

**MR: HAMDI
ABDEL GAWWAD**



دائرة التعليم والمعرفة



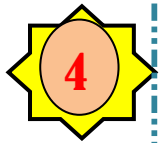
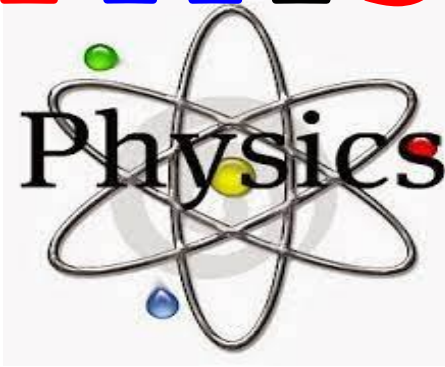
FIRST SEMESTER

الفصل الدراسي الأول

12 AD

PHYSICS

الفيزياء



الصف الثاني عشر متقدم

Capacitors

المكثفات

اعداد الأستاذ / حمدي عبد الجواد

HAMDI ABD ELGAWWAD

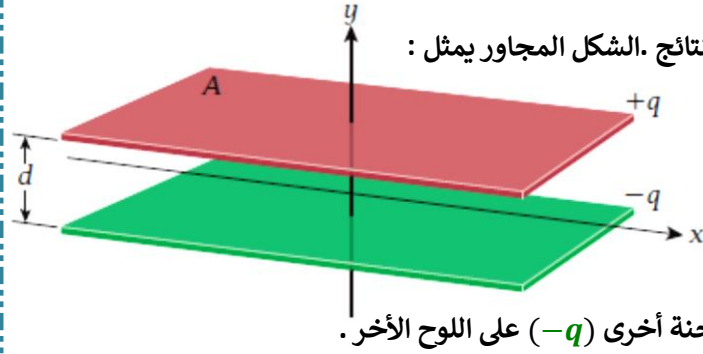
4.1 السعة الكهربائية Capacitance



- يوضح الشكل المجاور مجموعة من **المكثفات** متنوعة من حيث الشكل والحجم .
- **المكثف** : هو جهاز يستخدم **لتخزين** الطاقة واسترجاعها **لحظياً** عند الحاجة إليها .
- **الفرق بين المكثف والبطارية من حيث تخزين الطاقة :**

المكثف يمكن تفريغ طاقته خلال فترة زمنية قصيرة جداً ، **البطارية** تستغرق مدة زمنية أطول لتحرير طاقته .

- لدراسة خواص **المكثفات** سنفترض شكلاً هندسياً ملائماً ثم نعمم النتائج . الشكل المجاور يمثل :



مكثف متوازي اللوحين :

- 1 يتكون من لوحين موصلين متوازيين لكل منهما مساحة (A) ، وتفصل بينهما مسافة صغيرة (d) تملأ بمادة عازلة .

- 2 يتم شحن المكثف بوضع شحنة (+q) على أحد اللوحين ، وشحنة أخرى (-q) على اللوح الآخر .

(ليس من الضروري وضع شحنتين متضادتين تماماً على لوح المكثف ليتم شحنه فأى اختلاف في الشحنة سيكون كافياً)

لكن : لأغراض عملية ينبغي أن يظل المكثف متعادلاً وهذا يتطلب شحنتان متساويتان في المقدار ومختلفتان في النوع .

- **استخدامات المكثفات :**

- 1 التخلص من الشرر في نظام الاحتراق الداخلي للسيارة .

- 2 تحديد ترددات الموجات المستقبلية في الراديو والتلفاز والهاتف النقال .

- 3 وحدة الوميض الإلكتروني في آلة التصوير (Flash) .

- 4 لوحة مفاتيح الحاسوب .

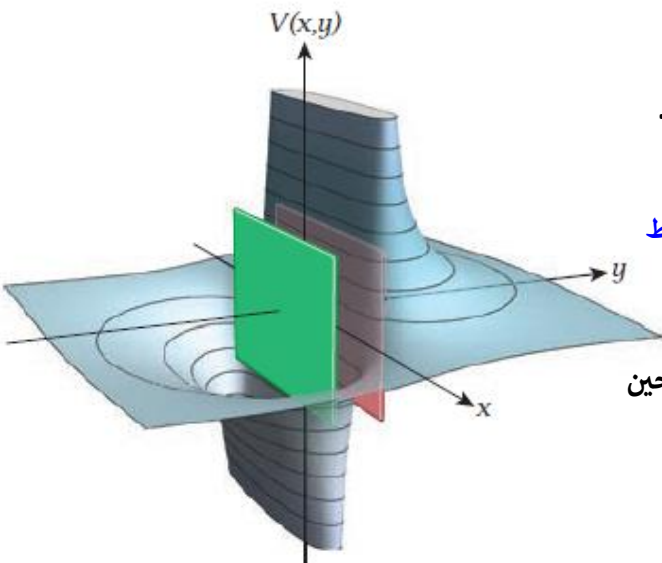
التمثيل البياني للجهد الكهربائي :

- يوضح الشكل المجاور (تمثيلاً بيانياً ثلاثي الأبعاد) للجهد الكهربائي .

- للجهد الموضح في الشكل **هبوط** شديد الانحدار بين اللوحين و**هبوط** أكثر تدرجاً خارج اللوحين .

- المجال الكهربائي **داخِل** اللوحين **أقوى** من المجال الكهربائي **خارج** اللوحين

- الجهد الكهربائي في المستوى (X, y) للوحين المتوازيين تم شحنهما بشحنتان **متساويتان** في المقدار ومختلفتان في النوع



• **سعة المكثف** : هي قدرة المكثف على تخزين شحنة كهربائية (الطاقة) .

أو : النسبة بين الشحنة على أحد اللوحين وفرق الجهد بينهما

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$

يتناسب فرق الجهد (ΔV) بين طرفي المكثف تناسباً طردياً مع كمية الشحنة (q) على اللوحين عند ثبات السعة (C)

شحنة المكثف (q) : هي القيمة المطلقة للشحنة على أي من اللوحين .

❖ العوامل التي تعتمد عليها سعة المكثف المتوازي اللوحين (المستوي)

① المساحة المشتركة بين اللوحين (A) ② البعد بين اللوحين (d) ③ سماحية العازل (ϵ_r)

(سنتعرف على ذلك في الاقسام التالية)

ملاحظات هامة

- بناءً على تعريف السعة يتضح لنا أن السعة عدداً موجباً وهي تحدد كمية الشحنة اللازمة لتحقيق فرق جهد محدد بين اللوحين
- كلما كانت السعة كبيرة زادت الشحنة اللازمة لتحقيق فرق الجهد المناسب .
- يمكن كتابة المعادلة بهذه الصورة الشائعة :

$$q = C\Delta V$$

• وحدة قياس السعة هي الفاراد (F) وهي تكافئ ($\frac{C}{V}$)

• الفاراد وحدة كبيرة لذلك تستخدم عادةً أجزاء الفاراد ومن أشهرها :

ميكروفاراد : ($1\mu F = 10^{-6} F$) نانوفاراد ($1nF = 10^{-9} F$) بيكوفاراد ($1PF = 10^{-12} F$)

التمثيل الكنتوري :

① يوضح الشكل المجاور التمثيل الكنتوري ثنائي الأبعاد (a)

② أضيفت خطوط المجال الكهربائي إلى التمثيل الكنتوري (b) ويمكن تحديد المجال باستخدام :

$$\vec{E}(\vec{r}) = -\nabla V(\vec{r})$$

③ يوضح الشكل (c) تمثيل آخر للمجال الكهربائي بحيث يوضح الشكل متجهات المجال في صورة نقاط شبكة على مسافات منتظمة في المستوى (X, y)

④ تتناسب شدة المجال عند أي نقطة من الشبكة مع حجم السهم عند تلك النقطة .

⑤ المجال الكهربائي بين اللوحين عمودي على اللوحين وأكبر مقداراً من المجال خارج اللوحين .

⑥ إذا تم تحريك اللوحين (بحيث يقتربان) فإن المجال بين اللوحين يظل ثابت بينما ينخفض المجال عند الأطراف . (مشحون ومفصول)

س1 (مكثف كهربائي سعته $(27 \mu F)$ وفرق الجهد بين لوحيه $(45 V)$. احسب مقدار شحنة المكثف ؟

$$q = 1.2 \times 10^{-3} C$$

س2 (مكثفان كهربائيان سعة الأول $(3.3 \mu F)$ ، وسعة الثاني $(6.8 \mu F)$ إذا وصل كل منهما بفرق جهد $(24.0 V)$.

$$q_2 = 1.6 \times 10^{-4} C$$

فأي المكثفين له شحنة أكبر ؟ ما مقدار تلك الشحنة ؟

$$\Delta V_1 = 106.1 V$$

س3 (إذا شحن كل من المكثفين في المسألة السابقة بشحنة مقدارها $(3.5 \times 10^{-4} C)$ -

فأيهما له فرق جهد أكبر ؟ وما مقداره ؟

س4 (تولّد فرق في الجهد الكهربائي بين كرة فلزية صغيرة والأرض يساوي $(40.0 V)$ عندما شحنت بشحنة موجبة

مقدارها $(2.4 \times 10^{-6} C)$. ما مقدار سعتها الكهربائية ؟

$$C = 0.06 \mu F$$

$$q = 2.4 \times 10^{-6} C$$

$$\Delta V = 40.0 V$$

س5 (عند إضافة شحنة مقدارها $(2.5 \times 10^{-5} C)$ إلى مكثف يزداد فرق الجهد بين لوحيه من $(12.0 V)$ إلى $(14.0 V)$ احسب سعة المكثف ؟

$$C = 1.25 \times 10^{-5} F$$

س6 (ما مقدار فرق الجهد الكهربائي بين لوحى مكثف سعته $(5.4 nF)$ ومشحون بشحنة مقدارها $(8.2 \times 10^{-4} C)$)

$$\Delta V = 152.0 KV$$

Circuits

4.2 الدوائر الكهربائية للمكثفات

• مكونات الدائرة الكهربائية :

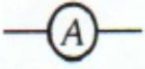
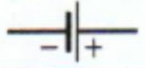
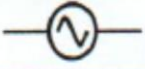
- تتكون الدائرة من أسلاك بسيطة أو مسارات موصلة (مغلقة) تصل بين عناصر الدائرة الكهربائية .
- تحتاج الدوائر الكهربائية إلى نوع من أنواع الطاقة ويمكن توفيرها إما بواسطة ① بطارية **DC**
- ② تيار متناوب **AC**

* دلالات ورموز تخطيطية هامة

عزيزي الطالب لابد من التعرف على رموز عناصر الدائرة الكهربائية لضمان فهم الشبكات والدوائر الكهربائية بشكل جيد

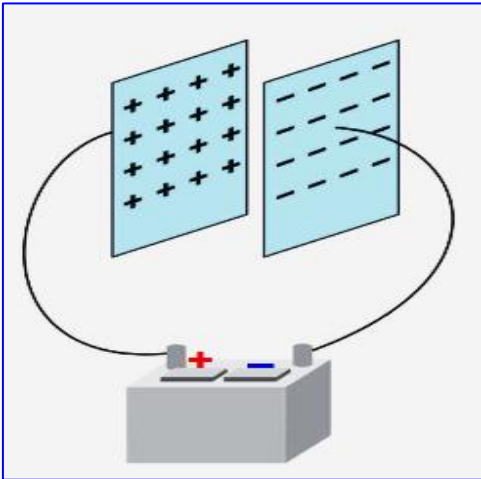
	السلك
	المكثف
	المقاوم
	الحث
	المفتاح

رموز شائعة
الاستخدام لعناصر
الدائرة الكهربائية

	الجلفانومتر
	الفولتميتر
	الأميتر
	البطارية
	مصدر تيار متناوب

• شحن المكثفات :

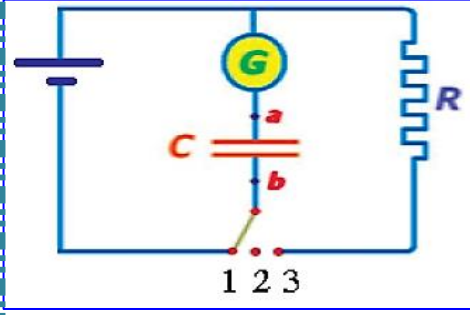
- ① يتم شحن المكثف بوصل لوح المكثف مع قطبي بطارية أو (بمصدر جهد ثابت) .
- ② البطارية تبذل شغلاً في نقل الإلكترونات من اللوح المتصل بالقطب الموجب إلى اللوح المتصل بالقطب السالب .
- ③ يتوقف انتقال الإلكترونات عندما يصبح :
(فرق الجهد في المكثف = فرق الجهد بين قطبي البطارية)



- ④ الشغل الذي تبذله البطارية في شحن المكثف يخزن على شكل طاقة وضع كهربائية .
- ⑤ بعد فصل المكثف عن البطارية فإنه يحتفظ بشحنته و فرق جهده (مكثف مثالي) لكن المكثف الحقيقي معرض لتسرب الشحنة مع مرور الوقت .
- ⑥ بعد الشحن تكون شحنتا اللوحين متساويتين مقداراً ومختلفتين نوعاً .

في هذه الوحدة سنعتبر أن المكثف مثالي سيعمل يحتفظ بشحنته و فرق جهده إلى أجل غير مسمى

طريقة شحن المكثف وتفريغه :



1 عندما يكون المفتاح موجوداً بين الموضعين (1.2) تكون البطارية مفصولة والدائرة مفتوحة .

2 عندما يكون المفتاح في الموضع (1. b) تغلق الدائرة ويبدأ المكثف في الشحن .

3 عندما يكون المفتاح في الموضع (3. b) تغلق الدائرة بطريقة مختلفة بحيث تفصل البطارية ويتصل لوجي المكثف بجهاز كهربائي وتبدأ عملية تفريغ المكثف .

4 عند التفريغ تتدفق الإلكترونات الحرة من الطرف السالب (b) لتعود إلى الطرف الموجب (a) عبر الدائرة الخارجية (R) حتى يصبح فرق الجهد بين اللوحين صفراً .

أسئلة مفاهيم :

• لماذا يعد لمس طرفي مكثف عالي الجهد خطراً حتى بعد فصل فرق الجهد عنه ، وما الذي يجب فعله لتفادي الخطر الناتج عنه ؟
ج : لأن الطاقة المخزنة في المكثف تفرغ عبر الجسم ، لتجنب الخطر يجب توصيلة بمادة موصلة لكي تفرغ الشحنة قبل لمسه

س (4.15) هل يجب أن يكون لوحا المكثف مصنوعين من مادة موصلة؟ وماذا سيحدث في حالة استخدام لوحين عازلين بدلاً من موصلين؟

س (4.17) عند العمل على إحدى المعدات ، يربط فنيو الإلكترونيات أحياناً سلك تأريض بالقطعة حتى بعد إغلاق الجهاز. لماذا يفعل ذلك ؟

• ما هي إيجابية استخدام مكثف مشحون بدلاً من البطارية لتشغيل جهاز الوميض الضوئي في آلة التصوير ؟

مراجعة المفاهيم 4.1

يعرض الشكل مكثفاً مشحوناً .

