في هذه الدراسة الى توزيع المجال الكهربائي بدأ من أقطابها ولغاية مسافة تساوي ضعف قطرها عن مركزها.

النظرية

لغرض معرفة الجهد الكهربائي لهذه المركزه لابد من معرفة الجهد الكهربائي المستقر للمركزه منتظمة الحلقات الموضحة في الشكل (١-أ) المذكور في العلاقة الاتية [٢٢] :

$$\phi(\rho,z) = \frac{0.6U_0}{k_0(\pi\rho_0/\ell)} k_0(\pi\rho/\ell)\sin(\pi z/\ell) + \frac{0.1U_0}{k_0(3\pi\rho_0/\ell)} k_0(3\pi\rho/\ell)\sin(3\pi z/\ell) \quad (1)$$

حيث يمثل z محور المركزه ρ المسافة الشعاعية محسوبة بدء من محور المركزه وحتى نقطة معينة ، ℓ المسافة الفاصلة بين حلقتين متتاليتين ، k_0 دالة بزل (Bessel function) ذات المرتبة الصفرية و البرهان الخيالي النقي ، U_0 الجهد المسلط على المركزه نسبة الى الارض. وللمركزه المستعملة في هذا البحث يتم التعويض عن ℓ بالقيمة الاتية والمذكورة من قبل Kazachok [١٩]

$$\rho(z) = a_1 + a_0\left(1 - \frac{z^2}{L^2}\right) \quad (2)$$

على ان تكون $\left(1 - \frac{z^2}{L^2}\right)$ ، حيث تمثل a_1 نصف قطر اصغر حلقة من حلقات المركزه ، ($a_0 + a_1$) نصف قطر اكبر حلقة من حلقات المركزه ، L نصف الطول الكلي للمركزه.

أما المجال الكهربائي المستقر الخارجي فيعطى بالمعادلة الاتية :

$$E_{ext} = \left[\left(\frac{\partial\phi}{\partial\ell}\right)^2 + \left(\frac{\partial\phi}{\partial z}\right)^2\right]^{1/2} \quad (3)$$

تنبثق حزمة غاز الامونيا من النفاث nozzle وتمر من خلال فتحة قطرها ٤ ملم ثم تسير خارج المركزه (التي يكون قطر أول حلقاتها صغيرا) فتتأثر الحزمة بالمجال الكهربائي المستقر الخارجي لها والذي يقوم بتجميعها في كاشف الحزمة الجزيئية المكون من فجوة رنانة اسطوانية الشكل من طراز E_{010} تعمل بتردد ٢٣,٨٧٠ ميكاهرتز عند الخط الطيفي (J = k = 3) لغاز الامونيا $^{14}NH_3$.

أما المركزه ذات الحلقات المعدنية غير منتظمة الأقطار والموضحة في الشكل (١-ب) فأنها تتالف من ١٢ قطبا يكون كل منها على شكل حلقة دائرية الشكل. اذ تحمل اقطابها المتجاورة فولتية مقدارها (+) و (-)- ويمكن تسليط فولتية مقدارها ٣٠ كيلوفولت بين اقطابها المتجاورة. أما قطر اصغر حلقاتها فيكون مساويا الى ٢ ملم ، في حين ان قطر اكبر حلقاتها يكون مساويا الى ١٠ ملم ويبلغ الطول الكلي للمركزه ١٢٠ ملم . في حين ان المركزه ذات الحلقات المعدنية المنتظمة الأقطار تكون مشابهة الى حد كبير الى المركزه التي اقترحت من قبل المجموعة البحثية [١٧] .

الحسابات النظرية

أ- ان افضل طول يمكن استعماله لهذا النوع من المركزات هو ١٢٠ ملم

ب- عندما تكون $\rho_0 = a_1$ فأن هذه المركزه تصبح مركزه ذات حلقات معدنية دائرية منتظمة الاقطار وأن افضل قيمة للمجال الكهربائي يمكن الحصول عليها بأستعمال هذه المركزه عندما تكون $\rho_0 = a_1$ عند الحاجة الى امرار الحزمة الجزيئية خارج المركزه وذلك خلال الحلقة الاولى منها. الشكل (٢).

