تجربة: تحقيق قانون كولوم

الأهداف:

1- قياس القوة بين كرتين مشحونتين كدالة في شحنتيهما Q_1 و Q_2.

2- قياس القوة بين كرتين مشحونتين كدالة في المسافة بينهما.

3- حساب قيمة ثابت نفاذية الفراغ ε_0.

مقدمة:

استناداً إلى قانون كولوم؛ فإن القوة بين شحنتين نفطيتين عند مسافة d هي:

$$F = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$$

حيث أن:

$$\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \ \frac{\mathrm{As}}{Vm}$$

يمثل ثابت نفاذية الفراغ للتأثير الكهربائي.

عندما تكون الشحنتين من نفس النوع "أي لهما نفس الإشارة"، فإن القوة بينهما تصبح تنافرية "أي موجبة F+"، بينما عندما تكون الشحنتين مختلفتين في النوع "أي أن إحداهما موجبة والأخرى سالبة"، فإن القوة بينهما تصبح تجاذبية "أي سالبة F-"

تخضع القوى الكهربية بين كرتين مشحونتين كهربياً لـ قانون كولوم؛ طالما أن المسافة بين مركزيهما أكبر من مجموع نصفي قطريهما، حيث يظل توزيع الشحنات على سطحي الكرتين منتظماً.

أما في حال كانت المسافة بين مركزيهما أقل من ذلك، فإن هذا سيؤثر على التوزيع الشحني المنتظم على سطحي الكرتين، مما يؤثر بدوره على دقة النتائج المرجوة وفقاً لـ قانون كولوم؛ وذلك بسبب الحث الكهربائي المتبادل.

وتقاس الشحنة الكهربائية للكرة بوحدة الكولوم من خلال العلاقة التالية:

$$Q = C \cdot U_A$$

حيث أن:

Q شحنة الكرة

C سعة المكثف

U_V الجهد الخارج من مقياس الجهد الكهربائي (Voltmeter)

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

اسم الجهاز أو الأداة	الكمية
كرة معدنية	2
عربة	1
جسر (قنطرة) وملحقاته	1
جهاز استشعار القوة (Force sensor)	1
قضيب حامل (Stand rod) وملحقاته	1
جهاز قياس نيوتن (Newtonmeter)	1
جهاز مزود الطاقة الكهربائية ذو الفولتية العالية (High voltage power supply)	1
سلك الجهد العالي (Cable for high voltages)	1
قضيب حامل ذو الثقوب "عازل" (Stand rod with bore holes)، وقاعدة للثبيت	1
مكبر كهربائي "مضخم الجهد الكهربائي" (Electrometer amplifier)	1
مكثف 10 نانو فاراد	1
كأس فارادي + قابس خاص	1
جهاز قياس رقمي "متعدد القياسات"، لقياس الفولتية (Multimeter)	1
قضيب توصيل "معدني"، يُستخدم في التفريغ الكهربي	1
محول 12 فولت	2
أسلاك توصيل	-

تمهيد:

تنقسم هذه التجربة إلى جزئين رئيسيين:

<u>الجزء الأول:</u>

قياس الشحنة الكهربائية، ودراسة العلاقة بين القوة والشحنة الكهربائية.

<u>الجزء الثاني:</u>

دراسة العلاقة بين القوة والمسافة بين كرتين مشحونتين، وحساب قيمة ثابت نفاذية الفراغ ε_0.

الجزء الأول

المرحلة الأولى: قياس الشحنة الكهربائية

التهيئة والإعداد:

- استعيني بالشكل رقم (1)

1- وصلي المكثف بـ جهاز المكبر الكهربائي.
2- وصلي كأس فارادي باستخدام القابس المخصص لذلك.
3- وصلي جهاز القياس المتعدد الرقمي (Multimeter) بـ أقطاب المكبر، واضبطي مفتاحه على مقياس الجهد المستمر (Voltmeter).
4- وصلي قضيب التوصيل "المعدني" بأرضي المكبر.
5- وصلي جهاز المكبر الكهربائي بالمحول، ومن ثم وصلي المحول بمخرج الكهرباء.
6- ثبتي إحدى الكرتين ولتكن كرة رقم (1) بالعربة، ومن ثم ضعي العربة على الجسر (القنطرة) وثبتيها.

