## ٢-٤ حركة الجسيمات المشحونة في المجال الكهربائي

لووضع جسيم يحمل شحنة قدرها q ( ولتكن موجبة ) في مجال كهربائي منتظم E . لتأثر بقوة قدرها

$$F = qE$$

وذلك طبقا لتعريف شدة المجال المتمثل في المعادلة (٢-١) . وكما هو واضح من قانون نيوتن الثاني فان هذا الجسيم سيتحرك بتعجيل ثابت قدره

$$a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} \qquad (٢-١٦)$$

حيث m تمثل كتلة الجسيم الموجب الشحنة . ولو تأملنا هذه المعادلة لوجدنا ان تعجيل الجسيم هو بنفس اتجاه المجال . وسوف نعتبر حالتين لحركة الجسيم المشحون في مجال كهربائي منتظم :

### أولا : عندما يوضع الجسيم ساكنا في مجال كهربائي منتظم

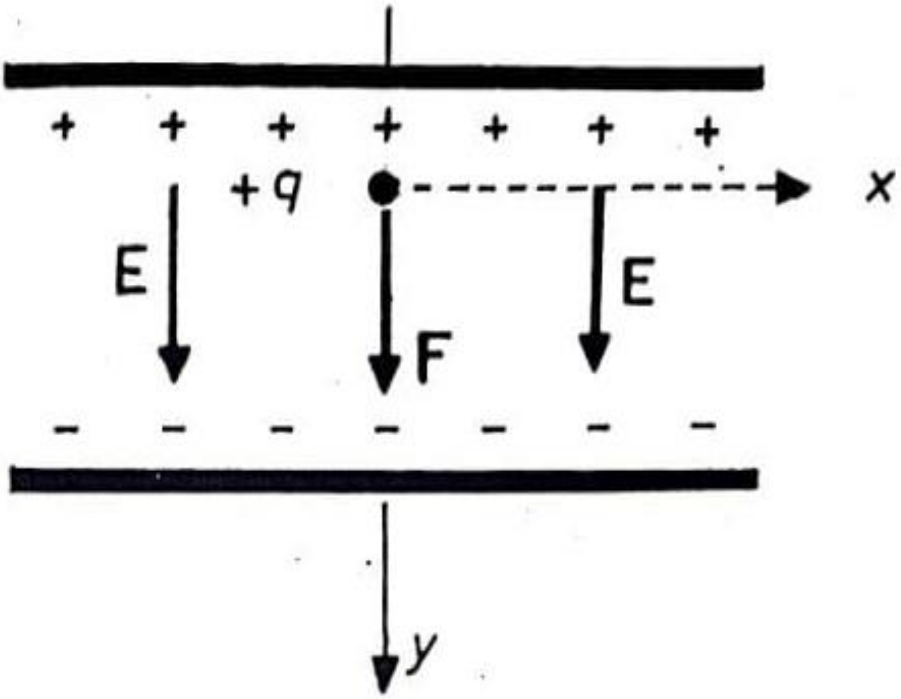
يمكننا الحصول على مجال كهربائي منتظم ( كما سنرى في بند لاحق ) . اذا وصلنا طرفي بطارية بلوحين معدنيين متوازيين ومعزولين أحدهما عن الآخر. وكلما كانت المسافة بين اللوحين صغيرة ( بالمقارنة مع أبعاد اللوحين ) . كلما كان المجال بينهما منتظما الى درجة كبيرة .

فلوفرضنا أن جسيم ( كتلته m وشحنة q ) وضع ساكنا في مثل هذا المجال . كما هو مبين في الشكل ( ٢-١٢) . لتحرك هذا الجسيم بخط مستقيم وبتعجيل ثابت قدره :

$$a = \frac{qE}{m}$$

لاحظ أن هذه الحركة تشبه حركة الأجسام الساقطة على سطح الأرض بتأثير الجاذبية الأرضية وبهذا يمكننا تطبيق قوانين الحركة ذات التعجيل الثابت والتي لابد وأن يتذكرها الطالب في دراسته السابقة في الميكانيك . لذا فان سرعة الجسيم بعد زمن قدره t تصبح

$$v = v_o + at = at = \frac{qE}{m} t$$




الشكل ٢-١٢

جسيم ترك ساكنا في مجال

كهربائي منتظم

حيث أن السرعة الابتدائية للجسيم هي صفر. وأما المسافة y التي يقطعها الجسيم بعد نفس الزمن فتصبح

