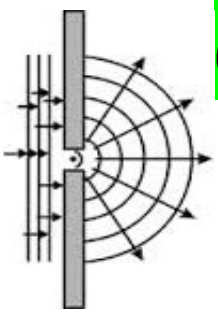
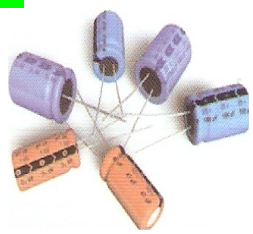
نموذج الاجابة

أوراق عمل الفيزياء

الصف الحادي عشر (11)

الفصل الدراسي الثاني





العام الدراسي : 2023 / 2024 م

أ/ يوسف عزمي

الوحدة الثانية : المادة والحرارة

الفصل الأول : الحرارة

الدرس (1-1) : الحرارة و الاتزان الحراري

العلاقة بين درجة الحرارة والطاقة الحركية

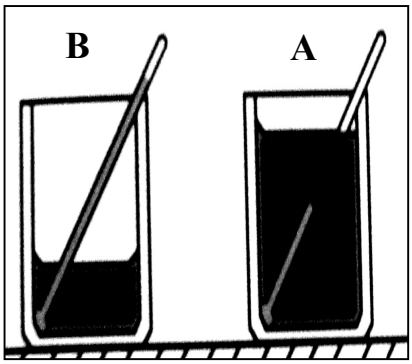
** درجة حرارة الجسم تحدد من **متوسط الطاقة الحركية للجزيء الواحد**
ولا تعتبر مقياساً لـ **مجموع طاقات الحركة لجميع الجزيئات**

** في الغازات المثالية تتناسب درجة الحرارة مع **متوسط الطاقة الحركية للجزيء الواحد**
سواء كانت الحركة في خط مستقيم أو منحني .

وجه المقارنة	درجة الحرارة (T)	الحرارة أو الطاقة الحرارية (Q)
التعريف	كمية فيزيائية تحدد مدى سخونة الجسم أو برودته عند مقارنته بمقياس معياري	سريان الطاقة من جسم له درجة حرارة مرتفعة إلى جسم له درجة حرارة أقل
علاقتها بكتلة المادة	(لا تتوقف علي كتلة المادة)	الحرارة تتناسب طردياً مع كتلة المادة
ارتباطها بالطاقة الحركية	متوسط طاقة حركة للجزيء الواحد	مجموع الطاقة الحركية لكل الجزيئات
وحدات القياس	(^oC) و (^oF) و (K)	(cal) و (J)

نشاط في الشكل المقابل :

إناء (A) يحتوي علي لترين وإناء (B) يحتوي علي لتر من الماء ولهما درجة حرارة واحدة :



أ) قارن بين كمية الطاقة الحرارية لكل منهما ؟

الطاقة الحرارية في الإناء (A) ضعف الطاقة الحرارية في الإناء (B)

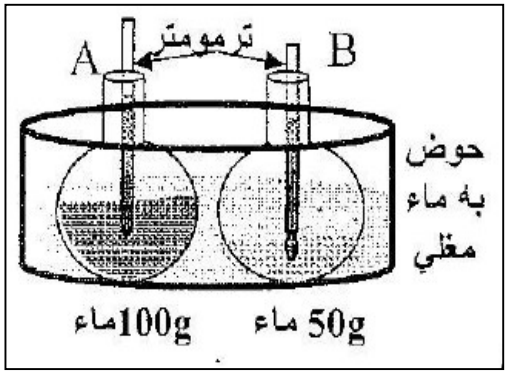
ب) قارن بين متوسط طاقة حركة الجزئ الواحد لكل منهما ؟

متساويان

ج) ماذا تستنتج ؟

درجة حرارة الجسم تحدد من متوسط الطاقة الحركية للجزيء وليس مجموع طاقات الحركة لجميع الجزيئات

نشاط في الشكل المقابل : الإناءين يكتسبان نفس القدر من الطاقة الحرارية .



أ) أيهما ترتفع درجة حرارته أكثر ؟

الإناء (B)

ب) بم تفسر إجابتك ؟

التغير في درجة الحرارة يتناسب عكسياً مع كتلة الجسم

أو الطاقة الحرارية تتوزع علي عدد جزئيات أقل في الإناء (B)

قياس درجة الحرارة

** لقياس درجة الحرارة نستخدم **الترمومتر** ويتكون من خيط سائل من **الكحول الملون** أو **الزئبق**

التدريجات الحرارية	تدريج سلسيوس	تدريج كلفن (مطلق)	تدريج فهرنهايت
الرمز	^{O}C	K	^{O}F
عدد الأقسام	100	100	180
بداية التدريج (تجمد الماء)	0	273	32
نهاية التدريج (غليان الماء)	100	373	212
درجة الصفر المطلق	- 273 ^{O}C	0 K	- 459.4 ^{O}F
العلاقة المستخدمة في التحويل		$T_K = T_C + 273$	$T_F = \frac{9}{5}T_c + 32$
العلاقة بين التدريجات	$\frac{T_C - 0}{100} = \frac{T_K - 273}{100} = \frac{T_F - 32}{180}$		

الصفر المطلق

درجة الحرارة التي تنعدم عندها الطاقة الحركية لجزيئات المادة نظرياً

علل : الطاقة الحركية للأجسام تساوي صفر عند درجة حرارة الصفر المطلق .

لأن جزئيات المادة تكون في حالة سكون

** درجة الصفر المطلق يساوي **- 273** علي تدريج سلسيوس ويساوي **– 459.4** علي تدريج فهرنهايت

** درجة الصفر سلسيوس يساوي **273** علي تدريج كلفن ويساوي **32** علي تدريج فهرنهايت

** التغير علي تدريج سلسيوس **يساوي** التغير علي تدريج كلفن

** تتساوي تدريج سلسيوس مع تدريج فهرنهايت عند درجة حرارة تساوي **- 40** والتي تساوي بالكلفن **233**

** إذا كان التغير علي تدريج سلسيوس يساوي (25 ^{O}C) فيكون التغير علي تدريج كلفن يساوي **25 K**

مثال 1 : جسم الإنسان درجة حرارته (37 ^{O}C) . أحسب :

أ) درجة حرارته علي تدريج كلفن : $T_K = 310$ K

ب) درجة حرارته علي تدريج فهرنهايت : $T_F = 98.6$ ^{O}F

مثال 2 : جسم درجة حرارته (200 ^{O}F) . أحسب :

أ) درجة حرارته علي تدريج سلسيوس : $T_C = 93.3$ ^{O}C

ب) درجة حرارته علي تدريج كلفن : $T_K = 366.3$ K

مثال 3 : جسم درجة حرارته (320 K) . أحسب :

أ) درجة حرارته علي تدريج سلسيوس : $T_C = 47$ ^{O}C

ب) درجة حرارته علي تدريج فهرنهايت : $T_F = 116.6$ ^{O}F

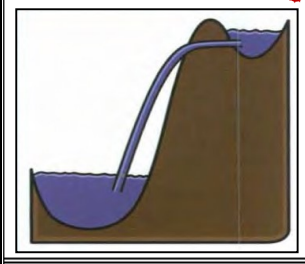
تابع الحرارة والاتزان الحراري

التلامس الحراري

ماذا يحدث : عند تلامس جسمين لفترة أحدهما ساخن والأخر بارد .

تنتقل الحرارة من الجسم الساخن إلى الجسم البارد

** هناك خطأ شائع أن الأجسام تحتوي على حرارة فقط ولكنها تحتوي علي **أشكال متعددة من الطاقات**



** ينعدم انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين عند **تساوي درجة الحرارة للأجسام المتلامسة**

** لا تسري الحرارة تلقائيا من جسم **بارد** إلى جسم **ساخن** مثل الماء لا يمكنه صعود قمة التل

** يعتمد سريان الحرارة بين جسمين علي **درجة الحرارة** وليس علي **الطاقة الحرارية**

نشاط لديك مسمار حديدي درجة حرارته ($200\ ^oC$) وحوض سباحة يحوي ماء درجة حرارته ($30\ ^oC$) .

أ) أيهما له طاقة حرارية أكبر ولماذا ؟

الطاقة الحرارية أكبر في حمام السباحة

لأن الطاقة الحركية الكلية لجزيئات الماء في الحوض أكبر بكثير من الطاقة الحركية الكلية لجزيئات المسمار

ب) ماذا يحدث لسريان الحرارة إذا تم إلقاء المسمار في حمام السباحة ؟

تسري الحرارة من المسمار الساخن إلى الماء البارد

ج) ماذا تستنتج ؟

يعتمد سريان الحرارة بين جسمين علي درجة الحرارة وليس علي الطاقة الحرارية

الاتزان الحراري

حالة يكون فيها الأجسام المتلامسة لها نفس سرعة كل جزيء

أو حالة يكون فيها الأجسام المتلامسة لها نفس درجة الحرارة

ماذا يحدث : عند أفراغ كوب ماء مغلي في وعاء يحتوي لتر من الماء درجة حرارته ($212\ ^oF$) .

لا تتغير درجة حرارة الوعاء لأنّ ماء الكوب والماء في الوعاء في حالة اتّزان حراري

علل لما يأتي :

1- عند الإصابة بحرق خارجي طفيف ينصح بوضع موضع الحرق تحت ماء بارد أو وضع ثلج عليه .

بسبب انتقال الحرارة من الجسم الساخن إلى الماء البارد مما يخفف الشعور بالألم

2- عندما نستخدم الترمومتر لقياس درجة حرارة مادة معينة فإنه يجب الانتظار حتى تثبت قراءته .

حتى يصل الترمومتر إلى حالة اتزان حراري مع الجسم وتتساوي درجة حرارتهما

3- الترمومتر يقيس درجة حرارة نفسه .

لأن الترمومتر يصل إلى حالة اتزان حراري مع الجسم

4- يكون حجم الترمومتر أصغر بكثير من حجم المادة المراد قياس درجة حرارتها .

حتى لا تؤثر الحرارة التي يمتصها الترمومتر على درجة حرارة الجسم

5- أيا كان حجم الترمومتر الذي تقاس به درجة حرارة الهواء الجوي أو مياه البحر فإن قراءته تكون دقيقة .

لأن كمية الحرارة التي يمتصها الترمومتر لا تؤثر على درجة حرارة الهواء أو ماء البحر

6- عند استخدام ترمومتر في قياس قطرة من سائل ما فإن قراءته تكون غير دقيقة .

لأن كمية الحرارة التي يمتصها الترمومتر تؤثر على درجة حرارة قطرة السائل

7- قد تنتقل الحرارة من جسم مجموع الطاقة الحركية لجزئياته أقل الى جسم أخر مجموع الطاقة الحركية لجزيئاته أكبر

لأن سريان الحرارة بين جسمين يعتمد علي درجة الحرارة وليس علي الطاقة الحرارية

نشاط ثلاث أواني حيث الإناء الأول يحوي ماء دافئ والإناء الثاني يحوي ماء بارد والإناء الثالث يحوي ماء صنبور ضع يدك اليمني في الماء الدافئ ويدك اليسري في الماء البارد ثم يديك في ماء الصنبور ثم أجب :

أ) ما إحساسك في اليد اليمني ؟ مع التفسير ؟

تحس اليد اليمني بالبرودة لأنها تفقد حرارة

ب) ما إحساسك في اليد اليسري ؟ مع التفسير ؟

تحس اليد اليسري بالدفء لأنها تكتسب حرارة

ج) ماذا تستنتج ؟

تسري الحرارة من الجسم الساخن إلي الجسم البارد

الطاقة الداخلية **مجموعة من الطاقات تشمل الطاقة الحركية الدورانية للجزئيات والطاقة الحركية الداخلية للذرات وطاقة الوضع بين الجزيئات**

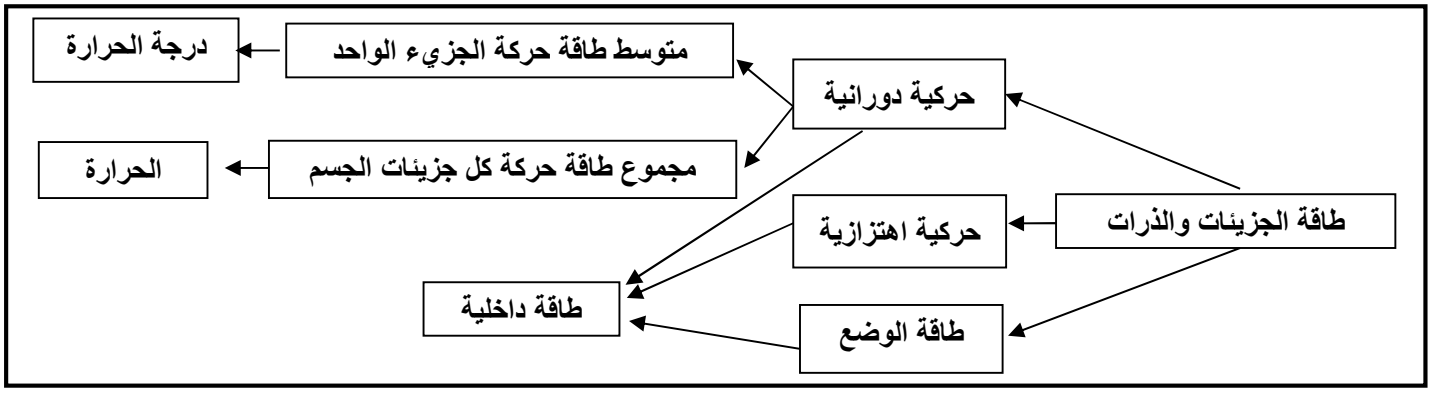
ماذا يحدث في الحالات الآتية :

1- عندما تمتص مادة معينة كمية من الحرارة ولم تتحول إلي حالة أخري .

تزداد طاقة الحركة الاهتزازية للجزئيات وترتفع درجة حرارتها

2- عندما تمتص مادة معينة كمية من الحرارة وتحولت إلي حالة أخري .

لا تزداد طاقة الحركة الاهتزازية للجزئيات وتستخدم الطاقة المكتسبة في تحويل المادة من حالة إلى حالة أخري



الدرس (1- 2) : القياسات الحرارية

وجه المقارنة	السعر الحراري	الكيلو سعر
التعريف	كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة واحدة سلسيوس	كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو جرام واحد من الماء درجة واحدة سلسيوس
الرمز	cal	K cal
علاقة كل منهما بالجول	Cal = 4.184 J	K cal = 4184 J
العلاقة بينهما	K cal = 1000 cal	

** لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة واحدة سلسيوس نحتاج 4.184 جول .

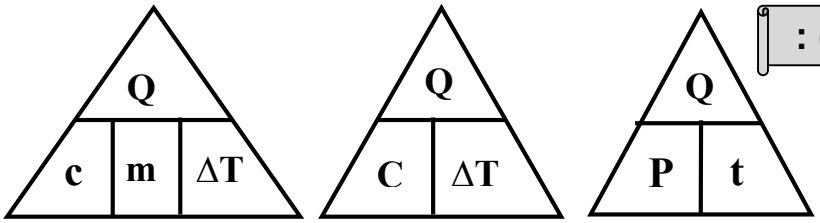
** الوحدة الدولية لقياس الحرارة هي الجول (J)

** الوحدة التي تستخدم في تقدير المكافئ الحراري أو المردود الحراري للأغذية هي الكيلو سعر

** يتم تحديد المكافئ الحراري بحرق كميات محددة من الأغذية والوقود وقياس كمية الحرارة الناتجة .

** جسم ما يكتسب طاقة حرارية (5000 J) فتكون بالسعر تساوي 1195 وبالكيلو سعر تساوي 1.195

حساب الطاقة الحرارية المكتسبة والمفقودة (Q) :



** العوامل التي يتوقف عليها الطاقة الحرارية :

1- نوع المادة وحالتها
2- كتلة المادة
3- فرق درجات الحرارة

** لحساب الطاقة الحرارية بدلالة السعة الحرارية النوعية نستخدم العلاقة $Q = c\ m\ \Delta T$

** لحساب الطاقة الحرارية بدلالة السعة الحرارية نستخدم العلاقة $Q = C\ \Delta T$

** لحساب الطاقة الحرارية بدلالة القدرة الحرارية نستخدم العلاقة $Q = P\ t$

مثال 1 : عند تسخين (500 g) من الماء ترتفع درجة حرارتها من (20 ^{o}C) إلي (120 ^{o}C) .

إذا علمت أن السعة الحرارية النوعية للماء تساوي (4200 J/Kg.K) . أحسب :

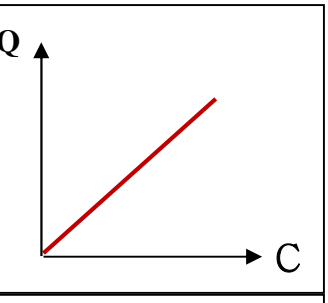
أ) الطاقة الحرارية التي تكتسبها هذه الكمية من الماء .

$$Q = c \times m \times \Delta T = 4200 \times 0.5 \times (120 - 20) = 210000\ J$$

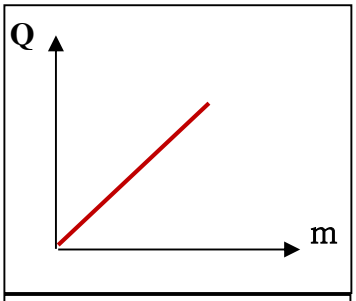
ب) قدرة جهاز التسخين إذا استغرقت عملية التسخين زمن قدره (3.5 min) .

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{210000}{3.5 \times 60} = 1000\ W$$

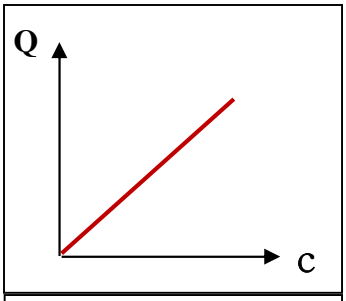
وجه المقارنة	السعة الحرارية النوعية	السعة الحرارية
التعريف	كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو جرام واحد من المادة درجة واحدة سلسيوس	كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة مادة كتلتها m درجة واحدة سلسيوس
القانون	$c = \frac{Q}{m.\Delta T}$	$C = \frac{Q}{\Delta T}$
العلاقة بينهما	$C = c \times m$	
وحدة القياس	J/kg.K	J/K
العوامل	1- نوع المادة 2- حالة المادة	1- نوع المادة وحالتها 2- كتلة المادة



الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة وفرق درجات الحرارة عند ثبات باقي العوامل

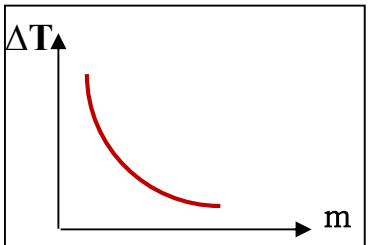


الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة وكتلة المادة عند ثبات باقي العوامل

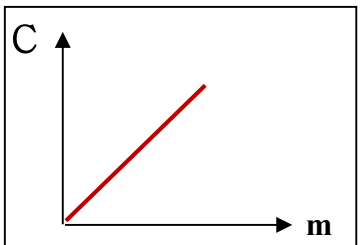


الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة والسعة الحرارية النوعية لعدة مواد مختلفة

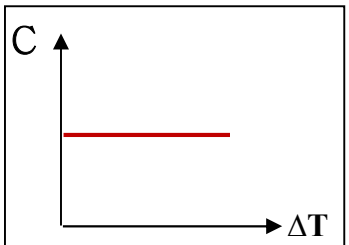
الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة والسعة الحرارية لعدة مواد مختلفة



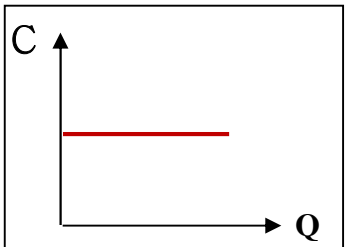
فرق درجات الحرارة وكتلة المادة عند ثبات الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة



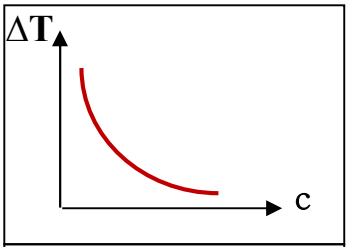
السعة الحرارية وكتلة المادة لنفس المادة



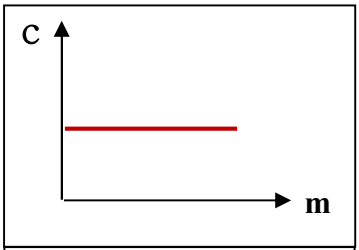
السعة الحرارية وفرق درجات الحرارة عند ثبات كتلة المادة



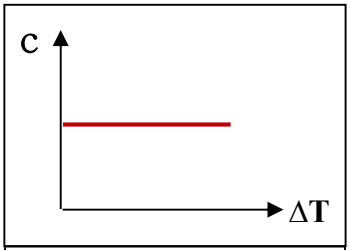
السعة الحرارية والطاقة الحرارية عند ثبات كتلة المادة



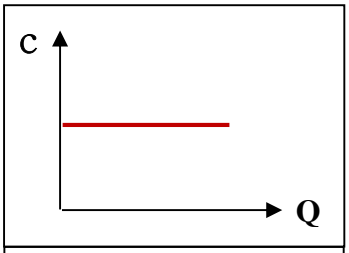
فرق درجات الحرارة والسعة الحرارية النوعية لعدة مواد



السعة الحرارية النوعية وكتلة المادة لنفس المادة



السعة الحرارية النوعية وفرق درجات الحرارة لنفس المادة



السعة الحرارية النوعية والطاقة الحرارية لنفس المادة

علل لما يأتي :

1- يمكن اعتبار أن السعة الحرارية النوعية هي قصور ذاتي حراري .

