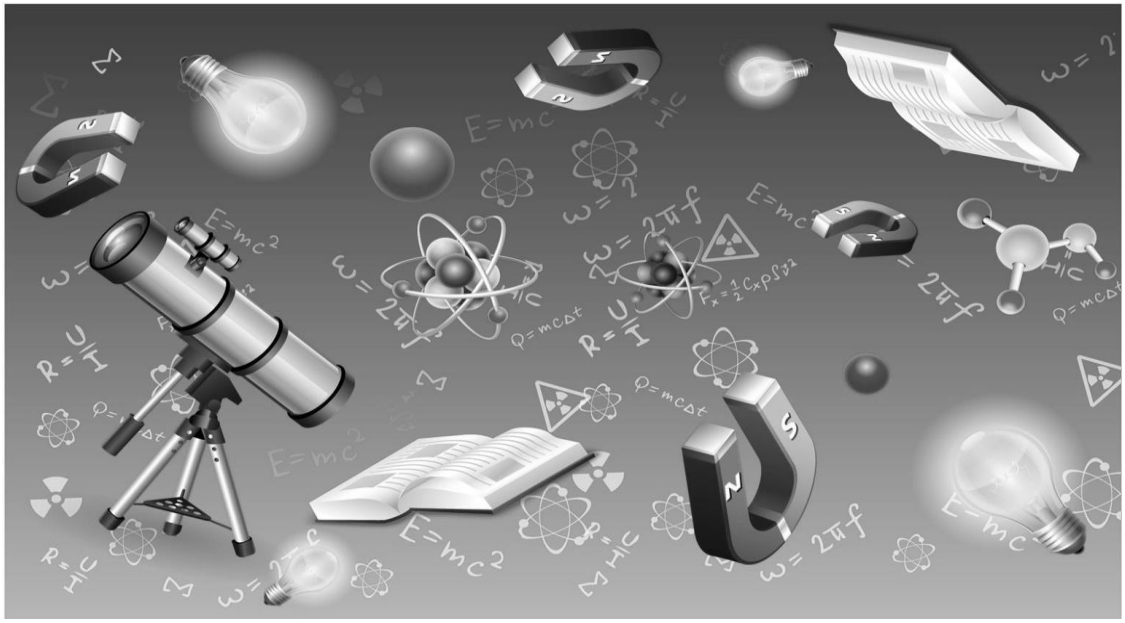
أوراق العمل

لمادة الفيزياء

للصف الحادي عشر العلمي

الفصل الدراسي الثاني 2024-2023



اسم الطالب: .....

الصـــف : .....

ملاحظة : اوراق العمل لا تغني عن الكتاب المدرسي

التاريخ	الدرجة	ملاحظات	توقيع ولي الأمر

الوحدة الثانية : المادة والحرارة

الفصل الأول : الحرارة

الدرس (1- 1) : الحرارة والاتزان الحراري

العلاقة بين درجة الحرارة والطاقة الحركية

** درجة حرارة الجسم تحدد من .....

ولا تعتبر مقياساً لـ .....

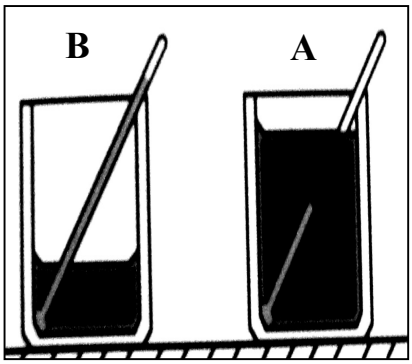
** في الغازات المثالية تتناسب درجة الحرارة مع .....

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		
ارتباطها بالطاقة الحركية		
وحدات القياس		

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 ؟

.....

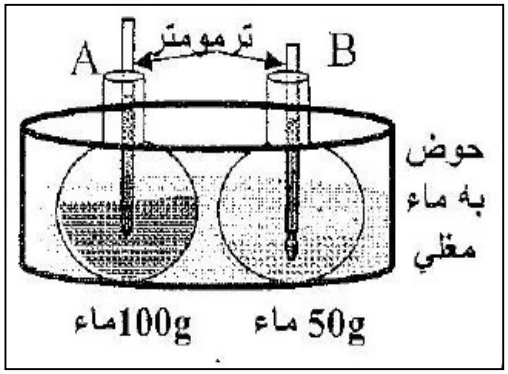
ب) قارن بين متوسط طاقة حركة الجزئ الواحد لكل منهما ؟

.....

ج) ماذا تستنتج ؟

.....

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



أ) أيهما ترتفع درجة حرارته أكثر ؟

.....

ب) بم تفسر إجابتك ؟

.....

.....

قياس درجة الحرارة

** لقياس درجة الحرارة نستخدم ..... ويتكون من خيط سائل من .....

التدريجات الحرارية	تدريج سلسيوس	تدريج كلفن (مطلق)	تدريج فهرنهايت
الرمز			
عدد الأقسام			
بداية التدريج (تجمد الماء)			
نهاية التدريج (غليان الماء)			
درجة الصفر المطلق			
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 ..... علي تدريج سلسيوس ويساوي ..... علي تدريج فهرنهايت

** درجة الصفر سلسيوس يساوي ..... علي تدريج كلفن ويساوي ..... علي تدريج فهرنهايت

** التغير علي تدريج سلسيوس ..... التغير علي تدريج كلفن

** تتساوي تدريج سلسيوس مع تدريج فهرنهايت عند درجة حرارة تساوي ..... والتي تساوي بالكلفن .....

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

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

أ) درجة حرارته علي تدريج كلفن : .....

ب) درجة حرارته علي تدريج فهرنهايت : .....

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

أ) درجة حرارته علي تدريج سلسيوس : .....

ب) درجة حرارته علي تدريج كلفن : .....

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

أ) درجة حرارته علي تدريج سلسيوس : .....

ب) درجة حرارته علي تدريج فهرنهايت : .....

تابع الحرارة والاتزان الحراري

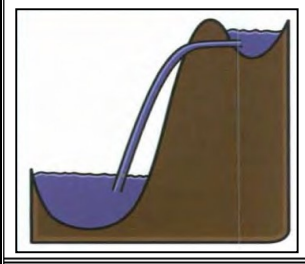
التلامس الحراري

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 .....

** ينعدم انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين عند .....



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

** يعتمد سريان الحرارة بين جسمين علي ..... وليس علي .....

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

أ) أيهما له طاقة حرارية أكبر ولماذا ؟

.....

.....

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

.....

ج) ماذا تستنتج ؟

.....

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 ($212\ ^oF$) .

.....

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 .

.....

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 ؟

.....

ب) ما إحساسك في اليد اليسري ؟ مع التفسير ؟

.....

ج) ماذا تستنتج ؟

.....

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

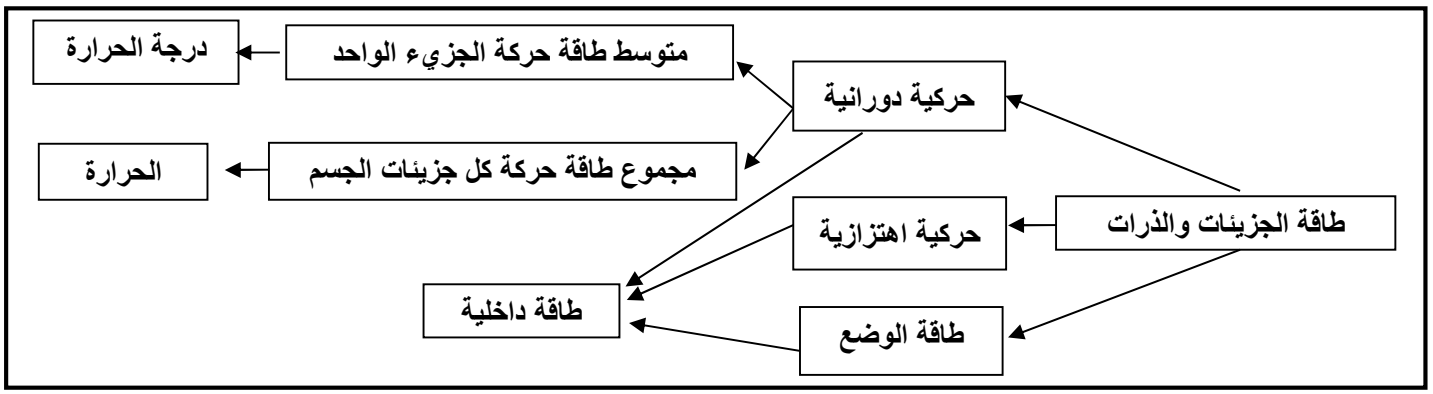
ماذا يحدث في الحالات الآتية :

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

.....

2- عندما تمتص مادة معينة كمية من الحرارة وتحولت إلي 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		
علاقة كل منهما بالجول		
العلاقة بينهما		

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

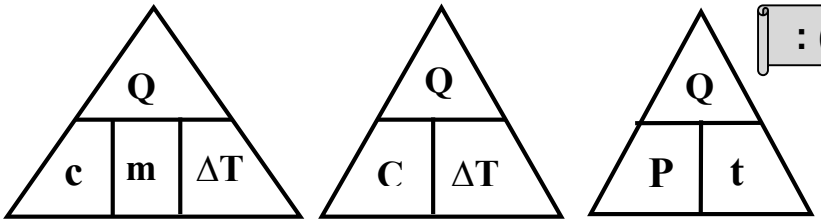
** الوحدة الدولية لقياس الحرارة هي .....

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

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

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

حساب الطاقة الحرارية المكتسبة والمفقودة (Q) :



** العوامل التي يتوقف عليها الطاقة الحرارية :

1- .....

2- .....

3- .....

** 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 .

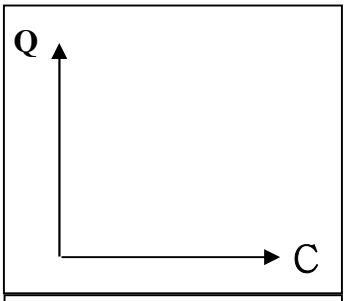
.....

.....

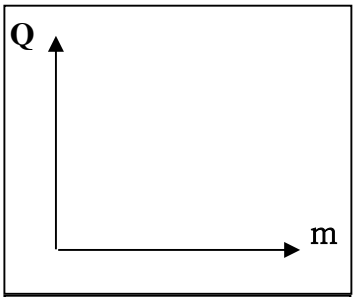
ب) قدرة جهاز التسخين إذا استغرقت عملية التسخين زمن قدره (3.5 min) .

.....