- استعيني بالشكل رقم (2)

7- ثبتي القضيب الحامل "العازل - ذو الثقوب" على القاعدة.
8- أدخلي رأس (سلك الجهد العالي) خلال أعلى ثقب في الحامل العازل "عند النقطة (a)".
9- وصلي (سلك الجهد العالي) بالقطب الموجب لـ جهاز (مزود الطاقة الكهربائية)، والقطب السالب بالأرضي.
10- وصلي جهاز مزود الطاقة الكهربائية بمخرج الكهرباء.

خطوات العمل:

1- شغلي جهاز مزود الطاقة الكهربائية.
2- اضبطي مفتاح التحكم بالجهد ($U_{HV} = 25\ kV$).
3- اشحني الكرة رقم (1) بواسطة سلك الجهد العالي، ثم أعيدي مفتاح (التحكم بالجهد) إلى الصفر.
4- حركي الكرة داخل كأس فارادي وذلك بواسطة القضيب العازل "الذي يحمل الكرة"؛ كما هو موضح في الشكل رقم (3).
5- لاحظي قراءة جهاز القياس الرقمي (Voltmeter)، وسجليها في جدول رقم (1).
6- كرري الخطوات من 2 إلى 5 عند جهود مختلفة $U_{HV} = 20\ kV$ ، $U_{HV} = 15\ kV$ ، $U_{HV} = 10\ kV$ ، $U_{HV} = 5\ kV$
7- أطفئي جهاز مزود الطاقة الكهربائية، ومن ثم استبدلي القطبية (افصلي سلك الجهد العالي، ووصليه بالقطب السالب لـ مزود الطاقة الكهربائية، ثم وصلي القطب الموجب بالأرضي).
8- كرري خطوات العمل من 1 إلى 6.

المرحلة الثانية: دراسة العلاقة بين القوة والشحنة الكهربائية

التهيئة والإعداد:

1- أطفئي جهاز مزود الطاقة الكهربائية، ومن ثم استبدلي القطبية (افصلي سلك الجهد العالي، ووصليه بالقطب الموجب لـ مزود الطاقة الكهربائية، ثم وصلي القطب السالب بالأرضي).
   - استعيني بالشكل رقم (4)
2- ثبتي جهاز استشعار القوة بالقضيب الحامل "المعدني" (كما هو موضح بالشكل (4)).
3- ثبتي كرة رقم (2) بواسطة قضيبها العازل بـ جهاز استشعار القوة وذلك من خلال إقفال المسمار عل القضيب.
   - استعيني بالشكل رقم (5)
4- وصلي جهاز استشعار القوة بـ جهاز قياس نيوتن.
5- اضبطي وضع العربة على الجسر بحيث تكون حافتها اليسرى عند 4 cm من مقياس مدرج الجسر، ومن ثم ثبتي العربة.
6- اضبطي وضع الجسر بحيث تكون الكرة رقم (1) بمحاذاة الكرة رقم (2) وعلى نفس ارتفاعها.
7- اضبطي المسافة بين سطحي الكرتين ولتكن 0.2 cm (المسافة بين مركزي الكرتين d=4 cm).