لأنها تعبر عن ممانعة الجسم للتغير في درجة حرارته

2- تستطيع إزالة غطاء الألومنيوم عن صينية الطعام بإصبعك ولكن لا تستطيع لمس الطعام الموجود فيها .

لأن الطاقة الحرارية المختزنة في الطعام أكبر لأن السعة الحرارية النوعية للطعام أكبر

3- البصل المطهو لا يمكن أكله فورا لسخونته الشديدة في حين أن البطاطا المطهوة يمكن أكلها فور طهوها .

لأن الطاقة الحرارية المختزنة في البصل أكبر لأن السعة الحرارية النوعية للبصل أكبر

4- يحتاج جرام الماء إلى سعر واحد لرفع درجة حرارته درجة سلسيوس بينما يحتاج جرام الحديد إلى $\frac{1}{8}$ هذه الكمية أو تمتص كتلة من الماء كمية من الطاقة أكبر من التي تمتصها كتلة مساوية من الحديد لترتفع نفس درجة الحرارة

لأن الماء له سعة حرارية نوعية عالية ويختزن الحرارة لفترة زمنية طويلة وبالتالي يسخن ببطء ويبرد ببطء

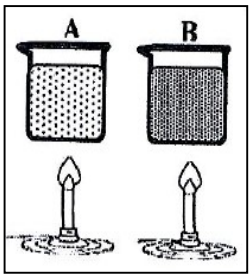
5- يعتبر الماء سائلا مثاليا للتبريد والتسخين أو يستخدم الأجداد زجاجات الماء الحارة لتدفئة أقدامهم في أيام الشتاء

لأن الماء له سعة حرارية نوعية عالية ويختزن الحرارة لفترة زمنية طويلة وبالتالي يسخن ببطء ويبرد ببطء

6- لا تعانى المدن القريبة من البحار من فرق كبير في درجات الحرارة بين الليل والنهار على عكس المدن الصحراوية أو حدوث نسيم البحر ونسيم البر .

لأن السعه الحرارية النوعية للماء عالية وبالتالي في النهار تسخن اليابسة بسرعة أكبر من ماء البحر فيرتفع الهواء الساخن فوق اليابسة ويحل مكانه هواء بارد من البحر وفي الليل تبرد اليابسة بسرعة أكبر من ماء البحر فيرتفع الهواء الساخن فوق البحر و يحل مكانه هواء بارد قادم من اليابسة

نشاط مادتين لهما نفس الكتلة و نفس درجة الحرارة الابتدائية سخنتا بنفس المصدر لمدة خمس دقائق أصبحت درجة حرارة المادة (A) (40 ^{o}C) والمادة (B) (25 ^{o}C) . أجب :



أ) أيهما أكتسب طاقة حرارية أكبر : **متساويان** وأيهما له أقل سعة حرارية نوعية : **المادة A**

ب) التفسير : **المادة التي لها سعة حرارية نوعية أقل تسخن بسرعة وتبرد بسرعة**

المسعر الحراري **جهاز يعزل الداخل عن الوسط المحيط ويسمح بتبادل الحرارة بين مادتين أو أكثر داخله (نظام معزول)**

** وظيفة المسعر الحراري هي **قياس السعة الحرارية النوعية للمادة**

قانون التبادل الحراري **مجموع الحرارة المتبادلة بين مكونات الخليط تساوي صفر** $\sum Q = 0$

** عندما تكون درجة الحرارة الابتدائية أقل من النهائية ($T_2 > T_1$) فأن المادة **تكتسب** حرارة . (Q موجبة)

** عندما تكون درجة الحرارة الابتدائية أكبر من النهائية ($T_2 < T_1$) فأن المادة **تفقد** حرارة . (Q سالبة)

مثال 1 : أكتسب (1) لتر من الماء كمية من الطاقة الحرارية فارتفعت حرارته إلي (10 ^{o}C) كم يكون الارتفاع في درجة حرارة (2) لتر من الماء عندما يكتسب الكمية نفسها من الحرارة .

$$\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = \frac{m_1}{m_2} \Rightarrow \frac{\Delta T_2}{10} = \frac{1}{2} \Rightarrow \Delta T_2 = 5\ ^{o}C$$

مثال 2 : تسخن قطعة من النحاس كتلتها (25 g) ثم توضع في مسعر حراري من النحاس كتلته (0.5 Kg) يحتوي علي (75 g) من الماء ترتفع حرارة الماء من (20 ^{o}C) إلي (25 ^{o}C) . أحسب درجة الحرارة الابتدائية لقطعة النحاس قبل إدخالها المسعر حيث السعة الحرارية النوعية للماء (4180 J/Kg.K) وللنحاس (390 J/Kg.K) .

	الماء (Q_1)	مسعر النحاس (Q_2)	قطعة النحاس (Q_3)
الكتلة m (kg)	0.075	0.5	0.025
السعة الحرارية النوعية C (J / kg . K)	4180	390	390
التغير في درجة الحرارة ΔT (K)	(25 – 20)	(25 – 20)	(25 – T_1)
كمية الحرارة $Q = m.c.\Delta T$ (J)	$Q_1 = 1567.5$	$Q_2 = 975$	$Q_3 = 9.75\ (25 - T_1)$
الاتزان الحراري $\sum Q = 0$	$Q_3 + Q_2 + Q_1 = 0$ $9.75\ (25 - T_1) + 975 + 1567.5 = 0$ $T_1 = 285.7\ ^{0}C$		

مثال 3 : سخنت قطع من الألومنيوم كتلته (500 g) إلى (80 ^{o}C) ثم وضعت داخل المسعر يحتوى على (400 g) من الماء درجة حرارته (40 ^{o}C) . ثم أضيف إليها قطعة من الزجاج درجة حرارتها (20 ^{o}C) وكتلتها (300 g) إذا علمت أن (C_{AL} = 900 J/Kg.K) (C_W = 4200 J/Kg.K) (C_g = 850 J/Kg.K) .

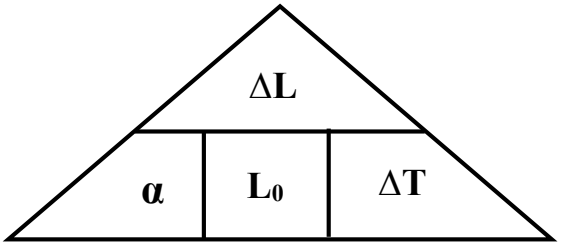
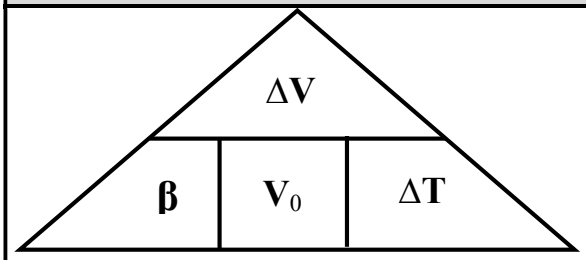
أحسب درجة الحرارة النهائية للماء (درجة حرارة الخليط)

	الألومنيوم (Q_1)	الزجاج (Q_2)	الماء (Q_3)
الكتلة m (kg)	0.5	0.3	0.4
السعة الحرارية النوعية C (J / kg . K)	900	850	4200
التغير في درجة الحرارة ΔT (K)	(T_F – 80)	(T_F – 20)	(T_F – 40)
كمية الحرارة $Q = m.c.\Delta T$ (J)	450 (T_F – 80)	255 (T_F – 20)	1680 (T_F – 40)
الاتزان الحراري $\sum Q = 0$	$Q_3 + Q_2 + Q_1 = 0$ $1680(T_F - 40) + 255(T_F - 20) + 450(T_F - 80) = 0$ $T_F = 45.4\ ^{o}C$		

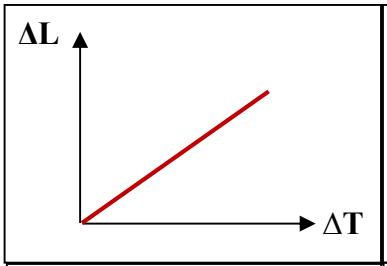
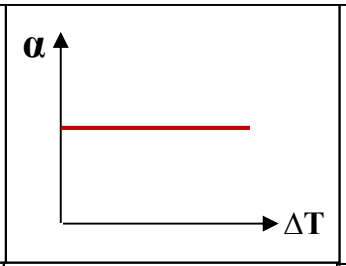
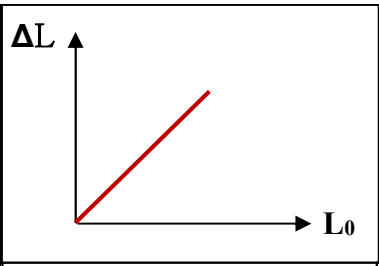
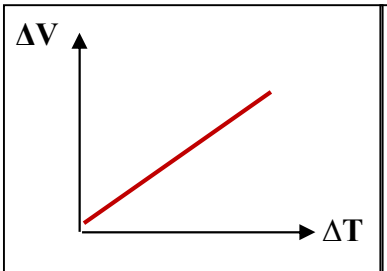
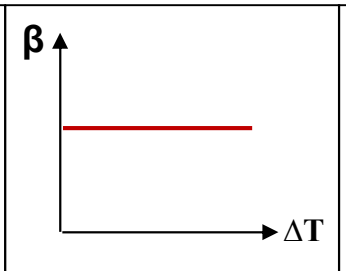
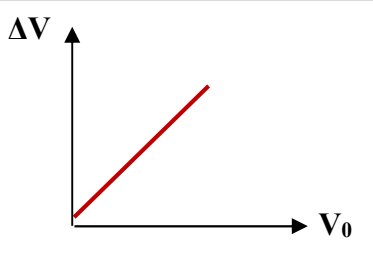
مثال تطبيقي : وضع (250 g) من الماء عند درجة حرارة (10 ^{o}C) داخل مسعر حراري ثم أضيف إليه قطعة من النحاس كتلتها (50 g) ودرجة حرارتها (80 ^{o}C) وقطعة من معدن كتلتها (70 g) ودرجة حرارتها (100 ^{o}C) ووصل النظام كله إلي الاتزان الحراري فتكون درجة حرارته (20 ^{o}C) بإهمال السعة الحرارية النوعية للمسعر . فإذا كانت السعة الحرارية النوعية للماء (4180 J/Kg.K) والسعة الحرارية النوعية للنحاس (390 J/Kg.K) أحسب السعة الحرارية النوعية للمعدن . ($C_3 = 1657$ J/Kg.K)

الدرس (1- 3) : التمدد الحراري

التمدد الحراري تغير أبعاد المادة بتغير درجة الحرارة

وجه المقارنة	التمدد الطولي في الأجسام الصلبة	التمدد الحجمي في الأجسام الصلبة
القانون	 $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$	 $\Delta V = \beta V_0 \Delta T$
العوامل	1- نوع المادة 2- الطول الأصلي 3- فرق درجات الحرارة	1- نوع المادة 2- الحجم الأصلي 3- فرق درجات الحرارة

وجه المقارنة	معامل التمدد الطولي (الخطي)	معامل التمدد الحجمي
التعريف	التغير في وحدة الأطوال عند تغير درجة الحرارة درجة واحدة سيلسيوس	التغير في وحدة الأحجام عند تغير درجة الحرارة درجة واحدة سيلسيوس
القانون	$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T}$	$\beta = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T}$
العوامل	نوع المادة	نوع المادة
وحدة القياس	$1/^0C$	$1/^0C$
العلاقة بينهما	$\alpha = \frac{\beta}{3}$	$\beta = 3\alpha$

			
معامل التمدد الطولي والطول الأصلي	معامل التمدد الطولي وفرق درجات الحرارة	مقدار التمدد الطولي والطول الأصلي	مقدار التمدد الطولي وفرق درجات الحرارة
			
معامل التمدد الحجمي والحجم الأصلي	معامل التمدد الحجمي وفرق درجات الحرارة	مقدار التمدد الحجمي والحجم لأصلي	مقدار التمدد الحجمي وفرق درجات الحرارة

حساب الطول بعد التمدد أو الانكماش $L_1 = L_0 + \Delta L$	حساب الحجم بعد التمدد أو الانكماش $V_1 = V_0 + \Delta V$
حساب الحجم الأصلي للمكعب $V_o = (L)^3$	حساب الحجم الأصلي للكرة $V_o = \frac{4}{3}\pi.R^3$

علل لما يأتي :

1- تتمدد جميع المواد سواء كانت مواد صلبة أو سائلة أو غازية عند تسخينها وتنكمش عند تبريدها .

لأن عند ارتفاع درجة حرارة الجسم تزداد الحركة الاهتزازية لجزيئات المادة فتتباعد الجزيئات عن بعضها

وعند انخفاض درجة حرارة الجسم تقل الحركة الاهتزازية لجزيئات المادة فتتقارب الجزيئات عن بعضها

2- محركات السيارات المصنوعة من الألومنيوم يكون لها قطر داخلي أقل من قطر المحركات المصنوعة من الحديد .

للسماح بالتمدد الكبير للألومنيوم لأن معامل تمدده أكبر

3- بعض أنواع الزجاج تقاوم التغير في درجة حرارتها مثل زجاج الأفران ومرايا التلسكوبات الكبيرة .

لأنه معامل التمدد الطولي له صغير جداً فلا يتأثر بالحرارة

4- عند رصف الطرق يجب أن تترك بين أجزاء الإسفلت فواصل تملأ بمادة قابلة للانضغاط مثل القار .

حتى لا تتكسر طبقات الإسفلت نتيجة التمدد أو الانكماش الناتجين عن انخفاض أو ارتفاع درجة الحرارة

5- أطباء الأسنان يراعون استخدام حشوه الأسنان لها نفس معامل تمدد مثل مادة مينا الأسنان عند حشو الأسنان .

حتى لا تنكسر الأسنان عند التمدد أو الانكماش عند ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة

6- يراعي عند إنشاء الجسور الطويلة مصنوعة من الصلب يثبت أحدي طرفيها ويرتكز الطرف الأخر علي ركائز دوارة

حتى لا تنكسر الجسور وتسمح لها بالتمدد والانكماش خلال فصل الشتاء وفصل الصيف

7- تركيب أسلاك الهاتف بشكل غير مشدود في فصل الصيف .

حتى لا تنقطع الأسلاك عند التمدد والانكماش خلال فصل الشتاء وفصل الصيف

8- يراعي عند إنشاء قضبان السكك الحديدية ترك فراغات بينها .

حتى لا تنكسر قضبان السكك الحديدية وتسمح لها بالتمدد والانكماش خلال فصل الشتاء وفصل الصيف

مثال 1 : كرة من الحديد كتلتها (0.1 kg) وحجمها (100 cm³) ودرجة حرارتها (28 °C) وسخنت الكرة وأصبحت درجة حرارتها (88 °C) . حيث $C_w = 4180\,J/Kg.K$ - $\alpha = 1.18\times10^{-5}/°C$. أحسب :

أ) الزيادة في حجم الكرة :

$$\beta = 3\alpha = 3\times1.18\times10^{-5} = 3.54\times10^{-5}\ /^{o}C$$

$$\Delta V = \beta.V_0.\Delta T = (3.54\times10^{-5})\times100\times(88-28) = 0.2124\ \ cm^3$$

ب) ألقيت كرة الحديد في درجة (88 °C) في ماء كتلته (0.4 Kg) ودرجة حرارته (10 °C) وعند حدوث الاتزان الحراري أصبحت درجة حرارة الخليط (12 °C) . أحسب السعة الحرارية النوعية للحديد :

$$\sum Q = 0 \Rightarrow (cm\,\Delta T)_{Fe} + (cm\,\Delta T)_W = 0$$

$$[c\times0.1\times(12-88)] + [4180\times0.4\times(12-10)] = 0 \Rightarrow c = 440\ \ J/Kg.K$$

مثال 2 : ساق من النحاس طوله (5 m) ترتفع درجة حرارته بمقدار (20 ^{o}C) علماً بأن معامل التمدد الطولي للنحاس يساوي (17 x 10^{-6} 1/^{o}C) . أحسب :

أ) مقدار التمدد الطولي في الساق :

$$\Delta L = \alpha\ L_0\ \Delta T = 17 \times 10^{-6} \times 5 \times 20 = 1.7 \times 10^{-3}\ \text{m}$$

ب) طول الساق بعد التمدد :

$$L_1 = L_0 + \Delta L = 5 + 1.7 \times 10^{-3} = 5.0017\ \text{m}$$

مثال 3 : قضيب من الفولاذ طوله (12 m) يتمدد بمقدار (2.35 mm) عندما ترتفع درجة حرارته بمقدار (15 ^{o}C) . أحسب معامل التمدد الطولي للفولاذ :

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T} = \frac{2.35 \times 10^{-3}}{12 \times 15} = 1.3 \times 10^{-5}\ \ 1/^{o}\text{C}$$

مثال 4 : يتمدد الصلب طوليا بمعدل جزء لكل (100000) جزء من طوله عند رفع درجة حرارته درجة واحدة . كم تبلغ الزيادة في طول جسر من الصلب طوله (1.5 km) عند رفع درجة حرارته بمقدار (20 ^{o}C) .

$$\Delta L = \alpha\ L_0\ \Delta T = \frac{1}{100000} \times 1.5 \times 20 = 3 \times 10^{-4}\ \text{km} = 0.3\text{m}$$

مثال 5 : استخدمت مسطرة درجت فى درجة (10 ^{0}C) من الألومنيوم لقياس طول ساق معدني عند درجة (90 ^{0}C) فوجد إنها تساوى (120 cm) فإذا علمت أن $(\alpha = 23 \times 10^{-6}\ /^{0}C)$. أحسب الطول الحقيقي لها

$$L_1 = L_O + \Delta L = L_O + (\alpha . L_0 . \Delta T)$$

$$120 = L_O + (23 \times 10^{-6} \times L_0 \times 80) \Rightarrow\ \ L_0 = 119.75\ \ \text{m}$$

مثال 6 : مكعب من الحديد حجمه (100 cm^3) ترتفع درجة حرارته من (20 ^{o}C) إلي (1000 ^{o}C) فتمدد حجمه بمقدار (3.3 cm^3) . أحسب :

أ) معامل التمدد الحجمي للحديد :

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T} = \frac{3.3}{100 \times 980} = 3.36 \times 10^{-5}\ \ 1/^{o}\text{C}$$

ب) معامل التمدد الطولي للحديد :

$$\alpha = \frac{\beta}{3} = \frac{3.3 \times 10^{-5}}{3} = 1.12 \times 10^{-5}\ \ 1/^{o}\text{C}$$

مثال 7 : كرة معدنية قطرها (0.8 m) عند درجة حرارة (85 ^{o}C) فانخفضت درجة حرارتها إلي (5 ^{o}C) إذا علمت أن معامل التمدد الحجمي له (33 x 10^{-6} / ^{o}C) . أحسب :

أ) مقدار الانكماش في حجم الكرة :

$$V_o = \frac{4}{3}\pi . R^3 = \frac{4}{3}\pi \times 0.4^3 = 0.267\ \text{m}^3$$

$$\Delta V = \beta\ V_0\ \Delta T = 33 \times 10^{-6} \times 0.267 \times (5 - 85) = -7 \times 10^{-4}\ \text{m}^3$$

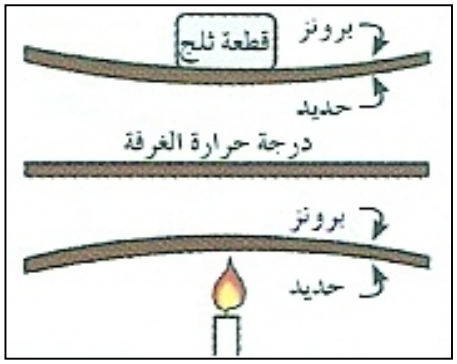
ب) حجم الكرة بعد الانكماش :

$$V_1 = V_0 + \Delta V = 0.267 + (-7 \times 10^{-4}) = 0.266\ \ \text{m}^3$$

المزدوجة الحرارية شريطين ملتحمين من مادتين متساويين في الإبعاد ومختلفين في معامل التمدد الطولي

علل : وجود فرق في تمدد البرونز والحديد في المزدوجة الحرارية .