ج- باستعمال المعادلتين (٢) و (٣) تم حساب معامل المجال الكهربائي E خارج المركزه كدالة للمسافة الشعاعية المختزلة ρ/ρ_0 بدء من مركز المركزة لقيم ثابتة من $8z/\ell$ عندما تكون $\rho \geq \rho_0 = 1$ للمركزة التي يبلغ طولها ١٢٠ ملم وفيها قيمة $a_1 = 0.2\rho_0$ وذلك للحلقة الاولى الموجودة وسط المركزة كما يوضح ذلك الشكل (٣) ، ويمكن الحصول على اشكال بيانية مشابهة للحلقة الثانية والثالثة بعد الحلقة الموجوده في المركز. الشكلين (٤ ، ٥)

ولقد تم ايضا حساب معامل المجال الكهربائي خارج المركزة كدالة للموقع z ولقيم ثابتة من ρ/ρ_0 عندما تكون $\rho \geq \rho_0 = 1$ وللمركزة التي يبلغ طولها ١٢٠ ملم وفيها قيمة $a_1 = 0.2\rho_0$

وذلك للحلقة الاولى والثانية والثالثة والموضحة في الاشكال (٦ ، ٧، ٨) على التعاقب. اذ يمكن حساب قيمة المجال الكهربائي لهذه المركزة E_m على طول المحور z عندما تكون $\rho \geq \rho_0 = 1$ باستعمال العلاقة الاتية:

$$\bar{E}_m = \frac{1}{2}\left(E_{max}(\rho_0, z) + E_{min}(\rho_0, z)\right) \qquad (4)$$

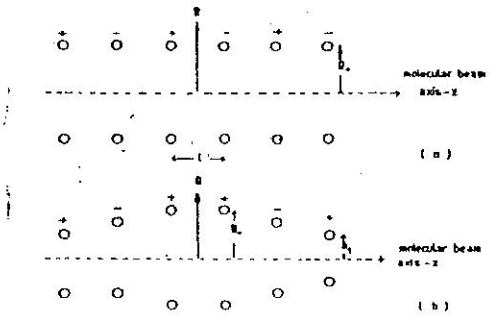
وباستعمال $E_{min} = 1.18U_0/\ell$ و $E_{max} = 2.82U_0/\ell$ التي نحصل عليها من الشكل (٤) فان $\bar{E}_m = 2.0U_0/\ell$ وذلك لأول حلقتين متتاليتين عند الموقع الذي تكون فيه $z/\ell = 0$ وهذه القيمة مساوية لقيمة E_m للمركزة ذات الحلقات المنتظمة. اما عند اخذ الحلقة التالية والتي تتراوح فيها قيمة z/ℓ بين 0.5ℓ و 1.5ℓ فان $E_{min} = 1.24U_0/\ell$ و $E_{max} = 2.82U_0/\ell$ والتي نحصل عليها من الشكل (٥) وبذلك فان قيمة $\bar{E}_m = 2.03U_0/\ell$ وعند الاستمرار بفحص المركزة واخذ الحلقة التي تتراوح فيها قيم z/ℓ بين 1.5ℓ و 2.51ℓ فان $E_{min} = 1.54U_0/\ell$ و $E_{max} = 2.82U_0/\ell$ والتي نحصل عليها من الشكل (٦) وبذلك فان $\bar{E}_m = 2.18U_0/\ell$ حيث يمكن الاستنتاج بان E_m تكون لها اعظم قيمة عندما تكون قيمة $z/\ell = 0$ اي وسط المركزة في حين تتناقص قيمتها عند الاقتراب عن طرفيها .

المناقشة والاستنتاج

أ- يلاحظ من الشكل (٣) ان قيمة شدة المجال الكهربائي E تكون على اعظم ما يمكن وتتناقص قيمتها عندما تصبح قيمة ρ/ρ_0 مساوية إلى ١,٣ في حين تهبط قيمتها إلى ٠,٢ عندما تصبح قيمة ρ/ρ_0 مساوية إلى ٠,٢ عندما تصبح قيمة ρ/ρ_0 مساوية إلى ٢ (اي ضعف قطر حلقاتها).

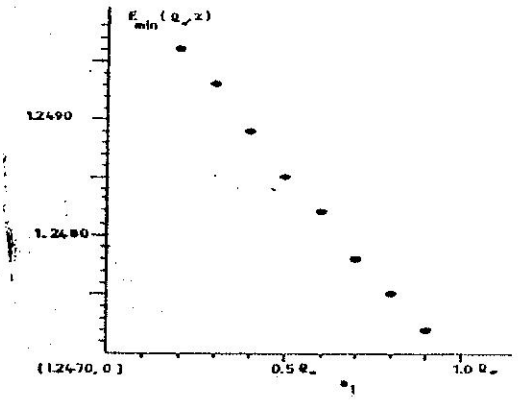
ب- يستنتج من الاشكال (٤ ، ٥، ٦) ان قيمة E_m تكون لها اعظم قيمة عندما تكون $z/\ell = 0$ اي في وسط المركزة في حين تتناقص قيمتها عند الاقتراب من طرفيها.