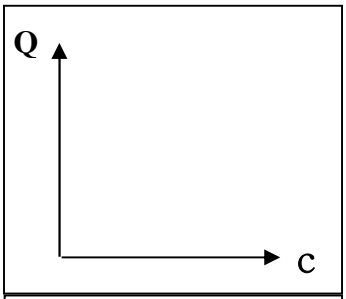
وجه المقارنة	السعة الحرارية النوعية	السعة الحرارية
التعريف	كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو جرام واحد من المادة درجة واحدة سلسيوس	كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة مادة كتلتها m درجة واحدة سلسيوس
القانون	$c = \frac{Q}{m.\Delta T}$	$C = \frac{Q}{\Delta T}$
العلاقة بينهما	$C = c \times m$	
وحدة القياس		
العوامل		



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

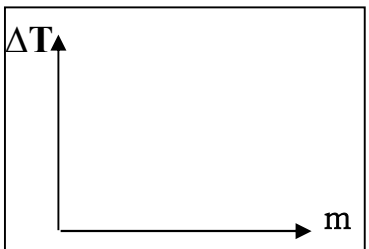


الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة وكتلة المادة عند ثبات باقي العوامل

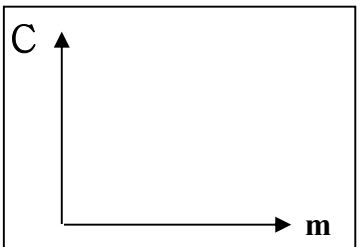


الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة والسعة الحرارية النوعية لعدة مواد مختلفة

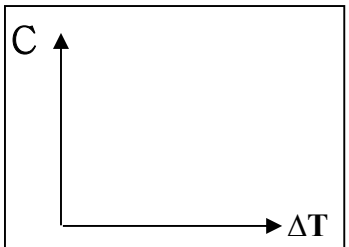
الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة والسعة الحرارية لعدة مواد مختلفة



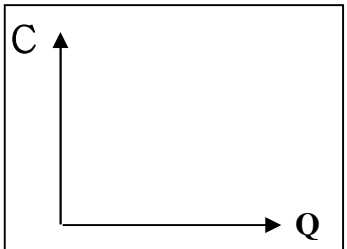
فرق درجات الحرارة وكتلة المادة عند ثبات الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة



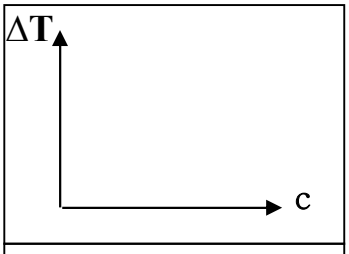
السعة الحرارية وكتلة المادة لنفس المادة



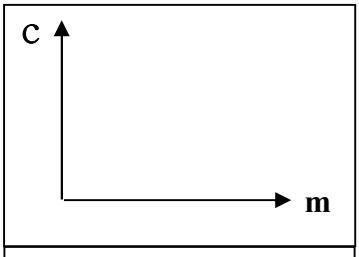
السعة الحرارية وفرق درجات الحرارة عند ثبات كتلة المادة



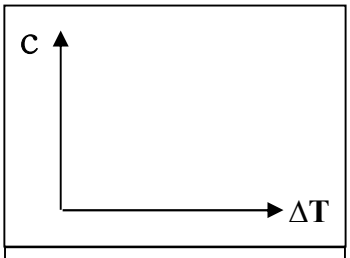
السعة الحرارية والطاقة الحرارية عند ثبات كتلة المادة



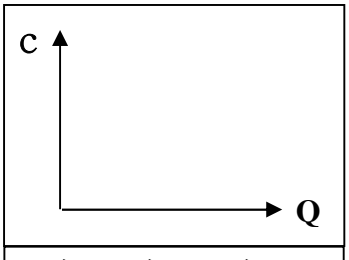
فرق درجات الحرارة والسعة الحرارية النوعية لعدة مواد



السعة الحرارية النوعية وكتلة المادة لنفس المادة



السعة الحرارية النوعية وفرق درجات الحرارة لنفس المادة



السعة الحرارية النوعية والطاقة الحرارية لنفس المادة

تابع القياسات الحرارية

علل لما يأتي :

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

.....

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

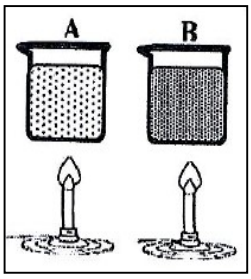
5- يعتبر الماء سائلا مثاليا للتبريد والتسخين أو يستخدم الأجداد زجاجات الماء الحارة لتدفئة أقدامهم في أيام الشتاء

.....

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) ($40\ ^oC$) والمادة (B) ($25\ ^oC$) . أجب :



أ) أيهما أكتسب طاقة حرارية أكبر : ..... وأيهما له أقل سعة حرارية نوعية : .....

ب) التفسير : .....

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

** وظيفة المسعر الحراري هي .....

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 ..... حرارة . (Q موجبة)

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

.....

.....

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) .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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)

.....

.....

.....

.....

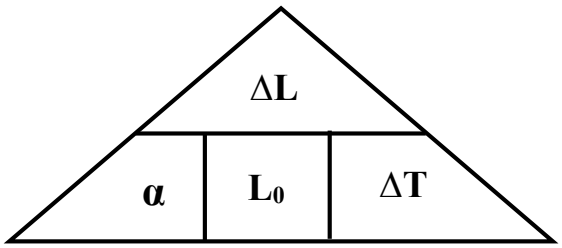
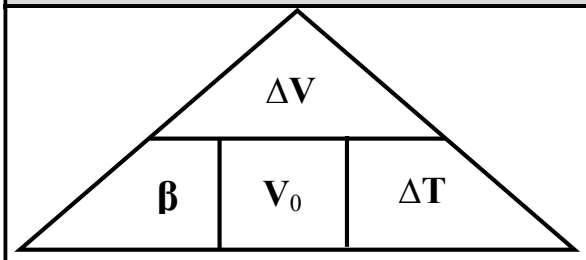
.....

.....

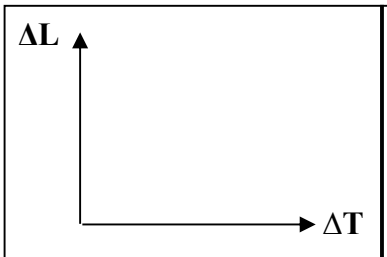
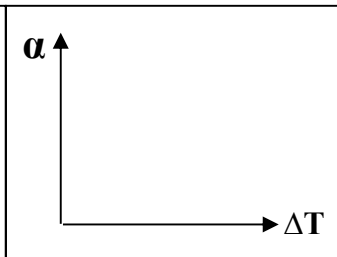
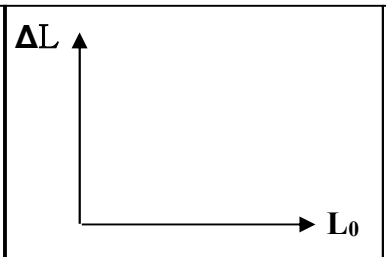
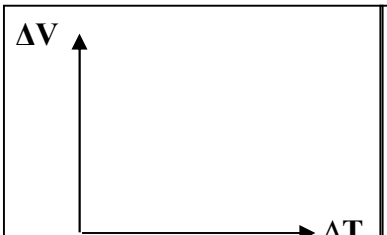
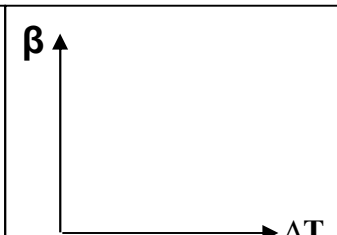
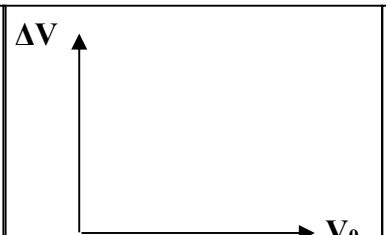
مثال تطبيقي : وضع (250 g) من الماء عند درجة حرارة ($10\ ^{O}C$) داخل مسعر حراري ثم أضيف إليه قطعة من النحاس كتلتها (50 g) ودرجة حرارتها ($80\ ^{O}C$) وقطعة من معدن كتلتها (70 g) ودرجة حرارتها ($100\ ^{O}C$) ووصل النظام كله إلي الاتزان الحراري فتكون درجة حرارته ($20\ ^{O}C$) بإهمال السعة الحرارية النوعية 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- ..... 2- 3-	1- ..... 2- ..... 3- .....

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		
وحدة القياس		
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 للألمونيوم 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 .

.....

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 .

.....

مثال 1 : كرة من الحديد كتلتها (0.1 kg) وحجمها (100 cm^3) ودرجة حرارتها (28 °C) وسخنت الكرة وأصبحت درجة حرارتها (88 °C) . حيث $C_w = 4180\,J/Kg.K$ - $\alpha = 1.18\times10^{-5}/^oC$. أحسب :

أ) الزيادة في حجم الكرة :

.....

.....

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 :

.....

.....

.....

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

أ) مقدار التمدد الطولي في الساق :

.....

.....

ب) طول الساق بعد التمدد :

.....

.....

مثال 3 : قضيب من الفولاذ طوله (12 m) يتمدد بمقدار (2.35 mm) عندما ترتفع درجة حرارته بمقدار ($15\ ^oC$) . أحسب معامل التمدد الطولي للفولاذ :

.....

.....

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 ($20\ ^oC$) .

.....

.....

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

.....

.....

مثال 6 : مكعب من الحديد حجمه ($100\ cm^3$) ترتفع درجة حرارته من ($20\ ^oC$) إلي ($1000\ ^oC$) فتمدد حجمه بمقدار ($3.3\ cm^3$) . أحسب :

أ) معامل التمدد الحجمي للحديد :

.....

ب) معامل التمدد الطولي للحديد :

.....

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

أ) مقدار الانكماش في حجم الكرة :

.....

.....

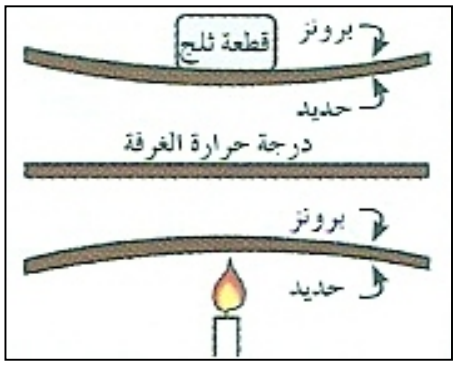
ب) حجم الكرة بعد الانكماش :

.....

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 ؟

.....

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

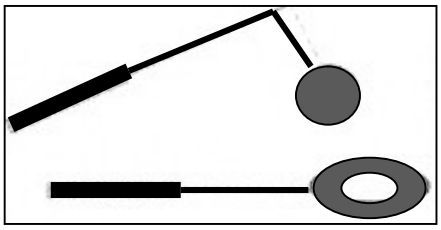
.....

ج) بم تفسر ما حدث ؟

.....

د) أذكر بعض التطبيقات العملية للمزدوجة الحرارية ؟

.....



نشاط **في الشكل المقابل : تجربة الكرة والحلقة .**

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

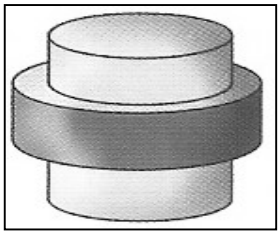
.....

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

.....

ج) بم تفسر ما حدث ؟

.....



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

أ) ماذا تسمي هذه الطريقة ؟

.....

ب) أشرح كيفية حدوث هذه الطريقة ؟

.....

ج) بم تفسر صعوبة نزع الحلقة بتسخينها مجددا ؟

.....

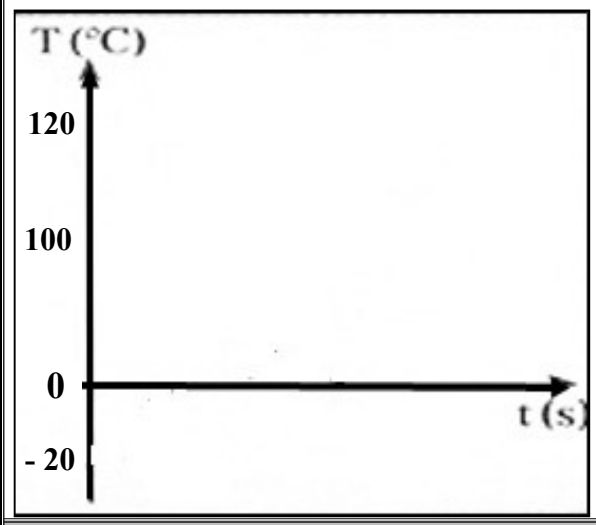
د) ماذا تستنتج منها فيما يخص تمدد الحديد والبرونز ؟

.....