$$y = (1/2)\,at^2 = \frac{q}{2}\frac{E}{m}t^2$$

وكذلك نجد أن

$$v^2 = 2ay = \frac{2qE}{m}y$$

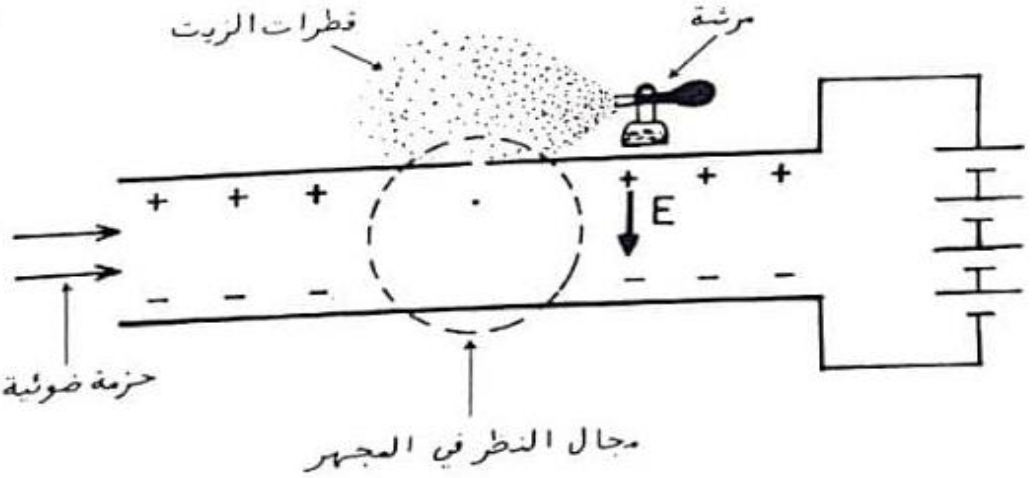
## ٢-٥ شحنة الالكترون The charge of the Electron

ان الشحنة الكهربائية . كما أثبتت التجارب . ليست متصلة ولكنها مكونة من مضاعفات صحيحة لكمية معينة . هي شحنة الالكترون والتي يرمزلها بالحرف e . وبذلك تكون أية شحنة موجودة في الطبيعة مهما كان أصلها مساوية الى

$$q = n e \qquad (٢-١٩)$$

حيث n تمثل أي عدد صحيح . وبهذا نقول ان الشحنة تتصف بالكم "Charge is quantized"

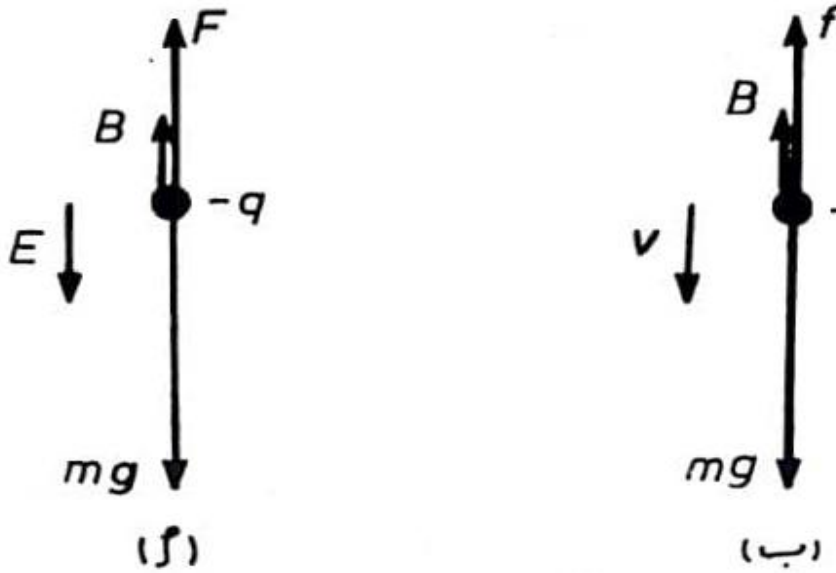
لقد قيست شحنة الالكترون لأول مرة بدقة من قبل العالم مليكان ومساعديه ( ١٩٠٩-١٩١٣) بعد أكثر من عشر سنوات من اكتشافه من قبل تومسون . والشكل ( ٢-١٤) يبين رسما تخطيطيا للجهاز الذي استعمله مليكان.فهو يتكون من لوحين معدنيين متوازيين ومعزولين عن بعضهما ويفصلهما الهواء ويولد بينهما مجالا كهربائيا منتظما وذلك بربطهما الى بطارية كهربائية ذات فولتية عالية.ويتطاير رذاذ من الزيت من مرشه ( Spray ) بشكل قطرات صغيرة جدا فوق اللوح العلوي . ثم يسمح لقسم من هذه القطرات بالدخول من خلال ثقب في اللوح العلوي الى المنطقة بين اللوحين حيث تسلط حزمة ضوئية أفقيا . عندئذ يمكن مشاهدة هذه القطرات المضاءة وتتبع حركتها بواسطة مجهـر Microscope




الشكل ٢-١٤
تجربة قطرة الزيت لميلكان

لقد لوحظ أن قطرات الزيت تكتسب شحنات كهربائية . غالبا ما تكون سالبة . نتيجة لاحتكاكها بالهواء أثناء عملية الرش ( ولكنها قد تشحن أيضا نتيجة لتأين الهواء بين اللوحين وذلك بتسليط أشعة اكس مثلا ) .