لأن معامل التمدد الطولي للبرونز اكبر من معامل التمدد الطولي للحديد فيتمدد كل منهما بنسب مختلفة



نشاط في الشكل : مزدوجة حرارية تتكون من البرونز والحديد .

أ) ماذا يحدث عند تسخين المزدوجة الحرارية التي تتكون من البرونز والحديد ؟

تنحني جهة الحديد

ب) ماذا يحدث عند تبريد المزدوجة الحرارية التي تتكون من البرونز والحديد ؟

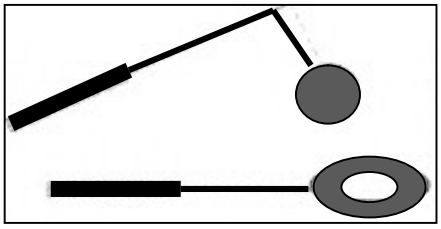
تنحني جهة البرونز

ج) بم تفسر ما حدث ؟

معامل التمدد الطولي للبرونز اكبر من معامل التمدد الطولي للحديد فيتمدد وينكمش البرونز أسرع

د) أذكر بعض التطبيقات العملية للمزدوجة الحرارية ؟

الترموستات (منظم الحرارة) في أجهزة التبريد والسخان الكهربي - الصمامات - المفتاح الكهربائي



نشاط في الشكل المقابل : تجربة الكرة والحلقة .

أ) ماذا يحدث عند إدخال الكرة في الحلقة عند درجة حرارة الغرفة ؟

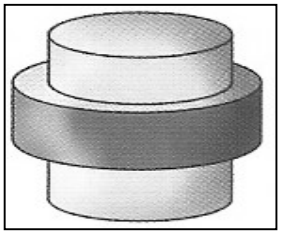
تدخل الكرة في الحلقة بسهولة

ب) ماذا يحدث عند إدخال الكرة في الحلقة بعد تسخين الكرة ؟

لا تدخل الكرة في الحلقة

ج) بم تفسر ما حدث ؟

لأن حجم الكرة أصبح أكبر من قطر الحلقة ونستنتج أن الكرة تمددت في جميع الاتجاهات



نشاط في الشكل حلقة من الحديد الصلب الساخن تثبت حول اسطوانة من البرونز .

أ) ماذا تسمي هذه الطريقة ؟

التثبيت بالتقلص أو التثبيت بالانكماش

ب) أشرح كيفية حدوث هذه الطريقة ؟

يتمدد الحديد عند تسخينه حول أسطوانة البرونز وعندما يبرد الحديد ينكمش فيستحيل نزع الأسطوانة

ج) بم تفسر صعوبة نزع الحلقة بتسخينها مجددا ؟

لأنّ تسخينها يترافق مع تسخين أسطوانة البرونز فتتمدّد هي أيضًا بمقدار أكبر

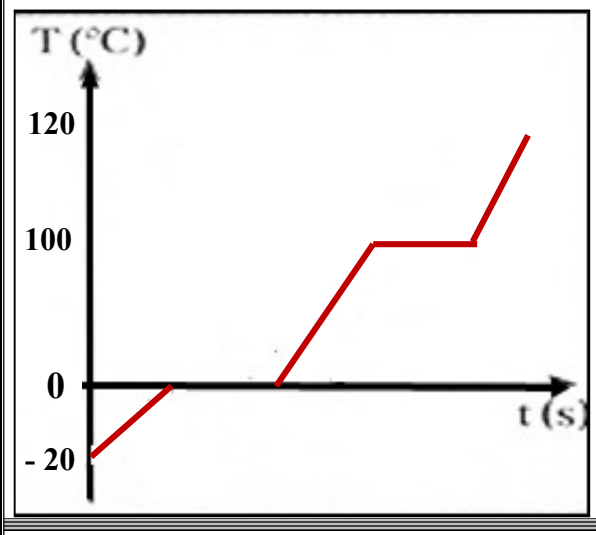
د) ماذا تستنتج منها فيما يخص تمدد الحديد والبرونز ؟

البرونز يتمدّد بمقدار أكبر من مقدار تمدد الحديد

الوحدة الثانية : المادة والحرارة

الفصل الثاني : الحرارة وتغير الحالة

الدرس (2- 3) : الطاقة وتغيرات الحالة



أ) أرسم في الشكل منحني لكمية من الثلج عند (- 20 °C)

يتم تسخينها إلي بخار ماء عند (120 °C) .

ب) بم تفسر زيادة درجة الحرارة في بعض المراحل ؟

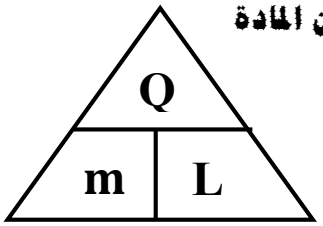
لأن الحرارة المكتسبة تعمل على زيادة طاقة حركة الجزئيات

ج) بم تفسر ثبات درجة الحرارة في مراحل أخري ؟

لأن الحرارة المكتسبة تعمل على كسر الروابط بين الجزيئات
و تزداد طاقة الوضع وتثبت طاقة حركة الجزئيات
وتبتعد الجزئيات عن بعضها فتتحول حالة المادة إلى حالة أخري

الحرارة الكامنة للمادة

كمية الحرارة اللازمة لتغيير حالة وحدة الكتل (1kg) من المادة



** لحساب الحرارة الكامنة للمادة نستخدم العلاقة $L = \frac{Q}{m}$

** وحدة قياس الحرارة الكامنة للمادة هي J / Kg

** عند امتصاص المادة لمقدار من الطاقة فأن كمية الحرارة اللازمة لتغير الحالة تكون **موجبة**

** عند انطلاق مقدار من الطاقة من المادة فأن كمية الحرارة اللازمة لتغير الحالة تكون **سالبة**

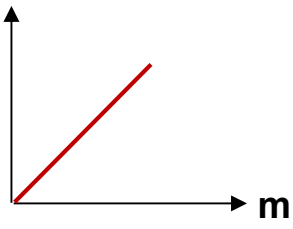
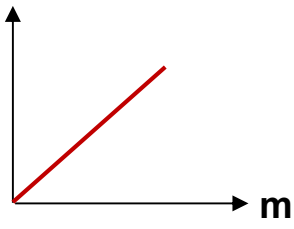
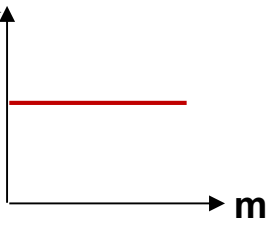
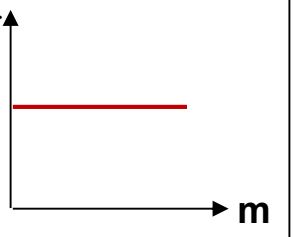
** تتساوي الحرارة الكامنة لتغير حالة المادة مع كمية الحرارة اللازمة لتغير حالة المادة عندما تكون كتلة المادة **1 Kg**

وجه المقارنة	الحرارة الكامنة للانصهار	الحرارة الكامنة للتصعيد (للتبخير)
التعريف	كمية الحرارة اللازمة لتغيير حالة وحدة الكتل من المادة من الحالة الصلبة إلي الحالة السائلة	كمية الحرارة اللازمة لتغيير حالة وحدة الكتل من المادة من الحالة السائلة إلي الحالة الغازية
القانون	$L_F = \frac{Q_F}{m}$	$L_V = \frac{Q_V}{m}$
العوامل	نوع المادة	نوع المادة

وجه المقارنة	حرارة الانصهار	حرارة التصعيد (حرارة التبخير)
القانون	$Q_F = m.L_F$	$Q_V = m.L_V$
العوامل	نوع المادة - كتلة المادة	نوع المادة - كتلة المادة

ثلج (– 20 °C)	Q_1	ثلج (0 °C)	Q_F	ماء (0 °C)	Q_3	ماء (100 °C)	Q_V	بخار ماء (100 °C)	Q_5	بخار ماء (120 °C)

$Q_1 = m.c_{ice}.\Delta T$	$Q_F = m.L_F$	$Q_3 = m.c_{water}.\Delta T$	$Q_V = m.L_V$	$Q_5 = m.c_{steam}.\Delta T$

Q_V	Q_f	L_V	L_f
			
حرارة التبخير وكتلة الجسم	حرارة الانصهار وكتلة الجسم	الحرارة الكامنة للتبخير وكتلة الجسم	الحرارة الكامنة للانصهار وكتلة الجسم

** تكون الحرارة الكامنة للتبخير لمادة معينة **أكبر من** الحرارة الكامنة لانصهار المادة نفسها .

** عددياً الحرارة الكامنة للتجمد **تساوي** الحرارة الكامنة للانصهار .

** الحرارة الكامنة للتكثف **تساوي** الحرارة الكامنة للتبخر .

علل لما يأتى :

1- ثبات درجة حرارة المادة الصلبة أثناء عملية الانصهار رغم اكتسابها مزيد من الطاقة الحرارية .

أو ثبات درجة حرارة المادة السائلة أثناء عملية التبخير رغم اكتسابها كميات إضافية من الطاقة الحرارية .

أو لا تتغير قراءة الترمومتر في أنبوبة بها جليد على لهب أو لا تتغير قراءة الترمومتر في أنبوبة ماء مغلي .

لأن الحرارة المكتسبة تعمل على كسر الروابط بين الجزيئات و تزداد طاقة الوضع وتثبت طاقة حركة الجزئيات

2- الحرارة الكامنة للتصعيد لمادة معينة تكون اعلي من الحرارة الكامنة للانصهار لنفس المادة .

لأن التبخير يتطلب طاقة أكبر لكسر كل الروابط وإبعاد الجزيئات عن بعضها وتحويل المادة إلى الحالة الغازية

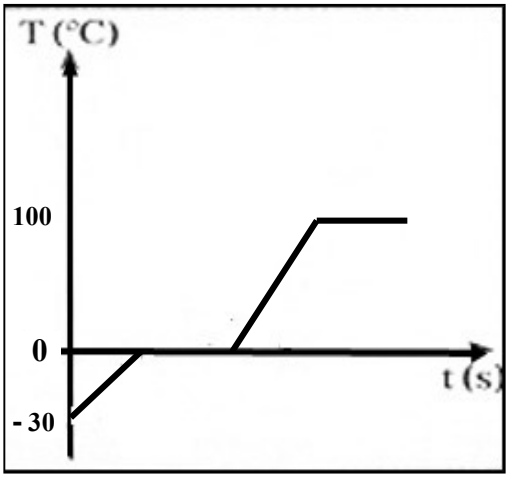
3- إضافة قطعة جليد عند درجة صفر سلسيوس إلى العصير في درجة حرارة الغرفة تكون أكثر فاعلية في تبريده .

لأن الجليد يمتص الحرارة من العصير وينصهر ويتحول لسائل عند درجة الصفر و تظل درجة حرارة العصير ثابتة

الحرارة الكامنة للانصهار $L_f = 3.33 \times 10^5$ J / kg	السعة الحرارية النوعية للجليد $C_{ice} = 2090$ J / kg . K
الحرارة الكامنة للتصعيد $L_v = 2.26 \times 10^6$ J / kg	السعة الحرارية النوعية للماء $C_{water} = 4200$ J / kg . K
	السعة الحرارية النوعية للبخار $C_{steam} = 2010$ J / kg . K

مثال 1 : أحسب الطاقة اللازمة لتحويل **(100 g)** من الثلج درجة حرارتها ($-30\ ^oC$) إلي بخار ماء ($100\ ^oC$)

جليد (-30) $\xrightarrow{Q_1}$ جليد (0) $\xrightarrow{Q_2}$ ماء (0) $\xrightarrow{Q_3}$ ماء (100) $\xrightarrow{Q_4}$ بخار ماء (100)



$$Q_1 = c_{ice} m \Delta T = 2090 \times 0.1 \times (0 - (-30)) = 6270\ J$$

$$Q_2 = m L_f = 0.1 \times 3.33 \times 10^5 = 33300\ J$$

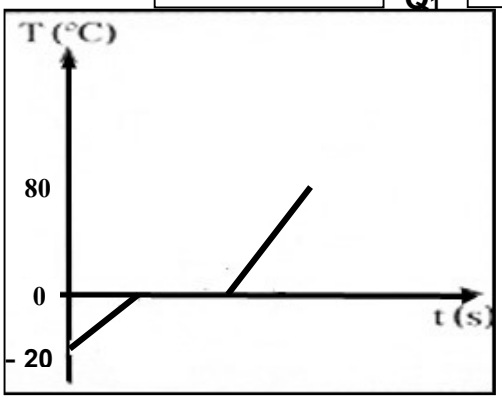
$$Q_3 = c_W m \Delta T = 4200 \times 0.1 \times (100 - 0)) = 42000\ J$$

$$Q_4 = m L_V = 0.1 \times 2.26 \times 10^6 = 226000\ J$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 307570\ J$$

مثال 2 : أحسب الطاقة اللازمة لتحويل (200 g) من الثلج درجة حرارتها ($-20\ ^{o}C$) إلي ماء ($80\ ^{o}C$) .

جليد (- 20) $\xrightarrow{Q_1}$ جليد (0) $\xrightarrow{Q_2}$ ماء (0) $\xrightarrow{Q_3}$ ماء (80)



$$Q_1 = c_{ice} m \Delta T = 2090 \times 0.2 \times (0 - (-20)) = 8360\ \text{J}$$

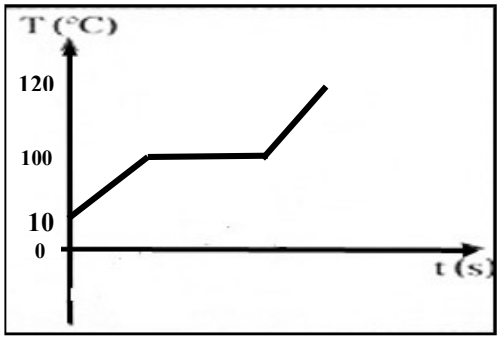
$$Q_2 = mL_f = 0.2 \times 3.33 \times 10^5 = 66600\ \text{J}$$

$$Q_3 = c_W m \Delta T = 4200 \times 0.2 \times (80 - 0)) = 67200\ \text{J}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 142160\ \text{J}$$

مثال 3 : أحسب الطاقة اللازمة لتحويل (0.5 kg) من الماء درجة حرارتها ($10\ ^{o}C$) إلي بخار ماء ($120\ ^{o}C$)

ماء (10) $\xrightarrow{Q_1}$ ماء (100) $\xrightarrow{Q_2}$ بخار ماء (100) $\xrightarrow{Q_3}$ بخار ماء (120)



$$Q_1 = c_W m \Delta T = 4200 \times 0.5 \times (100 - 10) = 189000\ \text{J}$$

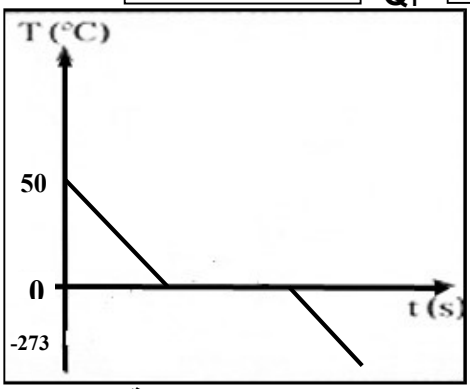
$$Q_2 = mL_V = 0.5 \times 2.26 \times 10^6 = 1130000\ \text{J}$$

$$Q_3 = c_S m \Delta T = 2010 \times 0.5 \times (120 - 100) = 20100\ \text{J}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1339100\ \text{J}$$

مثال 4 : أحسب الطاقة المنطلقة لتحويل (0.25 kg) من ماء ($50\ ^{o}C$) إلي ثلج عند درجة الصفر المطلق .

ماء (50) $\xrightarrow{Q_1}$ ماء (0) $\xrightarrow{Q_2}$ جليد (0) $\xrightarrow{Q_3}$ جليد (-273)



$$Q_1 = c_W m \Delta T = 4200 \times 0.25 \times (0 - 50) = -52500\text{J}$$

$$Q_2 = mL_f = 0.25 \times -3.33 \times 10^5 = -83250\text{J}$$

$$Q_3 = c_{ice} m \Delta T = 2090 \times 0.25 \times (-273 - 0) = -1426425\ \text{J}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = -2783925\ \text{J}$$

مثال 5 : أضيفت قطعة جليد كتلتها (0.1 kg) عند درجة التجمد إلى مسعر حراري مهمل الحرارة النوعية يحتوي على (0.4 kg) من الماء عند درجة حرارة (50 C°) . أحسب درجة الحرارة النهائية للنظام بعد الاتزان الحراري.