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 ^{o}C)
يتم تسخينها إلي بخار ماء عند (120 ^{o}C) .

ب) بم تفسر زيادة درجة الحرارة في بعض المراحل ؟

.....

ج) بم تفسر ثبات درجة الحرارة في مراحل أخري ؟

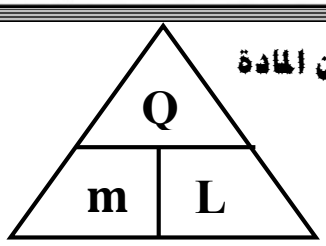
.....

.....

.....

الحرارة الكامنة للمادة

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



**** لحساب الحرارة الكامنة للمادة نستخدم العلاقة** .....

**** وحدة قياس الحرارة الكامنة للمادة هي** .....

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

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

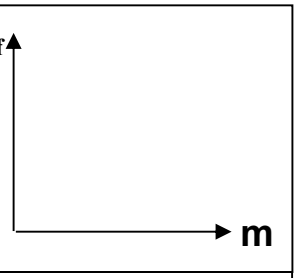
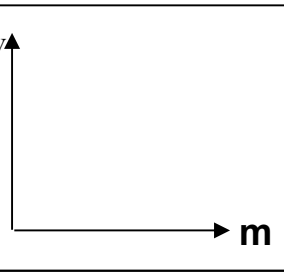
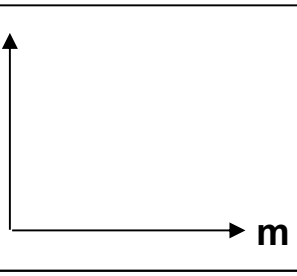
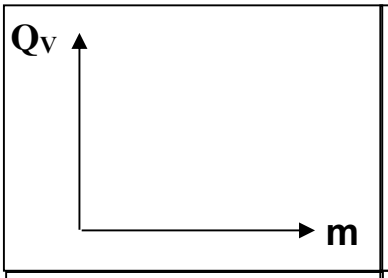
**** تتساوي الحرارة الكامنة لتغير حالة المادة مع كمية الحرارة اللازمة لتغير حالة المادة عندما تكون كتلة المادة** .....

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		

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

ثلج (– 20 ^{o}C)	Q_1	ثلج (0 ^{o}C)	Q_F	ماء (0 ^{o}C)	Q_3	ماء (100 ^{o}C)	Q_V	بخار ماء (100 ^{o}C)	Q_5	بخار ماء (120 ^{o}C)

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

L_f	L_v	Q_f	Q_v
			
الحرارة الكامنة للانصهار وكتلة الجسم	الحرارة الكامنة للتبخير وكتلة الجسم	حرارة الانصهار وكتلة الجسم	حرارة التبخير وكتلة الجسم

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

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

**** الحرارة الكامنة للتكثف ..... 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 .

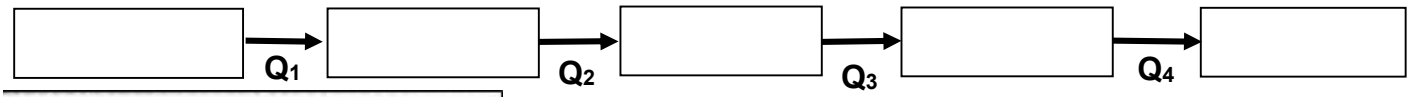
.....

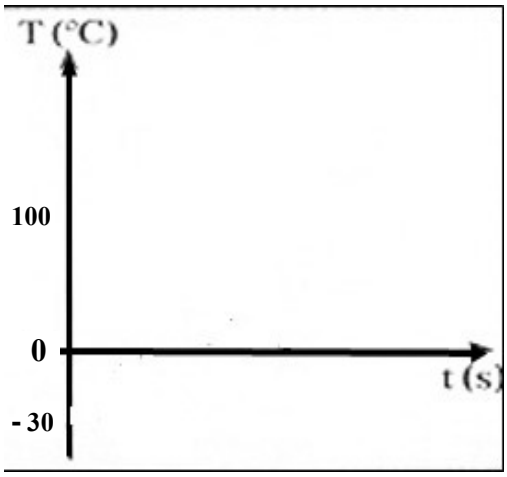
3- إضافة قطعة جليد عند درجة صفر سلسيوس إلى العصير في درجة حرارة الغرفة تكون أكثر فاعلية في تبريده .

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 ($100\ ^oC$)





.....

.....

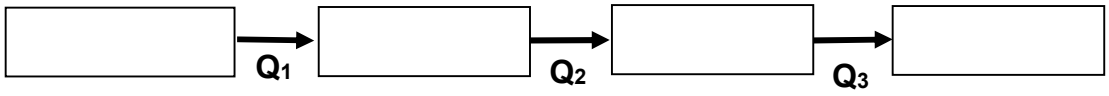
.....

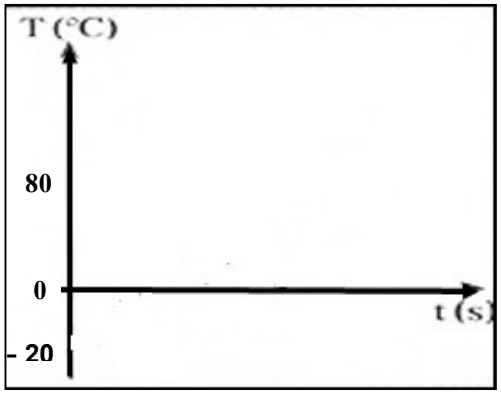
.....

.....

.....

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





.....

.....

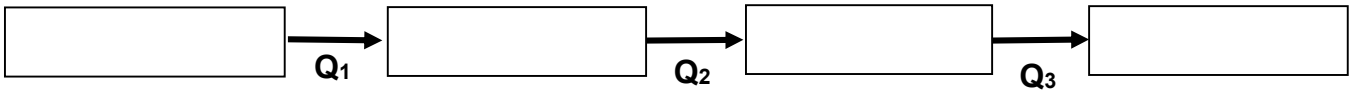
.....

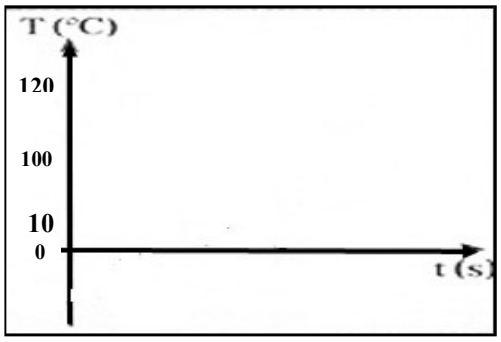
.....

.....

.....

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





.....

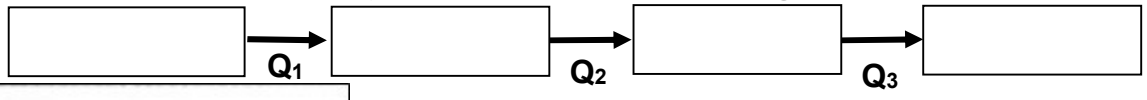
.....

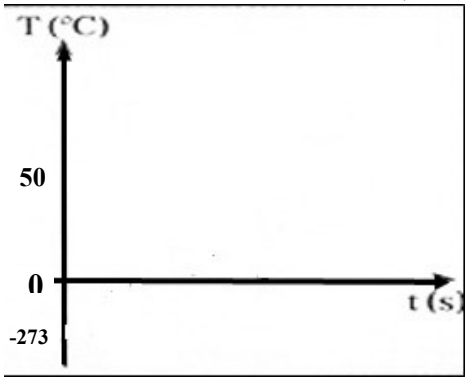
.....

.....

.....

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





.....

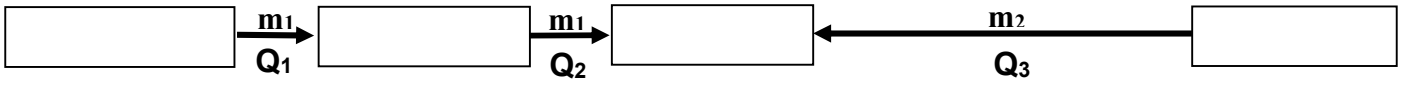
.....

.....

.....

.....

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 (C^{o} 50) . أحسب درجة الحرارة النهائية للنظام بعد الاتزان الحراري.



.....

.....

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

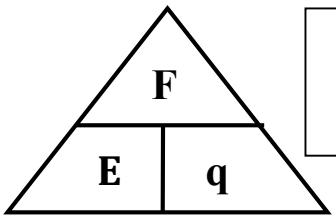
$$F = \frac{K.q_1 q_2}{d^2}$$

** من أمثلة قوة الجاذبية بين جسيمين : .....

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

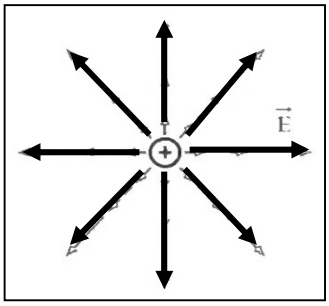
اتجاه المجال الكهربائى اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة على وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند نقطة



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

** تقاس شدة المجال الكهربائي بوحدة .....

** العوامل التي يتوقف عليها شدة المجال هي .....

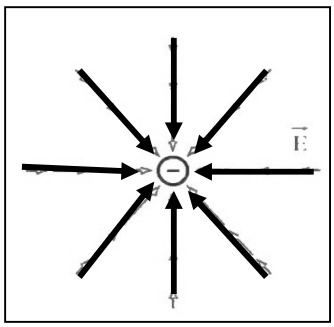


** المجال الكهربائي يعتبر ..... للطاقة الكهربائية .

** يتجه المجال الكهربائي بعيداً عن الشحنة ..... ويتجه نحو الشحنة .....

** تتساوي القوة الكهربية وشدة المجال عندما تكون شحنة الاختبار تساوي .....

ملاحظة : (K) يسمي ثابت كولوم ويساوي (9×10^9 N.m^2/C^2) في الهواء



وجه المقارنة	في الشحنة الموجبة	في الشحنة السالبة
رسم متجهي القوة وشدة المجال		
اتجاه المجال الكهربائي بالنسبة للقوة الكهربائية		

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 :

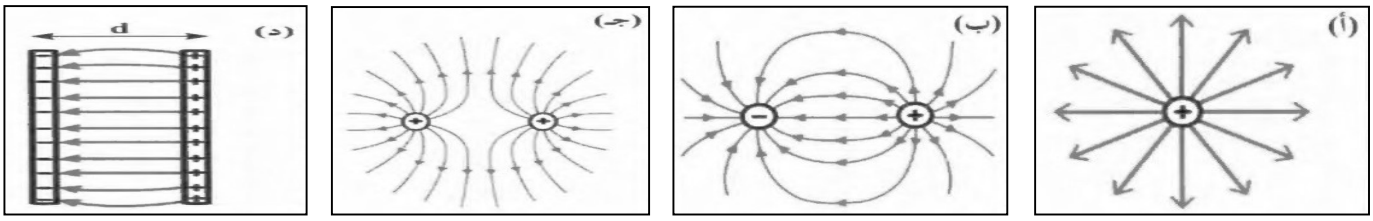
1- خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع.