- ما محصلة الشحنة على المكثف ؟

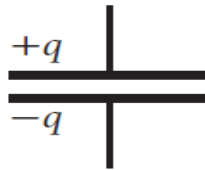
$$(a) \quad (+q) + (-q) = 0$$

$$(b) \quad |+q| + |-q| = 0$$

$$(c) \quad |+q| + |-q| = 2q$$

$$(d) \quad (+q) + (-q) = 2q$$

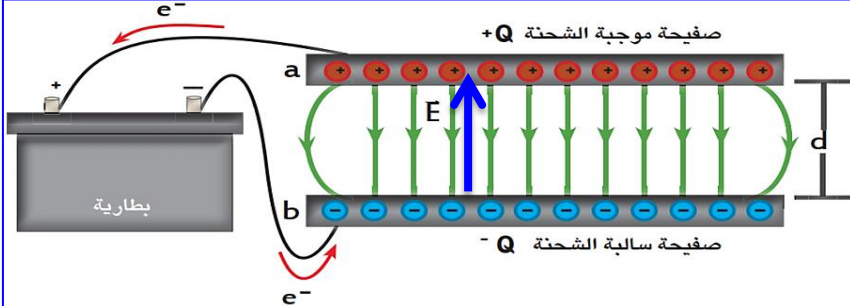
$$(e) \quad q$$



4.3 المكثف متوازي اللوحين والأنواع الأخرى من المكثفات

أولاً : المكثف متوازي اللوحين :

عبارة عن لوحين فلزيين متوازيين موضوعين في الفراغ (بحيث توضع شحنة $+q$ على أحد اللوحين وشحنة $-q$ على اللوح الآخر).
المكثف المثالي: يحتوي على لوحين كبيرين جداً وقريبين جداً من بعضهما. فهما أقرب بكثير مما هو موضح في الشكل .



- نتغاضي عن المجال الكهربائي الصغير خارج الحيز الموجود بين اللوحين (المجال عند الأطراف) .

- عندما يشحن اللوحان يحمل أحدهما شحنة موجبة والأخر شحنة سالبة (حسب قطبي البطارية) .

- ينتج المجال الكهربائي من اللوح الموجب إلى اللوح السالب (نتجاهل المجال الكهربائي الصغير عند الأطراف) خارج حيز اللوحين.

- دائماً يكون اتجاه المجال الكهربائي متعامداً على سطحي اللوحين (المجال عند أي موضع داخل اللوحين ثابت) مجال منتظم

- يمكن إيجاد المجال الكهربائي باستخدام قانون جاوس :

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

حيث تمثل (A) مساحة السطح وتمثل (q) مقدار الشحنة ، تستقر الشحنة على السطح الداخلي لكل من اللوحين بسبب وجود شحنة مضادة على اللوح الآخر ، وبالتالي يكون فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين بدلالة المجال هو :

$$\Delta V = - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

تم اختيار مسار التكامل من اللوح السالب إلى اللوح الموجب (السهم الأزرق) في الشكل ومن ثم يكون يختزل التكامل في المعادلة :

$$\Delta V = Ed = \frac{qd}{\epsilon_0 A}$$

ومن خلال دمج علاقة فرق الجهد مع تعريف السعة نحصل على العلاقة التالية :

$$C = \left| \frac{q}{\Delta V} \right| = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

نلاحظ أن سعة المكثف متوازي اللوحين تعتمد فقط على مساحة اللوحين ، المسافة بينهما (الشكل الهندسي للمكثف)

أي أن سعة المكثف لا تتأثر بمقدار الشحنة أو فرق الجهد بين لحي المكثف .

س7) مكثف ذو لوحين متوازيين شحنته (q) وسعته (C) ماذا يحدث لسعة المكثف عند زيادة شحنته إلى (3q) ؟

(a) C / 2

(b) C / 3

(c) C

(d) 2 / C

مراجعة المفاهيم 4.2

افترض أنك قمت بشحن مكثف متوازي اللوحين باستخدام بطارية ثم **أزلت البطارية** ، وقمت بعزل المكثف وتركه مشحوناً . ثم قمت بتحريك لحي المكثف بعيداً عن بعضهما البعض . أي الآتية صحيح ؟

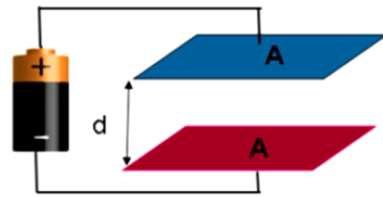
(a) يزداد فرق الجهد بين اللوحين .

(b) يقل فرق الجهد بين اللوحين .

(c) يظل فرق الجهد بين اللوحين كما هو .

(d) لا يمكن تحديد فرق الجهد بين اللوحين .

(8) افترض أنك قمت بشحن مكثف متوازي اللوحين باستخدام بطارية . ثم قمت بتحريك لحي المكثف **بعيداً** عن بعضهما البعض . أي الآتية صحيح ؟



(a) يزداد فرق الجهد بين اللوحين .

(b) يقل فرق الجهد بين اللوحين .

(c) يظل فرق الجهد بين اللوحين كما هو .

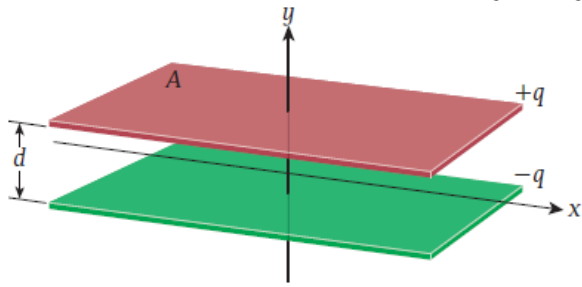
(d) لا يمكن تحديد فرق الجهد بين اللوحين .

(9) بالاعتماد على الشكل المجاور ، مكثف متوازي اللوحين في الفراغ يتكون من لوحين موصلين .

لكل منهما مساحة A وتم شحنهما بشحنتين متضادتين تفصل بينهما مسافة d .

إذا تم تقريب اللوحين من بعضهما البعض **فماذا يطرأ** على كل من مقداري

المجال الكهربائي بين اللوحين والمجال الكهربائي خارج اللوحين (عند الأطراف)



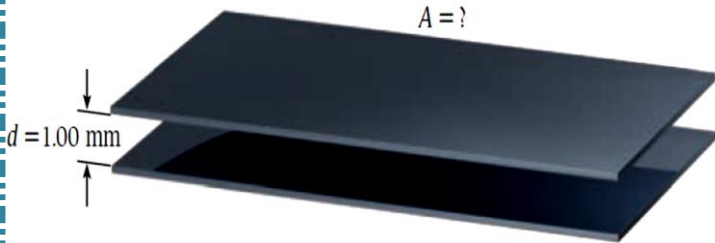
المجال عند الأطراف	المجال بين اللوحين	
يقل	يبقى كما هو	A
يبقى كما هو	يقل	B
يقل	يقل	C
يزداد	يزداد	D

$$A = 1.13 \times 10^8 \text{ m}^2$$

مثال 4.1

مكثف متوازي اللوحين تفصل بينهما مسافة (1.0 mm)

• ما المساحة المطلوبة لإعطاء المكثف سعة قدرها (1.0 F)



س 4.29) تصنع المكثفات الفائقة التي تبلغ سعتها (1.0 F) أو أكثر من ألواح ذات تركيب يشبه الإسفنج بمساحة سطحية كبيرة جداً - حدد مساحة سطح المكثف الفائق الذي تبلغ سعته (1.0 F) ولديه فاصل فعال بين لوحيه مسافة (d = 1.0 mm)

$$A = 113 \text{ Km}^2$$

س 10) صفيحة معدنية مساحتها الكلية (0.0096 m²) أراد المتعلم أن يصنع من الصفيحة المتوفرة مكثف متوازي اللوحين يشغل الهواء الحيز بين صفيحتيه وكانت أقل مسافة ممكنة بين صفيحتي المكثف (0.01 m) .

$$C = 4.2 \times 10^{-12} \text{ F}$$

① ما أكبر سعة كهربائية للمكثف يمكن أن يحصل عليها المتعلم ؟

② بماذا ننصح المتعلم أن يفعل لكي يزيد من سعة المكثف مستخدماً الصفيحة نفسها .

مراجعة المفاهيم 4.3

افترض أن لديك مكثفاً متوازي اللوحين مساحة كل من لوحيه A تفصل بينهما مسافة d ، لكن صغر مساحة اللوح التي سيوصل عليها الدائرة يجبرك على تقليل مساحة المكثف بمقدار النصف . ماذا يمكنك فعله للتعويض والحفاظ على سعة المكثف نفسها ؟

(a) تقليل d إلى النصف .

(b) زيادة d إلى مثلي ما كانت عليه .

(c) تقليل d إلى الربع .

(d) زيادة d إلى أربعة أمثال .

سؤال الاختبار الذاتي 4.1

قمت بشحن مكثف متوازي اللوحين باستخدام بطارية . ثم قمت بإزالة البطارية وعزل المكثف . إذا قللت المسافة بين لوحي المكثف - ما التغير الذي يطرأ على المجال الكهربائي بين اللوحين ؟

س 11) صمم مكثف متوازي اللوحين بحيث تكون إحدى صفيحتيه كبيرة والأخرى صغيرة .

- هل للصفيحتين المقدار نفسه من الشحنة عند وصلهما ببطارية ؟ فسر إجابتك ؟

س12) مكثف متوازي اللوحين المساحة المشتركة للوحيه تساوي (4.0 cm^2) شحن من بطارية فكان المجال الكهربائي بين لوحيه يساوي ($2.0 \times 10^5 \text{ N/C}$) احسب شحنة المكثف .

$$q = 7.1 \times 10^{-10} \text{ C}$$

س13) مكثف متوازي اللوحين سعته ($3.2 \times 10^{-12} \text{ F}$) يملأ الهواء الحيز بين صفيحتيه والمسافة بينهما ($8.0 \times 10^{-3} \text{ m}$) ويتصل ببطارية جهدها (6.0 V) .

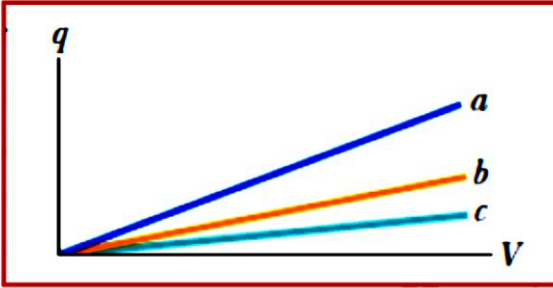
$$A = 2.9 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

- احسب المساحة المشتركة بين لوح المكثف ؟

$$q = 1.92 \times 10^{-11} \text{ C}$$

- احسب مقدار الشحنة المتراكمة على أحد لوح المكثف ؟

س14) الرسم البياني المجاور يبين ثلاث منحنيات تمثل العلاقة بين شحنة مكثف مستوي والجهد الناشئ عنها وذلك لثلاث مكثفات. اختر من الجدول المجاور المكثف المناسب للمنحنى المناسب له بالرسم البياني :

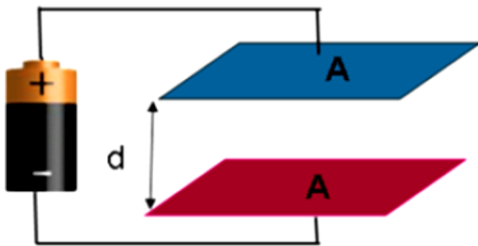


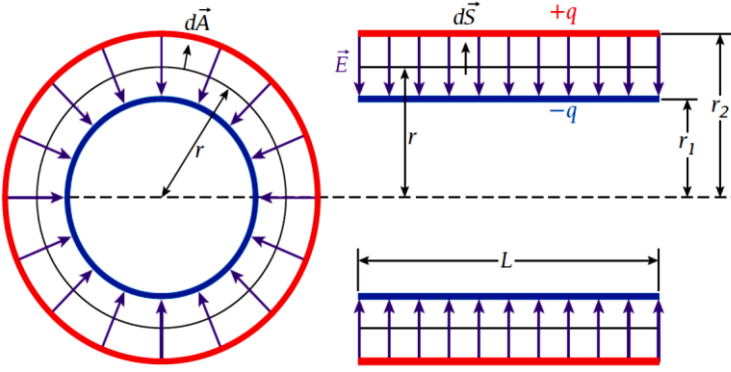
كثف	الميل	مساحة لوح المكثف A	البعد بين اللوحين d
1		A	d
2		2A	d
3		A	2d

س15) وفقاً للمكثف متوازي اللوحين في الشكل ، إذا كانت ($A = 0.02 \text{ m}^2$) ، ($C = 1.77 \times 10^{-12} \text{ F}$) .

$$d = 0.1 \text{ m}$$

- ما المسافة (d) ؟





ثانياً : المكثف الأسطواني :

- يتكون المكثف الأسطواني من أسطوانتين متحدتين في المركز ويوجد بينهما فراغ ، حيث (r_1) نصف قطر الأسطوانة الداخلية وتحمل شحنة ($-q$) بينما (r_2) نصف قطر الأسطوانة الخارجية وتحمل شحنة ($+q$) .
- يتجه المجال الكهربائي بين الأسطوانتين باتجاه نصف القطر إلى الداخل ومتعامداً على أسطح الأسطوانتين .

إثرائي

- يمكننا تطبيق قانون جاوس لإيجاد المجال الكهربائي بين الأسطوانتين باستخدام سطح جاوسي (الدائرة السوداء في الرسم) على شكل أسطوانة نصف قطرها (r) وطولها (L) وتتشارك بالمحور مع أسطوانتي المكثف . وتصبح الشحنة السالبة هي الموجودة داخل السطح الجاوسي (اتجاه المجال معاكس لاتجاه العمودي على السطح)
- يمكن التعبير عن شدة المجال بالعلاقة :

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 2\pi r L}$$

ويمكن التعبير عن سعة المكثف الأسطواني من خلال العلاقة :

$$C = \left| \frac{q}{\Delta V} \right| = \frac{q}{\frac{q}{\epsilon_0 2\pi L} \ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)} = \frac{2\pi \epsilon_0 L}{\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)}$$

نلاحظ أن سعة المكثف الأسطواني تعتمد على شكله الهندسي فقط

أي أن العوامل التي تعتمد عليها سعة المكثف الأسطواني هي : ① طول الأسطوانة (L)

② نصف القطر الداخلي (r_1)

③ نصف القطر الخارجي (r_2)

مثال :

مكثف اسطواني ممتلئ بالهواء طوله (2.0 cm) يبلغ نصف قطر الأسطوانة الخارجية (8.0 cm) ونصف قطر الأسطوانة الداخلية (4.0 cm) . أجب عما يلي :

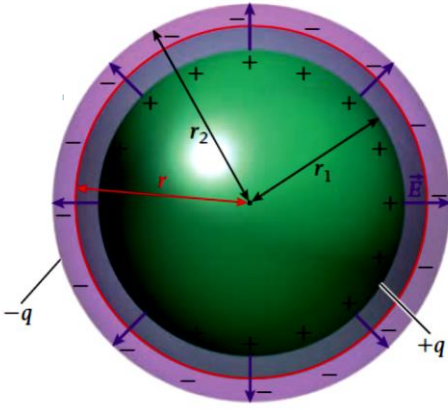
◆ السعة الكهربائية للمكثف ؟ ◆

$$C = \left| \frac{q}{\Delta V} \right| = \frac{2\pi \epsilon_0 L}{\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)} = \frac{(2\pi)(8.85 \times 10^{-12})(0.02)}{\ln \left(\frac{0.08}{0.04} \right)} = 1.6 \text{ pF}$$

إذا تم تقسيم المكثف إلى نصفين متساويين ، ما مقدار سعة كل قسم ؟

$$C_1 = C_2 = 0.8 \text{ pF}$$

ثالثاً : المكثف الكروي :



- يتكون المكثف الكروي من جسمين كرويين موصلين متحدين في المركز ويوجد بينهما فراغ ، حيث (r_1) نصف قطر الكرة الداخلية وتحمل شحنة $(+q)$ بينما (r_2) نصف قطر الكرة الخارجية وتحمل شحنة $(-q)$.
- يتجه المجال الكهربائي بين الجسمين الكرويين باتجاه نصف القطر إلى الخارج ومتعامداً على سطح كلا الجسمين الكرويين .