لنفرض ان احدى هذه القطرات قد اكتسبت شحنة كهربائية سالبة قدرها q . وان المجال الكهربائي المنتظم بين اللوحين كان متجها نحو الاسفل . لوجدنا أن هناك ثلاث قوى تؤثر على هذه القطرة . كما مبين في الشكل ( ٢-١٥أ ) وهي :




الشكل ٢-١٥
(أ) قطرة الزيت وهي ساكنة
(ب) قطرة الزيت تسقط بسرعة v

١- القوة الكهربائية F نحو الاعلى .
٢- وزن القطرة mg نحو الاسفل .
٣- القوة الدافعة للهواء buoyant force ( B ) نحو الاعلى .

وبتغيير شدة المجال الكهربائي يمكننا موازنة القطرة وابقائها معلقة في المجال بين اللوحين عند نقطة معينة . عندئذ يكون :

$$q E + B = m g$$

وبالتعويض عن m التي تساوي حجم القطرة مضروباً في كثافتها وعن B التي تساوي حجم الهواء المزاح ( الذي حجمه يقدر حجم القطرة ) مضروباً في كثافة الهواء وفي التعجيل الارضي g ينتـــــج :

$$q E + (4/3)\,\pi R^3 d g = (4/3)\,\pi R^3 D g$$

حيث R تمثل نصف قطر القطرة و D كثافة الزيت و d كثافة الهواء . وبتبسيط هذه المعادلة نحصل على

$$q E = (4/3)\,\pi R^3 g (D - d) \qquad (٢٠-٢)$$

ولحساب مقدار الشحنة q التي تحملها القطرة . نجد ان جميع الكميات في هذه المعادلة يمكن قياسها بسهولة . عدا R التي تمثل نصف قطر هذه القطرة الصغيرة جداً . والتي لا يمكن قياسها بصورة مباشرة . وقد استخدم مليكان قانون ستوكس Stoke's law في اللزوجة لحساب R . وينص هذا

القانون على ان قوة الاحتكاك التي تؤثر على كرة نصف قطرها R ، تسقط في مائع fluid معامل لزوجته $\eta$ بسرعة مقدارها v هي

$$f = 6\pi\eta R v$$

فاذا أزيل المجال الكهربائي وتركت القطرة تسقط بفعل الجاذبية الارضية لوجدنا ان سرعتها تزداد حتى تصل قيمة ثابتة هي v ، عندها يحدث التوازن ويصبح مجموع القوى المؤثرة عليها صفراً ، ( انظر الى الشكل ٢-١٥ب ) . وهذه القوى هي :

١- وزن القطرة mg نحو الأسفل .
٢- القوة الدافعة للهواء B نحو الاعلى
٣- قوة اللزوجة f نحو الاعلى

أي أن

$$f + B = mg$$

وبالتعويض عن كل قوة بما تساويه ينتج

$$6\pi\eta R v + \frac{4}{3}\pi R^3 dg = \frac{4}{3}\pi R^3 D g$$

وبتبسيط هذه المعادلة نحصل على

٢١ ٠ ٢

$$2R^2 g(D - d) = 9\eta v$$

وبقياس سرعة سقوط القطرة يمكن حساب نصف قطرها R . حيث أن كل من D ، d ، g ، $\eta$ هي كميات معلومة . وعندئذ يصبح بالامكان حساب الشحنة q التي تحملها القطرة من المعادلة (٢-٢٠) .

لقد قاس مليكان ومساعدوه شحنات بضع آلاف من قطرات الزيت . ووجدوا أن شحنة أي قطرة لا يمكن أبداً أن تكون أقل من كمية معينة . كما أن شحنة كل قطرة دائماً تساوي مضاعفات صحيحة لهذه الكمية الأساسية . وبذلك استنتجوا أنه لا يمكن الحصول على شحنة أقل من هذه الشحنة الأساسية التي يجب أن تكون شحنة الالكترون (e) وقدرها

$$e = 1.6 \times 10^{-19} C$$

**المصادر**

١- اساسيات الكهربائية والمغناطيسية ، تأليف يحيى عبد الحميد الحاج علي / وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / جامعة الموصل ١٩٩٦
٢- الكهربائية والمغناطيسية ، تأليف يحيى عبد الحميد الحاج علي / وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / جامعة الموصل.
٣- الكهربائية والمغناطيسية ، تأليف ابراهيم ناصر ابراهيم علي /الجزء الثاني/ وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / جامعة بغداد ١٩٨٦