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)

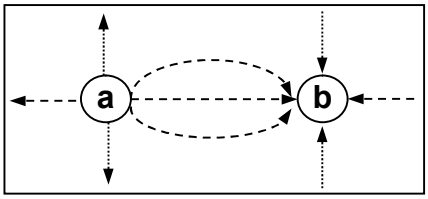
وجه المقارنة	المجال الكهربائي المنتظم	المجال الكهربائي غير المنتظم
التعريف	مجال ثابت الشدة وثابت الاتجاه في جميع نقاطه	مجال متغير الشدة ومتغير الاتجاه في جميع نقاطه
مثال		
خواصه		
القانون المستخدم لحساب شدة المجال	$E = \frac{V}{d}$	$E = \frac{Kq}{d^2}$

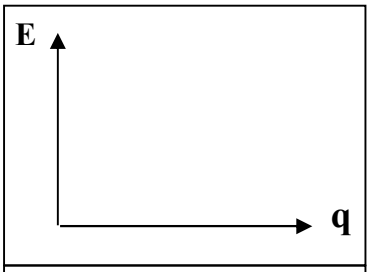
**** يمكن قياس شدة المجال الكهربائي بوحدة أخري غير (N/C) هي** .....

**** كثافة خطوط المجال الكهربائي تتناسب طردياً مع** .....

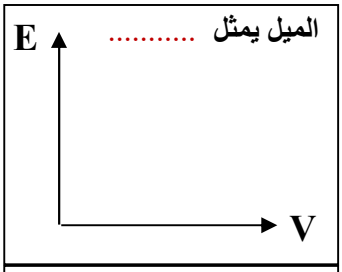
**** الشكل المقابل يمثل المجال الكهربائي لشحنتين**

نوع الشحنة (a) ..... **والشحنة (b)** .....

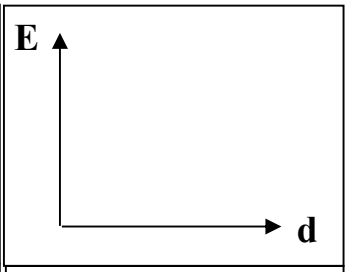




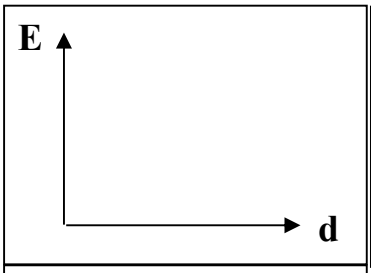
شدة المجال والشحنة الكهربية في مجال كهربائي غير منتظم



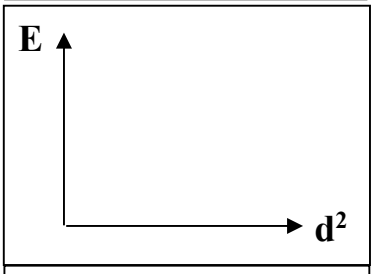
شدة المجال وفرق الجهد بين اللوحين في مكثف عند ثبات البعد بين اللوحين



شدة المجال والبعد بين اللوحين في مجال كهربائي منتظم



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



شدة المجال ومربع بعد النقطة في مجال كهربائي غير منتظم

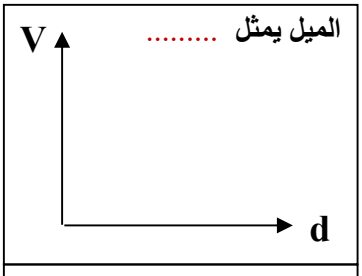
ماذا يحدث :

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

.....

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

.....



فرق الجهد والبعد بين اللوحين في مجال كهربائي منتظم

تابع المجالات الكهربائية

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

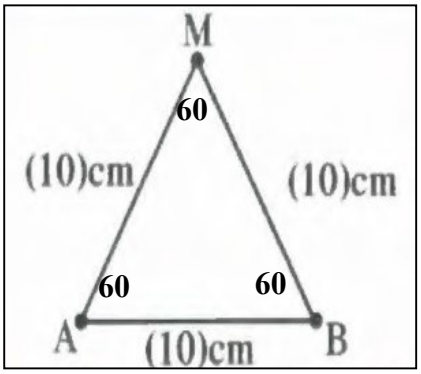
** لحساب اتجاه محصلة مجالين كهربائيين ناتجين عن شحنتين نقطتين نستخدم العلاقة : $\sin\alpha = \frac{E_2 \sin\theta}{E_T}$

** محصلة مجالين كهربائيين في اتجاه واحد تساوي ..... واتجاهها .....

** محصلة مجالين كهربائيين متعاكسين تساوي ..... واتجاهها .....

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) :



.....

.....

.....

.....

.....

.....

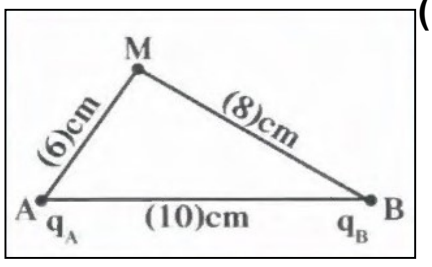
.....

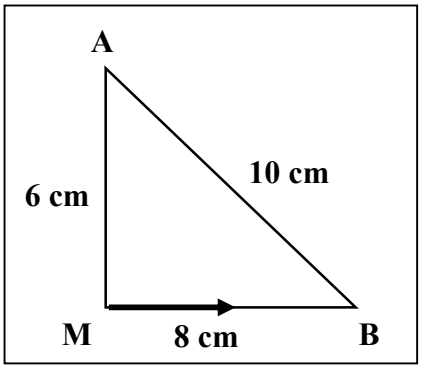
ب) حدد عناصر متجه محصلة المجال الكهربائي :

.....

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)





.....

.....

.....

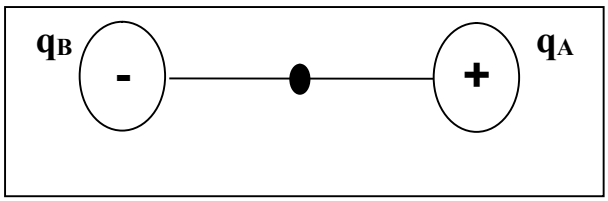
.....

.....

.....

.....

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 :

.....

.....

.....

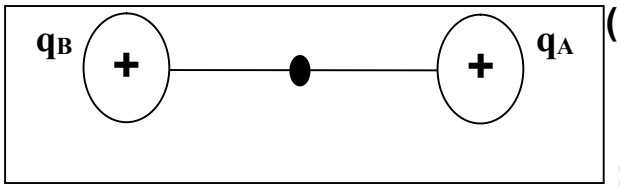
.....

.....

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

.....

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 :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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 :

.....

.....

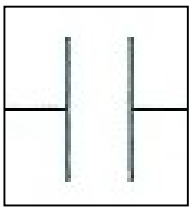
ب) حدد عناصر متجه محصلة المجال الكهربائي :

.....

ج) فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين .

.....

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 .

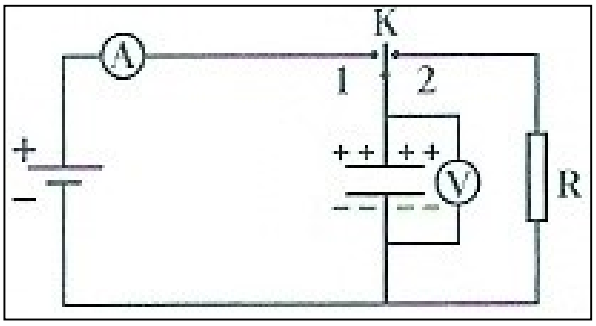
يختزن هذا المكثف شحنات كهربائية ليصبح اللوح المتصل بالقطب الموجب للبطارية موجب الشحنة واللوح المقابل له سالب الشحنة

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

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

** في المكثف يكون مقدار الشحنتين علي اللوحين .....

شحن المكثف وتفريغه :



** في الدائرة الكهربائية في الشكل المقابل :

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

** الحدث : .....

.....

** التفسير : .....

.....

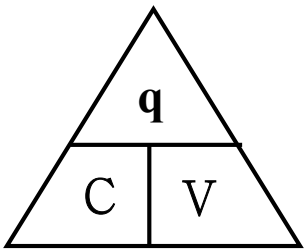
ب) ماذا يحدث عند توصيل المفتاح ذو الاتجاهين (K) إلى النقطة 2 ؟

* الحدث : .....

** التفسير : .....

.....

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

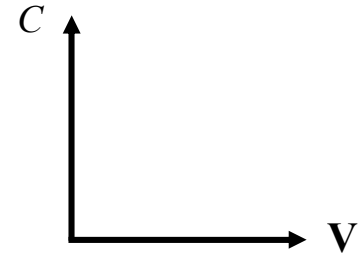
** وحدة قياس سعة المكثف هي ..... وتكافئ .....

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

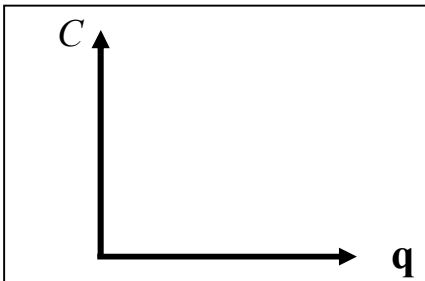
** مكثف مشحون فإذا كانت شحنة كل من لوحيه μC (10) فإن شحنة المكثف بوحدة (μC) تساوي .....

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

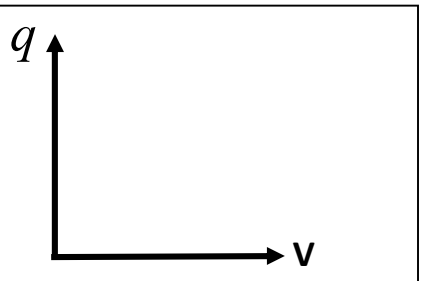
لأنه إذا تغيرت سعة المكثف يتغير جهده بنفس النسبة فتظل السعة ثابتة



السعة الكهربية والجهد الكهربائي

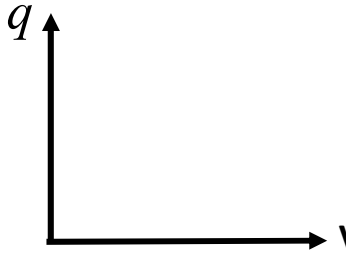


السعة الكهربية والشحنة الكهربية



الشحنة الكهربية والجهد الكهربائي عند ثبوت السعة الكهربائية

* الميل يمثل .....



الشحنة الكهربية والجهد الكهربائي

المساحة تحت المنحني تمثل .....

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

العوامل التي تتوقف عليها السعة الكهربائية للمكثف

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

1- ..... 2 - ..... 3- .....