إثرائي

- لتحديد مقدار المجال الكهربائي سنستخدم بقانون جاوس وذلك من خلال استخدام سطح جاوسي كروي متحد المركز مع الموصلين الكرويين نصف قطره (r) حيث $\{r_1 < r < r_2\}$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = EA = E(4\pi r^2) = \frac{q}{\epsilon_0}$$

- يمكن التعبير عن شدة المجال بالعلاقة :

$$E = \frac{kq}{r^2} \text{ أو } E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

ويمكن التعبير عن سعة المكثف الكروي من خلال العلاقة :

$$C = 4\pi\epsilon_0 \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1} \text{ أو } C = \frac{r_1 r_2}{k r_2 - r_1}$$

نلاحظ أن سعة المكثف الكروي تعتمد على شكله الهندسي فقط

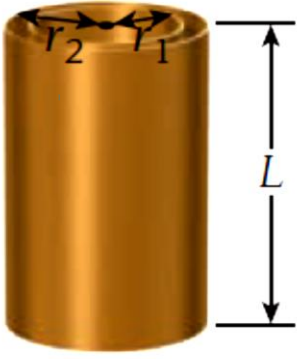
- ويمكن التعبير على سعة موصل كروي مفرد من خلال العلاقة :

$$C = \frac{R}{k} \text{ أو } C = 4\pi\epsilon_0 R$$

بافتراض أن الموصل الكروي الخارجي بعيد جداً بشكل لانهائي

إذا زاد نصف القطر الداخلي والخارجي لمكثف كروي بمقدار الضعف . فماذا يحدث لسعة المكثف ؟ (إثرائي)

- تنخفض بمقدار الضعف .
- تظل كما هي .
- تزداد بمقدار الضعف .
- تزداد بمقدار 4 أمثال .
-



س 4.30) يبلغ فرق الجهد ($100.0V$) بين اسطوانتين موصلتين متحدي المحور الموضحتين في الشكل يبلغ نصف قطر الاسطوانة الخارجية ($15.0cm$) ونصف قطر الاسطوانة الداخلية ($10.0cm$) وطول الاسطوانتين ($40.0cm$)

ما مقدار الشحنة التي تطبق على كل اسطوانة؟ ما مقدار المجال الكهربائي؟ (إثرائي)

$$q = 5.5 \text{ nC} \quad E_1 = 2.5 \times 10^3 \text{ V/m}$$

$$E_2 = 1.65 \times 10^3 \text{ V/m}$$

$$R = 8.99 \times 10^9 \text{ m}$$

س 4.31) ما نصف قطر موصل كروي معزول تبلغ سعته ($1.0F$) (إثرائي)

س 4.32) مكثف كروي مصنوع من موصلين ومتحدي المركز. حيث يكون نصف القطر الداخلي (r_1) ونصف القطر الخارجي (r_2) ما الفرق في سعة هذا المكثف ومكثف آخر متوازي اللوحين مصنوع من لوحين لهما مساحة الجسم الكروي الداخلي وتفصل بينهما مسافة ($d = r_2 - r_1$) (إثرائي)

$$\frac{C_s - C_p}{C_p} = \left(\frac{(4\pi\epsilon_0 r_1 r_2 / d) - (4\pi\epsilon_0 r_1^2 / d)}{(4\pi\epsilon_0 r_1^2 / d)} \right) = \frac{r_2}{r_1} - 1.$$

س 4.33) احسب سعة كوكب الأرض (تعامل مع الأرض كموصل كروي معزول) يبلغ نصف قطره (6371 km) (إثرائي)

$$C = 7.09 \times 10^{-4} \text{ F}$$

س 16) موصل كروي معزول شحنته ($2.0 \mu C$) وجهده ($2.0 \times 10^4 \text{ V}$) اجب عما يلي: (إثرائي)

$$C = 1.0 \times 10^{-10} \text{ F}$$

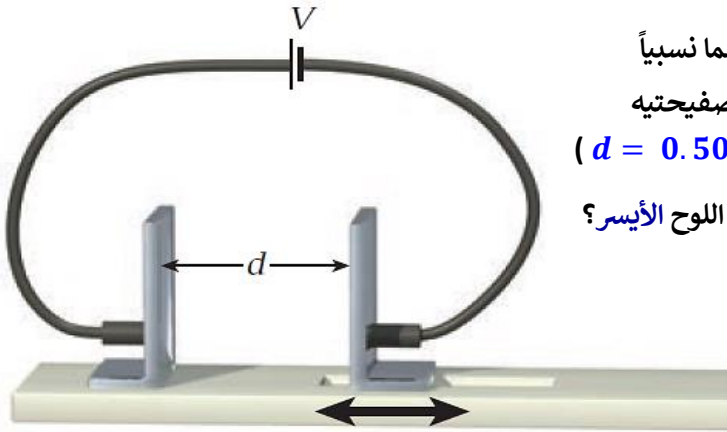
1) سعة الموصل؟

$$R = 0.9 \text{ m}$$

2) نصف قطر الموصل

س 4.34 جسمان كرويان معدنيان متحدا المركز فرق جهدهما يساوي (900.0 V) عندما نطبق عليهما شحنة مقدارها ($6.7 \times 10^{-8} \text{ C}$) يبلغ نصف قطر الجسم الكروي الخارجي (0.210 m) ما نصف قطر الجسم الكروي الداخلي؟ (إثرائي)

$$R = 0.160 \text{ m}$$



س 4.35 يتكون مكثف من لوحين متوازيين ، يمكن أن يتحرك أحدهما نسبياً إلى الآخر ، كما هو موضح في الشكل المجاور . يملأ الهواء الحيز بين صفيحتيه وتبلغ سعته (32.0 pF) عندما كانت المسافة بين اللوحين ($d = 0.500 \text{ cm}$)

1 إذا تم توصيل بطارية جهدها (9.0 V) . ما توزيع الشحنة على اللوح الأيسر؟

- 1- $1.59 \times 10^{-8} \text{ C/m}^2$
- 2- $3.19 \times 10^{-8} \text{ C/m}^2$
- 3- 64.0 Pf
- 4- 4.50 V

2 إذا تغيرت المسافة بين اللوحين لتصبح ($d = 0.250 \text{ cm}$) ما توزيع الشحنة؟

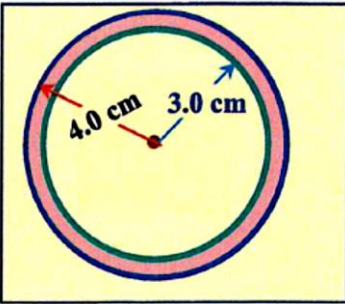
3 احسب السعة ؟

4 إذا فصلت البطارية عن المكثف ثم تحرك اللوحين لتصبح المسافة ($d = 0.25 \text{ cm}$) . ما فرق الجهد بين اللوحين ؟

س 17 مكثف كهربائي متوازي اللوحين يتصل لوحيه ببطارية جهدها (3.0 V) ويملاً الهواء الحيز بين لوحيه .

- احسب كمية الشحنة على كل من لوحي المكثف إذا كانت المساحة المشتركة بينهما ($1.5 \times 10^{-2} m^2$) والبعد بينهما ($2.0 mm$) ؟

$$q = 1.99 \times 10^{-10} C$$



س 18 في الشكل المجاور مكثف كروي نصف قطره الداخلي (3.0 cm) والخارجي (4.0 cm) .

- ما السعة الكهربائية للمكثف الكروي ؟ (إثرائي)

$$C = 13.3 pF$$

س 19 مكثف كروي مفرد نصف قطره (0.05 m) ويحمل شحنة كهربائية مقدارها ($2.0 \mu C$)

- احسب الجهد الكهربائي للمكثف الكروي المفرد ؟ (إثرائي)

$$V = 360.0 V$$

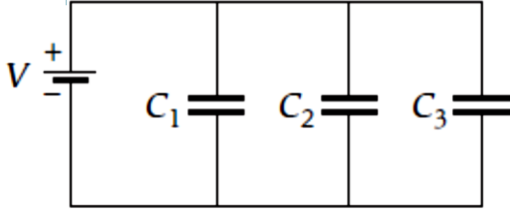
س 20 مكثف كروي نصف قطره الداخلي (0.1 m) والخارجي (0.15 m) . (إثرائي)

1 أوجد السعة الكهربائية للمكثف ؟

$$C = 3.33 \times 10^{-11} F$$

2 ما ذا يحدث لسعة المكثف إذا زاد نصف قطره الداخلي ليصبح (0.12 m) ؟

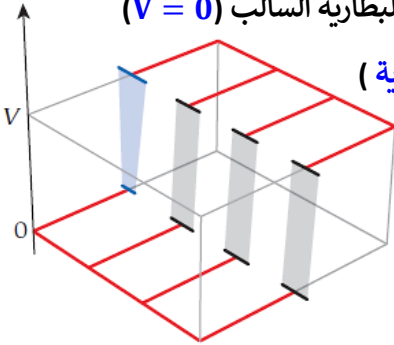
4.4 المكثفات في الدوائر الكهربائية capacitors in circuits



أولاً : المكثفات المتصلة على التوازي :

• يعرض الشكل المجاور دائرة بها عدة مكثفات متصلة على التوازي. وجميعها متصلة بنفس البطارية بحيث كل لوح من الألواح الثلاثة متصل بقطب البطارية الموجب والألواح الأخرى متصلة بالقطب السالب للبطارية .

• جميع الألواح المتصلة بالقطب الموجب للبطارية لها (الجهد نفسه)، أما الألواح الأخرى لها جهد البطارية السالب ($V = 0$)



• جميع أجزاء الدائرة لها الجهد نفسه (فرق الجهد لجميع المكثفات متساوي ويساوي جهد البطارية) كما هو موضح بالشكل (الجهد في أجزاء مختلفة من الدائرة)

$$\Delta V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$$

• تختلف كمية الشحنة على كل مكثف ويمكن حساب إجمالي الشحنة من العلاقة :

$$q_{tot} = q_1 + q_2 + q_3 + \dots$$

وبالتالي : $q_1 = C_1 \Delta V$, $q_2 = C_2 \Delta V$, $q_3 = C_3 \Delta V$

• يمكن حساب السعة المكافئة للمكثف :

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

يمكن حساب أي عدد (n) من المكثفات المتصلة على التوازي من خلال العلاقة :

$$C_{eq} = \sum_{i=1}^n C_i$$

السعة المكافئة لنظام من المكثفات المتصلة على التوازي تساوي مجموع السعات وبالتالي يمكن استبدال عدة مكثفات متصلة على التوازي بمكثف واحد له نفس السعة المكافئة :

(السعة المكافئة أكبر من أكبر السعات الفردية في النظام)

مثال :

لديك ثلاثة مكثفات متصلة على التوازي مع بطارية جهدها (20 V) إذا كانت سعة المكثفات ($9\text{ }\mu\text{F}$, $6\text{ }\mu\text{F}$, $3\text{ }\mu\text{F}$) على الترتيب .

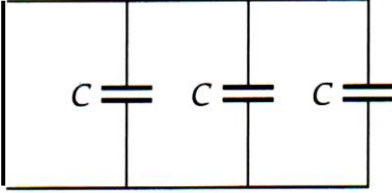
① احسب السعة المكافئة للمكثفات الثلاث ؟

$$\begin{aligned} C_{eq} &= C_1 + C_2 + C_3 \\ &= (3 \times 10^{-6}) + (6 \times 10^{-6}) + (9 \times 10^{-6}) = 18 \times 10^{-6} \text{ F} \end{aligned}$$

② احسب الشحنة الإجمالية للمكثف ؟

$$\begin{aligned} q_{eq} &= (C_1 + C_2 + C_3) \Delta V \\ &= (18 \times 10^{-6})(20.0) = 3.6 \times 10^{-4} \text{ C} \end{aligned}$$

③ احسب شحنة كل مكثف على حده ؟



س 21) ثلاثة مكثفات مختلفة السعة ($C_1 = 10.0 \mu F, C_2 = 8.0 \mu F, C_3 = 6.0 \mu F$) متصلة على التوازي كما في الشكل المجاور ومتصلة ببطارية جهدها ($20.0 V$). اجب عن الآتي :

$$C_{eq} = 2.4 \times 10^{-5} F$$

1) ما السعة المكافئة لهذه المجموعة من المكثفات ؟

2) احسب الهبوط في الجهد لكل مكثف ؟

3) احسب الشحنة الإجمالية لهذه المجموعة من المكثفات ؟

$$q_{tot} = 4.8 \times 10^{-4} C$$

س 22) تم توصيل مكثفين على التوازي بفرق جهد ($V_{AB} = 4.0 V$) وكانت الشحنة الكلية المتراكمة على المكثفين هي ($6.0 \mu C$) ، إذا كانت سعة أحد المكثفين ($C = 0.50 \mu F$) . فما سعة المكثف الثاني ؟

(a) $C = 1.5 \mu F$

(b) $C = 1.0 \mu F$

(c) $C = 2.0 \mu F$

(d) $C = 0.5 \mu F$

س 23) مكثفان سعة المكثف الأول ($5.0 nF$)، سعة المكثف الثاني ($4.0 \mu F$) متصلة معاً على التوازي مع بطارية جهدها ($15 V$) .

1) احسب السعة المكافئة للمكثفين ؟

2) احسب الشحنة الكهربائية لكل مكثف ؟

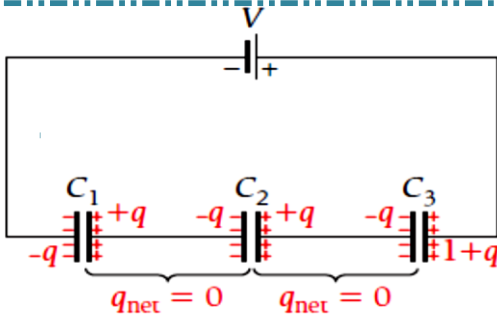
س 24) أربعة مكثفات متماثلة لكل منهما السعة C تم توصيلهما على التوازي . ما السعة المكافئة الناتجة عن هذا التوصيل ؟

(a) $C_{eq} = \frac{C}{4}$

(b) $C_{eq} = 4C$

(c) $C_{eq} = \frac{4}{C}$

(d) $C_{eq} = 2C$



ثانياً : المكثفات المتصلة على التوالي :

• يعرض الشكل المجاور دائرة بها عدة مكثفات متصلة على التوالي . وجميعها متصلة بنفس البطارية بحيث تنتج البطارية شحنة متساوية (+q) على اللوح الأيمن لكل مكثف ، وشحنة متساوية (-q) على اللوح الأيسر لكل مكثف .