خطوات العمل:

- *قياس القوة كدالة في Q_2 ($Q_1>0$, $Q_2>0$)...*

1- حركي كرة رقم (1) بعيداً عن كرة رقم (2).
2- شغلي جهاز قياس نيوتن واضبطيه على الصفر.
3- اشحني كرة رقم (1) بـ $U_{HV} = 25\ kV$.
4- اشحني كرة رقم (2) بـ $U_{HV} = 5\ kV$.
5- حركي الكرة رقم (1) باتجاه الكرة رقم (2)، ثم توقفي عند d=6 cm.
6- لاحظي قراءة جهاز قياس نيوتن، وسجليها في جدول رقم (2).
7- كرري الخطوات من 1 إلى 6 عند جهود مختلفة $U_{HV} = 20\ kV$ ، $U_{HV} = 15\ kV$ ، $U_{HV} = 10\ kV$ ، $U_{HV} = 5\ kV$ لشحن كرة رقم (2).

- *قياس القوة كدالة في Q_1 ($Q_1<0$, $Q_2>0$)...* **<اختياري>**

8- تأكدي من تفريغ الكرتين من الشحنات تماماً.
9- حركي كرة رقم (1) بعيداً عن كرة رقم (2).
10- اضبطي جهاز قياس نيوتن على الصفر.
11- اشحني كرة رقم (2) بـ $U_{HV} = 25\ kV$.

12- أطفئي جهاز مزود الطاقة الكهربائية، ومن ثم استبدلي القطبية (افصلي سلك الجهد العالي، ووصليه بالقطب السالب لـ مزود الطاقة الكهربائية، ثم وصلي القطب الموجب بالأرضي).
13- اشحني كرة رقم (1) بـ $U_{HV} = -5\ kV$.
14- حركي الكرة رقم (1) باتجاه الكرة رقم (2)، ثم توقفي عند d=6 cm.
15- لاحظي قراءة جهاز قياس نيوتن، وسجليها.
16- حركي كرة رقم (1) بعيداً عن كرة رقم (2).
17- كرري الخطوات من 13 إلى 16 عند جهود مختلفة $U_{HV} = -20\ kV$ ، $U_{HV} = -15\ kV$ ، $U_{HV} = -10\ kV$ ، $U_{HV} = -5\ kV$ لشحن كرة رقم (1).

الجداول والبيانات:

جدول رقم (1)

U_{HV} (Kv)	U_V (V)	Q (nAs)
5		
10		
15		
20		
25		

جدول رقم (2)

U_{HV} (Kv)	Q_2 (nAs)	F (mN)
5		
10		
15		
20		
25		

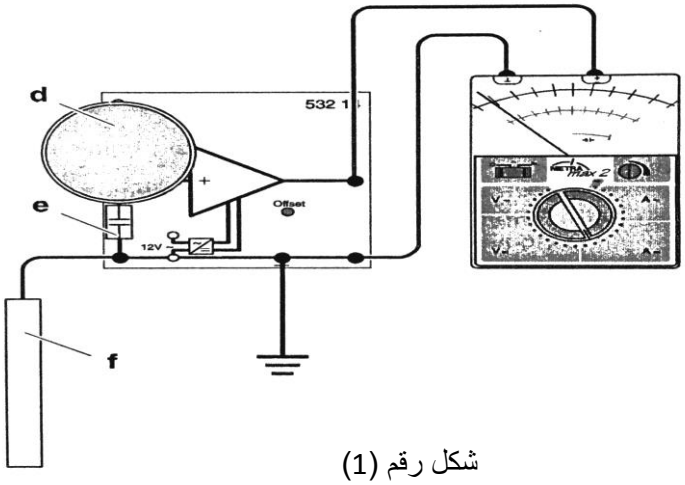
النتائج والتقييم:

1- ارسمي العلاقة البيانية بين القوة والشحنة الكهربية بناءً على جدول رقم (2).
2- حللي وقيمي طبيعة العلاقة التي حصلتِ عليها؛ مقارنةً بالشكل رقم (6).