** (ε_0) يسمي ..... ويساوي ($\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12} F/m$)

** (ε_r) يسمي ..... ويختلف من مادة لآخري ويكون للهواء يساوي ....

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

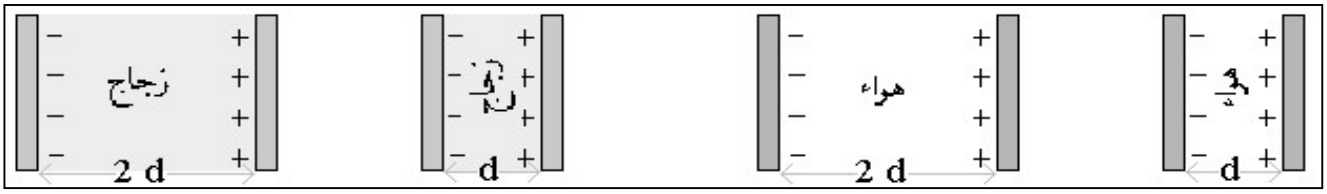
** لحساب المساحة اللوحية للمكثف الدائري (A) نستخدم العلاقة : $A = \pi r^2$

** تزداد السعة الكهربائية لمكثف هوائي من μ.F (8) إلي μ.F (48) عندما يملأ الزجاج الحيز بين لوحيه فيكون ثابت العازلية للزجاج مساوياً .....

** عند زيادة المسافة بين لوحي مكثف هوائي مستوٍ إلي مثّلي ما كانت عليه ثم وُضعت مادة عازلة بين لوحيه ثابت عازليتها الكهربائية يساوى (2) فإن السعة الكهربائية للمكثف .....

** المكثف المستوي الذي له أكبر سعة كهربائية من المكثفات التالية هو : .....

السبب : .....



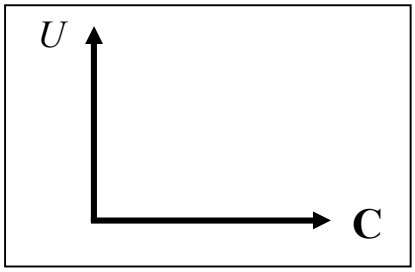
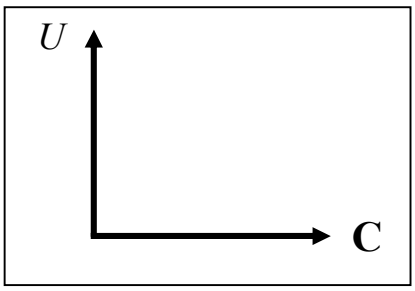
C vs d	C vs $\frac{1}{d}$	C vs A	C vs ε_r
السعة الكهربية والبعد بين اللوحين	السعة الكهربائية ومقلوب البعد بين اللوحين	السعة الكهربائية والمساحة اللوحية المشتركة	السعة الكهربائية وثابت العازلية للمادة

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 ..... وطرديا مع .....

** الطاقة الكهربائية المختزنة في مكثف مشحون ومعزول تتناسب طرديا مع ..... وعكسياً مع .....

ماذا يحدث فى الحالات الآتية :

1- لسعة المكثف إذا زادت المساحة اللوحية المشتركة للمثلي .

.....

2- لسعة المكثف إذا زادت المسافة بين اللوحين للمثلي .

.....

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

.....

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 $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d}$		
الجهد الكهربائي $V = \frac{q}{C}$		
كمية الشحنة $q = CV$		
شدة المجال الكهربائي $E = \frac{V}{d}$		
الطاقة الكهربائية $U = \frac{1}{2} qV$		

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

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

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 ($\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} F/m$) . أحسب :

أ) السعة الكهربائية لهذا المكثف :

.....

.....

ب) فرق الجهد بين لوحي المكثف :

.....

.....

ج) شدة المجال الكهربائي بين لوحي المكثف :

.....

.....

د) الطاقة الكهربائية المختزنة بين لوحي المكثف :

.....

.....

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

.....

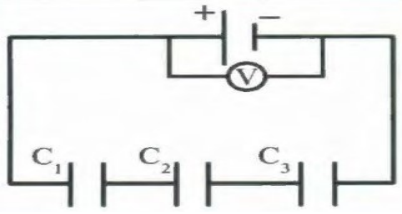
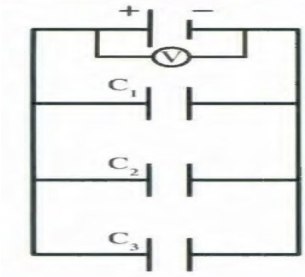
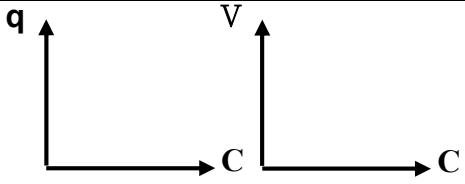
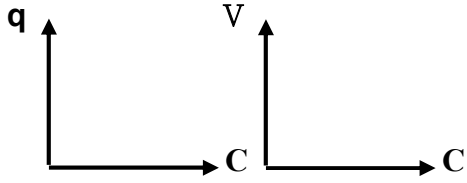
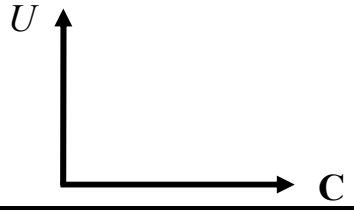
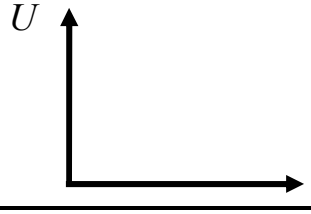
.....

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 ($\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} F/m$) أحسب السعة الكهربائية .

.....

.....

توصيل المكثفات

وجه المقارنة	توصيل المكثفات علي التوالي	توصيل المكثفات علي التوازي
الرسم		
كمية الشحنة في كل مكثف		
فرق الجهد 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		
السعة المكافئة وعلاقتها بأصغر وأكبر 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 :

.....

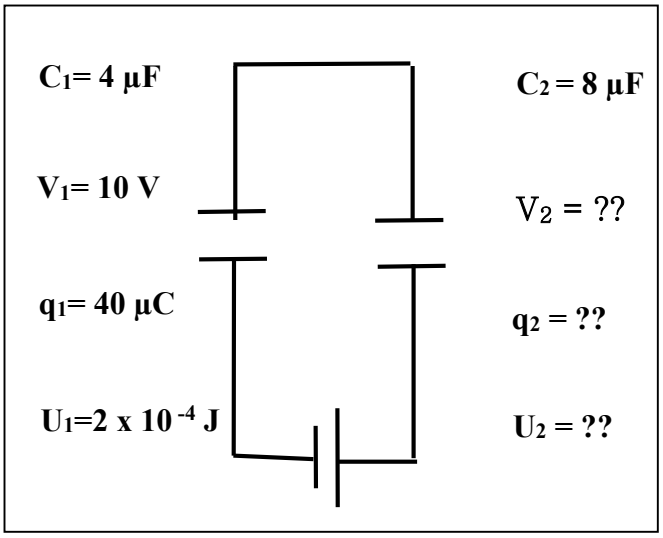
.....

ب) السعة المكافئة عند توصيلهم علي التوازي :

.....

.....

مثال 2 : من الشكل المقابل :



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

.....

.....

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

.....

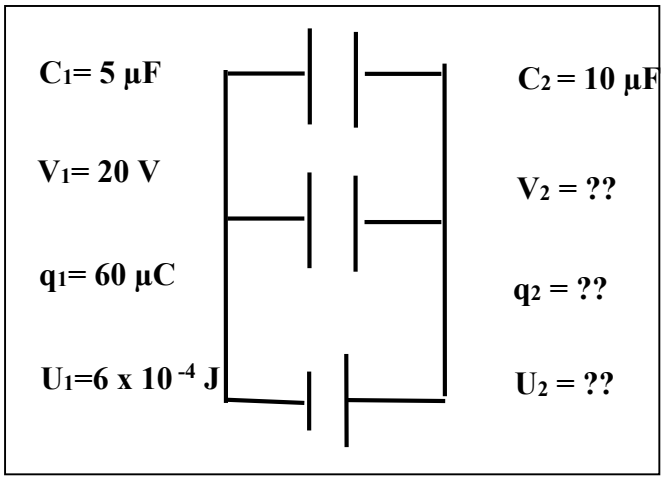
.....

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

.....

.....

مثال 3 : من الشكل المقابل :



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

.....

.....

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

.....

.....

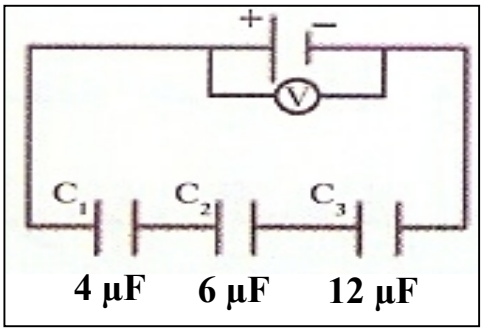
ج) أحسب الطاقة المختزنة في المكثف الثاني (U_2) :

.....

.....

تابع توصيل المكثفات

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



أ) السعة المكافئة للمكثفات الثلاث :

.....

.....

ب) شحنة المكثف (C_3) :

.....

.....

ج) فرق الجهد بين لوحي المكثف (C_1) :

.....

.....

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

.....

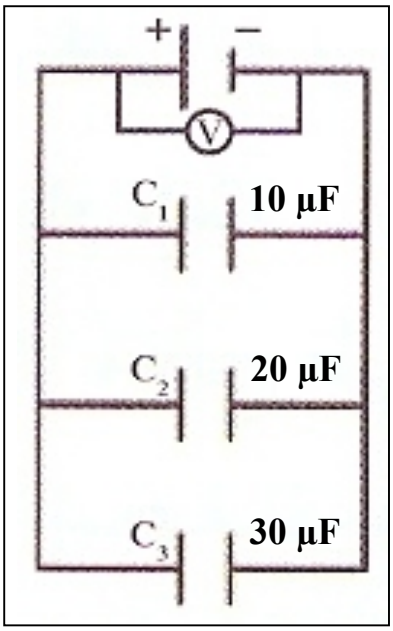
.....

هـ) الطاقة الكهربائية الكلية المختزنة في المكثفات الثلاث معاً :

.....

.....

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



أ) السعة المكافئة للمكثفات الثلاث :

.....

.....

ب) فرق الجهد بين لوحي المكثف (C_2) :

.....

.....

ج) شحنة المكثف (C_3) :

.....

.....

د) الطاقة الكهربائية الكلية المختزنة في المكثفات الثلاث معاً :

.....

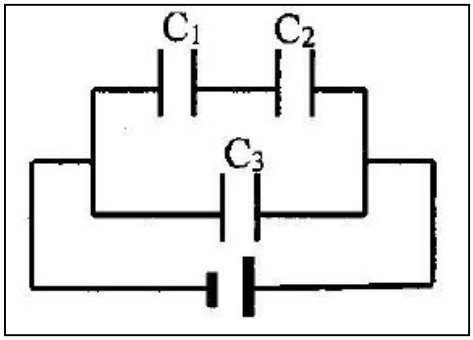
.....

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

.....

.....

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



أ) مقدار السعة المكافئة للمكثفات الثلاثة :

.....

.....

.....

.....

ب) الشحنة الكهربائية المارة في المكثف (C_3) :

.....

.....

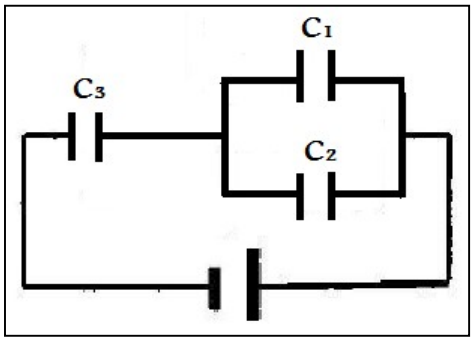
ج) فرق الجهد بين لوحي المكثف (C_1) :

.....