جليد (0) $\xrightarrow[Q_1]{m_1}$ ماء (0) $\xrightarrow[Q_2]{m_1}$ ماء (T_F) $\xleftarrow[Q_3]{m_2}$ ماء (50)

$$\sum Q = 0 \ \Rightarrow\ m_1 L_f + m_1 c_w \Delta T + m_2 c_w \Delta T = 0$$

$$(0.1 \times 3.33 \times 10^5) + (0.1 \times 4200 \times (T_F - 0) + (0.4 \times 4200 \times (T_F - 50) = 0$$

$$T_F = 24\ \ ^{o}C$$

الوحدة الثالثة : الكهرباء والمغناطيسية

الفصل الأول : الكهرباء

الدرس (1-1) : المجالات الكهربائية

قانون كولوم القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين تتناسب طردياً مع حاصل ضرب الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما

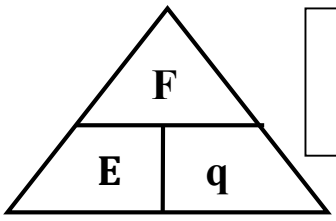
$$F = \frac{K.q_1 q_2}{d^2}$$

** من أمثلة قوة الجاذبية بين جسيمين : الإلكترون والنواة - الأرض والقمر

المجال الكهربائى الحيز المحيط بالشحنة الكهربائية الذي يظهر فيه تأثير القوة الكهربائية

شدة المجال الكهربائي القوة الكهربائية المؤثرة على وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند نقطة

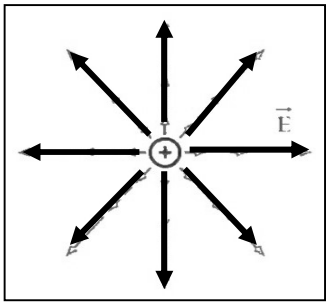
اتجاه المجال الكهربائى اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة على وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند نقطة



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \Rightarrow E = \frac{Kq}{d^2}$$

** تقاس شدة المجال الكهربائي بوحدة N/C

** العوامل التي يتوقف عليها شدة المجال هي نوع الوسط - مقدار الشحنة - بعد النقطة عن الشحنة

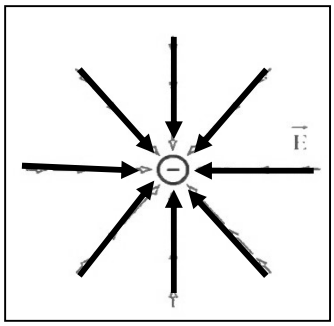


** المجال الكهربائي يعتبر مخزن للطاقة الكهربائية .

** يتجه المجال الكهربائي بعيداً عن الشحنة الموجبة ويتجه نحو الشحنة السالبة

** تتساوي القوة الكهربية وشدة المجال عندما تكون شحنة الاختبار تساوي 1 كولوم

ملاحظة : (K) يسمي ثابت كولوم ويساوي (9×10^9 N.m²/C²) في الهواء



وجه المقارنة	في الشحنة الموجبة	في الشحنة السالبة
رسم متجهي القوة وشدة المجال	F, E	F, E
اتجاه المجال الكهربائي بالنسبة للقوة الكهربائية	نفس الاتجاه	متعاكسين

خواص خطوط المجال الكهربائى (خطوط القوي)

1- خطوط غير مرئية ولا تتقاطع

2- في الشحنة المفردة تمتد إلى ما لا نهاية

3- في الشحنتين تخرج من الشحنة الموجبة وتنتهي عند السالبة

علل لما يأتى :

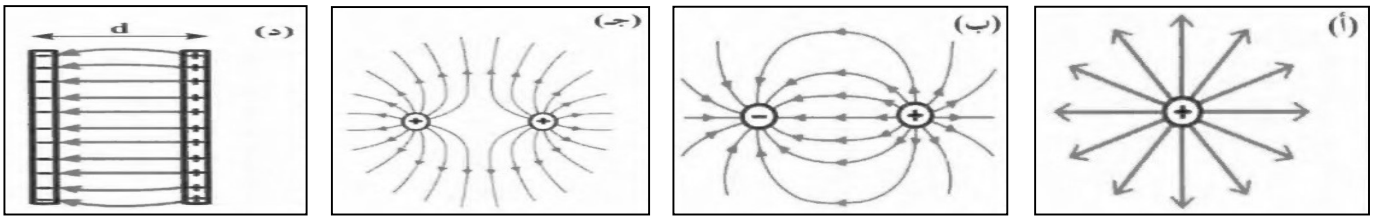
1- خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع.

لأن إذا تقاطع خطان فهذا يعني أن للمجال له أكثر من اتجاه وهذا مستحيل

2- الشحنة الموجودة في حيز ما قادرة على دفع شحنة نقطية أخرى في مجالها وقادرة على انجاز شغل.

بسبب قوى مجالها الكهربائي

** ماذا يمثل كل شكل من الأشكال الآتية :



(أ)	(ب)	(جـ)	(د)
شحنة موجبة مفردة	شحنتين متساويتين في المقدار ومختلفين في النوع	شحنتين متساويتين في المقدار ومتشابهتين في النوع	لوحين متوازين مشحونين (لوحي مكثف)

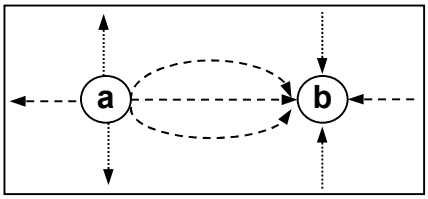
وجه المقارنة	المجال الكهربائي المنتظم	المجال الكهربائي غير المنتظم
التعريف	مجال ثابت الشدة وثابت الاتجاه في جميع نقاطه	مجال متغير الشدة ومتغير الاتجاه في جميع نقاطه
مثال	مجال بين لوحي مكثف	مجال بين شحنتين أو مجال حول شحنة مفردة
خواصه	1- خطوطه مستقيمة 2- خطوطه تفصلها مسافات متساوية	1- خطوطه غير مستقيمة 2- خطوطه تفصلها مسافات غير متساوية
القانون المستخدم لحساب شدة المجال	$E = \frac{V}{d}$	$E = \frac{Kq}{d^2}$

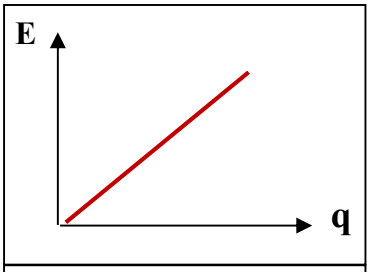
** يمكن قياس شدة المجال الكهربائي بوحدة أخري غير (N/C) هي V/m

** كثافة خطوط المجال الكهربائي تتناسب طردياً مع الشحنة الكهربائية

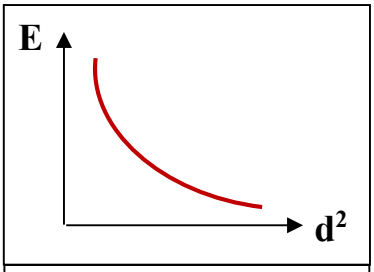
** الشكل المقابل يمثل المجال الكهربائي لشحنتين

نوع الشحنة (a) موجبة والشحنة (b) سالبة

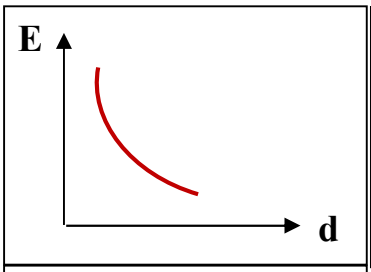




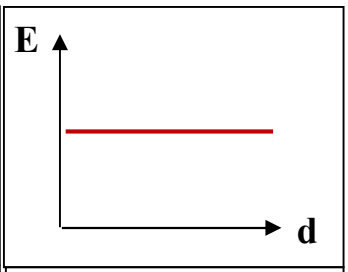
شدة المجال والشحنة الكهربية في مجال كهربائي غير منتظم



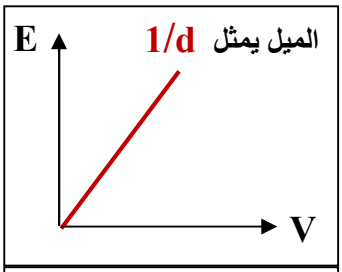
شدة المجال ومربع بعد النقطة في مجال كهربائي غير منتظم



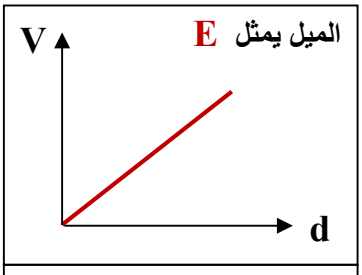
شدة المجال والبعد بين اللوحين في مجال كهربائي منتظم عند ثبات فرق الجهد بين اللوحين



شدة المجال والبعد بين اللوحين في مجال كهربائي منتظم



شدة المجال وفرق الجهد بين اللوحين في مكثف عند ثبات البعد بين اللوحين



فرق الجهد والبعد بين اللوحين في مجال كهربائي منتظم

ماذا يحدث :

1- لشدة مجال (E) إذا أصبح بعد النقطة عن الشحنة (2d) عند ثبات الشحنة الكهربائية يقل للربع (¼ E)

2- لشدة مجال (E) إذا زيدت المسافة بين اللوحين إلي (2d) عند ثبات فرق الجهد. يقل للنصف (½ E)

تابع المجالات الكهربائية

** لحساب محصلة مجالين كهربائيين ناتجين عن شحنتين نقطتين نستخدم العلاقة : $E_T = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos\theta}$

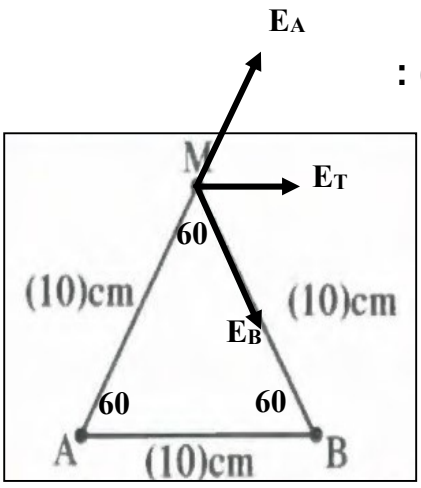
** لحساب اتجاه محصلة مجالين كهربائيين ناتجين عن شحنتين نقطتين نستخدم العلاقة : $\sin\alpha = \frac{E_2 \sin\theta}{E_T}$

** محصلة مجالين كهربائيين في اتجاه واحد تساوي $E_T = E_1 + E_2$ واتجاهها مع اتجاه المجالين

** محصلة مجالين كهربائيين متعاكسين تساوي $E_T = E_2 - E_1$ واتجاهها مع اتجاه المجال الأكبر

مثال 1 : في الشكل شحنتان كهربائيتان موضوعتان في الهواء عند النقطتين A وB مقدارهما ($q_A = 2 \times 10^{-8}$ C) و($q_B = -2 \times 10^{-8}$ C) تبعد الشحنتان عن النقطة (M) مسافة (10 cm) .

أ) أحسب مقدار واتجاه محصلة شدة المجال الناتج عن الشحنتين عند النقطة (M) :



$$E_A = \frac{Kq_A}{d^2} = \frac{9\times10^9 \times 2\times10^{-8}}{(0.1)^2} = 18000 \quad N/C$$

$$E_B = \frac{Kq_B}{d^2} = \frac{9\times10^9 \times 2\times10^{-8}}{(0.1)^2} = 18000 \quad N/C$$

$$E_T = \sqrt{E_A^2 + E_B^2 + 2E_A E_B \cos120} = 18000 \quad N/C$$

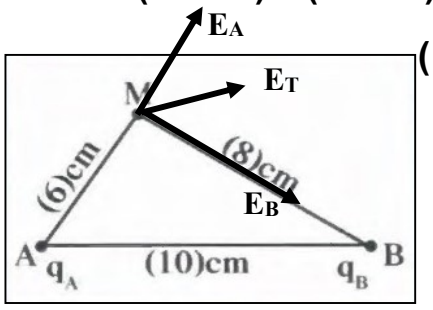
$$\sin\alpha = \frac{E_B \sin\theta}{E_T} = \frac{18000 \ \sin120}{18000} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$

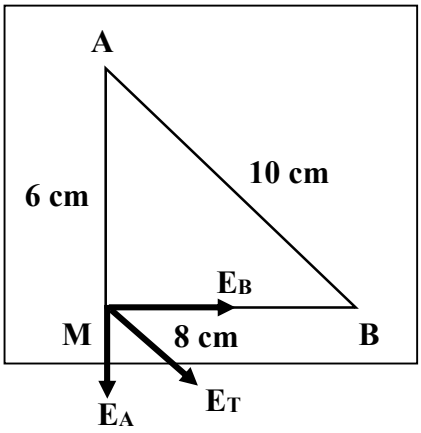
ب) حدد عناصر متجه محصلة المجال الكهربائي :

المقدار : 18000 N/C **الاتجاه : 60°**

مثال 2 : في الشكل شحنتان كهربائيتان موضوعتان في الهواء عند النقطتين A وB مقدارهما ($q_A = 3 \times 10^{-8}$ C) و ($q_B = -2 \times 10^{-8}$ C) تبعد الشحنتان عن النقطة (M) علي التوالي مسافة (6 cm) و (8 cm) .

أ) أحسب مقدار واتجاه محصلة شدة المجال الناتج عن الشحنتين عند النقطة (M)



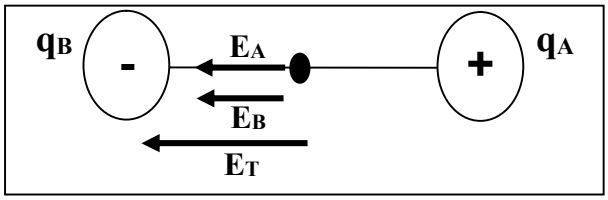


$$E_A = \frac{Kq_A}{d^2} = \frac{9\times10^9 \times 3\times10^{-8}}{(0.06)^2} = 75000 \quad N/C$$

$$E_B = \frac{Kq_B}{d^2} = \frac{9\times10^9 \times 2\times10^{-8}}{(0.08)^2} = 28125 \quad N/C$$

$$E_T = \sqrt{E_A^2 + E_B^2 + 2E_A E_B \cos90} = 80100 \quad N/C$$

$$\sin\alpha = \frac{E_B \sin\theta}{E_T} = \frac{28125 \ \sin90}{80100} \Rightarrow \alpha = 20.55^\circ$$



مثال 3 : شحنتان كهربائيتان ($q_A = 4\ \mu C$) و ($q_B = -6\ \mu C$) علي خط واحد و يبعدان عن بعضهما ($AB = 20\ cm$) .

أ) أحسب مقدار شدة المجال الناتج عند نقطة في المنتصف بينهما :

$$E_A = \frac{Kq_A}{d^2} = \frac{9\times10^{9}\times4\times10^{-6}}{(0.1)^2} = 3\,600000 \quad N/C$$

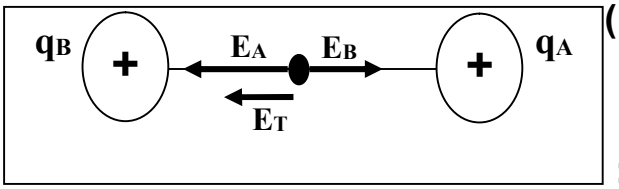
$$E_B = \frac{Kq_B}{d^2} = \frac{9\times10^{9}\times6\times10^{-6}}{(0.1)^2} = 5400000 \quad N/C$$

$$E_T = E_A + E_B = 9000000 \quad N/C$$

اتجاه المجال مع اتجاه المجالين (ناحية الغرب)

ب) أحسب القوة الكهربية المؤثرة علي شحنة مقدارها ($5\ \mu C$) موضوعة عند نفس النقطة :

$$F = E\times q = 9000000 \times 5\times10^{-6} = 45 \quad N$$



مثال 4 : شحنتان كهربائيتان ($q_A = 12\ \mu C$) و($q_B = 8\ \mu C$) علي خط واحد ويبعدان عن بعضهما ($AB = 10\ cm$) .

أ) أحسب مقدار شدة المجال الناتج عند نقطة في المنتصف بينهما :

$$E_A = \frac{Kq_A}{d^2} = \frac{9\times10^{9}\times12\times10^{-6}}{(0.05)^2} = 43200000 \quad N/C$$

$$E_B = \frac{Kq_B}{d^2} = \frac{9\times10^{9}\times8\times10^{-6}}{(0.05)^2} = 28800000 \quad N/C$$

$$E_T = E_A - E_B = 14400000 \quad N/C$$

اتجاه المجال مع اتجاه المجال الأكبر (E_A) (ناحية الغرب)

مثال 5 : لوحين متوازيين مشحونين المسافة بينهما ($5\ cm$) والقوة الكهربائية المؤثرة على إلكترون شحنته ($1.6 \times 10^{-19}\ C$) عند انتقاله بين اللوحين تساوي ($3.2 \times 10^{-16}\ N$) . أحسب :

أ) شدة المجال الكهربائي بين اللوحين :

$$E = \frac{F}{q} = \frac{3.2\times10^{-16}}{1.6\times10^{-19}} = 2000 \quad N/C$$

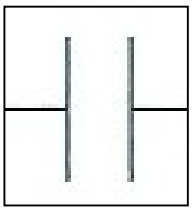
ب) حدد عناصر متجه محصلة المجال الكهربائي :

المقدار : 2000 N/C الاتجاه : من اللوح الموجب إلي اللوح السالب

ج) فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين .

$$V = E\times d = 2000\times0.05 = 100 \quad V$$

الدرس (1- 2) : المكثفات



المكثف المستوي لوحين معدنيين مستويين ومتوازيين ومتقابلين بينهما مادة عازلة

** أهم استخدامات المكثف هي : 1- تخزين الطاقة الكهربائية

2- ضبط الراديو والتلفاز لالتقاط محطات محددة

3- المكثفات هي التي تجعل الفلاش يتوهج في الكاميرا

** أنواع المكثف هي :

أ- من حيث الشكل : مستوي – دائري – اسطواني

ب- من حيث السعة : ثابت السعة - متغير السعة

ماذا يحدث : عند توصيل لوحي المكثف بمصدر جهد كهربائي .

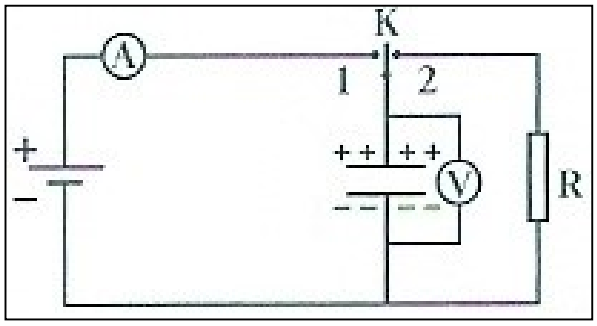
يختزن هذا المكثف شحنات كهربائية ليصبح اللوح المتصل بالقطب الموجب للبطارية موجب الشحنة واللوح المقابل له سالب الشحنة

** في المكثف يكون اللوح المتصل بالقطب الموجب للبطارية موجب الشحنة .

** في المكثف يكون اللوح المتصل بالقطب السالب للبطارية سالب الشحنة .

** في المكثف يكون مقدار الشحنتين علي اللوحين متساوي في القيمة المطلقة

شحن المكثف وتفريغه :



** في الدائرة الكهربائية في الشكل المقابل :

أ) ماذا يحدث عند توصيل المفتاح ذو الاتجاهين (K) إلى النقطة 1 ؟

** الحدث : تحدث عملية شحن المكثف

ويشير الأميتر إلى مرور التيار في المكثف

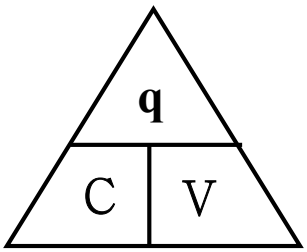
** التفسير : يكتسب لوح المكثف المتصل بالقطب السالب للبطارية شحنة سالبة ويكتسب لوح المكثف المتصل بالقطب الموجب للبطارية شحنة موجبة والشحنتين متساويتان في القيمة المطلقة

ب) ماذا يحدث عند توصيل المفتاح ذو الاتجاهين (K) إلى النقطة 2 ؟

* الحدث : تحدث عملية تفريغ المكثف ويعود الفولتميتر الي صفر

* التفسير : ينطلق التيار الكهربائي (الإلكترونات الحرة) من اللوح السالب إلى اللوح الموجب عبر المقاومة R وتنعدم الشحنة على المكثف

السعة الكهربائية للمكثف



السعة الكهربائية للمكثف : **النسبة بين شحنة المكثف وفرق جهده**

أو شحنة مكثف فرق الجهد بين لوحيه 1 فولت

** لحساب سعة المكثف نستخدم العلاقة : $C = \frac{q}{V}$

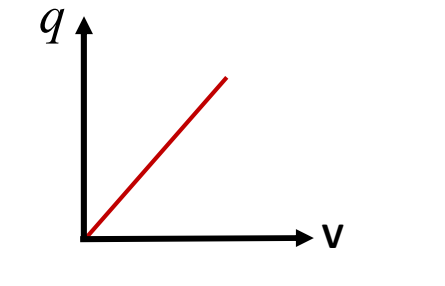
** وحدة قياس سعة المكثف هي **الفاراد (F)** وتكافئ **C/V**

** كمية الشحنة التي تظهر على أحد لوحي المكثف تتناسب **طردياً** مع مقدار فرق الجهد المبذول بين لوحي المكثف

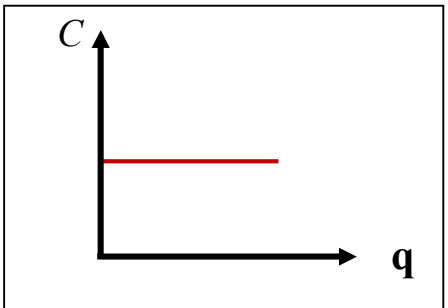
** مكثف مشحون فإذا كانت شحنة كل من لوحيه μC (10) فإن شحنة المكثف بوحدة (μC) تساوي 10

علل : لا تتغير السعة الكهربائية للمكثف مهما تغيرت شحنته أو لا تعتمد سعة للمكثف على الشحنة أو الجهد .