ج- ان قيم E تزداد عندما تتراوح قيم z/ℓ من 0.5ℓ إلى 1.01ℓ ، حيث ان قيم E في حالتي النقصان والزيادة لا تكون متناظرة ويعود سبب ذلك لتناقص اقطار الحلقات بشكل تدريجي كلما تزداد قيمة z باتجاه نهايتي المركزه. واخيرا فانه يمكن الاستنتاج ان هذه المركزة تفوق مثيلاتها ذات الحلقات منتظمة القطر من ناحية ادائها بحوالي ١٥%.

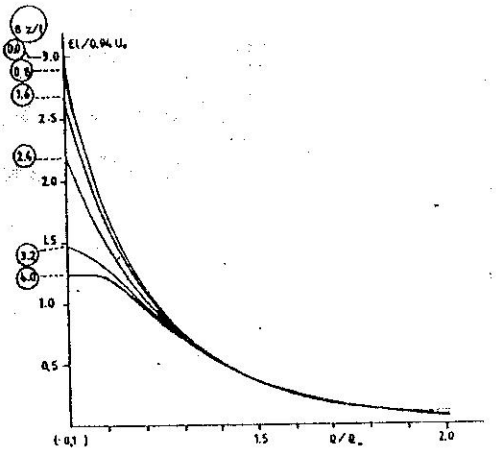


الشكل (١) : a – يوضح مقطعا عرضيا لمركزة مؤلفة من حلقات منتظمة الاقطار تقع في المستوى z الذي يمثل المحور الجزيئي حيث تسلط جهود كهربائية مستقرة $(Q+)$ و $(Q-)$ بشكل متعاقب على حلقاتها.

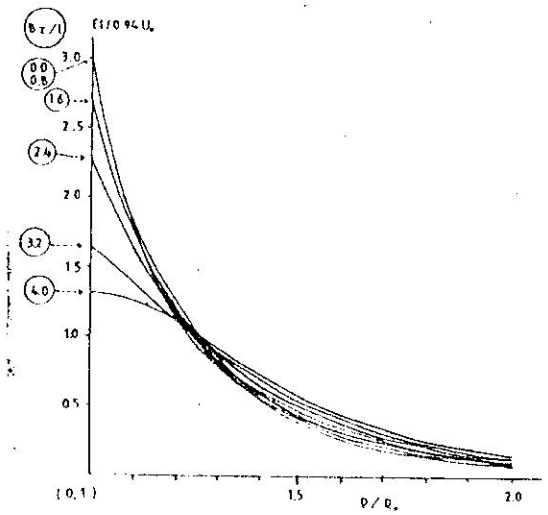
b – يوضح مقطعا طوليا للمركزة ذات الحلقات الدائرية التي يتناقص قطرها بشكل تدريجي بدء من وسطها وحتى نهايتها. اذ يمثل المحور z المحور الجزيئي ، اما a_1 فانها تمثل نصف قطر اصغر حلقة من حلقاتها في حين تمثل $(a_1 + a)$ نصف قطر اكبر حلقة من حلقاتها .



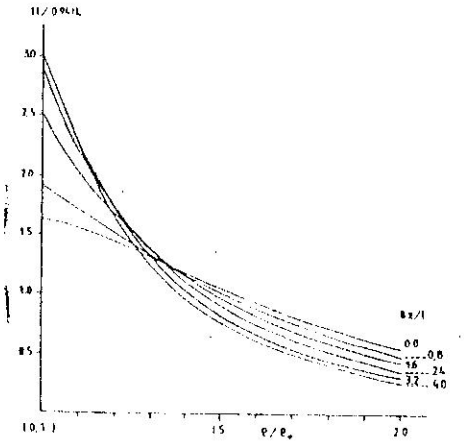
الشكل (2) : يوضح العلاقة بين المجال الكهربائي $E_{min}(\rho_0, z)$ خارج المركزة وقيمة a_0 ولقيم ثابت من $16\ z/\ell$ عندما تكون $\rho \geq \rho_0 = 1$.