.....

.....

مثال 7 : وصلت ثلاث مكثفات ($C_1 = 5\ \mu F$) و ($C_2 = 15\ \mu F$) و ($C_3 = 20\ \mu F$) كما بالشكل .



إذا علمت أن الشحنة الكهربائية المارة في الدائرة ($60\ \mu C$) . أحسب :

أ) مقدار السعة المكافئة للمكثفات الثلاثة :

.....

.....

.....

.....

ب) فرق الجهد بين لوحي المكثف (C_3) :

.....

.....

ج) الشحنة الكهربائية المارة في المكثف (C_2) :

.....

.....

الوحدة الثالثة : الكهرباء والمغناطيسية

الفصل الثاني : المغناطيسية

الدرس (2-2) : التيارات الكهربائية والمجالات المغناطيسية

** يقاس المجال المغناطيسي بوحدة ..... ويستخدم في قياس المجال المغناطيسي جهاز .....

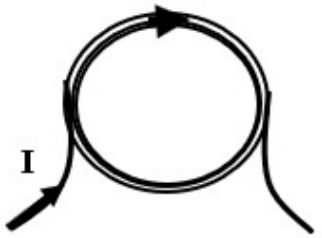
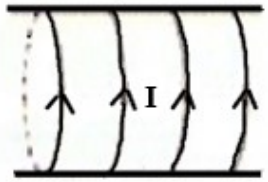
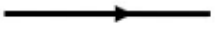
** عندما يكون اتجاه التيار أو المجال المغناطيسي ..... نرمز له بالرمز ⊙

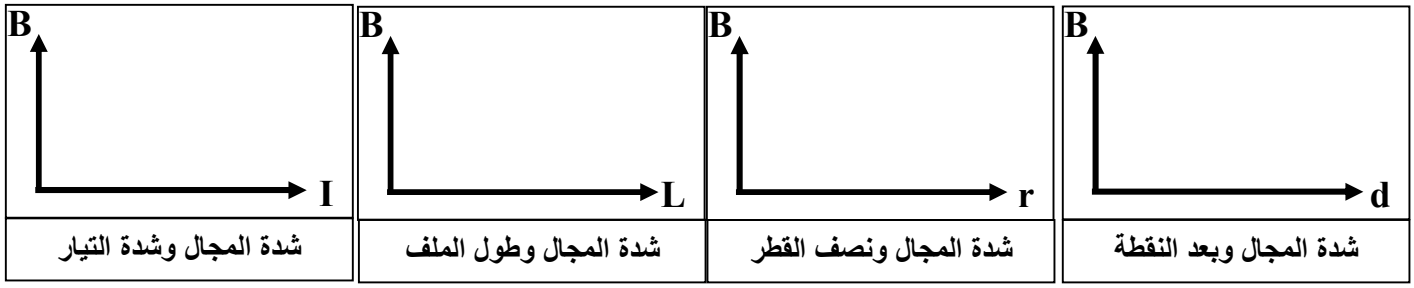
** عندما يكون اتجاه التيار أو المجال المغناطيسي ..... نرمز له بالرمز Ⓧ

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	.....		
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	.....	.....	.....
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	.....	.....	.....
العوامل	.....	.....	.....



شدة المجال وبعد النقطة	شدة المجال ونصف القطر	شدة المجال وطول الملف	شدة المجال وشدة التيار

وجه المقارنة	داخل الملف الحلزوني	خارج الملف الحلزوني
خطوط المجال المغناطيسي		
نوع المجال المغناطيسي		

ماذا يحدث مع ذكر السبب :

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

الحدث : .....

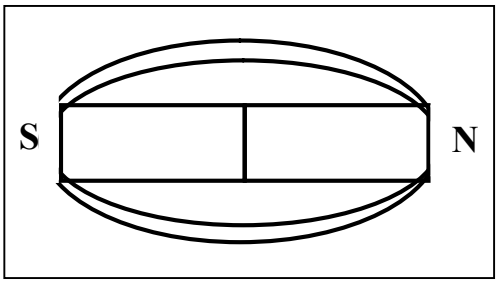
السبب : .....

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

الحدث : .....

السبب : .....

نشاط **في الشكل المقابل مغناطيس من الحديد . أجب :**

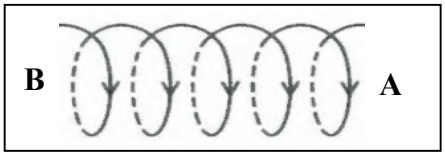


أ) أرسم خطوط المجال :

ب) تتجه خطوط المجال داخلياً من القطب ..... **إلي القطب** .....

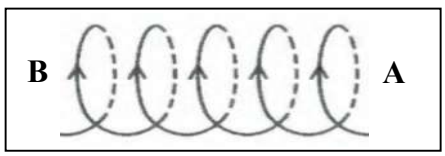
ج) تتجه خطوط المجال خارجياً من القطب ..... **إلي القطب** .....

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



أ) يعتبر الملف الحلزوني عند مرور التيار فيه .....

له قطبان يحددهما .....

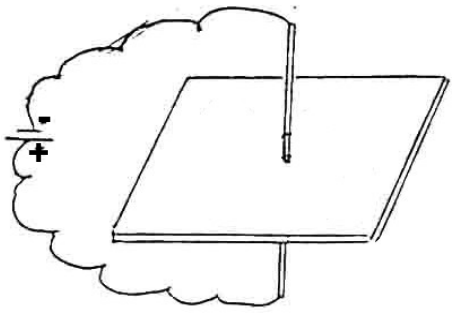


ب) في الملف الأول يتكون عند (A) قطب ..... **وعند (B) قطب** .....

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

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 .

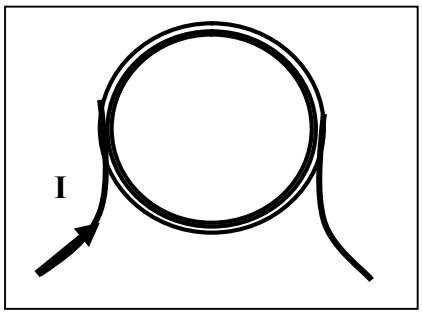
ب) ماذا يحدث إذا عكس اتجاه التيار في السلك .

.....

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

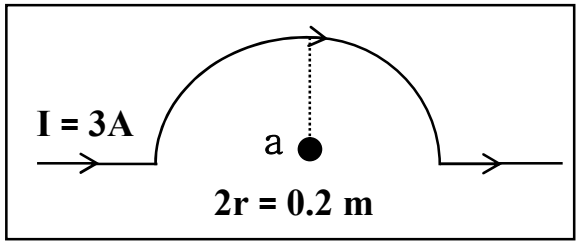
.....

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

.....

** 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 :

.....

.....

ب) الناتج عن تيار السلك النصف دائري :

.....

.....

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 :

.....

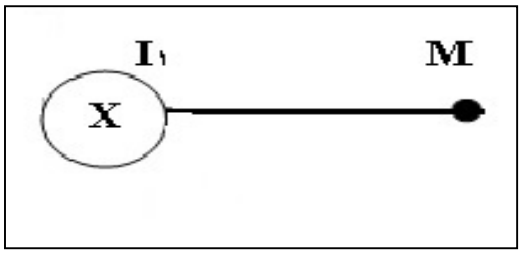
.....

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 :



.....

.....

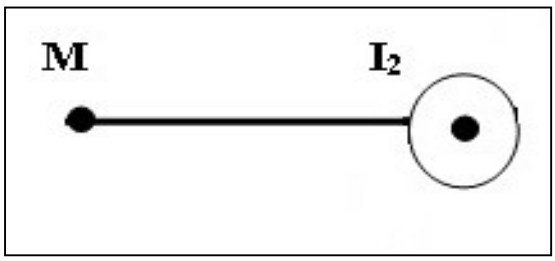
المقدار : ..... الاتجاه : ..... الحامل : .....

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 :



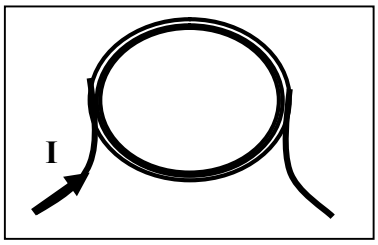
.....

.....

المقدار : ..... الاتجاه : ..... الحامل : .....

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 :



.....

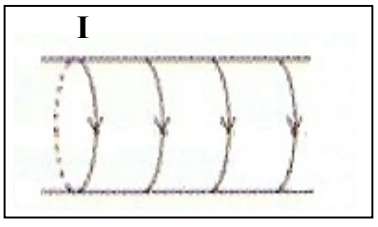
.....

ب) حدد عناصر متجه المجال المغناطيسي :

المقدار : ..... الاتجاه : ..... الحامل : .....

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 :



.....

.....

ب) حدد عناصر متجه المجال المغناطيسي :

المقدار : ..... الاتجاه : ..... الحامل : .....

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

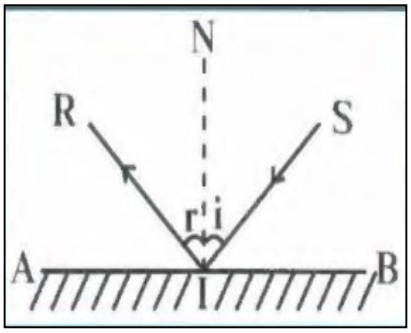
3- تنكسر على السطح الفاصل بين وسطين شفافين 4- يحدث لها التداخل والحيود والاستقطاب

** تختلف سرعة الضوء المنتقل في الوسط باختلاف .....

** بزيادة الكثافة الضوئية للأوساط الشفافة فأن سرعة الضوء .....

** في الأوساط غير الشفافة فأن سرعة الضوء تساوي .....

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 ..... والشعاع (RI) يسمي .....

والعمود (NI) يسمي .....

ب) الزاوية (i) تسمي ..... والزاوية (r) تسمي .....

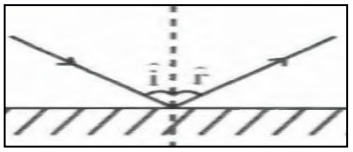
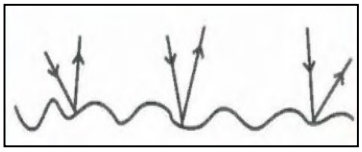
ج) أستنتج قانون الانعكاس الأول : الشعاع الضوئي الساقط والشعاع الضوئي المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط تقع جميعها في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس

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

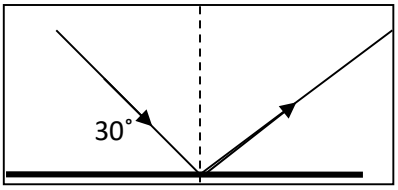
ماذا يحدث : إذا سقط الشعاع الضوئي عموديا على السطح العاكس أو سقط بزاوية سقوط تساوي صفر.

.....

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

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		
الأكثر أو الأقل حدوثاً		

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



.....

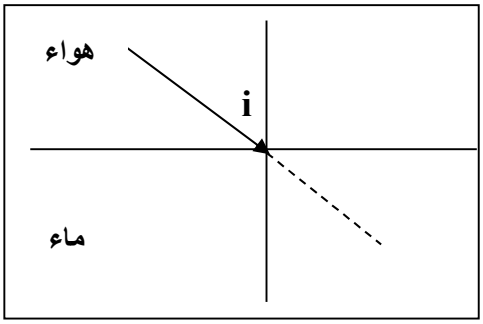
.....