- 1 عند توصيل اللوح الموجب لـ (C₃) بالطرف الموجب للبطارية تبدأ الشحنة الموجبة التي توفرها البطارية بالتراكم على اللوح
- 2 تستحث الشحنة الموجبة شحنة سالبة مساوية في المقدار على اللوح الآخر لـ (C₃) .
- 3 يتم توصيل لوح (C₃) السالب بالشحنة باللوحة الأيمن لـ (C₂) والذي يصبح موجب الشحنة (لأن الشحنات لا تتراكم في الجزء المعزول) بين اللوح الأيسر لـ (C₃) واللوحة الأيمن لـ (C₂) ثم تتكرر الخطوة (2) بين (C₂) و (C₁)
- 4 تتدفق الشحنة من البطارية فتشحن اللوح الموجب لـ (C₃) بشحنة (+q) وتحفز شحنة مقابلة (-q) على اللوح (C₁) السالب (كمية الشحنة الكلية تساوي شحنة كل مكثف على حده)

$$q_{eq} = (q_1 = q_2 = q_3)$$

• يكون مجموع هبوط الجهد في المكثفات الثلاثة مساوياً إجمالي فرق الجهد الذي توفره البطارية :

$$\Delta V_{tot} = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 = q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)$$

• يمكن حساب السعة المكافئة للمكثف :

$$C_{eq} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)^{-1}$$

يمكن حساب أي عدد (n) من المكثفات المتصلة على التوالي من خلال العلاقة :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

السعة المكافئة لنظام من المكثفات المتصلة على التوالي تساوي مجموع مقلوب السعات وبالتالي يمكن استبدال عدة مكثفات متصلة على التوالي بمكثف واحد له نفس السعة المكافئة:

(السعة المكافئة أصغر من أصغر السعات الفردية في النظام)

يمكن استخدام العلاقة :

$$C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

في حالة ربط مكثفين فقط على التوالي وليس أكثر .

$C_{eq} = 2.5\mu F$ توالي
 $C_{eq} = 40.0\mu F$ توازي

سؤال الاختبار الذاتي 4.2

- ما السعة المكافئة لأربعة مكثفات بسعة ($10.0\mu F$) متصلة على التوالي؟ التوازي؟

مراجعة المفاهيم 4.5

بالنسبة إلى دائرة بثلاثة مكثفات متصلة على التوالي ، يجب أن تكون السعة المكافئة دائماً

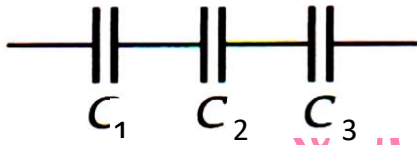
- (a) مساوية لأكبر السعات الفردية دائماً .
- (b) مساوية لأصغر السعات الفردية دائماً .
- (c) أكبر من أكبر السعات الفردية الثلاث .
- (d) أصغر من أصغر السعات الفردية الثلاث .

مراجعة المفاهيم 4.6

هبوط الجهد لدائرة بثلاثة مكثفات لها سعات مختلفة موصلة على التوالي هو

- (a) نفسه عبر كل مكثف وله قيمة فرق الجهد نفسه الذي توفره البطارية .
- (b) نفسه عبر كل مكثف ولديه $\frac{1}{3}$ من قيمة فرق الجهد نفسه الذي توفره البطارية .
- (c) أكبر في المكثف ذي السعة الأصغر .
- (d) أكبر في المكثف ذي السعة الأكبر .

س 25) ثلاثة مكثفات مختلفة السعة ($C_1 = 10.0\mu F$, $C_2 = 8.0\mu F$, $C_3 = 6.0\mu F$) متصلة على التوالي كما في الشكل المجاور



$C_{eq} = 2.55\mu F$

- ومتصلة ببطارية جهدها ($20.0 V$). اجب عن الآتي :
- 1) ما السعة المكافئة لهذه المجموعة من المكثفات ؟

$V_1 = 5.1 V$
 $V_2 = 6.4 V$
 $V_3 = 8.3 V$

- 2) احسب الهبوط في الجهد لكل مكثف ؟

$q_{eq} = 5.1 \times 10^{-5} C$

- 3) احسب الشحنة الإجمالية لهذه المجموعة من المكثفات ؟

* مقارنة توصيل المكثفات على التوالي والتوازي

وجه المقارنة	التوصيل على التوازي	التوصيل على التوالي
رسم تمثيلي		
الهبوط في الجهد	$\Delta V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$ الجهد متساوي ويساوي جهد البطارية	$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3$ مجموع الهبوط في الجهد يساوي جهد البطارية
كمية الشحنة	$q_{tot} = q_1 + q_2 + q_3 + \dots$ الشحنة الإجمالية هي مجموع الشحنات على كل مكثف	$q_{eq} = (q_1 = q_2 = q_3)$ الشحنات متساوية على كل مكثف وتساوي الشحنة الإجمالية
السعة المكافئة	$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$ السعة المكافئة هي مجموع السعات المنفردة	$\frac{1}{C_{eq}} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)$ السعة المكافئة هي مجموع مقلوب السعات المنفردة
قانون السعة لـ (N) من المكثفات	$C_{eq} = \sum_{i=1}^n C_i$	$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$
	السعة المكافئة للدائرة يجب أن تكون أكبر من أكبر سعة منفردة في الدائرة	السعة المكافئة للدائرة يجب أن تكون أصغر من أصغر سعة منفردة في الدائرة
مجموعة من السعات المتماثلة	$C_{eq} = nC$	$C_{eq} = \frac{C}{n}$

مثال محلولة :

لدينا ثلاث مكثفات سعتها ($12\mu F, 6\mu F, 4\mu F$) متصلة ببطارية جهدها ($250 V$) **أجب عما يلي :**
A- احسب السعة المكافئة في حالة تم توصيل جميع المكثفات على **التوالي** ؟

$$C_{eq} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{4\mu F} + \frac{1}{6\mu F} + \frac{1}{12\mu F} \right)^{-1} = 2.0\mu F$$

B- ما مقدار الهبوط في الجهد لكل مكثف ؟
 بما أن المكثفات متصلة على **التوالي** فشحنة المكثفات **متساوية** بسبب الشحن بالتأثير

$$q_{eq} = q_1 = q_2 = q_3$$

$$q_{eq} = C_{eq} \Delta V = (2.0 \times 10^{-6})(250) = 5.0 \times 10^{-4} C$$

$$V_1 = \frac{q}{C_1} = \frac{5.0 \times 10^{-4}}{4.0 \times 10^{-6}} = 125.0 V$$

$$V_2 = \frac{q}{C_2} = \frac{5.0 \times 10^{-4}}{6.0 \times 10^{-6}} = 83.3 V$$

$$V_3 = \frac{q}{C_3} = \frac{5.0 \times 10^{-4}}{12.0 \times 10^{-6}} = 41.7 V$$

تم **قطع الاتصال بالبطارية** وإعادة توصيل المكثفات على **التوازي**
C- احسب الشحنة الإجمالية للمكثفات الثلاثة ؟

$$q_{eq} = q_1 + q_2 + q_3$$

$$q_{eq} = (5.0 \times 10^{-4})(3) = 15.0 \times 10^{-4} C$$

D- ما السعة المكافئة للمكثفات ؟

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 = (4.0\mu F) + (6.0\mu F) + (12.0\mu F) = 22.0\mu F$$

E- ما الشحنة المتراكمة لكل مكثف ؟

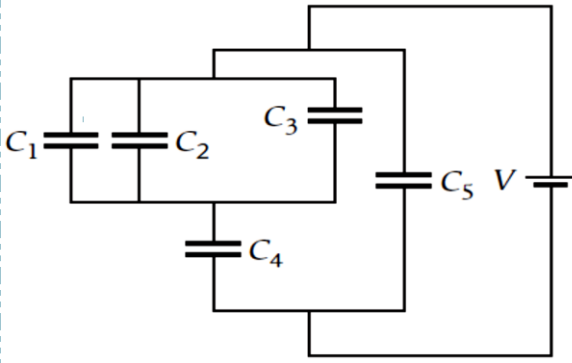
بما أن المكثفات متصلة على **التوازي** فجهد المكثفات **متساوي**

$$V = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{C_1 + C_2 + C_3} = \frac{q_{eq}}{C_{eq}} = \frac{(15.0 \times 10^{-4})}{22.0 \times 10^{-6}} = 68.2 V$$

$$q_1 = C_1 V = (4.0 \times 10^{-6})(68.2) = 2.7 \times 10^{-4} C$$

$$q_2 = C_2 V = (6.0 \times 10^{-6})(68.2) = 4.1 \times 10^{-4} C$$

$$q_3 = C_3 V = (12.0 \times 10^{-6})(68.2) = 8.2 \times 10^{-4} C$$



مثال 4.1 نظام من المكثفات :

• بالنظر إلى الدائرة في الشكل المجاور نلاحظ أنها تحتوي على خمسة مكثفات تتصل ببطارية جهدها (12.0 V) ، إذا كانت سعة كل مكثف (5.0 nF)

$$C_{eq} = 8.75 \text{ nF}$$

2 ما الشحنة المتراكمة على كل مكثف ؟

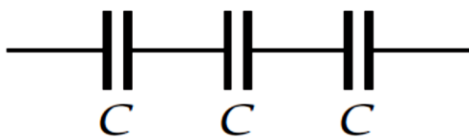
$$q_1 = q_2 = q_3 = 15.0 \text{ nC}$$

$$q_4 = 45.0 \text{ nC}$$

$$q_5 = 60.0 \text{ nC}$$

مراجعة المفاهيم 4.7

ثلاثة مكثفات كل بسعة C متصلة كما هو موضح بالشكل . ما السعة المكافئة لهذه المجموعة من المكثفات ؟



$$C/3 \quad (a)$$

$$3C \quad (b)$$

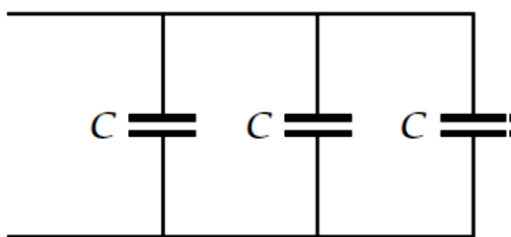
$$C/9 \quad (c)$$

$$9C \quad (d)$$

(e) لاشئ مما سبق .

مراجعة المفاهيم 4.8

ثلاثة مكثفات كل بسعة C متصلة كما هو موضح بالشكل . ما السعة المكافئة لهذه المجموعة من المكثفات ؟



$$C/3 \quad (a)$$

$$3C \quad (b)$$

$$C/9 \quad (c)$$

$$9C \quad (d)$$

(e) لاشئ مما سبق .

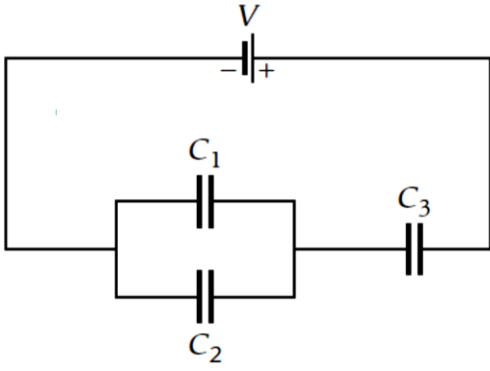
مراجعة المفاهيم 4.9

ثلاثة مكثفات متصلة ببطارية كما هو موضح في الشكل المجاور

إذا كان $(C_1 = C_2 = C_3 = 10.0 \mu F)$ ، $(V = 10.0 V)$.

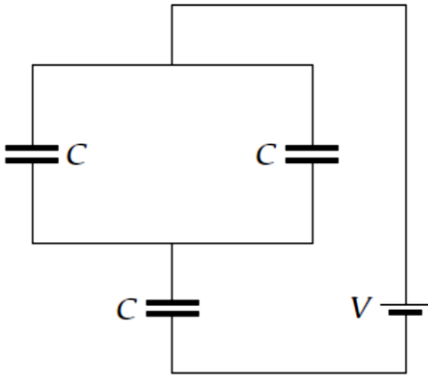
1 ما الشحنة التي تتراكم على المكثف (C_3)

$$q = 66.7 \times 10^{-6} C$$



س 4.1 في الدائرة الموضحة بالشكل إذا شحن كل مكثف بشحنة مقدارها (q) وسعة كل

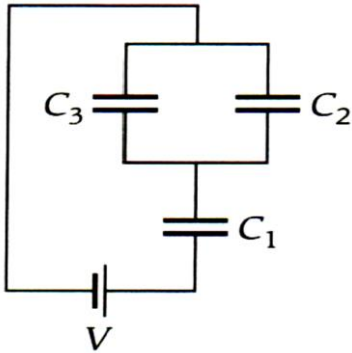
مكثف هي (C) وجميعها متصلة ببطارية جهدها (V) ما السعة المكافئة للدائرة المجاورة



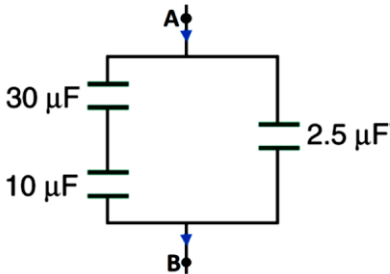
س 4.38 تم توصيل ثلاث مكثفات ذات سعات مختلفة بمقاديرها $(C_1 = 3.10 nF, C_2 = 1.30 nF, C_3 = 3.70 nF)$

ببطارية جهدها $(14.9 V)$. ما مقدار الهبوط في المكثف (C_2)

$$V_2 = 5.70 V$$

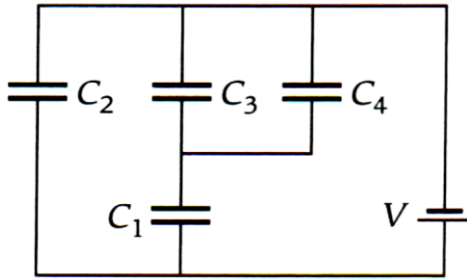


س 26 وفقاً للشكل ، ما السعة المكافئة بين النقطتين (A, B) ؟



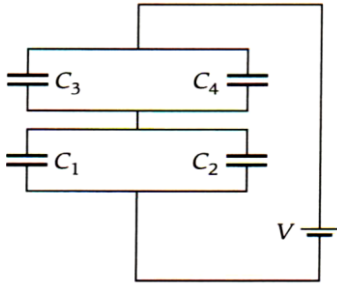
10.0 μF	(B)	0.42 μF	(A)
1.9 μF	(D)	7.5 μF	(C)

س4.39) تم توصيل أربعة مكثفات ذات سعات مختلفة ($C_1 = 3.50nF$, $C_2 = 2.10nF$, $C_3 = 1.30nF$, $C_4 = 4.90nF$) ببطارية جهدها ($10.3V$). ما مقدار السعة المكافئة للدائرة



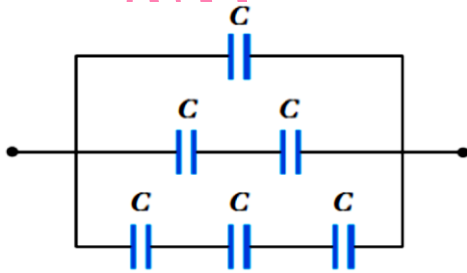
$$C_{eq} = 4.34 \times 10^{-9} F$$

س4.40) في الشكل المجاور دائرة تحتوي على أربعة مكثفات ($C_1 = 18.0\mu F$, $C_2 = 11.3\mu F$, $C_3 = 33.0\mu F$, $C_4 = 44.0\mu F$) إذا كان جهد البطارية ($10.0V$). ما إجمالي الشحنة التي يجب أن يوفرها مصدر الطاقة لشحن المكثف ؟



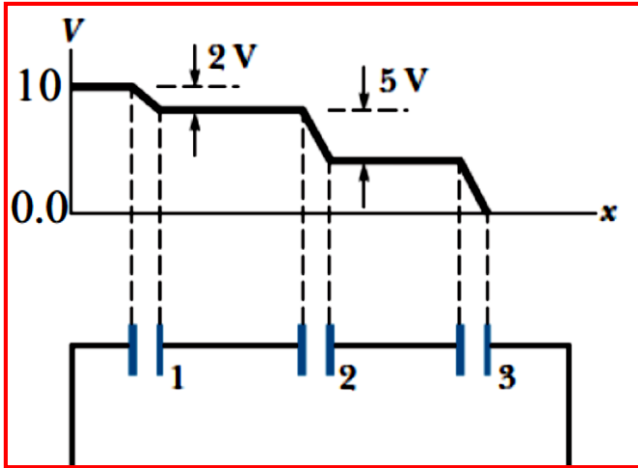
$$q_{eq} = 2.12 \times 10^{-4} C$$

س27) الدائرة الكهربائية المجاورة تحوي عدة مكثفات متساوية السعة مقدارها (C) أوجد السعة المكافئة لمجموعة المكثفات



$$C_{eq} = 1.83 C$$

س 28) الشكل المجاور يمثل ثلاثة مكثفات متصلة معاً على التوالي مع مصدر جهد مقداره (10.0 V) وسعة المكثف الثالث يساوي ($C = 8.0 \times 10^{-7} F$) ، والشكل البياني يبين الهبوط في الجهد للمكثفات الثلاث .