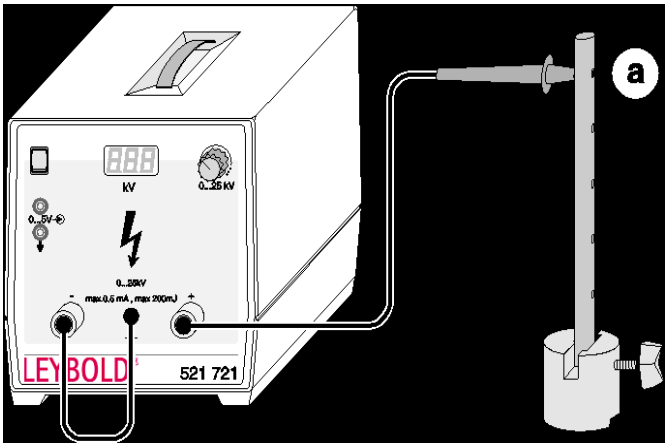
الإرشادات والتعليمات:

1- إجراء التجربة في مكان مغلق وجاف.
2- إجراء التجربة وفق الإيقاع السريع.
3- أثناء تهيئة التجربة للعمل؛ ضعي جهاز (مزود الطاقة الكهربائية) و (سلك الجهد العالي) بعيداً عن باقي أجزاء التجربة.
4- تأكدي من وضع مفتاح (التحكم بالجهد) على الصفر قبل تشغيل جهاز (مزود الطاقة الكهربائية).
5- تأكدي دائماً من إطفاء الجهاز قبل توصيله، أو تغيير إعدادات التجربة "مثل: تبديل القطبية".
6- ينبغي دائماً إعادة مفتاح (التحكم بالجهد) إلى الصفر فور الانتهاء من عملية الشحن.
7- يجب إبعاد الكرة عن كأس فارادي أثناء شحنها.
8- ينبغي تفريغ كأس فارادي والكرة بعد الانتهاء من قياس الشحنة (قياس الجهد الخارج من الفولتميتر) مباشرةً وقبل إجراء عملية القياس التالية.
9- تأكدي دائماً من خلو الكرة من الشحنات قبل شحنها؛ وذلك من خلال قياس شحنتها وتفريغها بواسطة القضيب المعدني.
10- تنظيف القضبان العازلة التي تحمل الكرتين بالماء المقطر عند الضرورة؛ وذلك بهدف إزالة الأملاح الموصلة على القضبان.
11- أثناء قياس شحنة الكرة يجب على الشخص أن يمسك قضيب التوصيل بإحدى يديه.
12- تجنبي شد المسمار بقوة على قضيب الكرة عند تثبيتها في جهاز استشعار القوة.
13- يجب مراعاة المسافة بين مركزي الكرتين بحيث تكون أقل مسافة تفصل بينهما أكبر من مجموع نصفي قطريهما.
14- تجنبي الحركة والاهتزازات الميكانيكية والصوتية وغيرها من المؤثرات التي قد تؤثر على جهاز مستشعر القوة؛ بما يسبب أخطاءاً في نتائج القوة المقاسة.

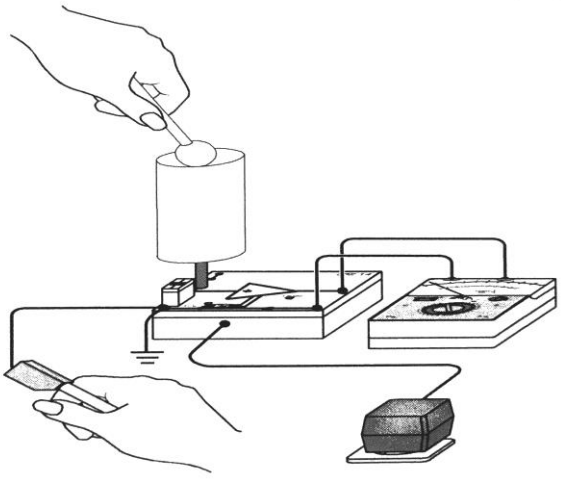
الأشكال:



