كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الثالثة

المادة : اطياف ذرية

المحاضرة : التاسعة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

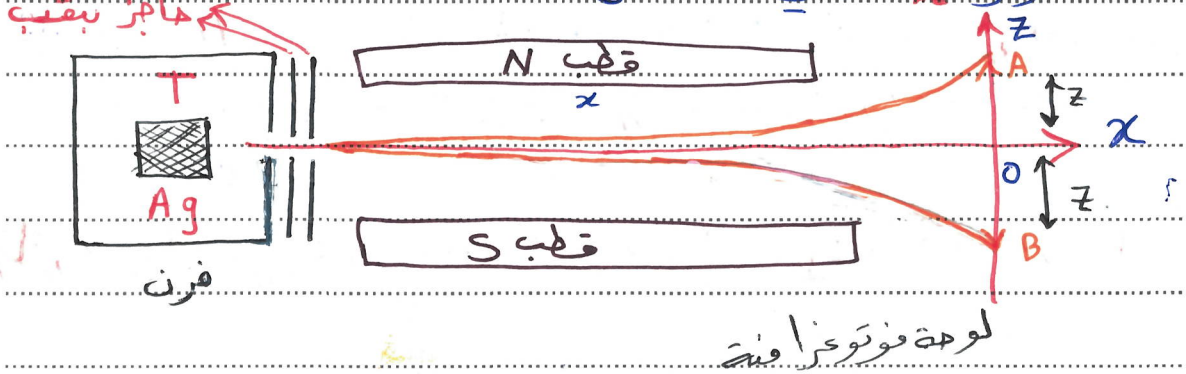
Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

تأثير الحقل المغناطيسي غير المنتظم (غير متجانس) على الذرات لمادة معينة (تجربة stern-Gerlach):

عند تسخين مادة معينة صلبة (الفضة مثلاً) في فرن درجة حرارته المطلقة T فإن جزءاً من المادة يتحول إلى بخار ذري يوجه هذه الذرات عبر ثقبين متوازيين أو أكثر على لوحة فوتوغرافية فنحصل على بقعة على هذه اللوحة عند النقطة O وعندما يضع الشعاع الذري أو الحزمة الذرية بين قطبي مغناطيس (north_sauth), (N,S) تختفي البقعة عند النقطة O ويظهر بدلاً عنها بقعتين عند نقطتين متناظرتين A,B بالنسبة لموضع النقطة O وتختفي البقعة عند النقطة O وهذا يعني أنه تولد حقل مغناطيسي غير منتظم تدرجه $\frac{\partial B_z}{\partial z}$ حيث z هو محور يتحدد بالنقاط الثلاثة A,O,B ويفرض طول المغناطيس هو x حيث أن مسار الشعاع الذري المنبعث من الفرن ينطبق على المحور x كما في الشكل:



في هذه الدراسة يأخذ بعين الاعتبار دوران الكترون حول محوره أي أن السبين الالكترون له قيمة معينة وبالتالي عدد الكم المغزلي (السبين) $m_s = \pm \frac{1}{2}$

مكتبة A to Z - كلية العلوم (جامعة طرطوس) - TEL:0931497960

والمجال المغناطيسي المتدرج يؤثر ذرات الحزمة الذرية (الشعاع الذري) بقوة مغناطيسية F هذه القوة تؤدي إلى فصل الشعاع الذري إلى مجموعتين

المجموعة الأولى: تتجه نحو الاتجاه الموجب للمحور z (الأعلى) وهي الذرات التي توافق عدد الكم $m_s = +\frac{1}{2}$ أما الذرات التي توافق عدد الكم المغزلي $m_s = -\frac{1}{2}$ فتتجه نحو اتجاه السالب للمحور z وبالتالي نحصل على بقعتين متناظرتين بالنسبة للنقطة o وتلاشي البقعة عند o

القوة المغناطيسية تتناسب طرداً مع تدرج الحقل المغناطيسي

$$F \sim \frac{\partial B_z}{\partial z}$$

وهذه العلاقة تعطى

$$F = \mu_s \frac{\partial B_z}{\partial z} \quad \star$$

حيث μ_s: مغنطون بور

$$\mu_s = \frac{e\hbar}{2m} = 9,27.10^{-34}\ A.m^2$$

عندما يتحول جزء من الحادة إلى غاز ذري نفترض ما يلي:

ليكن لدينا N ذرة كتلة كل واحدة منها على الترتيب $M_1, M_2, \ldots, M_N$

وسرعة كل ذرة على الترتيب $v_1, v_2, \ldots, v_N$ والطاقة الحركية لكل ذرة على الترتيب

$$E_{k_1} = \frac{1}{2} M_1 v_1^2,\ E_{k_2} = \frac{1}{2} M_2 v_2^2, \ldots, E_{k_N} = \frac{1}{2} M_N v_N^2$$