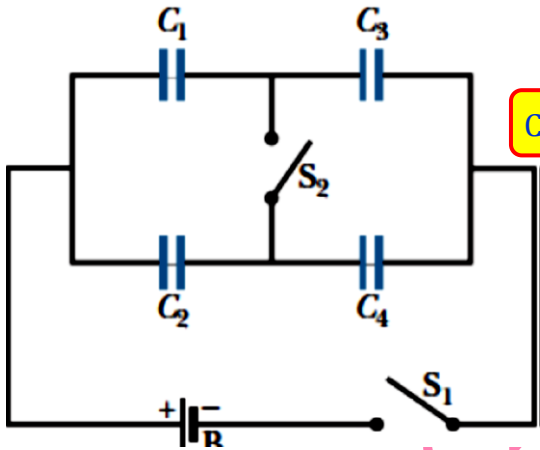


$$C_1 = 1.2 \mu F$$

$$C_2 = 0.48 \mu F$$

- أوجد السعة الكهربائية للمكثفين الأول ، الثاني ؟

س 29) بطارية جهدها (12.0 V) كما في الشكل ، متصلة مع مجموعة مكثفات مختلفة السعة سعة كلاً منهما ($C_1 = 1.0 \mu F$) ، ($C_2 = 2.0 \mu F$) ، ($C_3 = 3.0 \mu F$) ، ($C_4 = 4.0 \mu F$) أوجد ما يلي :



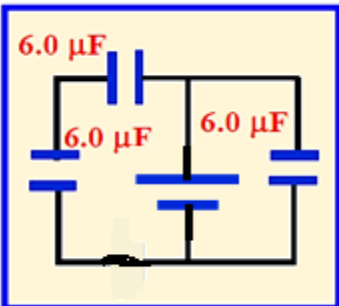
$$C = 2.08 \mu F$$

1) السعة المكافئة إذا كان المفتاح 1 فقط مغلق . وشحنة المكثف C_1

$$C = 2.1 \mu F$$

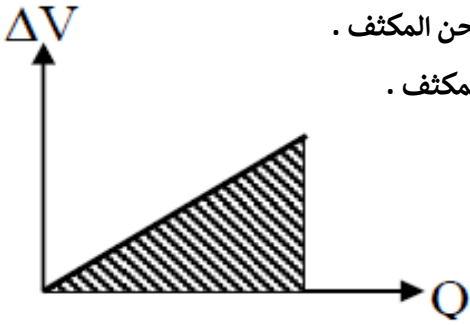
2) السعة المكافئة لمجموعة المكثفات إذا كان المفتاحان 1, 2 مغلقان . وشحنة المكثف C_1

س 30) في الدائرة الكهربائية المجاورة ، ما السعة الكهربائية المكافئة لمجموعة المكثفات ؟



4.5 الطاقة المخزنة في المكثفات Energy stored in capacitors

- المكثفات مفيدة للغاية في تخزين طاقة الوضع الكهربائية ، فهي أكثر فائدة من البطاريات إذ أنها تحول الطاقة بسرعة شديدة .
 - مصدر الطاقة المخزنة في المكثف هو : الشغل المبذول من المصدر (البطارية) في شحن المكثف .
 - لتحقيق عملية الشحن : يجب نقل الشحنة بعكس اتجاه المجال الكهربائي بين لوحي المكثف .
 - يخزن المكثف الطاقة على صورة : طاقة وضع كهربائية .
 - الطاقة المخزنة في المكثف : تمثل المساحة تحت المنحنى في الرسم البياني
- حيث $(q, \Delta V)$ هما فرق الجهد والشحنة اللحظيين (المتزايدين) على التوالي على المكثف أثناء عملية الشحن .
- يمكن الحصول على الشغل من خلال العلاقة



$$W_t = \int dW = \int_0^q \frac{q'}{C} dq' = \frac{q^2}{2C}$$

- يمكن حساب الطاقة المخزنة في المكثفات أو الشغل المبذول لشحن المكثف من خلال إحدى العلاقات التالية :

$$U = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2 = \frac{1}{2} q \Delta V$$



- كثافة الطاقة الكهربائية : طاقة الوضع الكهربائية لوحدة الحجم .

$$u = \frac{U}{\text{الحجم}}$$

ملاحظة هامة

- مكثف متوازي اللوحين ليس له مجال عند الأطراف يسهل حساب الحجم المحصور بين اللوحين ومفصولان بمسافة وذلك باستخدام المعادلة السابقة لحساب الطاقة المخزنة نحصل على :

$$u = \frac{U}{Ad} = \frac{\frac{1}{2} C (\Delta V)^2}{Ad} = \frac{C (\Delta V)^2}{2Ad}$$

باستخدام العلاقة لسعة المكثف متوازي اللوحين الذي به فراغ بين اللوحين نحصل على :

$$u = \frac{\left(\frac{\epsilon A}{d}\right) (\Delta V)^2}{2Ad} = \frac{1}{2} \epsilon \left(\frac{\Delta V}{d}\right)^2$$

$$E = \frac{\Delta V}{d} \quad \text{تذكر أن}$$

وبالتالي نحصل على تعبير لكثافة الطاقة الكهربائية

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

مثال 4.3

- افترض أن كثافة رعدية بعرض (2.0 Km) وطول (3.0 Km) تحوم على ارتفاع (0.50 Km) فوق منطقة مسطحة . تحمل السحابة شحنة مقدارها (160.0 C) ولا تحمل الأرض أي شحنة .

1 ما فرق الجهد بين السحابة والأرض ؟

الإجابة :

نعتبر نظام السحابة والأرض في صورة مكثف متوازي اللوحين ويمكن حساب سعته وفقاً للمعادلة :

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} = \frac{(8.85 \times 10^{-12})(2.0 \times 10^3)(3.0 \times 10^3)}{0.50 \times 10^3} = 1.06 \times 10^{-7} \text{ F}$$

وبما أن المكثف يحتوي على لوحين أحدهما يحتوي على شحنة موجبة وأخرى سالبة متساويتان في المقدار

$$\Delta V = \frac{q}{C} = \frac{80}{1.06 \times 10^{-7}} = 7.3 \times 10^8 \text{ V}$$

$$E = 1.5 \text{ MV/m}$$

2 تتطلب الصواعق مجال كهربائي قوي يصل إلى (2.5 MV/m) هل الظروف ملائمة لحدوث الصاعقة ؟

$$U = 2.9 \times 10^{10} \text{ J}$$

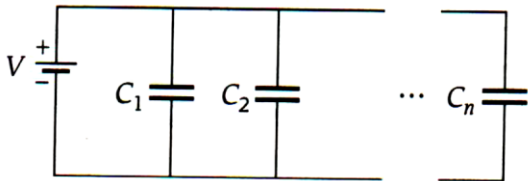
3 احسب مقدار الطاقة المختزنة في (نظام السحابة والأرض)

مسألة محلولة 4.1

في الشكل المجاور يوجد العديد من المكثفات متصلة على التوازي سعة كل منهما (90.0 μF) عبر بطارية جهدها (160 V)

1 كم يلزم من المكثفات لتخزين (95.6 J) من الطاقة ؟

$$U = \frac{1}{2} C_{eq} (\Delta V)^2 = \frac{1}{2} nC (\Delta V)^2$$



$$n = 83 \text{ مكثفا}$$

مراجعة المفاهيم 4.10

ما مقدار الطاقة المخزنة في مكثف سعته $(180 \mu F)$ لوحدة وميض كاميرا مشحونة إلى $(300 V)$.

(a) 1.22 J

(b) 8.10 J

(c) 45.0 J

(d) 115.0 J

(e) 300.0 J

س 31 مكثف سعته الكهربائية $(9.0 \times 10^{-9} F)$ تم وصله ببطارية بحيث كان مقدار طاقة الوضع الكهربائية المخزنة فيه هي

$(4.5 \times 10^{-7} J)$. احسب فرق الجهد للبطارية .

$$\Delta V = 10.0 V$$

س 32 مكثف متوازي اللوحين سعته $(3.2 \times 10^{-12} F)$ يملأ الهواء الحيز بين صفيحتيه والمسافة بينهما $(8.0 \times 10^{-3} m)$

ويتصل ببطارية فرق الجهد بين قطبيها $(6.0 V)$.

1 احسب المساحة المشتركة بين صفيحتي المكثف ؟

$$A = 2.9 \times 10^{-3} m^2$$

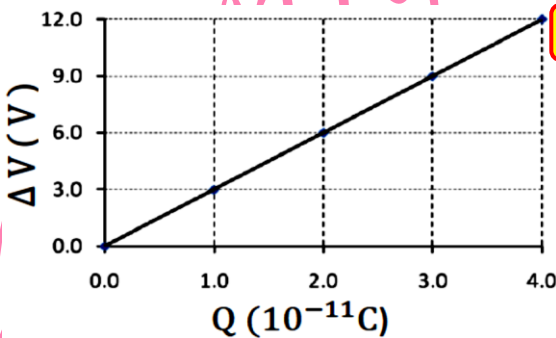
2 بأي عامل تتغير الطاقة المخزنة في المكثف إذا استبدلت البطارية بأخرى فرق الجهد بين طرفيها $(12.0 V)$ بين خطوات الحل

العامل = 4

س 33 شحن مكثف متوازي اللوحين بوصل صفيحتيه بقطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها $(12.0 V)$ الرسم البياني يمثل منحنى تغيرات

فرق الجهد بين صفيحتي المكثف بتغير شحنته خلال عملية الشحن. إذا كان البعد بين الصفيحتين $(1.2 mm)$

1 احسب المساحة المشتركة بين صفيحتي المكثف ؟



$$A = 4.5 \times 10^{-4} m^2$$

2 ماذا يمثل كلاً من ميل الخط البياني والمساحة تحت المنحنى ؟

3 احسب الزيادة في الطاقة المخزنة في المكثف والنتيجة عن زيادة شحنته من $(2.0 \times 10^{-11} C)$ إلى $(4.0 \times 10^{-11} C)$ أثناء عملية الشحن ؟

$$\Delta U = 1.8 \times 10^{-10} J$$

مثال 4.4

- منشأة الإشعال (NIF) عبارة عن ليزر عالي الطاقة ، يستمد الليزر طاقته من (192) وحدة تكييف للقدرة تضم كل منها (20) مكثفاً بقدرة (300.0μF) جميعها متصلة على التوازي ومشحونة بطاقة قدرها (24.0 KV) . تشحن المكثفات كل (90 s) ثم يطلق الليزر بنفريغ كامل الطاقة المخزنة في المكثف خلال (400.0μs).

$$U = 331.8 \times 10^6$$

- 1 احسب مقدار الطاقة المخزنة في مكثفات (NIF) ؟

- 2 ما متوسط القدرة المحررة بواسطة وحدات تكييف القدرة أثناء نبضة الليزر ؟

القدرة هي : الطاقة لكل وحدة من الزمن ويتم حسابها من خلال :

$$P = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{332 \text{ MJ}}{400 \mu\text{s}} = 8.30 \times 10^{11} \text{ W}$$

- س 4.45) مكثف يحمل شحنة مقدارها (60.0 μC) على كل لوح ، وفرق الجهد في اللوحين (ΔV = 12.0 V).

$$\Delta U = 0.0036 \text{ J}$$

- احسب الطاقة المختزنة في المكثف عندما يصبح فرق الجهد في اللوحين (120.0 V) ؟

- س 4.46) يتم شحن مكثف في جهاز الصدمات الكهربائية إلى (7.50 KV) ويخزن (2400 J) من الطاقة .

$$C = 85.3 \mu\text{F}$$

- احسب سعة المكثف ؟

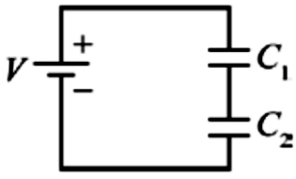
- س 4.47) يبلغ المجال الكهربائي للأرض بالقرب من سطحها حوالي (150.0 V/m) .

$$u = 9.96 \times 10^{-8} \text{ J/m}^3$$

- احسب الطاقة الكهربائية التي تحتويها كل متر مكعب من الهواء بالقرب من السطح ؟

س 4.48 إذا كان فرق الجهد في مكثفين متصلين على التوالي هو (120.0 V) والسعات ($C_1 = 1.0 \times 10^{-3} F$, $C_2 = 1.5 \times 10^{-3} F$)

1 ما إجمالي السعة لهذا النوع من المكثفات؟



$$C_{eq} = 600 \mu F$$

$$q = 7.2 \times 10^{-2} C$$

2 ما الشحنة على كل مكثف؟

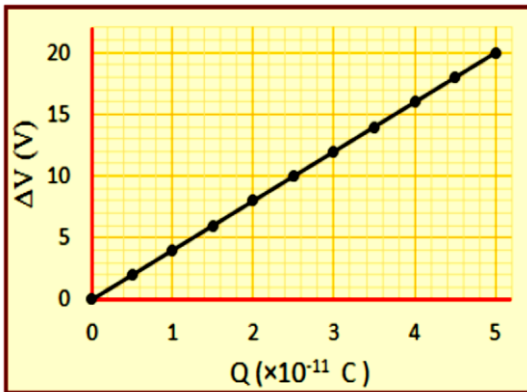
$$V_1 = 72 V$$

$$V_2 = 48 V$$

3 احسب فرق الجهد الناتج على كل مكثف؟

$$U = 4.32 J$$

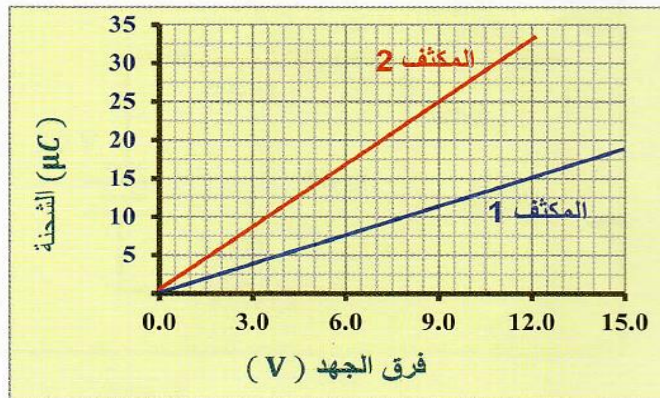
4 ما إجمالي الطاقة التي يخزنها المكثفان؟



س 34 شحن مكثف متوازي اللوحين بوصل لوحيه بقطبي بطارية جهدها (12 V). الرسم البياني المجاور يمثل تغيرات الجهد بين لوح المكثف بتغير شحنته خلال عملية الشحن. إذا كان البعد بين اللوحين (1.2 mm). ما مساحة لوح المكثف

$A = 2.5 \times 10^{-12} m^2$	C	$A = 5.2 \times 10^{-12} m^2$	A
$A = 3.39 \times 10^{-4} m^2$	D	$A = 4.3 \times 10^{-4} m^2$	B

س 35 يظهر الرسم البياني المجاور تغيرات فرق الجهد الكهربائي والشحنة الكهربائية لمكثفين كهربائيين.