لأنه إذا تغيرت سعة المكثف يتغير جهده بنفس النسبة فتظل السعة ثابتة



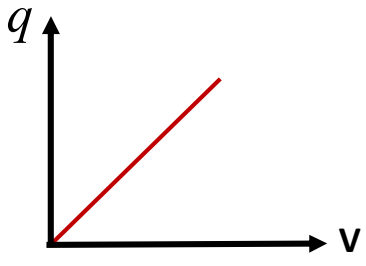
السعة الكهربية والجهد الكهربائي



السعة الكهربية والشحنة الكهربية

الشحنة الكهربية والجهد الكهربائي
عند ثبوت السعة الكهربائية

* الميل يمثل **سعة المكثف**



الشحنة الكهربية والجهد الكهربائي

المساحة تحت المنحني تمثل **الطاقة الكهربائية**

جهد التعطيل (التوقف) : **فرق الجهد المطبق على لوحي المكثف والذي يولد مجال كهربائي يتخطى حد التحمل الذي تتحمله المادة العازلة وتؤدي إلى تلف المكثف**

علل : تكتب مصانع المكثفات على المكثف مقدار القيمة العظمى لفرق الجهد المطبق.

حتى لا تتخطي شدة المجال حد التحمل وتظهر بين لوحي المكثف شرارة عند تفريغ المكثف وتؤدي الي تلف المكثف

$$C = \frac{\varepsilon_0 \ \varepsilon_r \ A}{d}$$

العوامل التي تتوقف عليها السعة الكهربائية للمكثف

1- المساحة اللوحية المشتركة 2 - المسافة بين اللوحين 3- نوع المادة العازلة

** (ε_0) يسمي **ثابت العزل الكهربائي النسبي للفراغ** ويساوي ($\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}\ F/m$)

** (ε_r) يسمي **ثابت العزل الكهربائي النسبي للمادة** ويختلف من مادة لآخري ويكون للهواء يساوي **1**

** لحساب السعة الكهربائية عند إضافة مادة عازلة بدلاً من الهواء (**C**) نستخدم العلاقة : $C = C_0 \times \varepsilon_r$

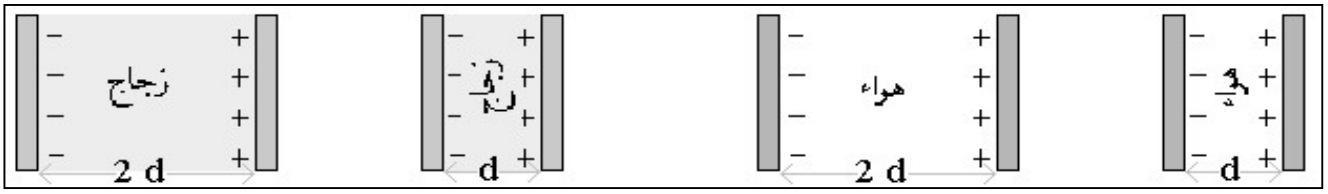
** لحساب المساحة اللوحية للمكثف الدائري (**A**) نستخدم العلاقة : $A = \pi\, r^2$

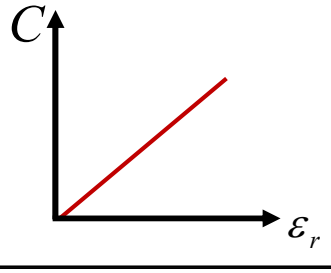
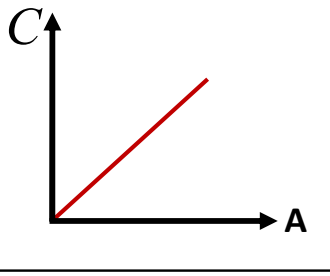
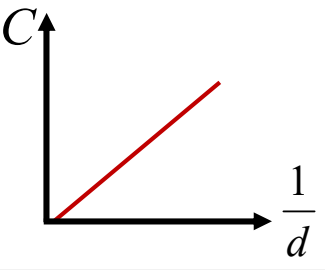
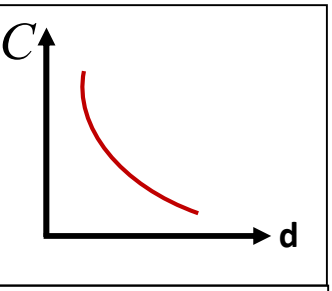
** تـزداد السـعة الكهربائيـة لمكـثف هـوائي من **µ.F** (8) إلي **µ.F** (48) عنـدما يمـلأ الزجـاج الحـيز بـين لوحـيه فيكون ثابـت العازلـية للزجـاج مسـاوياً $\varepsilon_r = 6$

** عنـد زيـادة المسـافة بين لوحـي مكـثف هـوائي مستوٍ إلي مثّـلي ما كانـت عليـه ثم وُضـعت مـادة عازلـة بـين لوحـيه ثابـت عازلتيها الكهربائية يسـاوى (2) فإن السـعة الكهربائيـة للمكـثف **تبقي ثابتة**

** المكـثف المسـتوي الذي لـه أكـبر سـعة كهربائيـة من المكـثفـات التاليـة هـو : **زجاج (d)**

السبب : **المكثف الذي له سعة عالية تكون المسافة بين اللوحين أقل و يملأ بمادة يكون ثابت عازلتيها كبير**



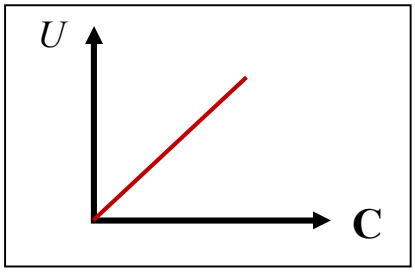
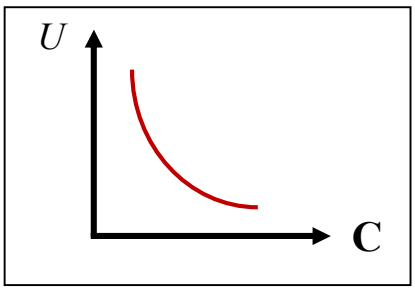
			
السعة الكهربائية وثابت العازلية للمادة	السعة الكهربائية والمساحة اللوحية المشتركة	السعة الكهربائية ومقلوب البعد بين اللوحين	السعة الكهربية والبعد بين اللوحين

علل : تزداد سعة المكثف عند وضع مادة عازلة بين لوحيه بدلا من الهواء.

لأن السعة الكهربائية للمكثف تتناسب طرديا مع ثابت العزل الكهربائي وثابت العزل الكهربائي للهواء أقل ما يمكن

الطاقة الكهربائية في المكثف

** باستخدام العلاقة ($U = \frac{1}{2} qV$) أستنتج أن :

$U = \frac{1}{2} CV^2$	$U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$
$U = \frac{1}{2} qV = \frac{1}{2} (CV)V = \frac{1}{2} CV^2$	$U = \frac{1}{2} qV = \frac{1}{2} q(\frac{q}{C}) = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$
	
الطاقة المختزنة وسعة مكثف متصل ببطارية	الطاقة المختزنة وسعة مكثف مشحون ومعزول

** الطاقة الكهربائية المختزنة في مكثف متصل ببطارية تتناسب طرديا مع **سعة المكثف** وطرديا مع **مربع الجهد**

** الطاقة الكهربائية المختزنة في مكثف مشحون ومعزول تتناسب طرديا مع **مربع الشحنة** وعكسياً مع **السعة**

ماذا يحدث فى الحالات الآتية :

1- لسعة المكثف إذا زادت المساحة اللوحية المشتركة للمثلي .

تزداد للمثلي

2- لسعة المكثف إذا زادت المسافة بين اللوحين للمثلي .

تقل للنصف

3- لسعة المكثف إذا تم استبدال الهواء بين لوحي المكثف بمادة عازلة ثابت العزل الكهربائي ($\varepsilon_r = 4$) .

تزداد أربعة أمثال

4- عند وضع مادة عازلة ثابت عازليتها يساوي (2) بين لوحي مكثف هوائي مستوي إذا كان هذا المكثف :

وجه المقارنة	متصل ببطارية (منبع تيار مستمر)	مشحون ومعزول عن البطارية
السعة الكهربائية $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d}$	تزداد للمثلي	تزداد للمثلي
الجهد الكهربائي $V = \frac{q}{C}$	ثابت	يقل للنصف
كمية الشحنة $q = CV$	تزداد للمثلي	ثابت
شدة المجال الكهربائي $E = \frac{V}{d}$	ثابت	تقل للنصف
الطاقة الكهربائية $U = \frac{1}{2} qV$	تزداد للمثلي	تقل للنصف

5- عند زيادة المسافة بين لوحي مكثف هوائي مستو للمثلين :

وجـه المقارنـة	متصل ببطارية (منبع تيار مستمر)	مشحون ومعزول عن البطارية
السعة الكهربائية $C=\frac{\varepsilon_0\,\varepsilon_r\,A}{d}$	تقل للنصف	تقل للنصف
الجهد الكهربائي $V=\frac{q}{C}$	ثابت	يزداد للمثلي
كمية الشحنة $q=CV$	تقل للنصف	ثابت
شدة المجال الكهربائي $E=\frac{V}{d}$	تقل للنصف	ثابت
الطاقة الكهربائية $U=\frac{1}{2}qV$	تقل للنصف	يزداد للمثلي

مثال 1 : مكثف هوائي مصنوع من لوحين مساحتهما المشتركة ($10\ cm^2$) و ($20\ cm^2$) المسافة الفاصلة بينهما تساوي (4.425 mm) ويحمل شحنة مقدارها (17.7 μC) . حيث ($\varepsilon_0=8.85\times10^{-12}F/m$) . أحسب :

أ) السعة الكهربائية لهذا المكثف :

$$C_0=\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r A}{d}=\frac{8.85\times10^{-12}\times1\times(10\times10^{-4})}{(4.425\times10^{-3})}=2\times10^{-12}\ \text{F}$$

ب) فرق الجهد بين لوحي المكثف :

$$V=\frac{q}{C}=\frac{17.7\times10^{-6}}{2\times10^{-12}}=8850000\ \text{V}$$

ج) شدة المجال الكهربائي بين لوحي المكثف :

$$E=\frac{V}{d}=\frac{8850000}{4.425\times10^{-3}}=2\times10^{9}\ \text{V/m}$$

د) الطاقة الكهربائية المختزنة بين لوحي المكثف :

$$U=\frac{1}{2}\text{qv}=\frac{1}{2}\times17.7\times10^{-6}\times8850000=78.32\ \text{J}$$

هـ) السعة الكهربائية إذا تم استبدال الهواء بين لوحي المكثف بمادة الميكا ثابت العزل النسبي لها ($\varepsilon_r=4$) :

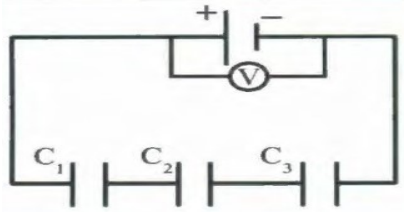
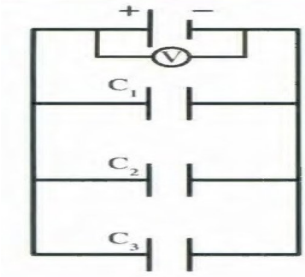
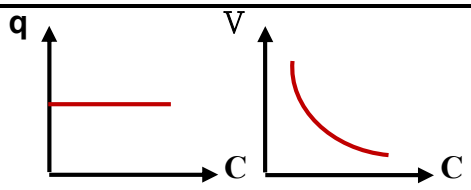
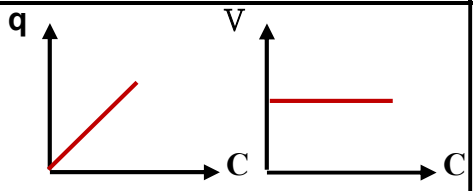
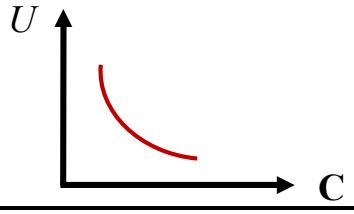
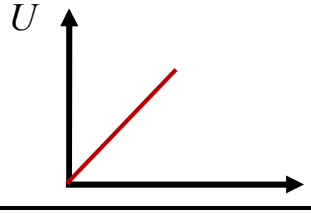
$$\text{C}=\text{C}_0\times\varepsilon_\text{r}=2\times10^{-12}\times4=8\times10^{-12}\ \text{F}$$

مثال 2 : مكثف يحوي بين لوحيه علي مادة ثابت عازليتها (4.5) ومصنوع من لوحين معدنيين نصف قطر كل منهما (5 cm) والمسافة الفاصلة بينهما (0.015 m) . حيث ($\varepsilon_0=8.85\times10^{-12}F/m$) أحسب السعة الكهربائية .

$$A=\pi R^2=\pi\times(0.05)^2=7.85\times10^{-3}\ \text{m}^2$$

$$C_0=\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r A}{d}=\frac{8.85\times10^{-12}\times4.5\times7.85\times10^{-3}}{0.015}=2\times10^{-11}\ \text{F}$$

توصيل المكثفات

وجه المقارنة	توصيل المكثفات علي التوالي	توصيل المكثفات علي التوازي
الرسم		
كمية الشحنة في كل مكثف	متساوية في كل مكثف	تتوزع بنسب طردية علي المكثفات
فرق الجهد في كل مكثف	يتوزع بنسب عكسية علي المكثفات	متساوي في كل مكثف
قانون لحساب السعة المكافئة	$\frac{1}{C_{eq}}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$	$C_{eq}=C_1+C_2+C_3$
السعة المكافئة وعلاقتها بباقي السعات	مقلوب السعة المكافئة يساوي مجموع مقلوب سعة كل مكثف	السعة المكافئة تساوي مجموع سعة كل مكثف
السعة المكافئة وعلاقتها بأصغر وأكبر سعة	السعة المكافئة أصغر من أصغر سعة	السعة المكافئة أكبر من أكبر سعة
السعة المكافئة في حالة تساوي سعة كل مكثف	$C_{eq}=\frac{C_1}{N}$	$C_{eq}=C_1\times N$
علاقة سعة كل مكثف وفرق الجهد	$\frac{C_2}{C_1}=\frac{V_1}{V_2}$	$V_1=V_2$
علاقة سعة كل مكثف وكمية الشحنة	$q_1=q_2$	$\frac{C_2}{C_1}=\frac{q_2}{q_1}$
علاقة سعة كل مكثف والطاقة المختزنة	$\frac{C_2}{C_1}=\frac{U_1}{U_2}$	$\frac{C_2}{C_1}=\frac{U_2}{U_1}$
رسم العلاقة بين الشحنة والجهد مع سعة كل مكثف		
رسم العلاقة بين الطاقة المختزنة مع سعة كل مكثف		

مثال 1 : خمسة مكثفات متساوية السعة وصلت على التوالي فكانت سعتها المكافئة (10 µF) . أحسب :

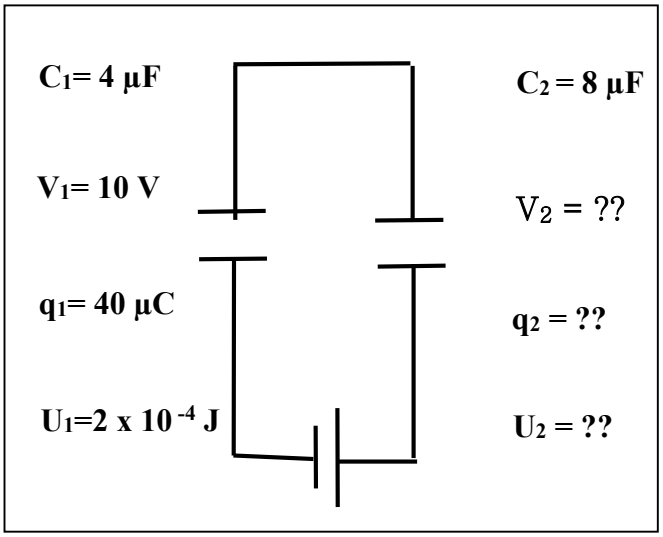
أ) سعة كل مكثف :

$$C_{eq} = \frac{C_1}{N} \quad \Rightarrow \quad 10 = \frac{C_1}{5} \quad \Rightarrow \; C_1 = 50 \; \mu F$$

ب) السعة المكافئة عند توصيلهم علي التوازي :

$$C_{eq}{}_{\text{توالي}} = C_{eq}{}_{\text{توازي}} \times N^2 = 10 \times (5)^2 = 250 \;\; \mu F \quad \text{أو} \quad C_{eq} = C_1 \times N = 50 \times 5 = 250 \;\; \mu F$$

مثال 2 : من الشكل المقابل :



أ) أحسب فرق الجهد في المكثف الثاني (V_2) :

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{8}{4} = \frac{10}{V_2} \Rightarrow V_2 = 5 \; V$$

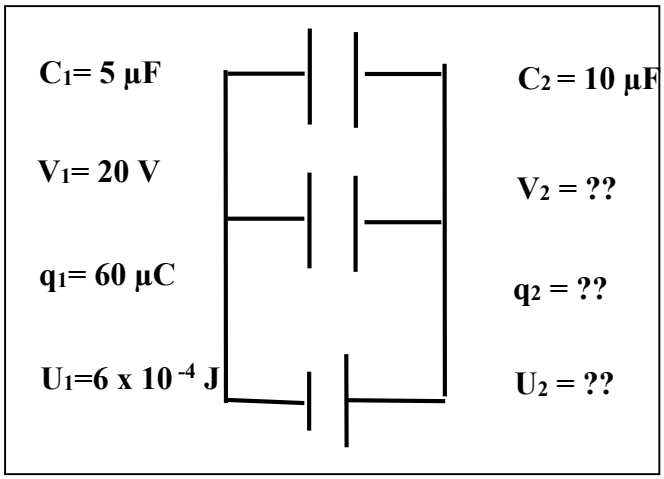
ب) أحسب كمية الشحنة في المكثف الثاني (q_2) :

$$q_1 = q_2 = 40 \; \mu C$$

ج) أحسب الطاقة المختزنة في المكثف الثاني (U_2) :

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{U_1}{U_2} \Rightarrow \frac{8}{4} = \frac{2 \times 10^{-4}}{U_2} \Rightarrow U_2 = 1 \times 10^{-4} \; J$$

مثال 3 : من الشكل المقابل :



أ) أحسب فرق الجهد في المكثف الثاني (V_2) :

$$V_1 = V_2 = 20V$$

ب) أحسب كمية الشحنة في المكثف الثاني (q_2) :

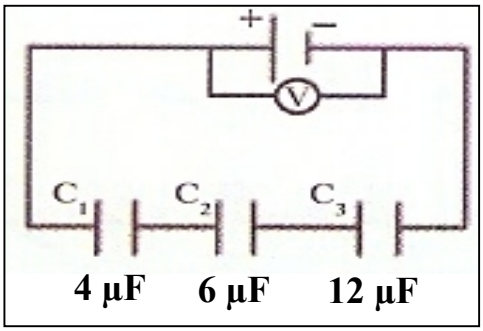
$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{q_2}{q_1} \Rightarrow \frac{10}{5} = \frac{q_2}{60} \Rightarrow q_2 = 120 \;\; \mu C$$

ج) أحسب الطاقة المختزنة في المكثف الثاني (U_2) :

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{U_2}{U_1} \Rightarrow \frac{10}{5} = \frac{U_2}{6 \times 10^{-4}} \Rightarrow U_2 = 12 \times 10^{-4} \; J$$

تابع توصيل المكثفات

مثال 4 : ثلاث مكثفات وصلت كما بالشكل المقابل بمصدر فرق جهده (24 V) . أحسب :



أ) السعة المكافئة للمكثفات الثلاث :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{1}{2} \Rightarrow C_{eq} = 2 \ \mu F$$