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.

.....



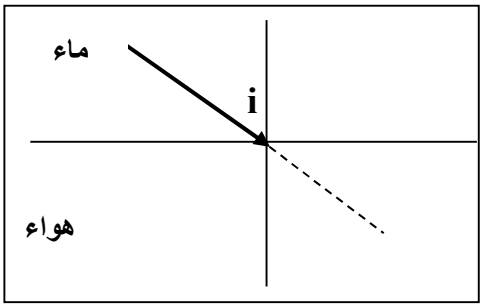
ماذا يحدث في الحالات الآتية مع الرسم :

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

.....

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

.....



3- عندما يسقط شعاع ضوئي عمودياً علي السطح الفاصل .

.....

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 الثانى : 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

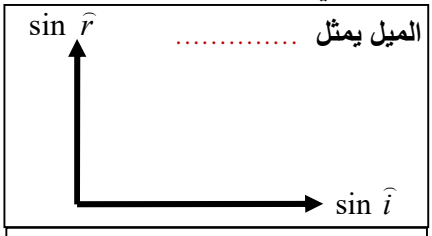
أو النسبة بين جيب زاوية السقوط في الوسط الأول إلى جيب زاوية الانكسار في الوسط الثاني

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

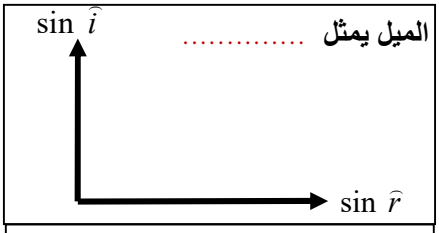
معامل الانكسار المطلق

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

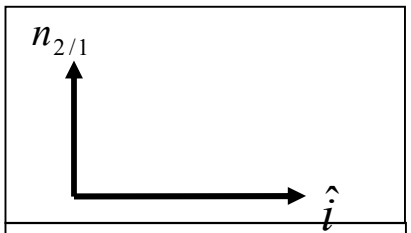
أو النسبة بين جيب زاوية السقوط في الهواء إلى جيب زاوية الانكسار في الوسط الثاني



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 .

.....

3- معامل الانكسار المطلق ليس له وحدة قياس .

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

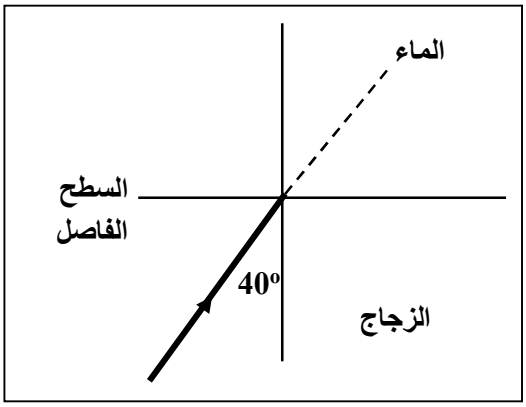
مثال 1 : أسقط شعاع ضوئي على قطعة من الزجاج بزاويتي سقوط (15°) و(45°) وزاويتا الانكسار (10°) و(28°)

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

.....

.....

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 :

.....

.....

ب) معامل الانكسار النسبي بين الماء والزجاج :

.....

.....

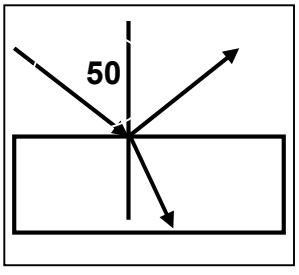
ج) زاوية انكسار الشعاع في الماء :

.....

د) سرعة الضوء في الزجاج حيث سرعة الضوء في الهواء تساوي 3×10^8 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 :



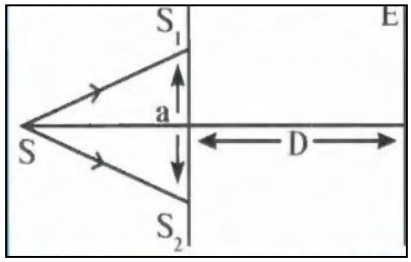
.....

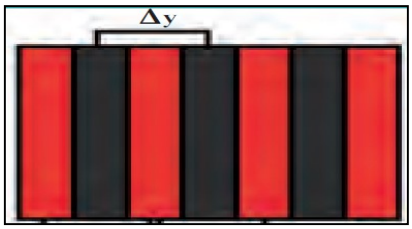
.....

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 .....

ب) المسافة (D) تمثل .....

ج) الأهداب المتكونة علي الحائل (E) هي .....

د) الهدب المركزي يكون دائما ..... ولا يوجد هدب مركزي .....

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		

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 $\Delta y = \frac{\lambda D}{a}$

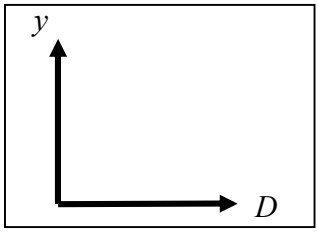
علل : 1- في تجربة الشق المزدوج ليونج يزداد وضوح التداخل كلما قلت المسافة بين الشقين .

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

2- الهدب المركزي هدب مضيء دوما .

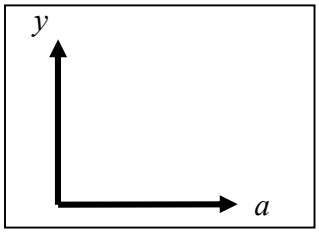
لأن الهدب المركزي ينتج من تداخل بنائي لأكبر عدد من الموجات متفقة الطور وفرق المسير صفر

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 :

.....



ب) المسافة بين هدبين متتاليين مضيئين :

.....

مثال تطبيقى : 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	$\beta = 3\alpha$ $\beta = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T}$

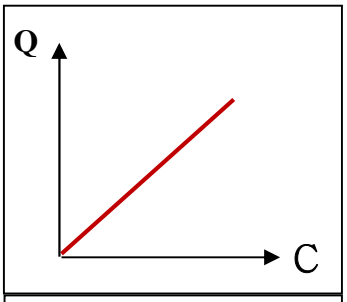
قوانين المجالات الكهربائية	
شدة المجال الكهربائي	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$
شدة المجال الكهربائي الغير منتظم	$E = \frac{Kq}{d^2}$
شدة المجال الكهربائي المنتظم	$E = \frac{V}{d}$
محصلة مجالين كهربائيين	$E_T = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos\theta}$
اتجاه محصلة مجالين كهربائيين	$\sin\alpha = \frac{E_2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

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	$B = \mu_o \times \frac{N.I}{L}$

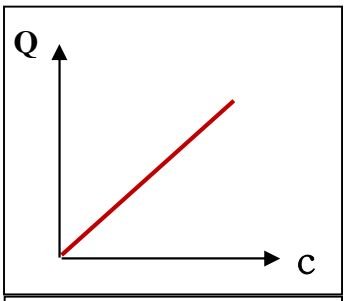
قوانين المكثفات	
السعة الكهربائية للمكثف	$C = \frac{q}{V} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d}$
الطاقة المختزنة في المكثف	$U = \frac{1}{2} qV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$
السعة الكهربائية للمكثف عند إضافة مادة عازلة	$C = C_0 \times \varepsilon_r$
توصيل المكثفات على التوالي	$\frac{1}{C_{eq}}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

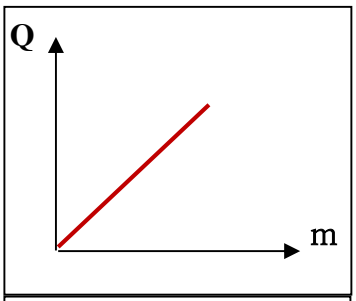
العلاقات البيانية في المنهج



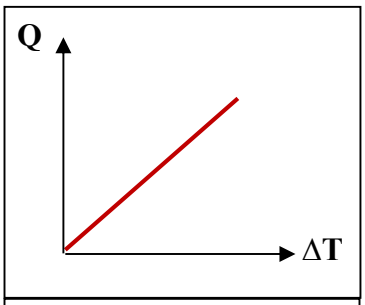
الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة والسعة الحرارية لعدة مواد مختلفة



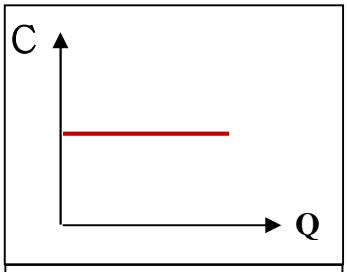
الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة والسعة الحرارية النوعية لعدة مواد مختلفة



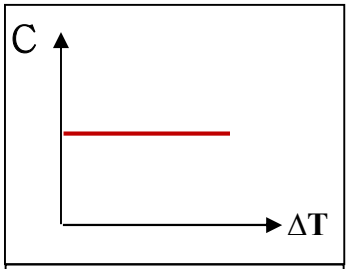
الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة وكتلة المادة عند ثبات باقي العوامل



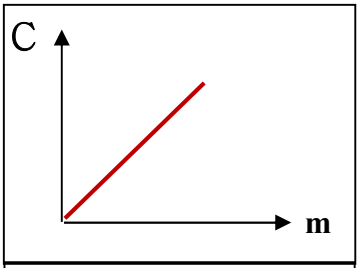
الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة وفرق درجات الحرارة عند ثبات باقي العوامل



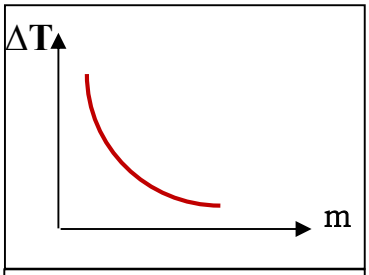
السعة الحرارية والطاقة الحرارية عند ثبات كتلة المادة



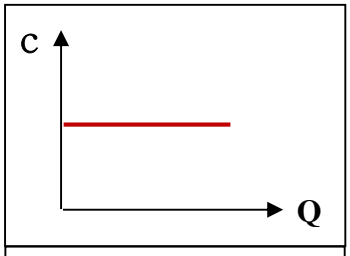
السعة الحرارية وفرق درجات الحرارة عند ثبات كتلة المادة



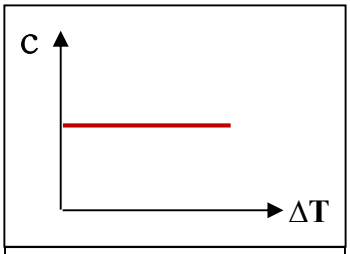
السعة الحرارية وكتلة المادة لنفس المادة



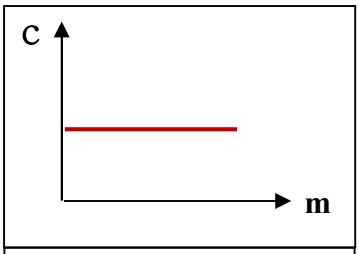
فرق درجات الحرارة وكتلة المادة عند ثبات الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة



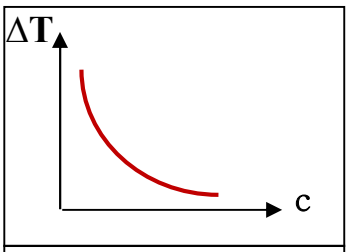
السعة الحرارية النوعية والطاقة الحرارية لنفس المادة