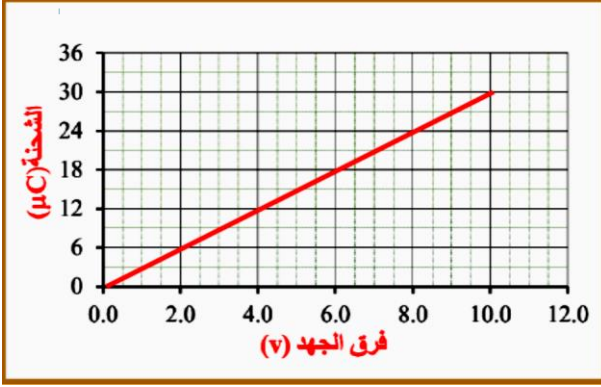


- احسب نسبة السعة الكهربائية $\left[\frac{C_2}{C_1} \right]$

$\frac{C_2}{C_1} = 3.63$	C	$\frac{C_2}{C_1} = 2.2$	A
$\frac{C_2}{C_1} = 0.52$	D	$\frac{C_2}{C_1} = 0.45$	B

س36) يظهر الرسم البياني تغيرات كمية الشحنة الكهربائية وفرق الجهد الكهربائي بين لوحى مكثف .

- ما مقدار المساحة تحت المنحنى و ماذا تمثل ؟



المقدار	ماتمثلة المساحة تحت المنحنى
A	سعة المكثف $3.0 \times 10^{-6} \text{J}$
B	مقلوب سعة المكثف $3.0 \times 10^{-6} \text{J}$
C	الطاقة المخزنة في المكثف $1.5 \times 10^{-4} \text{J}$
D	مقلوب الطاقة المخزنة في المكثف $1.5 \times 10^{-4} \text{J}$

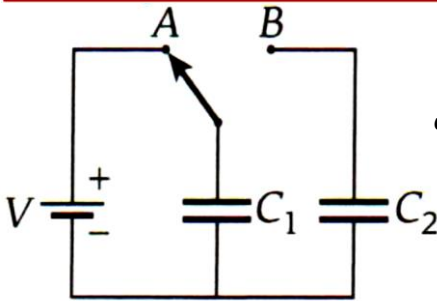
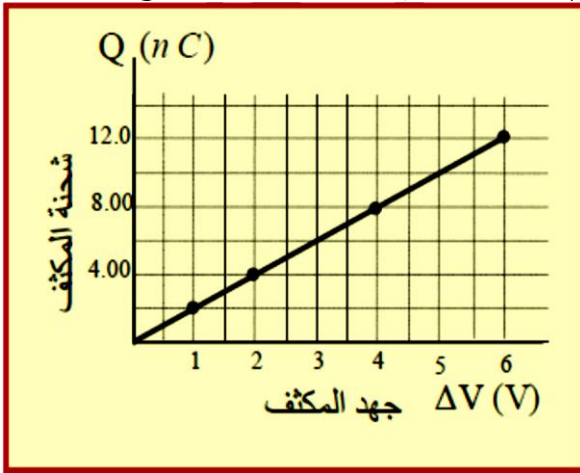
س37) مكثف متوازي اللوحين هوائى المسافة بين لوحيه $(2.0 \times 10^{-5} \text{ m})$ تم توصيله ببطارية ، الشكل المجاور يوضح تغيرات

فرق الجهد بين صفيحتي المكثف بتغيير شحنه أثناء عملية الشحن .

(a) احسب ميل الخط البياني و ماذا يمثل ؟

(b) احسب المساحة تحت المنحنى و ماذا تمثل ؟

(c) ما مقدار المساحة المشتركة بين لوحى المكثف ؟



س451) في الشكل المجاور دائرة كهربائية جهدها $(V = 12.0 \text{ V})$ ، سعة المكثفان متساويان

$(C_1 = C_2 = 500.0 \text{ pF})$ المفتاح مغلق إلى الوضع (A) والمكثف مشحون بالكامل

1 احسب الطاقة التي توصلها البطارية ؟

$$U = 7.20 \times 10^{-8} \text{ J}$$

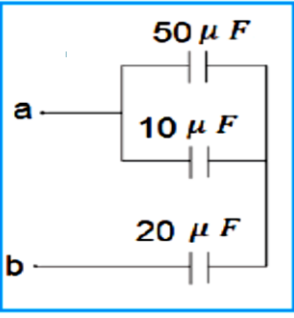
2 احسب الطاقة المخزنة في المكثف الأول ؟

$$U = 3.60 \times 10^{-8} \text{ J}$$

! بعد ذلك يتم نقل المفتاح إلى الوضع (B) ويسمح للدائرة بتحقيق الاتزان

3 احسب إجمالي الطاقة المخزنة في المكثفين (C_1) ، (C_2) .

$$U_{1,2} = 9.0 \times 10^{-9} \text{ J}$$



س 38 اعتماداً على البيانات الواردة في الشكل المجاور لدائرة تحتوي على مجموعة من المكثفات موصولة بين النقطتين (a, b) فرق الجهد بينهما (50.0 V) ما مقدار الطاقة المخزنة في مجموعة المكثفات بوحدة (ev) ؟

$$U = 1.2 \times 10^{17} \text{ ev}$$

س 39 مكثفان كهربائيان متماثلان (A) ، (B) تم شحن المكثف (A) بواسطة بطارية جهدها (6.0 V) بينما تم شحن المكثف (B) بواسطة بطارية جهدها (3.0 V) . احسب نسبة الطاقة المخزنة في المكثف (A) إلى الطاقة المخزنة في المكثف (B)

$$\frac{U_A}{U_B} = 4$$

4.6 المكثفات والعوازل الكهربائية Capacitors With Dielectrics

المكثفات التي تم مناقشتها سابقاً يفصل بين لوحها هواء أو فراغ . غير أن المكثفات المستخدمة في التطبيقات التجارية تحتوي على مادة عازلة تسمى العازل الكهربائي .

• فوائد المادة العازلة :

- 1 يحافظ على انفصال اللوحين .
- 2 يعزل لوحها كهربائياً .
- 3 زيادة سعة المكثف ، وكذلك زيادة الطاقة المخزنة في المكثف .
- 4 جعل المكثف يعمل على فرق جهد أكبر دون حدوث تفريغ كهربائي .

عند وضع مادة عازلة بين لوحي المكثف ينشأ في العازل مجال معاكس للمجال الأصلي كما هو موضح في الشكل

• يتم حساب سعة المكثف من خلال العلاقة :

$$C = kC_{\text{الهواء}}$$

حيث تمثل (C_{الهواء}) سعة المكثف بدون العازل الكهربائي .

- نتيجة وضع المادة العازلة بين لوحي المكثف
- 1 ينخفض المجال الكهربائي نتيجة وجود مجال معاكس .
- 2 ينخفض فرق الجهد بين طرفي المكثف .
- 3 يسمح للمكثف بتخزين شحنة أكبر

- يمكن كتابة معادلة المجال المنتظم على الشكل التالي :

$$E = \frac{E_{\text{الهواء}}}{k} = \frac{q}{k\epsilon_0 A} = \frac{q}{\epsilon A}$$

حيث $\epsilon = k\epsilon_0$ تمثل السماحية الكهربائية للعازل الكهربائي يعطى فرق الجهد في مكثف متوازي اللوحين بالعلاقة :

$$\Delta V = Ed = \frac{qd}{k\epsilon_0 A}$$

شدة العزل الكهربائي :

- هو عبارة عن قياس لقدرة المادة على تحمل فرق الجهد .
- إذا تجاوزت شدة المجال الكهربائي شدة العزل الكهربائي سيتعطل العازل الكهربائي ويبدأ في توصيل شحنة بين اللوحين عبر شرارة وهذا يؤدي إلى تلف المكثف

علل : يوجد حد أقصى لفرق الجهد الذي يعمل عليه المكثف ؟

ج : بزيادة فرق الجهد عن الحد المسموح به تتأين المادة العازلة وتصبح موصلة ويحدث تفريغ كهربائي
علل : يوجد حد أقصى للطاقة (أو الشحنة) التي يمكن أن يخزنها المكثف ؟ (نفس الإجابة السابقة)

ملاحظة هامة

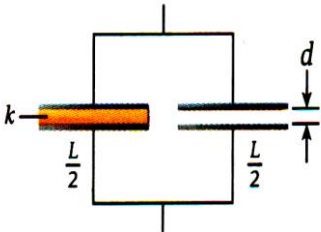
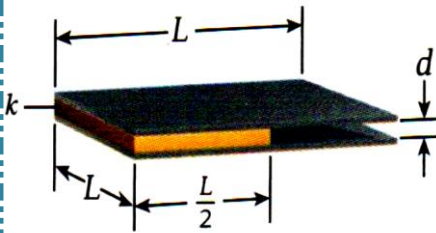
- وجود البطارية بين لوحي المكثف يبقى فرق الجهد ثابت مهما أجرينا من تغيير .
- إذا كان المكثف مشحون ومفصول عن البطارية تبقى شحنته ثابتة مهما أجرينا من تغيير .

مسألة محلولة 4.2

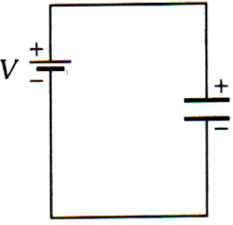
يتكون مكثف متوازي اللوحين من لوحين متواصلين مربعين بطول ضلع (10.0 cm) إذا كانت المسافة بين اللوحين (d = 0.250 cm) أدخل عازل كهربائي ذو عزل كهربائي (k = 15.0) وسمك العازل (0.250 cm) يبلغ عرض العازل (10.0 cm) وطوله (5.0 cm) ! ما سعة المكثف ؟

$$C_{12} = 283 \text{ PF}$$

تعامل مع هذا المكثف كمكثفين متصلين على التوازي

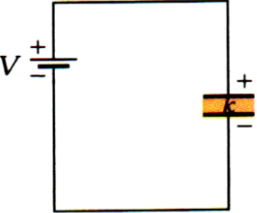


مثال 4.5



- 1 افترض في مكثف متوازي اللوحين من دون عازل كهربائي سعته $(2.0 \mu\text{F})$ وموصل ببطارية ذات فرق جهد (12.0 V) . ما الشحنة المخزنة في المكثف ؟

$$q = C\Delta V = (2.00 \cdot 10^{-6} \text{ F})(12.0 \text{ V}) = 2.40 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$



- 2 في المثال السابق إذا أدخل عازل كهربائي له $(k=2.50)$ بين لوحي المكثف ليملاً الفراغ بينهما بالكامل .
- ما الشحنة التي على المكثف الآن ؟

$$q = 6.0 \times 10^{-5} \text{ C}$$

- 3 افترض الآن أن المكثف مفصول عن البطارية . ماذا سيحدث للشحنة وفرق الجهد إذا أزلنا العازل الكهربائي ؟
لا تتغير الشحنة الموجودة على المكثف لأن المكثف مفصول عن البطارية وبالتالي لا يوجد مكان لتتدفق الشحنة فيه .

$$\Delta V = \frac{q}{C} = \frac{6.00 \cdot 10^{-5} \text{ C}}{2.00 \cdot 10^{-6} \text{ F}} = 30.0 \text{ V}$$

- يزداد فرق الجهد لأن إزالة المادة العازلة تزيد المجال الكهربائي وفرق الجهد بين اللوحين .

- 4 احسب الطاقة المخزنة في المكثف في وجود المادة العازلة ؟ وبعد إزالة المادة العازلة ؟

أولاً : قبل إزالة المادة العازلة :

$$U = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2 = \frac{1}{2} \kappa C_{\text{vacuum}} (\Delta V)^2$$

ثانياً : بعد إزالة المادة العازلة :

$$U = \frac{1}{2} C_{\text{vacuum}} (\Delta V)^2$$

- س 4.20 لديك جهاز كهربائي يحتوي على مكثف سعته $(10.0 \mu\text{F})$. لكن التطبيق يحتاج إلى مكثف سعته $(18.0 \mu\text{F})$.