ب) شحنة المكثف (C_3) :

$$q_3 = q_{eq} = C_{eq} V_{eq} = 2 \times 24 = 48 \ \mu C$$

ج) فرق الجهد بين لوحي المكثف (C_1) :

$$V_1 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{48}{4} = 12 \ V$$

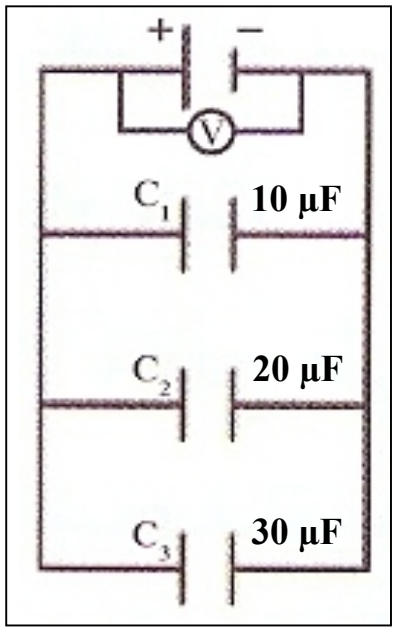
د) الطاقة الكهربائية المختزنة بين لوحي المكثف (C_2) :

$$U_2 = \frac{1}{2}\frac{q_2^2}{C_2} = \frac{1}{2} \times \frac{(48 \times 10^{-6})^2}{6 \times 10^{-6}} = 1.92 \times 10^{-4} \ J$$

هـ) الطاقة الكهربائية الكلية المختزنة في المكثفات الثلاث معاً :

$$U_{eq} = \frac{1}{2}\frac{q_{eq}^2}{C_{eq}} = \frac{1}{2} \times \frac{(48 \times 10^{-6})^2}{2 \times 10^{-6}} = 5.76 \times 10^{-4} \ J$$

مثال 5 : ثلاث مكثفات وصلت كما بالشكل وكانت الشحنة الكلية للمكثفات الثلاث معاً تساوي (240 μC) . أحسب :



أ) السعة المكافئة للمكثفات الثلاث :

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 = 10 + 20 + 30 = 60 \ \mu F$$

ب) فرق الجهد بين لوحي المكثف (C_2) :

$$V_2 = V_{eq} = \frac{q_{eq}}{C_{eq}} = \frac{240}{60} = 4 \ V$$

ج) شحنة المكثف (C_3) :

$$q_3 = C_3 V_3 = 30 \times 4 = 120 \ \mu C$$

د) الطاقة الكهربائية الكلية المختزنة في المكثفات الثلاث معاً :

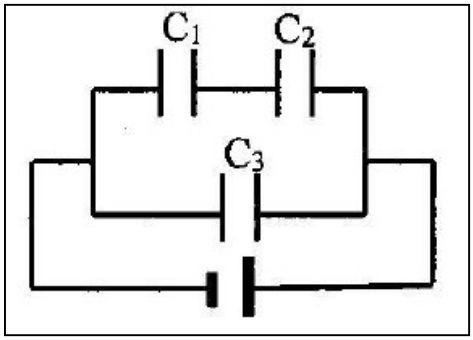
$$U_{eq} = \frac{1}{2} C_{eq} V_{eq}^2 = \frac{1}{2} \times 60 \times 10^{-6} \times (4)^2 = 4.8 \times 10^{-4} \ J$$

هـ) تم استبدال الهواء بين لوحي المكثف (C_1) بمادة عازلة ($\varepsilon_r = 5$) أحسب السعة المكافئة بعد إضافة المادة العازلة :

$$C_1 = C_0 \times \varepsilon_r = 10 \times 5 = 50 \ \mu F$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 = 50 + 20 + 30 = 100 \ \mu F$$

مثال 6 : وصلت ثلاث مكثفات (C_1= 4 µF) و (C_2= 12 µF) و (C_3= 2 µF) بمصدر جهد (10 V) . أحسب :



أ) مقدار السعة المكافئة للمكثفات الثلاثة :

$$\frac{1}{C_{1,2}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{4} + \frac{1}{12} = \frac{1}{3} \Rightarrow C_{1,2} = 3 \ \mu F$$

$$C_{eq} = C_{1,2} + C_3 = 3 + 2 = 5 \ \mu F$$

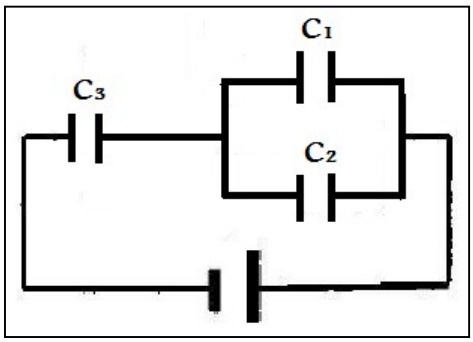
ب) الشحنة الكهربائية المارة في المكثف (C_3) :

$$q_3 = C_3 V_3 = 2 \times 10 = 20 \ \mu C$$

ج) فرق الجهد بين لوحي المكثف (C_1) :

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{V_1}{V_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{12}{4} = \frac{V_1}{(10 - V_1)} \quad \Rightarrow \quad V_1 = 7.5 \ V$$

مثال 7 : وصلت ثلاث مكثفات (C_1= 5 µF) و (C_2= 15 µF) و (C_3= 20 µF) كما بالشكل .



إذا علمت أن الشحنة الكهربائية المارة في الدائرة (60 µC) . أحسب :

أ) مقدار السعة المكافئة للمكثفات الثلاثة :

$$C_{1,2} = C_1 + C_2 \quad \Rightarrow \quad C_{1,2} = 5 + 15 = 20 \ \mu F$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_{1,2}} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{20} + \frac{1}{20} \quad \Rightarrow \quad C_{eq} = 10 \ \mu F$$

ب) فرق الجهد بين لوحي المكثف (C_3) :

$$V_3 = \frac{q_3}{C_3} = \frac{60}{20} = 3 \ V$$

ج) الشحنة الكهربائية المارة في المكثف (C_2) :

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{q_2}{q_1} \quad \Rightarrow \quad \frac{15}{5} = \frac{q_2}{(60 - q_2)} \quad \Rightarrow \quad q_2 = 45 \ \mu C$$

الوحدة الثالثة : الكهرباء والمغناطيسية

الفصل الثاني : المغناطيسية

الدرس (2-2) : التيارات الكهربائية والمجالات المغناطيسية

** يقاس المجال المغناطيسي بوحدة التسلا (T) ويستخدم في قياس المجال المغناطيسي جهاز التسلاميتر

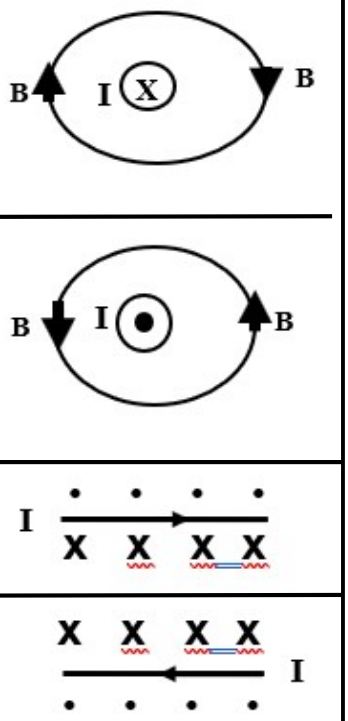
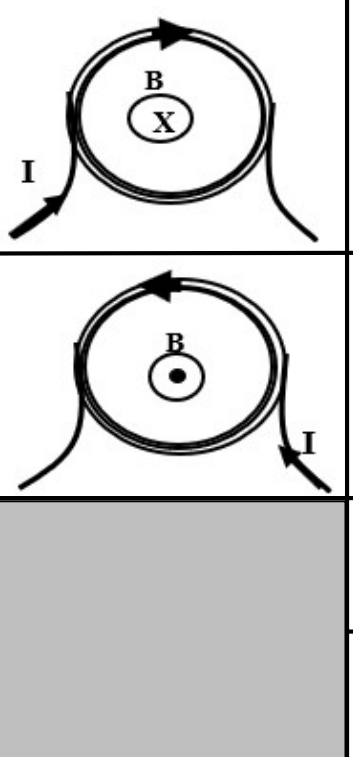
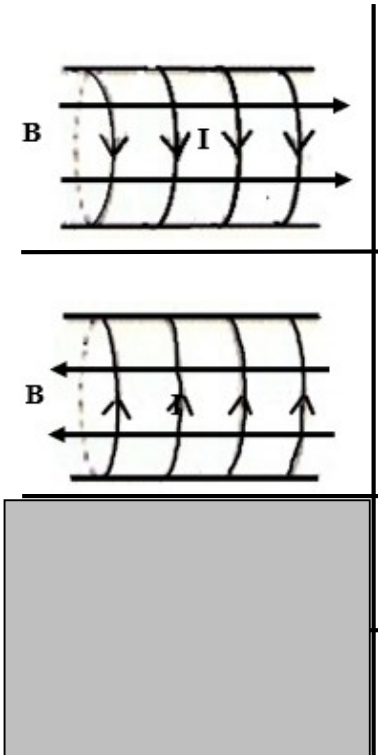
** عندما يكون اتجاه التيار أو المجال المغناطيسي (خارج الصفحة) نرمز له بالرمز ⊙

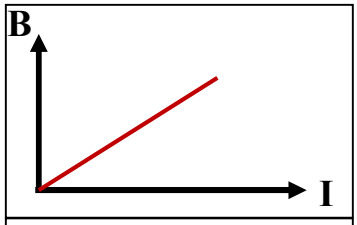
** عندما يكون اتجاه التيار أو المجال المغناطيسي (داخل الصفحة) نرمز له بالرمز ⊗

ملاحظة لتسهيل الحفظ

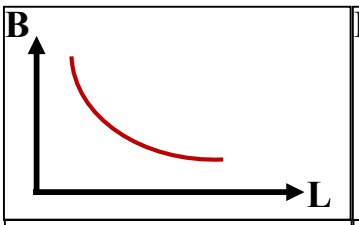
(خارج الصفحة) تبدأ بحرف (خ) والحرف عليه نقطة فنضع (.) داخل الدائرة

(داخل الصفحة) تبدأ بحرف (د) والحرف ليس عليه نقطة فنضع (X) داخل الدائرة

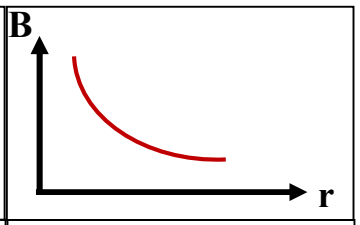
شدة المجال	1- في سلك مستقيم	2- في ملف دائري	3- في ملف لولبي
تحديد الاتجاه عملياً	البوصلة أو الإبرة المغناطيسية		
تحديد الاتجاه نظرياً (قاعدة اليد اليمني)	يوضع الإبهام باتجاه التيار وتلف الأصابع الأخرى لتدل على اتجاه المجال المغناطيسي	توضع اليد فوق الملف وتلف الأصابع باتجاه التيار ويدل الإبهام على اتجاه المجال المغناطيسي	توضع اليد فوق الملف وتوازي الأصابع اتجاه التيار ويدل الإبهام على اتجاه المجال المغناطيسي
رسم خطوط المجال المغناطيسي			
شكل المجال المغناطيسي	دوائر مركزها السلك	خطوط مستقيمة في مركز الملف الدائري	خطوط مستقيمة في محور الملف الحلزوني
المقدار	$B = \frac{\mu_o}{2\pi} \times \frac{I}{d}$	$B = \frac{\mu_o}{2} \times \frac{N.I}{r}$	$B = \mu_o \times \frac{N.I}{L}$
الحامل	المماس علي خط المجال المغناطيسي الدائري	الخط المستقيم المار في مركز الملف	الخط المستقيم المار في محور الملف
العوامل	1- نوع الوسط 2- شدة التيار 3- بعد النقطة عن السلك	1- نوع الوسط 2- شدة التيار 3- نصف قطر الملف 4- عدد لفات الملف	1- نوع الوسط 2- شدة التيار 3- طول الملف 4- عدد لفات الملف



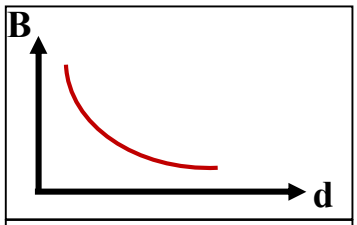
شدة المجال وشدة التيار



شدة المجال وطول الملف



شدة المجال ونصف القطر



شدة المجال وبعد النقطة

وجه المقارنة	داخل الملف الحلزوني	خارج الملف الحلزوني
خطوط المجال المغناطيسي	تتقارب	تتباعد
نوع المجال المغناطيسي	مجال منتظم	مجال غير منتظم

ماذا يحدث مع ذكر السبب :

1- عند وضع إبرة البوصلة قرب سلك موصل يمر تيار كهربائي مستمر .

الحدث : **تنحرف إبرة البوصلة المغناطيسية**

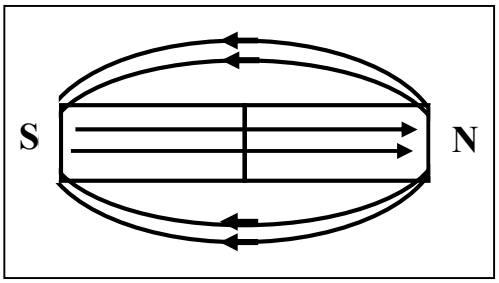
السبب : **لأن مرور التيار في السلك يولد حوله مجال مغناطيسي يسبب انحراف إبرة البوصلة**

2- لشدة المجال المغناطيسي عند لف سلك مستقيم يحمل تيارا مستمراً ليصبح ملف دائري الشكل .

الحدث : **تزداد شدة المجال المغناطيسي داخل الملف عن خارجه**

السبب : **حدوث تداخل بنائي للمجالات المغناطيسية داخل الملف الدائري**

نشاط في الشكل المقابل مغناطيس من الحديد . أجب :

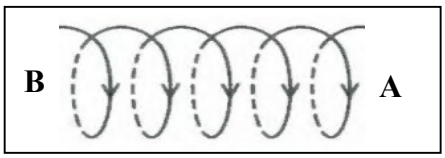


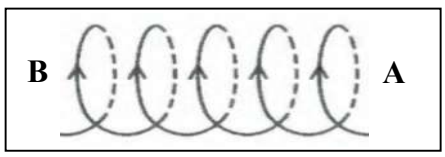
أ) أرسم خطوط المجال :

ب) تتجه خطوط المجال داخلياً من القطب **الجنوبي** إلي القطب **الشمالي**

ج) تتجه خطوط المجال خارجياً من القطب **الشمالي** إلي القطب **الجنوبي**

نشاط في الشكل ملف حلزوني يمر به تيار كهربائي مستمر . أجب :





أ) يعتبر الملف الحلزوني عند مرور التيار فيه **مغناطيس مستقيم**

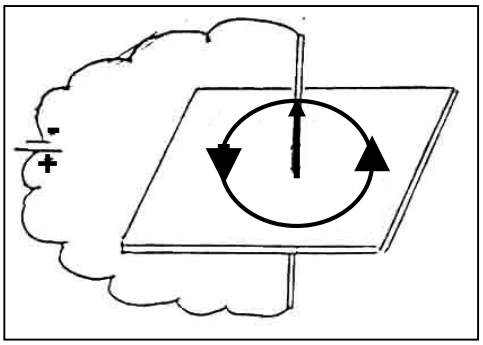
له قطبان يحددهما **اتجاه التيار**

ب) في الملف الأول يتكون عند (A) قطب **شمالي** وعند (B) قطب **جنوبي**

ج) في الشكل الثاني يتكون عند (A) قطب **جنوبي** وعند (B) قطب **شمالي**

تابع التيارات الكهربائية والمجالات المغناطيسية

نشاط يوضح الشكل سلك يمر فيه تيار كهربائي مستمر والمطلوب :



أ) ارسم شكل المجال حول السلك الناشئ عن مرور التيار وحدد اتجاهه .

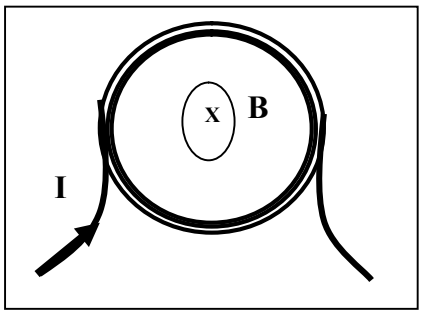
ب) ماذا يحدث إذا عكس اتجاه التيار في السلك .

يتغير اتجاه المجال المغناطيسي

ج) ماذا يحدث لشدة المجال المغناطيسي إذا قلت شدة التيار للنصف .

تقل للنصف

نشاط يوضح الشكل ملف دائري يمر به تيار كهربائي مستمر والمطلوب :



أ) ارسم شكل المجال وحدد اتجاهه عند مركزه .

ب) ماذا يحدث لشدة المجال عند المركز عند زيادة شدة التيار إلى المثلي .

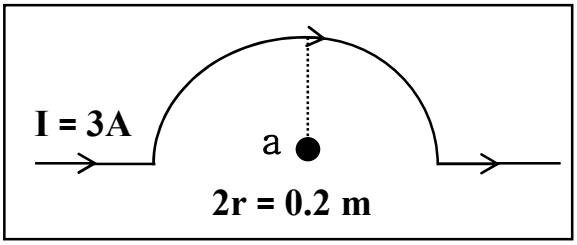
يزداد للمثلي

ج) ماذا يحدث لشدة المجال عند المركز عند إنقاص عدد لفات الملف إلى النصف

يقل للنصف

** معامل النفاذية المغناطيسية (μ_0) ويساوي في الفراغ أو الهواء ($4\pi \times 10^{-7}$ T.m/A)

مثال 1 : في الشكل أوجد شدة المجال المغناطيسي عند نقطة (a) :



أ) الناتج عن تيار السلك المستقيم :

النقطة (a) خارج المجال المغناطيسي للسلك و لذلك (B = 0)

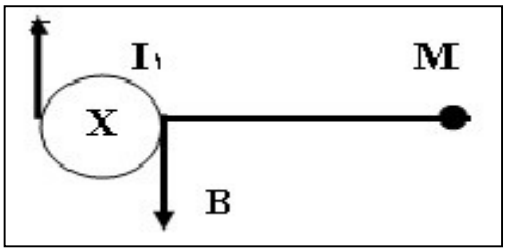
ب) الناتج عن تيار السلك النصف دائري :

$$B = \frac{\mu_o}{2} \times \frac{N.I}{r} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2} \times \frac{0.5 \times 3}{0.1} = 9.4 \times 10^{-7}\ T$$

مثال 2 : حلقة معدنية يمر بها تيار مستمر شدته (20 A) فيولد مجالا مغناطيسيا شدته ($2\pi \times 10^{-5}$ T)

عند مركز الحلقة . أحسب نصف قطر الحلقة المعدنية :

$$B = \frac{\mu_o}{2} \times \frac{N.I}{r} \quad \Rightarrow \quad 2\pi \times 10^{-5} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2} \times \frac{1 \times 20}{r} \quad \Rightarrow \quad r = 0.2\ m$$



مثال 3 : سلك يمر به تيار شدته (2 A) كما بالشكل المقابل

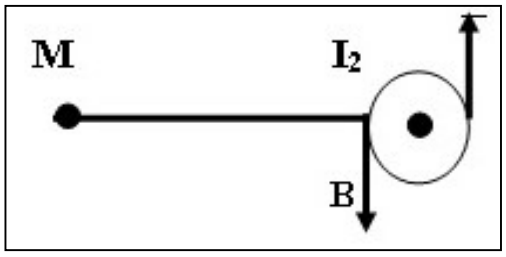
والنقطة (M) تبعد عن السلك (10 cm) .

أحسب شدة المجال المغناطيسي الناشئ عن التيار المار بالسلك

عند النقطة M . وحدد عناصره :

$$B_1 = \frac{\mu_o}{2\pi} \times \frac{I_1}{d} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} \times \frac{2}{0.1} = 4 \times 10^{-6}\ T$$

المقدار : $4 \times 10^{-6}\ T$ الاتجاه : بقاعدة اليد اليمني للجنوب الحامل : المماس علي خط المجال الدائري



مثال 4 : سلك يمر به تيار شدته (3 A) كما بالشكل المقابل

والنقطة (M) تبعد عن السلك (10 cm) .