عندئذ تكون الطاقة الوسطى الحركية

$$\overline{E_k} = \frac{E_{k_1} + E_{k_2} + \cdots + E_{k_N}}{N}$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$= \frac{\frac{1}{2}M_1 v_1^2 + \frac{1}{2}M_2 v_2^2 + \dots + \frac{1}{2}M_N v_N^2}{N}$$

الكتلة الذرية للمادة الواحدة هي نفسها وبالتالي:

$$M_1 = M_2 = \dots = M_N = M$$

وبالتالي تصبح العلاقة كما يلي:

$$\overline{E_k} = \frac{\frac{1}{2}M(v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2)}{N} = \frac{1}{2}M\left(\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}\right) \quad (1)$$

$$\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N} = \overline{v^2} \quad (2)$$

ونسمي $\overline{v^2}$ السرعة التربيعية الوسطى لمجموعة الذرات أو مجموعة الجزيئات بالغاز المثالي

نبدل (2) في (1) وبالتالي

$$\overline{E_k} = \frac{1}{2}M\,\overline{v^2} \quad (3)$$

واذا عتبرنا الذرات غازاً مثالياً فإنه حسب القانون العام للغازات المثالية نحصل على

$$\overline{v^2} = \frac{3RT}{\mu} \quad (4)$$

R: ثابت الغازات العام $R = 8,31\ J.mol^{-1}.k^{-1}$

T: درجة الحرارة المطلقة للغاز أو الذرات المنبعثة عنه

μ: كتلة المول من الغاز المثالي أو تسمى الكتلة الجزيئية الغرامية أو الكتلة المولية

المول: كل مول من أي مادة يحوي عدداً من الذرات أو الجزيئات يساوي عدد أفوكادرو N_a و $N_a = 6,02.10^{23}\ mol^{-1}$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

(4) $\Rightarrow \overline{v^2} = \frac{3RT}{M N_a}$ (5) ; $\mu = M . N_a$

نبدل (5) في (3)

$$\overline{E}_k = \frac{1}{2} \cancel{M} \frac{3RT}{\cancel{M} . N_a} = \frac{3RT}{2 . N_a} \quad (6)$$

نعلم أن

$$\frac{R}{N_a} = \frac{8,31\ J . mol^{-1} k^{-1}}{6,02 . 10^{23}\ mol^{-1}} = 1,38 \times 10^{-23}\ J . k^{-1}$$

نسمي هذا الثابت ثابت بولتزمان

$$k = 1,38 \times 10^{-23}\ J . k^{-1}$$

$$\Rightarrow \overline{E}_k = \frac{3kT}{2} \quad (7)$$

من العلاقة (7) نحصل على سرعة الذرات v_x على محور x تحت تأثير قوة مغناطيسية F

$$(7) \Rightarrow \frac{1}{2} M v_x^2 = \frac{3kT}{2} \Rightarrow v_x^2 = \frac{3kT}{M} \quad (8)$$

واعتماداً على العلاقة (8) يمكن حساب الزمن t الذي تستغرقه الذرات لتقطع المسافة x تحت تأثير القوة F

$t = \frac{\text{مسافة}}{\text{سرعة}}$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$t = \frac{x}{\sqrt{\frac{3kT}{M}}} = x\sqrt{\frac{M}{3kT}} \quad (9)$$

وعند نهاية المسافة x فأن القوة المغناطيسية F تكون قد أثرت على الذرات وأكسبتها تسارع يطبق العلاقة

$F = M.a$ قانون نيوتن الثاني

$$a_z = \frac{F}{M} \quad (10)$$

وهذا التسارع وفق المحور z يكون، وهذا التسارع أدى إلى حركة متسارعة بانتظام وفق المحور z وبالتالي مقدار ازاحة الذرات

$$z = \frac{1}{2} a_z t^2 + v_0 t + z_0$$

نختار السرعة الابتدائية والفاصلة الابتدائية بحيث تكون معدومة

$$z = \frac{1}{2} a_z t^2 \quad (11)$$

نبدل (9) و (10) في (11)

$$z = \frac{1}{2} \frac{F}{M} \left(x\sqrt{\frac{M}{3kT}} \right)^2$$

$$= \frac{1}{2} \frac{F}{M} \cdot \frac{x^2 M}{3kT} = \frac{F x^2}{6kT} \quad (12)$$

حسب علاقة ✱

$$z = \frac{\frac{\partial B_z}{\partial z} \mu_s x^2}{6kT}$$

باتجاهين متعاكسين

وبما أن الذرات تتفصل ↑ وبمقدار متناظر لذلك فأن z

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$Z = \pm \frac{\frac{\partial B_z}{\partial z} \mu_s x^2}{6kT}$$

انتهت المحاضرة

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

مكتبة A to Z