ما التعديل الذي يجب إجراؤه على جهازك لزيادة سعته إلى $(18.0 \mu\text{F})$

ج : من أجل زيادة سعة المكثف يمكن عمل الآتي :

- 1 إضافة مادة عازلة للمكثف مع ثابت عازل مقداره $(k=1.80)$

- 2 تغيير الشكل الهندسي للمكثف عن طريق انقاص البعد أو زيادة مساحة سطح اللوحين

المكثف متصل ببطارية : (ثابت ΔV)

إضافة مادة عازلة بين لوحي المكثف

التفسير	التغير	
لأن المكثف متصل ببطارية يبقى فرق جهد المكثف ثابت $\Delta V_{\text{مكثف}} = \Delta V_{\text{بطارية}}$ لو نقص الجهد لحظياً فإن البطارية تبذل شغلاً على المكثف حتى يعود الجهد لقيمه الثابتة . لو زاد الجهد لحظياً فإن المكثف يفرغ شحنته حتى يعود الجهد لقيمه الثابتة .	ثابت	ΔV جهد المكثف
لأن المكثف متصل ببطارية يبقى فرق جهد المكثف ثابت $\Delta V_{\text{مكثف}} = \Delta V_{\text{بطارية}}$ وحيث أن المسافة بين اللوحين لم تتغير لذلك تظل شدة المجال ثابتة $\Delta V = Ed$	ثابتة	E شدة المجال
عند إدخال المادة العازلة يقل فرق الجهد بين لوحي المكثف لحظة إدخال المادة العازلة بسبب تكون مجال داخل المادة العازلة فتبذل البطارية شغلاً ليصل الجهد إلى مقداره الثابت وتزداد الشحنة $Q = C\Delta V$ وتزداد السعة . يزداد معامل السماحية الكهربائية و $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ و السعة تتناسب طردياً مع معامل السماحية عند ثبات (A) ، (d) فتزداد السعة .	تزداد	C سعة المكثف
عند إدخال المادة العازلة يقل فرق الجهد بين لوحي المكثف لحظة إدخال المادة العازلة بسبب تكون مجال داخل المادة العازلة فتبذل البطارية شغلاً ليصل الجهد إلى مقداره الثابت وتزداد الشحنة $Q = C\Delta V$ وتزداد السعة . لأن سعة المكثف زادت وظل فرق الجهد ثابت $Q = C\Delta V$ ولأنه متصل ببطارية يمكن تدفق المزيد من الشحنات على لوحي المكثف .	تزداد	Q شحنة المكثف
الطاقة المخزنة في المكثف تتناسب طردياً مع سعة المكثف عند ثبات فرق الجهد $U = \frac{1}{2} C\Delta V^2$	تزداد	U الطاقة المخزنة

زيادة المسافة الفاصلة بين لوحي المكثف

التفسير	التغير	
لأن المكثف متصل ببطارية يبقى فرق جهد المكثف ثابت $\Delta V_{\text{مكثف}} = \Delta V_{\text{بطارية}}$ لو نقص الجهد لحظياً فإن البطارية تبذل شغلاً على المكثف حتى يعود الجهد لقيمه الثابتة . لو زاد الجهد لحظياً فإن المكثف يفرغ شحنته حتى يعود الجهد لقيمه الثابتة .	ثابت	ΔV جهد المكثف
لأن المكثف متصل ببطارية يبقى فرق جهد المكثف ثابت $\Delta V_{\text{مكثف}} = \Delta V_{\text{بطارية}}$ وحيث أن المسافة بين اللوحين لم زادت لذلك تقل شدة المجال ثابتة $\Delta V = Ed$	تقل	E شدة المجال
لأن السعة تتناسب عكسياً مع المسافة بين اللوحين عند ثبات (A) ومعامل سماحية الوسط فتقل السعة $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$	تقل	C سعة المكثف
لأن سعة المكثف تقل والسعة تتناسب عكسياً مع المسافة بين اللوحين عند ثبات (A) ومعامل سماحية الوسط ويظل الجهد ثابت وبالتالي تقل الشحنة $Q = C\Delta V$	تقل	Q شحنة المكثف
الطاقة المخزنة في المكثف تتناسب طردياً مع سعة المكثف عند ثبات فرق الجهد $U = \frac{1}{2} C\Delta V^2$	تقل	U الطاقة المخزنة

المكثف غير متصل بطارية : (ثابت = Q)

إضافة مادة عازلة بين لوحى المكثف

التفسير	التغير	
لأنه غير متصل بمصدر يعمل على بذل شغل لشحنه أو تفريغ شحنته فتظل الشحنة ثابتة	ثابت	شحنة المكثف Q
لأنه عند إضافة مادة عازلة يتكون مجال كهربائي داخل المادة العازلة معاكس لاتجاه المجال الأصلي بين اللوحين فيقل شدة المجال الكلي $E_{\text{عازل}} - E_{\text{مكثف}} = E_{\text{محصلة}}$	تقل	شدة المجال E
لأنه عند إضافة مادة عازلة يتكون مجال كهربائي داخل المادة العازلة معاكس لاتجاه المجال الأصلي بين اللوحين فيقل شدة المجال الكلي $E_{\text{عازل}} - E_{\text{مكثف}} = E_{\text{محصلة}}$ والمسافة بين اللوحين لم تتغير $\Delta V = Ed$ فيقل الجهد	يقل	جهد المكثف ΔV
لأنه عند إضافة مادة عازلة يتكون مجال كهربائي داخل المادة العازلة معاكس لاتجاه المجال الأصلي بين اللوحين فيقل شدة المجال الكلي $E_{\text{عازل}} - E_{\text{مكثف}} = E_{\text{محصلة}}$ والمسافة بين اللوحين لم تتغير $\Delta V = Ed$ فيقل الجهد ولان الشحنة ثابتة فإن السعة تزداد	تزداد	سعة المكثف C
الطاقة المخزنة في المكثف تتناسب طردياً مع فرق الجهد عند ثبات شحنته $U = \frac{1}{2} Q \Delta V$	تقل	الطاقة المخزنة U

زيادة المسافة الفاصلة بين لوحى المكثف

التفسير	التغير	
لأنه غير متصل بمصدر يعمل على بذل شغل لشحنه أو غير متصل ب (مصباح) كي يفرغ شحنته فتظل الشحنة ثابتة	ثابت	شحنة المكثف Q
لأن الشحنة ثابتة وعندما تتغير المسافة بين اللوحين يتغير الجهد وتظل شدة المجال ثابتة	ثابتة	شدة المجال E
لأن فرق الجهد يتناسب طردياً مع المسافة بين اللوحين عند ثبات شدة المجال $\Delta V = Ed$	يزداد	جهد المكثف ΔV
لأن جهد المكثف يزداد وتظل الشحنة ثابتة $C = \frac{Q}{V}$ لأن السعة تتناسب عكسياً مع المسافة بين اللوحين عند ثبات (A) ومعامل السماحية الكهربائية فتقل السعة	تقل	سعة المكثف C
الطاقة المخزنة في المكثف تتناسب طردياً مع فرق الجهد عند ثبات شحنته $U = \frac{1}{2} Q \Delta V$ الطاقة المخزنة في المكثف تتناسب عكسياً مع السعة عند ثبات شحنته $U = \frac{q^2}{2C}$	تزداد	الطاقة المخزنة U

مراجعة المفاهيم 4.11

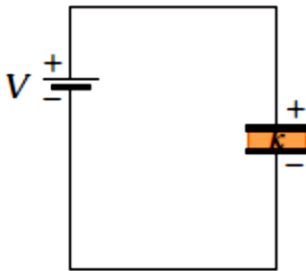
افترض أنك قمت بشحن مكثف متوازي اللوحين به عازل كهربائي بين اللوحين باستخدام بطارية ثم أزلت البطارية وقمت بعزل المكثف وتركه مشحوناً ثم أزلت العازل الكهربائي من بين اللوحين .
- ما التغير الذي يطرأ على فرق الجهد بين اللوحين ؟

- (a) يزداد .
- (b) يقل .
- (c) يبقى ثابت .
- (d) لا يمكن تحديده .

مراجعة المفاهيم 4.12

بالاعتماد على الشكل المجاور ، ماذا قد يحدث إذا تم سحب العازل الكهربائي للمكثف للخارج بمقدار النصف ثم تحريره ؟

- (a) سيرجع أو سيعود العازل الكهربائي مرة أخرى إلى المكثف .
- (b) يسخن العازل الكهربائي بسرعة .
- (c) سيدفع أو سيندفع العازل الكهربائي خارج المكثف .
- (d) يسخن لوجي المكثف بسرعة .
- (e) يبقى العازل الكهربائي في الوضع الذي تم سحبه إليه بمقدار النصف ، ولا تلاحظ أي سخونة .



مراجعة المفاهيم 4.13

اذكر ما إذا كانت كل من العبارات التالية حول مكثف متوازي اللوحين معزول صحيحة أم خاطئة ؟

- (a) عند مضاعفة المسافة بين اللوحين تتضاعف الطاقة المخزنة في المكثف .
- (b) زيادة المسافة بين اللوحين تزيد المجال الكهربائي بينهما .
- (c) عند تقليل المسافة بين اللوحين إلى النصف تظل الشحنة على اللوحين كما هي .
- (d) يزيد إدخال مادة عازلة بين اللوحين من الشحنة عليها .
- (e) يقلل إدخال مادة عازلة بين اللوحين من الطاقة المخزنة في المكثف .

سؤال الاختبار الذاتي 4.3

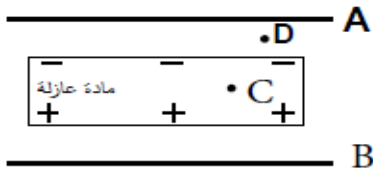
إحدى طرق زيادة سعة المكثف متوازي اللوحين غير إضافة العازل الكهربائي بين اللوحين هي تقليل المسافة بين اللوحين .

- ما الحد الأدنى للمسافة بين اللوحين في المكثف إذا كان الفراغ مملوءاً بالهواء وكان أقصى حد لفرق الجهد بين اللوحين 100 V ؟

Table 4.1 Dielectric Constants and Dielectric Strengths for Some Representative Materials

Material	Dielectric Constant, κ	Dielectric Strength (kV/mm)
Vacuum	1	
Air (1 atm)	1.00059	2.5
Liquid nitrogen	1.454	
Teflon	2.1	60
Polyethylene	2.25	50

س 40 يبين الشكل المجاور مكثفاً متوازي اللوحين (A, B) وبينهما مادة عازلة تكونت عليها شحنات موجبة وسالبة .



1 ما سبب تكون الشحنات في المادة العازلة ؟

2 ما نوع شحنة كل من اللوحين المتوازيين ؟

3 قارن بين مقدار شحنة اللوح (A) ومقدار شحنة اللوح (B)

4 قارن بين مقدار المجال عند النقطة (C) ومقدار المجال عند النقطة (D). برر إجابتك .

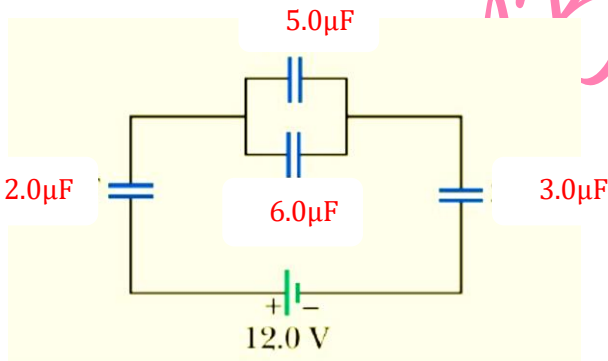
5 إذا سحبنا المادة العازلة من بين اللوحين ، ما تأثير ذلك على فرق الجهد بينهما ؟ برر إجابتك .

س 41 مكثف سعته (2000.0 PF) ومتصلاً ببطارية جهدها (30.0 V)

1 إذا أردت أن ترفع فرق الجهد بين لوحي المكثف من (30.0 V) إلى (40.0 V) . فما الشغل اللازم لذلك .

$$U = 7 \times 10^{-7} \text{ J}$$

2 إذا ملأ الفراغ بين اللوحين بمادة عازلة فما التغير الذي يطرأ على كل من سعة المكثف وشحنته ؟ فسر إجابتك



س 42 معتمداً على البيانات في الدائرة الموضحة ، أجب عما يلي :

1 احسب السعة المكافئة للدائرة .

2 احسب الشحنة المتكونة على كل مكثف

س 4.56 الكابل المحوري الحراري هو نوع من الكابلات المحورية يستخدم لترشيح عالي التردد في تجارب الحوسبة عالية التبريد القطر الداخلي لدرعه المصنوع من الفولاذ يبلغ (0.350 mm) وقطر موصله المصنوع من النيكرام يبلغ (0.170 mm) ويستخدم عازل كهربائي مقداره (9.70) . احسب السعة لكل متر للكابل المحوري ؟ (إثرائي)

$$C = 750 \text{ PF/m}$$

س 4.60 تم إدخال لوح عزل كهربائي بكثافة (d) وثابت عزل كهربائي (k=2.31) في مكثف متوازي اللوحين تم شحنه ببطارية جهدها (110.0 v) . ولديه مساحة (A=100.0 cm²) والمسافة الفاصلة (d=2.50cm) . احسب كلاً مما يلي :

أولاً : قبل إدخال المادة العازلة بين لوحي المكثف :

① سعة المكثف (C) ، فرق الجهد للمكثف (V) والمجال الكهربائي بين لوحي المكثف (E)



$$C_{eq} = 3.75 \mu\text{F}$$

② إجمالي الشحنة المخزنة على المكثف (Q) ، طاقة الوضع الكهربائية في المكثف (U)

ثانياً : بعد إدخال المادة العازلة بين لوحي المكثف والمكثف متصل بالبطارية :

① سعة المكثف (C) ، فرق الجهد للمكثف (V) والمجال الكهربائي بين لوحي المكثف (E)

② إجمالي الشحنة المخزنة على المكثف (Q) ، طاقة الوضع الكهربائية في المكثف (U)

ثالثاً : بعد إدخال المادة العازلة بين لوحى المكثف والمكثف مفصول عن البطارية :

1 سعة المكثف (C) ، فرق الجهد للمكثف (V) والمجال الكهربائي بين لوحى المكثف (E)

2 إجمالي الشحنة المخزنة على المكثف (Q) ، طاقة الوضع الكهربائية في المكثف (U)

س 4.57 مكثف متوازي اللوحين يحتوي على لوحين مربعين طول ضلعهما (L=0.10 m) والمسافة بينهما (d=0.01m) الفراغ بين الألواح مملوء بعازل كهربائي له ثابت عزل كهربائي (1/5) . الجزء المتبقي (4/5) مملوء بعازل كهربائي له ثابت عزل كهربائي (k₂=5.0) . أوجد سعة المكثف ؟

$$C = 70.8 \text{ pF}$$

س 4.58 مكثف متوازي اللوحين سعته (4.0nF) مزود بطبقة من المايلاز (k=3.1) تملأ الفراغ بين اللوحين ، تم شحنه إلى فرق جهد (120.0 V) ثم تم فصله .