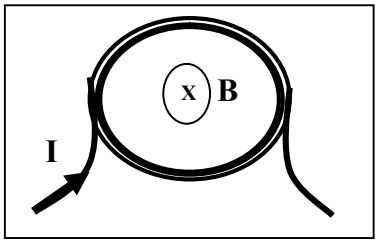
أحسب شدة المجال المغناطيسي الناشئ عن التيار المار بالسلك

عند النقطة M . وحدد عناصره :

$$B_2 = \frac{\mu_o}{2\pi} \times \frac{I_2}{d} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} \times \frac{3}{0.1} = 6 \times 10^{-6}\ T$$

المقدار : $6 \times 10^{-6}\ T$ الاتجاه : بقاعدة اليد اليمني للجنوب الحامل : المماس علي خط المجال الدائري

مثال 5 : ملف دائري نصف قطره (0.2 m) مؤلف من (50 لفة) ويمر به تيار شدته (800 mA) . أحسب :



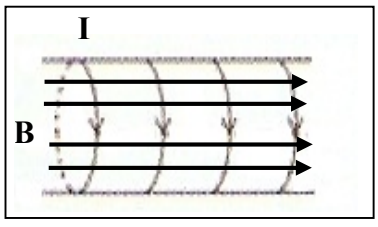
أ) أحسب مقدار شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف الدائري :

$$B = \frac{\mu_o}{2} \times \frac{N.I}{r} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2} \times \frac{50 \times 0.8}{0.2} = 1.25 \times 10^{-4}\ T$$

ب) حدد عناصر متجه المجال المغناطيسي :

المقدار : $1.25 \times 10^{-4}\ T$ الاتجاه : بقاعدة اليد اليمني داخل الصفحة الحامل : الخط المستقيم المار بمركز الملف

مثال 6 : ملف حلزوني طوله (50 cm) مؤلف من (1000 لفة) ويمر به تيار شدته (4 A) . أحسب :



أ) أحسب مقدار شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف :

$$B = \mu_o \times \frac{N.I}{L} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{1000 \times 4}{0.5} = 0.01\ T$$

ب) حدد عناصر متجه المجال المغناطيسي :

المقدار : $0.01T$ الاتجاه : بقاعدة اليد اليمني ناحية الشرق الحامل : الخط المستقيم المار بمحور الملف

الوحدة الرابعة : الضوء

الفصل الاول : الضوء وخواصه

الدرس (1-1) : خواص الضوء

الضوء المرئي موجة كهرومغناطيسية وجزء صغير من طيف الموجات الكهرومغناطيسية

الموجات الكهرومغناطيسية موجات الطاقة المنتشرة بجزء كهربائي وجزء مغناطيسي

** أذكر خواص الموجات الكهرومغناطيسية :

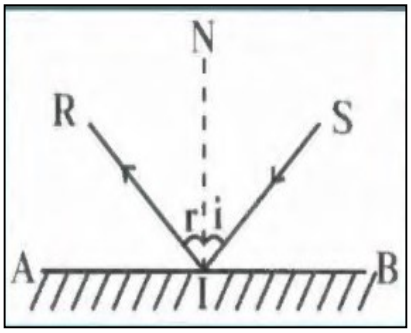
1- تنتقل في الفراغ بسرعة ثابتة
2- تنعكس على السطح اللامع
3- تنكسر على السطح الفاصل بين وسطين شفافين
4- يحدث لها التداخل والحيود والاستقطاب

** تختلف سرعة الضوء المنتقل في الوسط باختلاف نوع الوسط - كثافة الوسط

** بزيادة الكثافة الضوئية للأوساط الشفافة فأن سرعة الضوء تقل

** في الأوساط غير الشفافة فأن سرعة الضوء تساوي صفر

انعكاس الضوء التغير المفاجئ في اتجاه شعاع الضوء على سطح عاكس



نشاط في الشكل شعاع ضوئي يسقط علي سطح عاكس (AB) :

أ) الشعاع (SI) يسمي الشعاع الساقط والشعاع (RI) يسمي الشعاع المنعكس

والعمود (NI) يسمي العمود المقام من نقطة السقوط

ب) الزاوية (i) تسمي زاوية السقوط والزاوية (r) تسمي زاوية الانعكاس

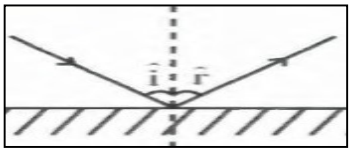
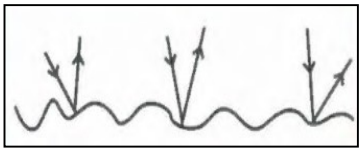
ج) أستنتج قانون الانعكاس الأول : الشعاع الضوئي الساقط والشعاع الضوئي المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط تقع جميعها في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس

د) أستنتج قانون الانعكاس الثاني : زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس

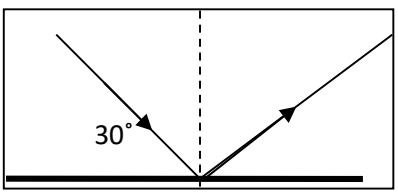
ماذا يحدث : إذا سقط الشعاع الضوئي عموديا على السطح العاكس أو سقط بزاوية سقوط تساوي صفر.

ينعكس على نفسه بزاوية انعكاس تساوي صفر

** الزاوية بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس (80°) فأن زاوية السقوط 40 وزاوية الانعكاس 40

وجه المقارنة	الانعكاس المنتظم	الانعكاس غير المنتظم
الرسم		
التعريف	ارتداد الأشعة الساقطة على السطح العاكس بشكل متواز	ارتداد الأشعة الساقطة على السطح العاكس في اتجاهات عديدة
الأسطح التي يتم عليها	الأسطح المصقولة	الأسطح غير المصقولة
الأكثر أو الأقل حدوثاً	أقل حدوثاً	أكثر حدوثاً

مثال 1 : في الشكل سقط شعاع ضوئي مائلاً علي السطح العاكس بزاوية (30°) .



أحسب زاوية الانعكاس :

$$\hat{i} = 90 - 30 = 60^{\circ}$$

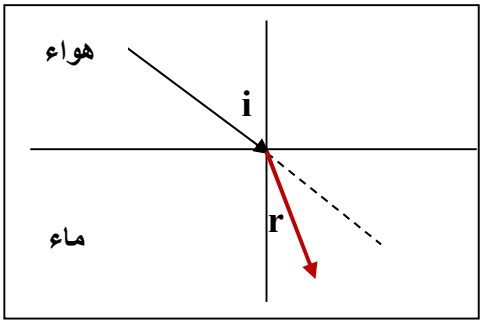
$$\hat{r} = \hat{i} = 60^{\circ}$$

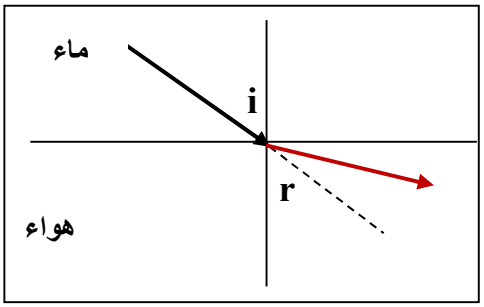
انكسار الضوء

انكسار الضوء التغير المفاجئ في اتجاه شعاع الضوء عند مروره بين وسطين مختلفين في الكثافة الضوئية

علل : حدوث انكسار للضوء عند انتقاله بين وسطين مختلفين بالكثافة الضوئية.

لاختلاف سرعة موجات الضوء في الوسطين





ماذا يحدث في الحالات الآتية مع الرسم :

1- عندما ينتقل شعاع ضوئي من وسط أقل كثافة إلى وسط أكبر كثافة.

ينكسر مقترباً من العمود المقام

2- عندما ينتقل شعاع ضوئي من وسط أكبر كثافة إلى وسط أقل كثافة.

ينكسر مبتعداً من العمود المقام

3- عندما يسقط شعاع ضوئي عمودياً علي السطح الفاصل .

ينفذ علي استقامته و لا يحدث له انحراف

الكثافة الضوئية مقدرة الوسط على كسر الأشعة الضوئية

قانونى الانكسار

1- قانون الانكسار الأول : الشعاع الضوئي الساقط والشعاع الضوئي المنكسر والعمود المقام عند نقطة السقوط تقع جميعها في مستوى واحد عمودي على السطح الفاصل

2- قانون الانكسار الثاني : النسبة بين جيب زاوية السقوط في الوسط الأول إلى جيب زاوية الانكسار في الوسط الثاني تساوي نسبة ثابتة

$$n_{2/1} = \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{V_1}{V_2}$$

معامل الانكسار النسبي

النسبة بين سرعة الضوء في الوسط الأول إلى سرعة الضوء في الوسط الثاني

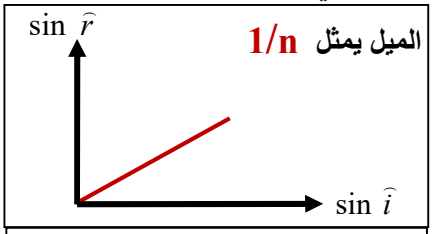
أو النسبة بين جيب زاوية السقوط في الوسط الأول إلى جيب زاوية الانكسار في الوسط الثاني

$$n = \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{C}{V}$$

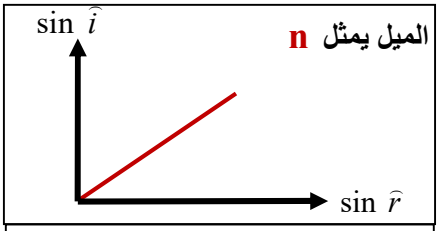
معامل الانكسار المطلق

النسبة بين سرعة الضوء في الهواء إلى سرعة الضوء في الوسط الثاني

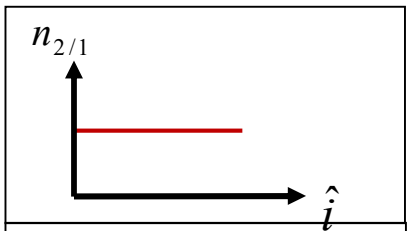
أو النسبة بين جيب زاوية السقوط في الهواء إلى جيب زاوية الانكسار في الوسط الثاني



جيب زاوية الانكسار
وجيب زاوية السقوط



جيب زاوية السقوط
وجيب زاوية الانكسار



معامل الانكسار النسبي
وزاوية السقوط

** لحساب معامل الانكسار النسبي عند انتقال الضوء من الزجاج إلى الماء بدلالة معامل الانكسار المطلق $n_{ز/م} = \frac{n_م}{n_ز}$

** لحساب معامل الانكسار النسبي عند انتقال الضوء من الماء إلى الزجاج بدلالة معامل الانكسار المطلق $n_{م/ز} = \frac{n_ز}{n_م}$

قانون سنل :

$$n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r}$$

علل لما يأتي :

1- معامل الانكسار المطلق دائماً أكبر من الواحد .

لأن سرعة الضوء في الهواء (C) أكبر من سرعته في الوسط الثاني (V) حيث $n = \frac{C}{V}$

2- معامل الانكسار المطلق للهواء يساوي الواحد الصحيح .

لأن $n = \frac{C}{V}$ **حيث** $C = V$ **فتكون النسبة بينهما تساوي واحد**

3- معامل الانكسار المطلق ليس له وحدة قياس .

لأن $n = \frac{C}{V}$ **وهو نسبة بين كميتين فيزيائيتين لهما نفس وحدة القياس**

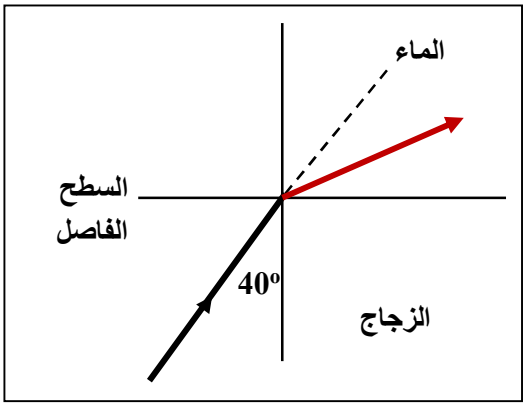
مثال 1 : أسقط شعاع ضوئي على قطعة من الزجاج بزاويتي سقوط (15°) و(45°) وزاويتا الانكسار (10°) و(28°)

أ) أحسب معامل الانكسار المطلق للزجاج لكل زاوية سقوط وماذا تستنتج :

$$n = \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{\sin 15}{\sin 10} = \frac{\sin 45}{\sin 28} = 1.5$$

معامل الانكسار المطلق للمادة مقدار ثابت

مثال 2 : إذا كان معامل الانكسار المطلق للزجاج يساوى (1.5) ومعامل الانكسار المطلق للماء يساوى (1.33) أكمل الرسم ثم أحسب :



أ) معامل الانكسار النسبي بين الزجاج والماء :

$$n_{\frac{م}{ز}} = \frac{n_م}{n_ز} = \frac{1.33}{1.5} = 0.88$$

ب) معامل الانكسار النسبي بين الماء والزجاج :

$$n_{\frac{ز}{م}} = \frac{n_ز}{n_م} = \frac{1.5}{1.33} = 1.12$$

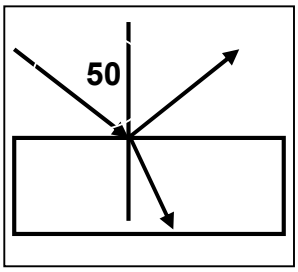
ج) زاوية انكسار الشعاع في الماء :

$$1.5 \times \sin 40 = 1.33 \times \sin \hat{r} \quad \Rightarrow \quad \hat{r} = 46^\circ$$

د) سرعة الضوء في الزجاج حيث سرعة الضوء في الهواء تساوي 3×10^8 m/s **:**

$$V_ز = \frac{C}{n_ز} = \frac{3 \times 10^8}{1.5} = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

مثال 3 : شعاع ضوئي ساقط علي أحد أوجه متوازي مستطيلات معامل انكسار مادته (1.33) فانعكس جزء وانكسر الجزء الأخر أحسب الزاوية بين الشعاع المنكسر والشعاع المنعكس :



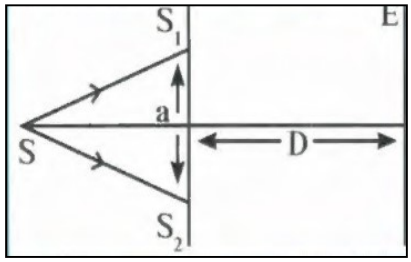
$$\hat{i} = \hat{r} = 50 \quad \Leftrightarrow \quad \sin \hat{r} = \frac{\sin \hat{i}}{n} = \frac{\sin 50}{1.33} \quad \Rightarrow \quad \hat{r} = 35^\circ$$

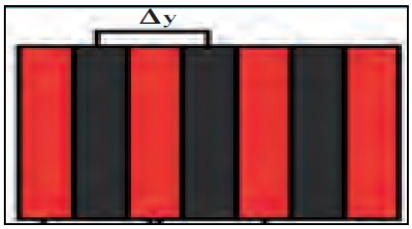
$$\theta = 180 - (50 + 35) = 95^\circ$$

تداخل الضوء

تداخل الضوء تراكب الموجات الضوئية لها نفس التردد والسعة وتتكون مناطق مضيئة ومناطق مظلمة

تجربة الشق المزدوج في الشكل استخدام يونج مصدرا ضوئيا أحادي التردد (S) له طول موجي (λ) وموضوع خلف لوحة فيها فتحتان متوازيتان ضيقتان (S_1 وS_2) بحيث تمثلان مصدرين ضوئيين يبعثان موجات متفقة في الطور . أجب :





أ) المسافة (a) تمثل **المسافة بين الشقين**

ب) المسافة (D) تمثل **المسافة بين لوح الشقين و الحائل**

ج) الأهداب المتكونة علي الحائل (E) هي **أهداب مضيئة و أهداب مظلمة**

د) الهدب المركزي يكون دائما **مضيء** ولا يوجد هدب مركزي **مظلم**

وجه المقارنة	تداخل بنائي	تداخل هدمي
فرق المسير	$\delta = n\lambda$	$\delta = (2n+1)\frac{\lambda}{2} = \left(n+\frac{1}{2}\right)\lambda$
نوع الأهداب المتكونة	أهداب مضيئة	أهداب مظلمة

وجه المقارنة	الهدب المضيء	الهدب المظلم
معادلة بعد الهدب عن الهدب المركزي $X = \delta.\frac{D}{a}$	$x = n\lambda\frac{D}{a}$	$x = \left(n+\frac{1}{2}\right)\lambda.\frac{D}{a}$

البعد الهدبى المسافة بين هدبين متتاليين من نفس النوع $\Delta y = \frac{\lambda D}{a}$

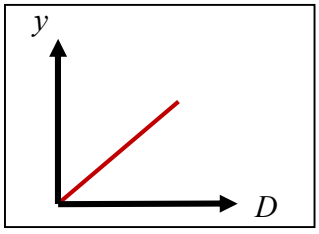
علل :

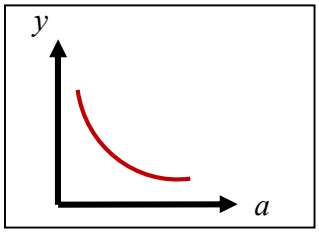
1- في تجربة الشق المزدوج ليونج يزداد وضوح التداخل كلما قلت المسافة بين الشقين .

لأن المسافة بين هدبين من نفس النوع تتناسب عكسياً مع المسافة بين الشقين

2- الهدب المركزي هدب مضيء دوما .