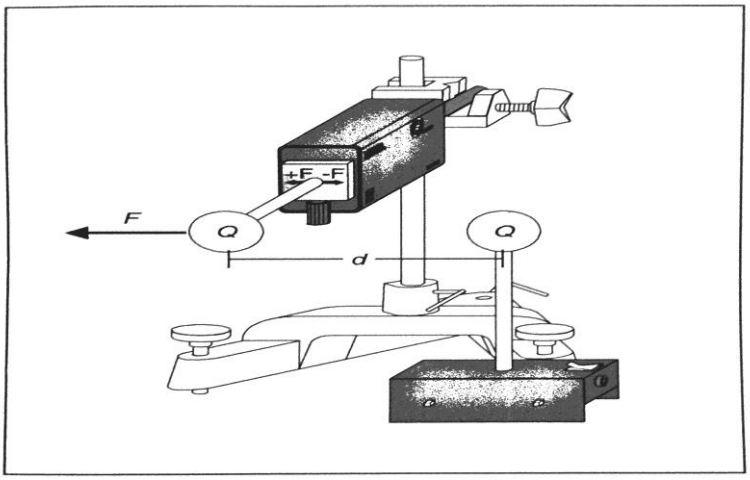
شكل رقم (1)



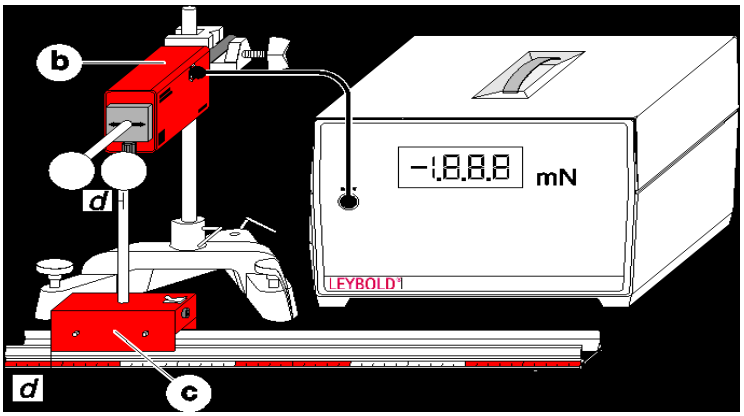
شكل رقم (2)



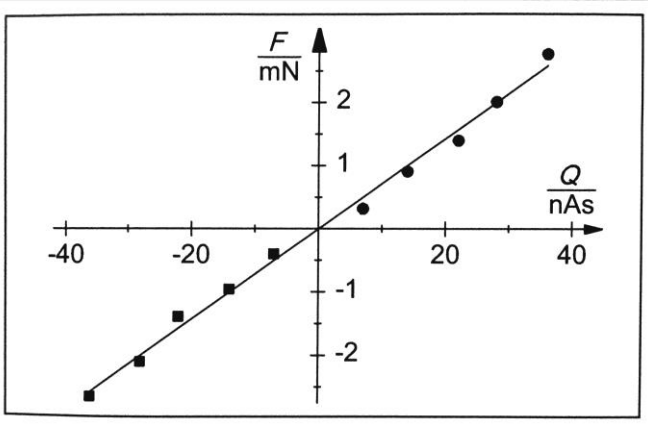
شكل رقم (3)



شكل رقم (4)



شكل رقم (5)



شكل رقم (6)

.....Phys

اسم الطالبة	
الرقم الجامعي	
اسم التجربة	تحقيق قانون كولوم
يوم ووقت المعمل	
المجموعة العملية	
أستاذة المعمل	

الهدف من التجربة:

1. .....
2. .....

الجداول:

جدول رقم (1)

U_{HV} (Kv)	U_V (V)	Q (nAs)
5		
10		
15		
20		
25		

جدول رقم (2)

U_{HV} (Kv)	Q_2 (nAs)	F (mN)
5		
10		
15		
20		
25		