1 ما مقدار الشغل المبذول لإزالة طبقة المايلاز تماماً من الفراغ بين اللوحين ؟

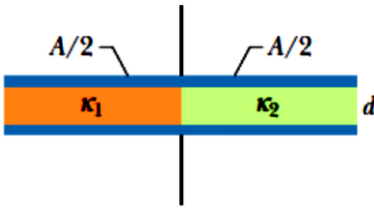
$$W = 6.05 \times 10^{-5} \text{ J}$$

$$W = U_f - U_i = \frac{q^2}{2C_f} - \frac{q^2}{2C_i} = \frac{q^2}{2C_{\text{air}}} \left(1 - \frac{1}{\kappa} \right)$$

$$V_f = 372 \text{ V}$$

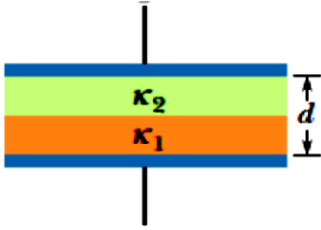
2 ما مقدار فرق الجهد بين طرفي المكثف بمجرد إزالة المادة العازلة (المايلاز) ؟

س 43 من الشكل المجاور يبين مكثف متوازي اللوحين مساحة سطح أحد لوحيه (5.6cm^2) والبعد بين لوحيه $(d=5.6\text{mm})$ الطرف الأيسر مملوء بمادة عازلة ثابت العزل الكهربائي لها $(k_1=7.0)$ والطرف الأيمن مملوء بمادة عازلة $(k_2=12.0)$.
- ما مقدار سعة المكثف ؟



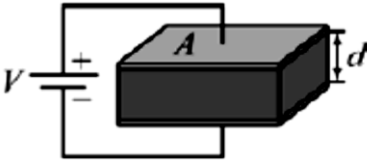
$$C = 8.4 \text{ pF}$$

س 44 من الشكل المجاور يبين مكثف متوازي اللوحين مساحة سطح أحد لوحيه (7.89cm^2) والبعد بين لوحيه (4.62mm) الطرف السفلي مملوء بمادة عازلة ثابت العزل الكهربائي لها $(k_1=11.0)$ والطرف العلوي مملوء بمادة عازلة $(k_2=12.0)$.
- ما مقدار سعة المكثف ؟



$$C = 17.0 \text{ pF}$$

س 4.61 مكثف متوازي اللوحين سعته $(C=120.0\text{pF})$ ومساحة لوحيه $(A=0.01\text{m}^2)$ الفراغ بين لوحيه مملوء بمادة الميكا التي يبلغ عزلها الكهربائي $(k_1=5.40)$ يتم الاحتفاظ بلوحي المكثف عند $(V=50.0 \text{ V})$
(a) ما شدة المجال الكهربائي في الميكا ؟



$$E = 1.3 \times 10^4 \text{ V/m}$$

$$Q = 6.0 \text{ nC}$$

(b) ما كمية الشحنة الحرة على اللوحين ؟

س 45 (1) مكثف كهربائي متوازي اللوحين تتصل صفيحتاه ببطارية فرق جهدها (3.0 V) ويملاً الهواء الحيز بين صفيحتيه.
احسب كمية الشحنة على كل من صفيحتي المكثف إذا كانت المساحة المشتركة بينهما $(1.5 \times 10^{-2} \text{ m}^2)$ والبعد بين صفيحتيه $(2.0 \times 10^{-3} \text{ m})$

$$Q = 1.99 \times 10^{-10} \text{ C}$$

(2) عندما تحل مادة عازلة محل الهواء بين الصفيحتين، أكمل الجدول التالي مستخدماً الكلمات (يقل ، يزداد ، يبقى ثابت) لتصف ما يحصل للكميات الواردة فيه

مقدار فرق الجهد بين الصفيحتين	مقدار كمية شحنة كل من الصفيحتين	مقدار سعة المكثف الكهربائية	شدة المجال	مقدار الطاقة الكهربائي المخزنة في المكثف

تدريبات متنوعة

س4.64 يستخدم لوحان معدنيان دائريان يبلغ نصف قطرها (0.610 m) وسمكهما (7.10 mm) في مكثف متوازي اللوحين حيث توجد فجوة (2.10 mm) متروكة بين اللوحين ويمتلئ نصف الفراغ بينهما بعازل كهربائي مقداره (11.1) .

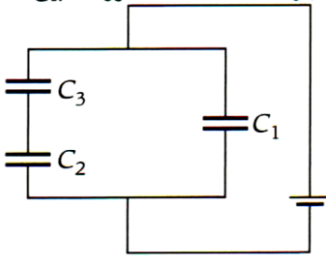
! ما سعة المكثف ؟

$$C=30.0 \text{ nF}$$

س4.66 يعرض الشكل المجاور ثلاثة مكثفات في دائرة ($C_1=2.0\text{nF}, C_2= C_3=4.0\text{nF}$) احسب الشحنة على كل مكثف عندما

يساوي فرق الجهد المطبق ($v=1.50 \text{ V}$)

$$q=3.0 \text{ nC}$$



س4.67 يتصل مكثف بفراغ بين لوحيه ببطارية ثم تملأ الفجوة بمادة عازلة. كم مقدار الزيادة في النسبة المئوية لسعة التخزين علماً بأن ثابت شدة العزل للمادة العازلة (3.1)

$$210 \%$$

س1) تم شحن مكثف كهربائي هوائي سعته ($7.5 \times 10^{-9} \text{ F}$) وذلك بوصل صفيحتيه ببطارية فرق الجهد الكهربائي بين قطبيها (9.0 V) .
جد الطاقة الكهربائية المخزنة في المكثف.

إذا فصل المكثف عن البطارية ثم أنقص البعد بين صفيحتيه إلى نصف ما كان عليه مع المحافظة على المساحة المشتركة بينهما، فما التغير الذي يطرأ على شدة المجال الكهربائي بين صفيحتيه؟ برر إجابتك

س2) - يظهر الشكل المجاور صفيحتان فلزيتان غير مشحونتين ومتساويتين

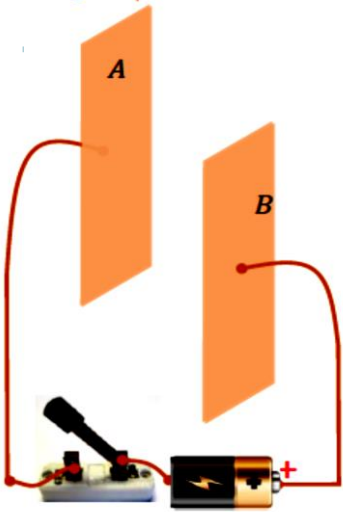
في المساحة ومتصلتين بقطبي بطارية بواسطة أسلاك توصيل ومفتاح. عند غلق المفتاح تُشحن كل من الصفيحتين.

ارسم توزيع الشحنات على كل من الصفيحتين.

ماذا يطرأ على كمية شحنة كل من الصفيحتين في الحالات الآتية:

إذا أُزيلت الصفيحة B نحو الأسفل.

إذا أُزيلت الصفيحة B نحو جهة اليسار.



س3) في الشكل الموضح أمامك أجب عما يلي :

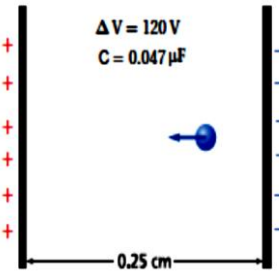
1) إذا شحن هذا المكثف حتى أصبح فرق الجهد بين لوحيه (120 V). فما مقدار الشحنة المختزنة فيه؟

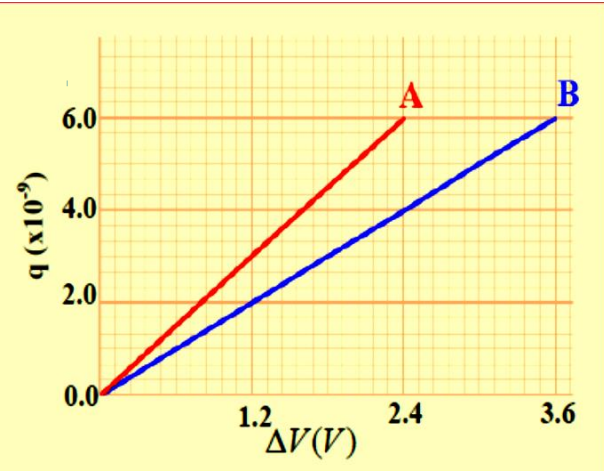
2) ما مقدار شدة المجال الكهربائي بين لوحي المكثف ؟

3) إذا وضع إلكترون بين لوحي المكثف فما مقدار القوة المؤثرة فيه ؟

4) ما مقدار الشغل اللازم لتحريك شحنة إضافية مقدارها (0.010 μC) بين لوحي المكثف عندما يكون فرق الجهد بينهما (120 V)

5) ما مقدار الطاقة المختزنة في المكثف عندما يكون فرق الجهد بين لوحيه (120 V)





س4. يُظهر الشكل المجاور خطين بيانيين لعلاقة $(q-\Delta V)$ للمكثف نفسه قبل وبعد انقاص البعد بين صفيحتيه دون تغيير المساحة المشتركة بينهما أو المادة العازلة وباستخدام البطارية نفسها.

a- أي الخطين البيانيين (A أم B) في الشكل يُمثل تغيرات فرق الجهد مع الشحنة بعد انقاص البعد بين الصفيحتين؟

b- احسب الشغل المبذول في شحن المكثف A

س5. مكثف هوائي متوازي اللوحين ، مساحة اللوح الواحد فيه $(8.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2)$ والمسافة الفاصلة بينهما $(2.0 \times 10^{-3} \text{ m})$ ، شحن المكثف بواسطة بطارية ثم فصل عنها . أجب عن الآتي :

① جد سعة المكثف ؟

② أكمل الجدول التالي بما يناسبه :

التغير الذي يطرأ على	زيادة المسافة بين اللوحين	ادخال مادة عازلة بين اللوحين
فرق الجهد بين اللوحين		
الطاقة المخزنة في المكثف		

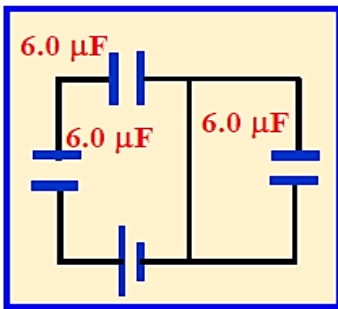
س6. ما مقدار الطاقة التي يمكن تخزينها في مكثف به لوحين متوازيين. تبلغ مساحة كل منهما (64.0 cm^2) وتفصلهما فجوة (1.30 mm) ممتلئة بالبورسلين الذي يبلغ ثابت العزل الكهربائي الخاص به (7.0) ويحمل شحنات متساوية في المقدار $(420.0 \mu\text{C})$ ومختلفة في النوع

$$U = 289.0 \text{ J}$$

أسئلة العام الدراسي 2018/2019

13- وصل مكثف متوازي اللوحين تملأ الحيز بين لوحيه مادة عازلة ثابت العزل الكهربائي لها (5) ببطارية فرق جهدها (V) فشحنت كل من لوحيه بشحنة (Q) و كانت الطاقة المخزنة في المكثف (U) . عند سحب المادة العازلة من بين اللوحين ، ماذا يطرأ على كل من U و Q ؟

الشحنة Q	الطاقة U	
تبقى ثابتة Q	تبقى ثابتة U	☐
تصبح $\frac{Q}{5}$	تصبح $\frac{U}{5}$	☐
تصبح 5Q	تصبح $\frac{U}{5}$	☐
تبقى ثابتة Q	تصبح $\frac{U}{5}$	☐



14- في الدائرة الكهربائية المجاورة ، ما السعة الكهربائية المكافئة لمجموعة المكثفات ؟

☐ 9.0 μF
☐ 4.0 μF

☐ 3 μF
☐ 18 μF

15- مكثف اسطواني طوله (10 cm) و نصف قطر اسطوانته الداخلية (3.0 cm) و نصف قطر اسطوانته الخارجية (4.5 cm) و يملأ الحيز بين الأسطوانتين مادة عازلة ، إذا كانت سعة المكثف بوجود المادة العازلة (133 pF)

ما مقدار ثابت العزل الكهربائي للمادة العازلة ؟

☐ 13.9
☐ 9.7

☐ 3.5
☐ 35

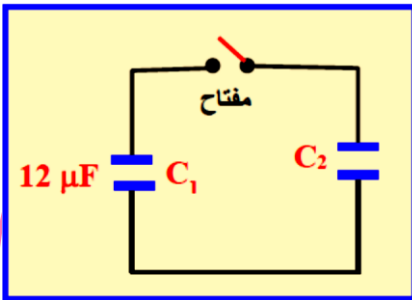
مساعدة

$$C = 2\pi\epsilon_0 \frac{L}{\ln(r_2/r_1)}$$

هواء

- في الدائرة الكهربائية المجاورة المكثف (C₁) مشحون وفرق الجهد بين لوحيه (6.0 V) والمكثف (C₂) غير مشحون ، عند غلق المفتاح في الدائرة يصبح فرق الجهد بين لوحى المكثف C₁ ف (4.0 V) .

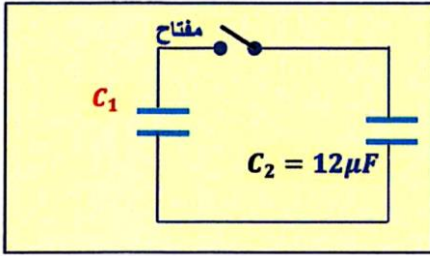
احسب السعة الكهربائية للمكثف C₂



$$C_2 = 6.0 \mu F$$

أسئلة العام الدراسي 2019/2020

- 1- في الدائرة الكهربائية المجاورة المكثف (C_2) مشحون وفرق الجهد بين لوحيه ($8.0 V$) والمكثف (C_1) غير مشحون، عند غلق المفتاح في الدائرة يصبح فرق الجهد بين لحي المكثف ($6.0 V$) ما السعة الكهربائية للمكثف (C_1)

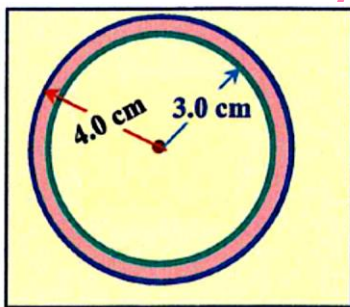


- 6.0 μF ☐
18.0 μF ☐
4.0 μF ☐
12.0 μF ☐

- 2- وصل مكثف متوازي اللوحين يملأ الحيز بين لوحيه مادة عازلة ثابت عازليتها ($k = 4$) ببطارية جهدها (V) فشحن كل من لوحيه بشحنة (Q) وكانت الطاقة المخزنة في المكثف (U)، عند سحب المادة العازلة بين لوحى المكثف ويحل الهواء مكانها، ماذا يطرأ على كل من الطاقة المخزنة والشحنة ؟

الشحنة	الطاقة المخزنة	
تبقى ثابتة	تبقى ثابتة	☐
تقل وتصبح $\frac{Q}{4}$	تقل وتصبح $\frac{U}{4}$	☐
تزداد وتصبح $4Q$	تزداد وتصبح $4U$	☐
تبقى ثابتة	تزداد وتصبح $4U$	☐

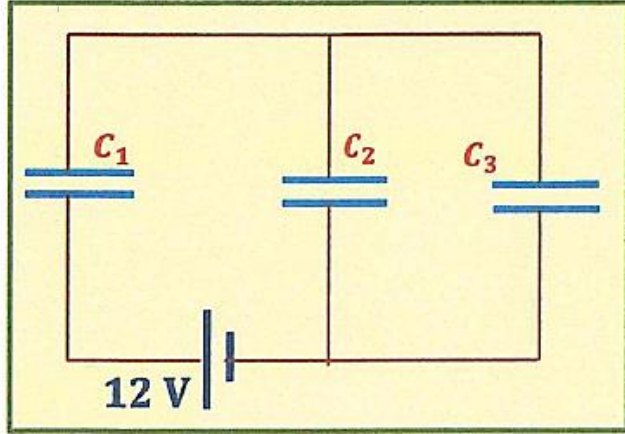
- 3- في الشكل المجاور مكثف كروي يملأ الحيز بين الموصلين الكرويين مادة عازلة ثابت عازليتها ($k = 7$).
- ما السعة الكهربائية للمكثف الكروي ؟



مساعدة

$$C_{\text{هواء}} = 4\pi\epsilon_0 \frac{r_1 r_2}{(r_2 - r_1)}$$

- 13.0 pF ☐
93.0 pF ☐
13.0 μF ☐
93.0 μF ☐



في الدائرة الكهربائية المجاورة :

$$C_1 = 5.0 \mu F$$

$$C_2 = 6.0 \mu F$$

$$C_3 = 9.0 \mu F$$

أجب عما يلي :

21 - احسب السعة الكهربائية المكافئة للدائرة .

$$C_{eq} = 3.75 \mu F$$

22 - احسب الشحنة الكهربائية للمكثف (C_1).

$$q_1 = 45.0 \mu C$$

23 - احسب الطاقة الكهربائية المخزنة في المكثف ($C_3 = 9.0 \mu F$).

$$U_3 = 40.5 \mu J$$