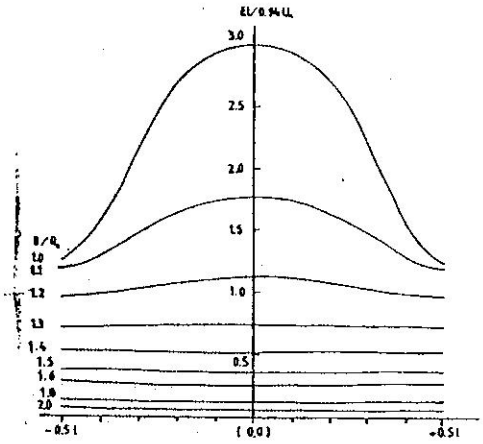
الشكل (3) : يوضح اعتماد معامل المجال الكهربائي خارج المركزة على المسافة الشعاعية المختزلة ρ/ρ_0 لقيم ثابتة من $8z/\ell$ عندما تكون $\rho \geq \rho_0 = 1$ للمركزة التي يبلغ طولها 12 سم وفيها قيمة $0.2\rho_0$ وذلك للحلقة الاولى الموجودة وسط المركزة.



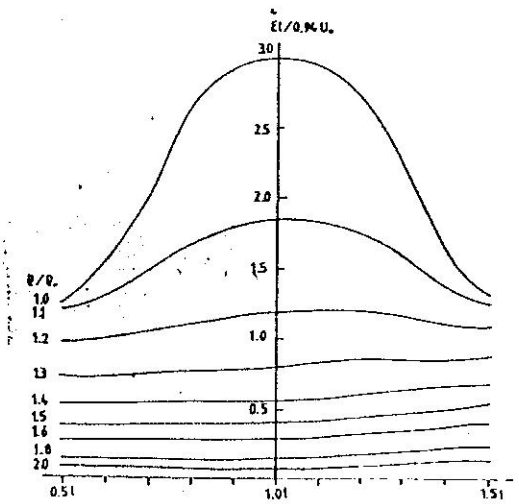
الشكل (4) : يوضح اعتماد معامل المجال الكهربائي خارج المركزة على المسافة الشعاعية المختزلة ρ/ρ_0 لقيم ثابتة من $8z/l$ عندما تكون $\rho \geq \rho_0 - 1$ للمركزة التي يبلغ طولها 12 سم وفيها قيمة $0.2\rho_0$ وذلك للحلقة الثانية الموجودة وسط المركزة.



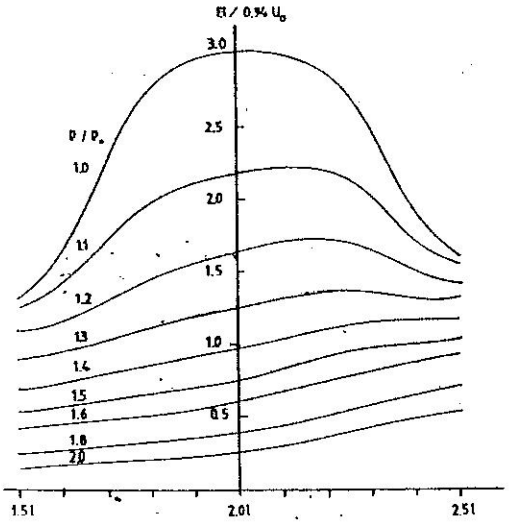
الشكل (5) : يوضح اعتماد معامل المجال الكهربائي خارج المركزة على المسافة الشعاعية المختزلة ρ/ρ_0 لقيم ثابتة من $8z/l$ عندما تكون $\rho \geq \rho_0 - 1$ للمركزة التي يبلغ طولها 12 سم وفيها قيمة $0.2\rho_0$ وذلك للحلقة الثالثة الموجودة وسط المركزة.



الشكل (6) : يوضح اعتماد معامل المجال الكهربائي خارج المركزة في الموقع z بين الحلقات الدائرية ($-0.5\ell \le z \le +0.5\ell$) لقيم ثابتة من ρ/ρ_0 عندما تكون $\rho \ge \rho_0 = 1$ وللمركزة التي يبلغ طولها 12 سم وفيها قيمة $a_1 = 0.2\rho$.