لأن الهدب المركزي ينتج من تداخل بنائي لأكبر عدد من الموجات متفقة الطور وفرق المسير صفر





مثال 1 : في تجربة يونج كانت المسافة بين الشقين (0.05 cm) والمسافة بين لوح الشقين والحائل (5 m)إذا كان الهدب السادس المضيء يبعد عن الهدب المركزي (3 cm) . أحسب :

أ) الطول الموجي للضوء :

$$x = \frac{n\lambda D}{a} \Rightarrow 0.03 = \frac{6\times\lambda\times 5}{5\times10^{-4}} \Rightarrow \lambda = 5\times10^{-7}\ m$$

ب) المسافة بين هدبين متتاليين مضيئين :

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{a} = \frac{5\times10^{-7}\times5}{5\times10^{-4}} = 5\times10^{-3}\ m$$

مثال تطبيقي : في تجربة يونج كانت المسافة بين الفتحتين (2×10^{-4} m) والمسافة بين الشق المزدوج والحائل (1.5 m) والمسافة بين هدبين متتاليين مضيئين (3×10^{-3} m) . أحسب الطول الموجي للضوء : $(4\times10^{-7}\text{m})$

العلاقات الرياضية في المنهج

التحويلات			
الطول	$cm \div 100 \rightarrow m$ $mm \div 1000 \rightarrow m$	الكتلة	$gm \div 1000 \rightarrow Kg$
المساحة	$cm^2 \div 100^2 \rightarrow m^2$ $mm^2 \div 1000^2 \rightarrow m^2$	الزمن	$\min \times 60 \rightarrow \mathrm{S}$ $\mathrm{hr} \times 3600 \rightarrow \mathrm{S}$
الحجم	$cm^3 \div 100^3 \rightarrow m^3$ $mm^3 \div 1000^3 \rightarrow m^3$	شدة التيار	$\mathrm{mA} \times 10^{-3} \rightarrow \mathrm{A}$
الطاقة الحرارية	$Kcal \times 1000 \rightarrow cal$ $cal \times 4.184 \rightarrow J$	الشحنة الكهربائية	$\mu C \times 10^{-6} \rightarrow C$

قوانين الحرارة	
العلاقة بين التدريجات الحرارية	$\frac{T_F - 32}{1.8} = T_K - 273 = T_C$
السعة الحرارية النوعية	$\mathrm{c} = \frac{Q}{m.\Delta T}$
السعة الحرارية	$\mathrm{C} = \mathrm{c} \times \mathrm{m}$ $C = \frac{Q}{\Delta T}$
الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة	$Q = \mathrm{P.t}$ $Q = \mathrm{cm}\Delta\mathrm{T}$
قانون التبادل الحراري	$\sum Q = 0$
التمدد الطولي في الأجسام الصلبة	$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$
التمدد الحجمي في الأجسام الصلبة	$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$
معامل التمدد الطولي (الخطي)	$\alpha = \frac{\beta}{3}$ $\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T}$
معامل التمدد الحجمي	$\beta = 3\alpha$ $\beta = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T}$

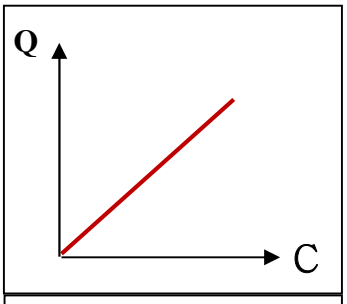
قوانين المجالات الكهربائية	
شدة المجال الكهربائي	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$
شدة المجال الكهربائي الغير منتظم	$E = \frac{Kq}{d^2}$
شدة المجال الكهربائي المنتظم	$E = \frac{V}{d}$
محصلة مجالين كهربائيين	$E_T = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos\theta}$
اتجاه محصلة مجالين كهربائيين	$\sin\alpha = \frac{E_2 \sin\theta}{E_T}$

قوانين المجالات المغناطيسية	
شدة المجال المغناطيسي في سلك مستقيم	$B = \frac{\mu_o}{2\pi} \times \frac{I}{d}$
شدة المجال المغناطيسي في ملف دائري	$B = \frac{\mu_o}{2} \times \frac{N.I}{r}$
شدة المجال المغناطيسي في ملف لولبي	$B = \mu_o \times \frac{N.I}{L}$

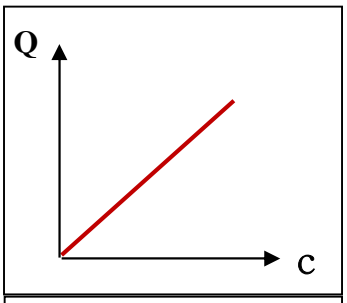
قوانين المكثفات	
السعة الكهربائية للمكثف	$C = \frac{q}{V} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d}$
الطاقة المختزنة في المكثف	$U = \frac{1}{2} qV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$
السعة الكهربائية للمكثف عند إضافة مادة عازلة	$C = C_0 \times \varepsilon_r$
توصيل المكثفات على التوالي	$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$
توصيل المكثفات على التوازي	$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$

قوانين الضوء	
معامل الانكسار النسبي	$n_{2/1} = \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{V_1}{V_2}$
معامل الانكسار المطلق	$n = \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{C}{V}$
قانون سنل	$n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r}$
فرق المسير عند التداخل البنائي للضوء	$\delta = n\lambda$
فرق المسير عند التداخل الهدمي للضوء	$\delta = (2n+1)\frac{\lambda}{2} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$
بعد الهدب عن الهدب المركزي	$X = \frac{\delta . D}{a}$
البعد الهدبى بين هدبين متتاليين	$\Delta y = \frac{\lambda D}{a}$

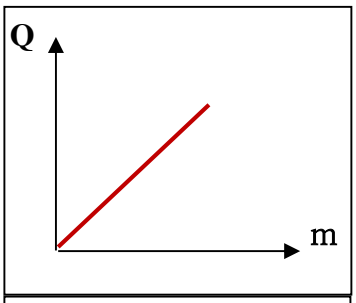
العلاقات البيانية في المنهج



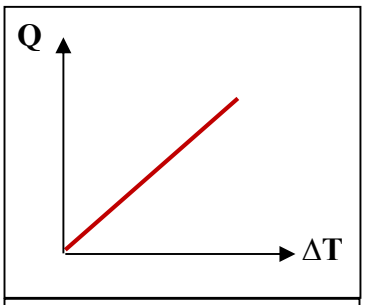
الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة والسعة الحرارية لعدة مواد مختلفة



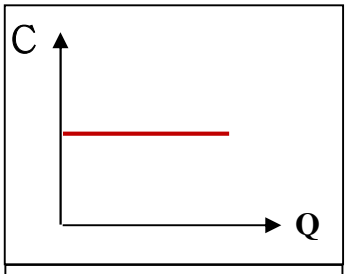
الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة والسعة الحرارية النوعية لعدة مواد مختلفة



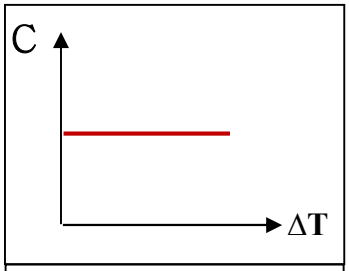
الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة وكتلة المادة عند ثبات باقي العوامل



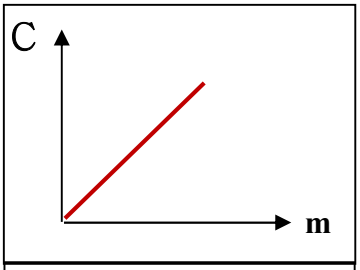
الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة وفرق درجات الحرارة عند ثبات باقي العوامل



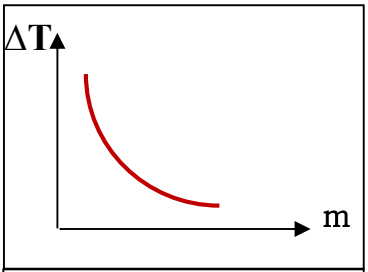
السعة الحرارية والطاقة الحرارية عند ثبات كتلة المادة



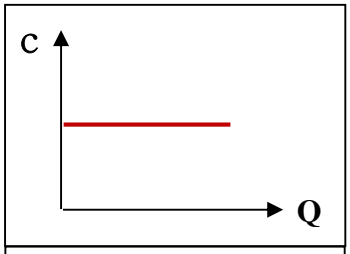
السعة الحرارية وفرق درجات الحرارة عند ثبات كتلة المادة



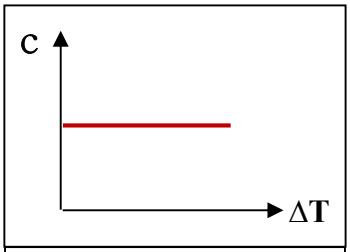
السعة الحرارية وكتلة المادة لنفس المادة



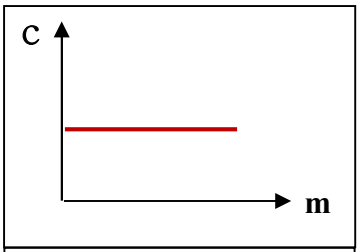
فرق درجات الحرارة وكتلة المادة عند ثبات الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة



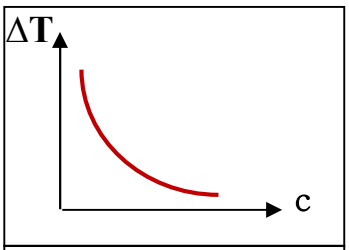
السعة الحرارية النوعية والطاقة الحرارية لنفس المادة



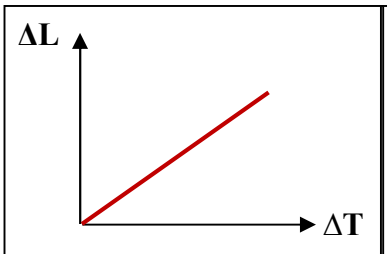
السعة الحرارية النوعية وفرق درجات الحرارة لنفس المادة



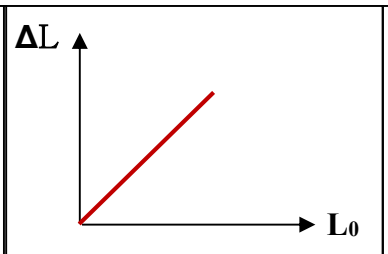
السعة الحرارية النوعية وكتلة المادة لنفس المادة



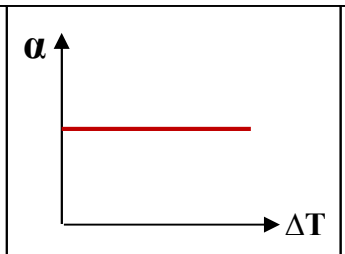
فرق درجات الحرارة والسعة الحرارية النوعية لعدة مواد



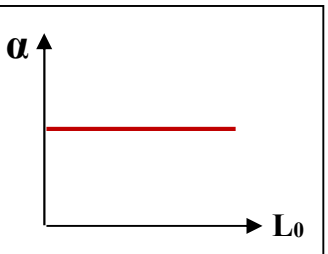
مقدار التمدد الطولي وفرق درجات الحرارة



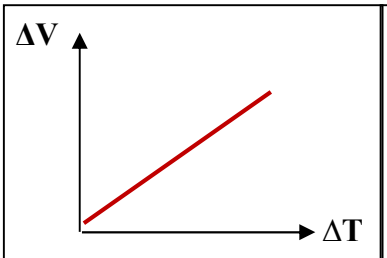
مقدار التمدد الطولي والطول الأصلي



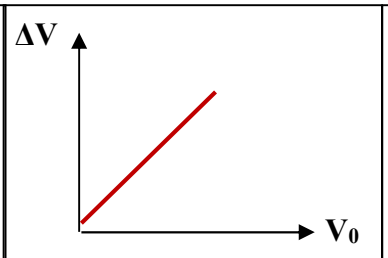
معامل التمدد الطولي وفرق درجات الحرارة



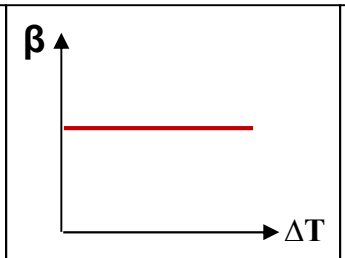
معامل التمدد الطولي والطول الأصلي



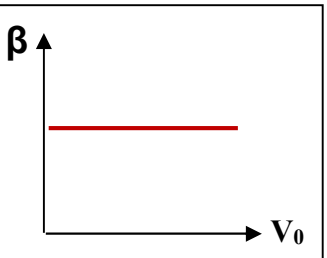
مقدار التمدد الحجمي وفرق درجات الحرارة



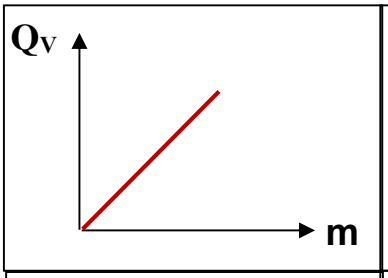
مقدار التمدد الحجمي والحجم لأصلي



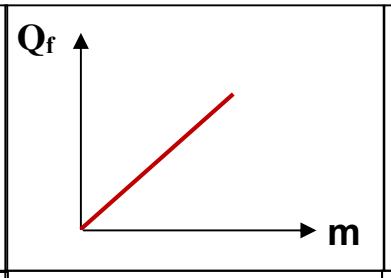
معامل التمدد الحجمي وفرق درجات الحرارة



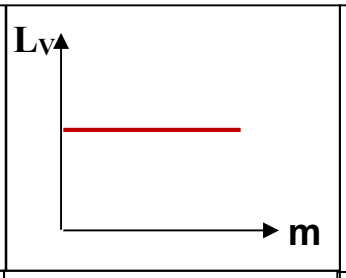
معامل التمدد الحجمي والحجم الأصلي



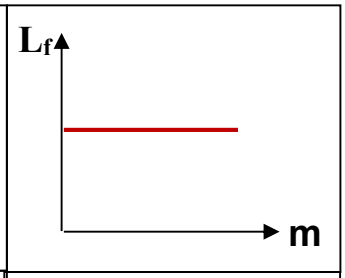
حرارة التبخير
وكتلة الجسم



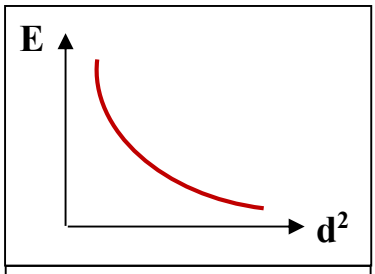
حرارة الانصهار
وكتلة الجسم



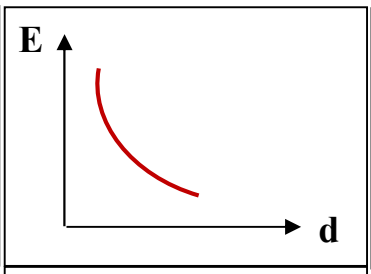
الحرارة الكامنة للتبخير
وكتلة الجسم



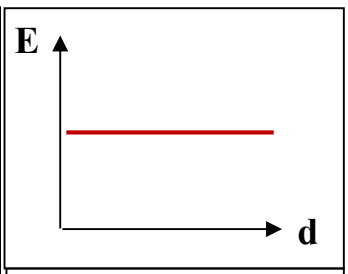
الحرارة الكامنة للانصهار
وكتلة الجسم



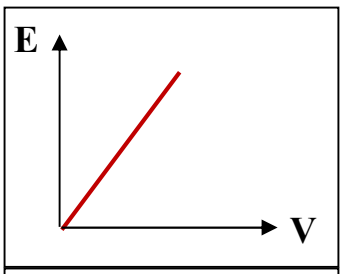
شدة المجال ومربع بعد النقطة
في مجال كهربائي غير منتظم



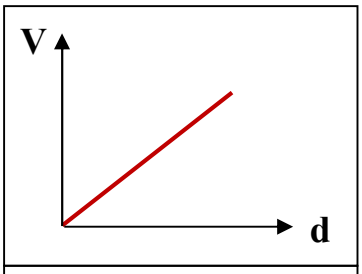
شدة المجال والبعد بين اللوحين
في مجال كهربائي منتظم عند
ثبات فرق الجهد بين اللوحين



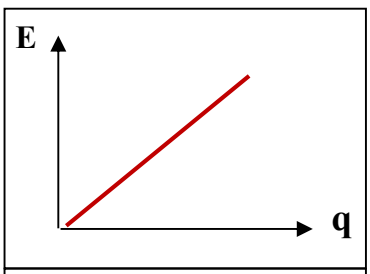
شدة المجال والبعد بين اللوحين
في مجال كهربائي منتظم



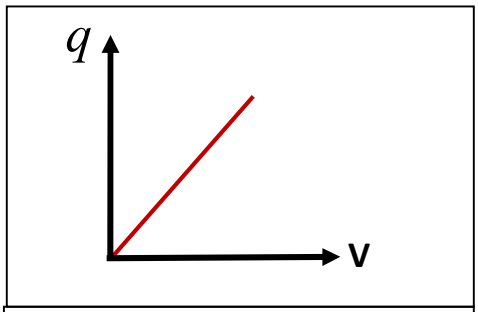
شدة المجال وفرق الجهد بين
اللوحين في مكثف عند ثبات
البعد بين اللوحين



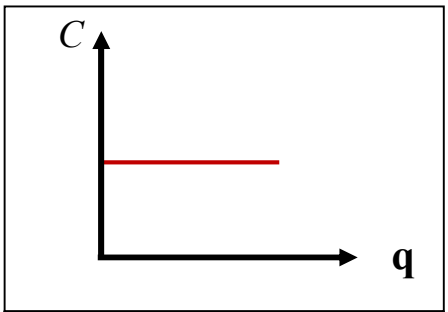
فرق الجهد والبعد بين اللوحين
في مجال كهربائي منتظم



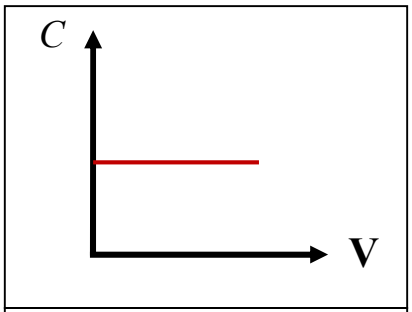
شدة المجال والشحنة الكهربية
في مجال كهربائي غير منتظم



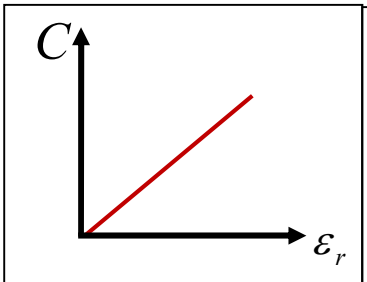
الشحنة الكهربية والجهد الكهربائي
عند ثبوت السعة الكهربائية



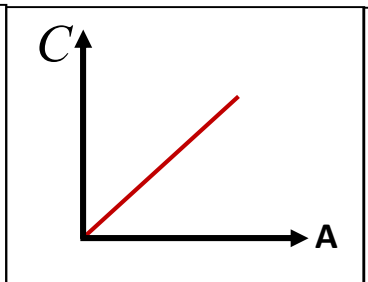
السعة الكهربية والشحنة الكهربية



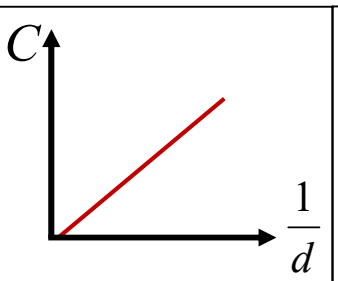
السعة الكهربية والجهد الكهربائي



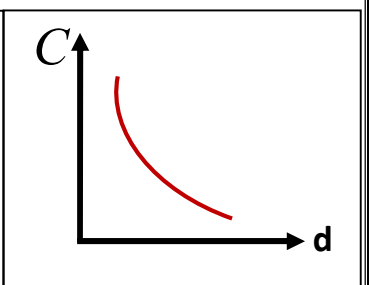
السعة الكهربائية
وثابت العازلية للمادة



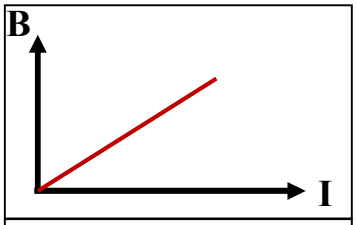
السعة الكهربائية
والمساحة اللوحية المشتركة



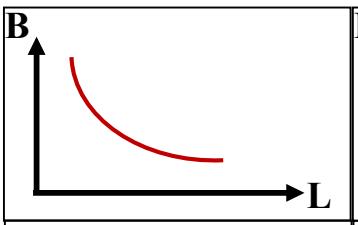
السعة الكهربائية
ومقلوب البعد بين اللوحين



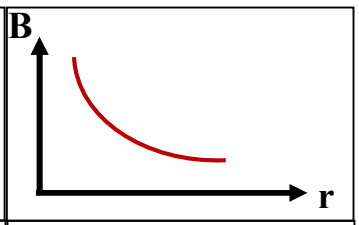
السعة الكهربية
والبعد بين اللوحين



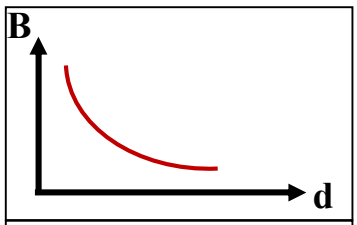
شدة المجال وشدة التيار



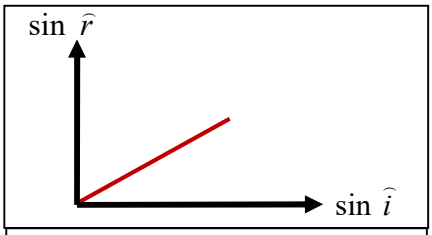
شدة المجال وطول الملف



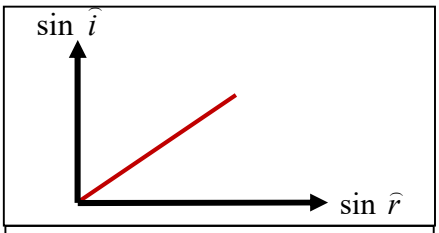
شدة المجال ونصف القطر



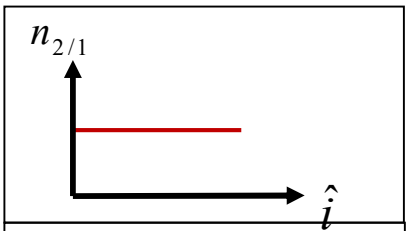
شدة المجال وبعد النقطة



جيب زاوية الانكسار
وجيب زاوية السقوط



جيب زاوية السقوط
وجيب زاوية الانكسار



معامل الانكسار النسبي
وزاوية السقوط