الشكل (7) : يوضح اعتماد معامل المجال الكهربائي خارج المركزة في الموقع z بين الحلقات الدائرية ($+0.5\ell \le z \le +1.5\ell$) لقيم ثابتة من ρ/ρ_0 عندما تكون $\rho \ge \rho_0 = 1$ وللمركزة التي يبلغ طولها 12 سم وفيها قيمة $a_1 = 0.2\rho$.



الشكل (8) : يوضح اعتماد معامل المجال الكهربائي خارج المركزة في الموقع z بين الحلقات الدائرية ($-1.5\ell \le z \le +2.5\ell$) لقيم ثابتة من ρ/ρ_0 عندما تكون $\rho \ge \rho_0 = 1$ وللمركزة التي يبلغ طولها 12 سم وفيها قيمة $a_1 = 0.2\rho$.

REFERENCES

1. Stern, O.1920 .Z.Phys.,2.
2. Gerlach, P. 1921. Z.Phys 8:110.
3. Zorn, J.C. and English, T.C. La. 1973. "Advance in Atomic and Molecular Pysics" (Bxtes, D.R. and Estermann,L. Eds) 19:243-321
4. Laine, D.C. 1970."Molecular beam masers", Rep. Progr. Phys. , 33:1001-1067
5. Laine, D.C. 1975. "Advances in Molecular Beam Masers" Advances in Electronic and Electron Physics, 39:183-251Academic Press, New York .
6. Hirono, M. 1959. **"Analysis of** focuser for maser **oscillator". J.** Radio Research **laboratory , 6:512-**32.
7. Shimoda, C. **1957. J.Phys. Soc.** Japan., 12:**1006.**
8. Bardo,W. **and Laine,D.C. 1971.** J.Phys.E **(Scint. Int.) 4, 595-7.**
9. Medinkoov,I. **and Parygin,V.N.** 1963. **Radiotekh. Electron. 8:(4)** 653.
10. Auerbach,D., Bromberg,E.A. and Wartn. 1966. J.Chem.Phys., 545:2160.
11. Reuss,J. and Nelsson. 1967. Phys. Lett., 25A: 626.
12. Kakatti,D. and Laine,D.C. 1971J.Phys. E.(Scint.Inst.) 4:269-273..
13. Gunther,F. and Schugerl,K. 1972. Z.Phys.Chem., 80:155.
14. Gordon,J.F. 1955. "Hyperfine structure in the inversion spectrum of 14NH3 by a new high resolution microwave spectrometer" Phys .Rev. 99(4):1264-74.
15. Krupnov,A.F. 1959. Izv, Vus, Radiofisika,Vol.2, No.4.
16. Shcheglov,V.A. 1961. Izv . Vyssh. Ucheb.Zazed. Radiofiz, 4: 648-55.
17. Truman, M.J. and Laine, D.C. 1976."Anomalous behaviour of an ammonia beam maser employing a ring focuser" J.Phys. D .: Appl .Phys., 9: L175-L178.
18. Al-Amiedy,D.H.H. and Laine , D.C. 1978. "Ring-type state

selector and space focuser for molecule with positive induce dipole moment "Phys. Lett. 66A, (2) 94-6.

19. Kazachock,V.S. 1965. Soviet. Physics-Technical Physics, 10(6) 882-5.

20. Al-Amiedy,D.H.H., Laine ,D .C.and Hope, S. 1982. J. Phys. D:Appl.Phys., 15:193-205.

٢١. ضياء حمدي العميدي ، احمد علي الفلاحي ، عبد الجبار عبد الغفور وعدنان عبد اللطيف. ١٩٨٩ " انتقاء الجزيئات من الحزمة الجزيئية بواسطة المجال الكهروستاتيكي غير المتجانس باستعمال مركزة ذات حلقات غير منتظمة الاقطار " مجلة الرياضيات والفيزياء ، ١١(١):٣٢٥-٣٣٨.

22. Al-Amiedy, D.H. and Taki, A.K. 1992. "State selector of molecules in a molecular beam by inhomogenous electrostatic filed" .J. Coll.Educ. for Women/Univ. Baghdad, 3: 78-82.

State Selection of ammonia molecular beam using tapered ring focuser

Dhia Hamdi Al-Amiedy

Physics Department-College of Science for women-University of Baghdad

ABSTRACT

Theoretical studies have been carried out for many years of tapered ring focuser including electric ield alculation nside he focuser with respect to the molecular beam axis. In this paper a calculation of external field has been made of tapered ring type electrostatic state selector. This calculation showed to have very similar magnitude to that of an already known ring focuser.