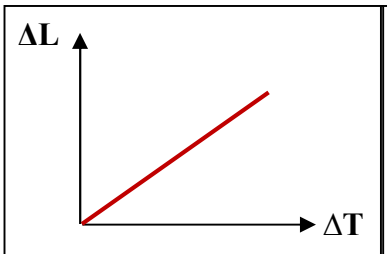
السعة الحرارية النوعية وفرق درجات الحرارة لنفس المادة



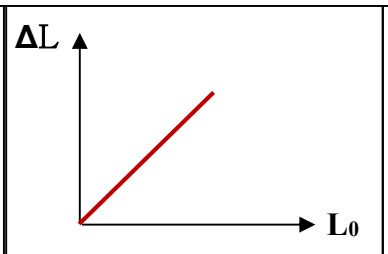
السعة الحرارية النوعية وكتلة المادة لنفس المادة



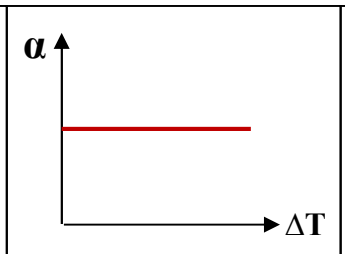
فرق درجات الحرارة والسعة الحرارية النوعية لعدة مواد



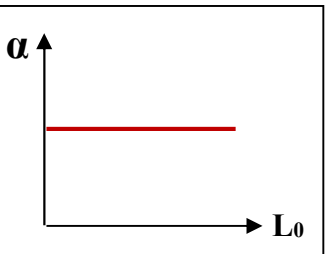
مقدار التمدد الطولي وفرق درجات الحرارة



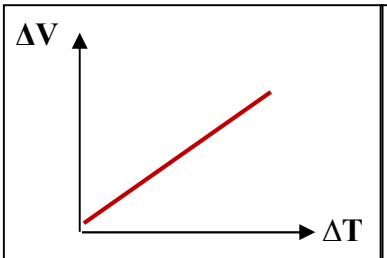
مقدار التمدد الطولي والطول الأصلي



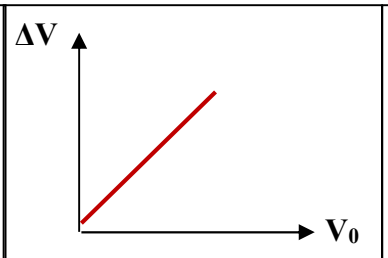
معامل التمدد الطولي وفرق درجات الحرارة



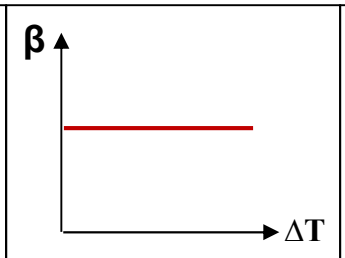
معامل التمدد الطولي والطول الأصلي



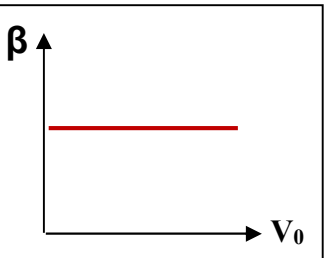
مقدار التمدد الحجمي وفرق درجات الحرارة



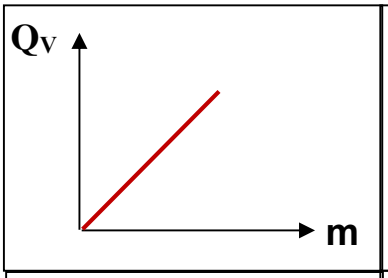
مقدار التمدد الحجمي والحجم لأصلي



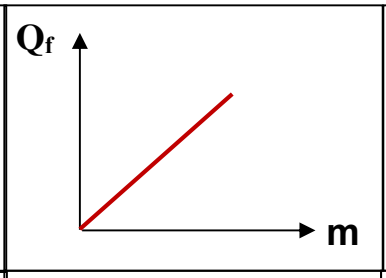
معامل التمدد الحجمي وفرق درجات الحرارة



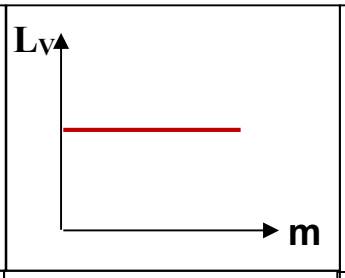
معامل التمدد الحجمي والحجم الأصلي



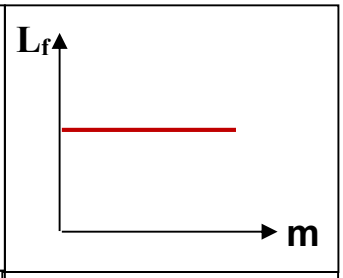
حرارة التبخير
وكتلة الجسم



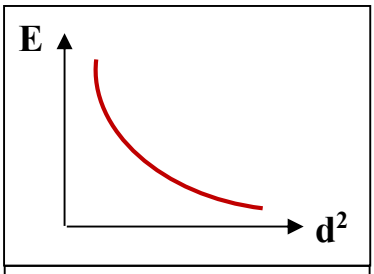
حرارة الانصهار
وكتلة الجسم



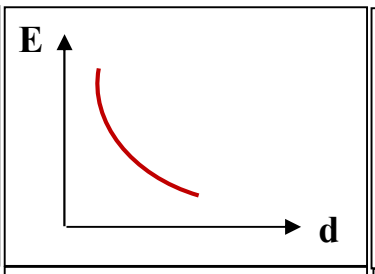
الحرارة الكامنة للتبخير
وكتلة الجسم



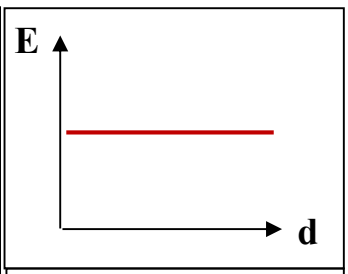
الحرارة الكامنة للانصهار
وكتلة الجسم



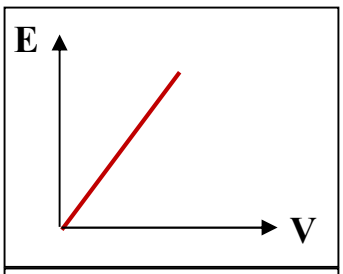
شدة المجال ومربع بعد النقطة
في مجال كهربائي غير منتظم



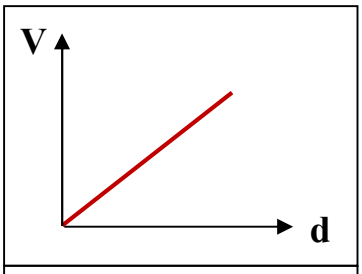
شدة المجال والبعد بين اللوحين
في مجال كهربائي منتظم عند
ثبات فرق الجهد بين اللوحين



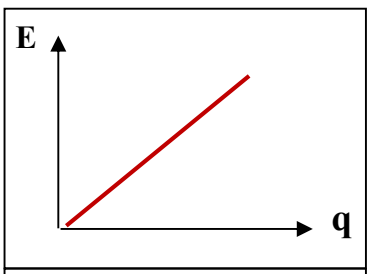
شدة المجال والبعد بين اللوحين
في مجال كهربائي منتظم



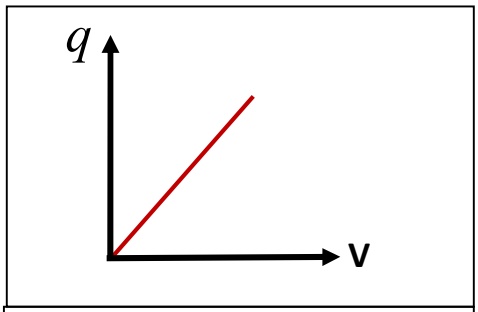
شدة المجال وفرق الجهد بين
اللوحين في مكثف عند ثبات
البعد بين اللوحين



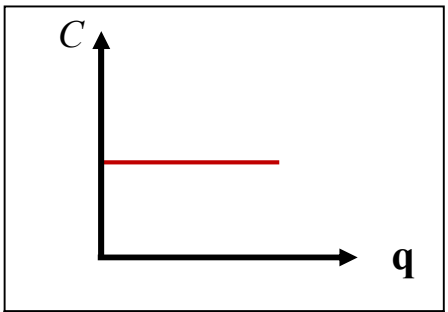
فرق الجهد والبعد بين اللوحين
في مجال كهربائي منتظم



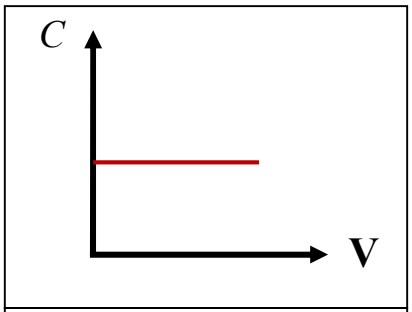
شدة المجال والشحنة الكهربية
في مجال كهربائي غير منتظم



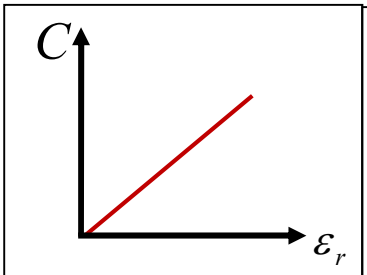
الشحنة الكهربية والجهد الكهربائي
عند ثبوت السعة الكهربائية



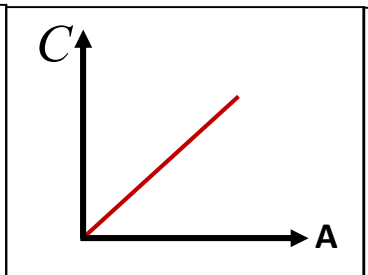
السعة الكهربية والشحنة الكهربية



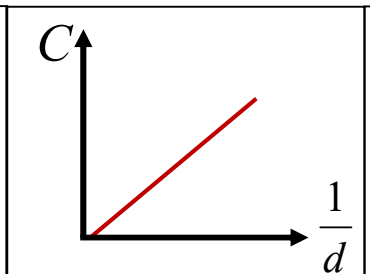
السعة الكهربية والجهد الكهربائي



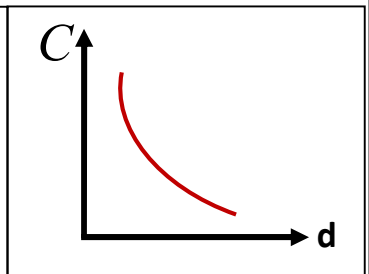
السعة الكهربائية
وثابت العازلية للمادة



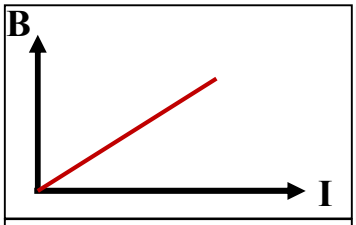
السعة الكهربائية
والمساحة اللوحية المشتركة



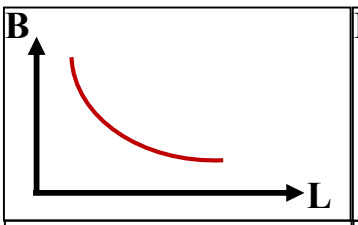
السعة الكهربائية
ومقلوب البعد بين اللوحين



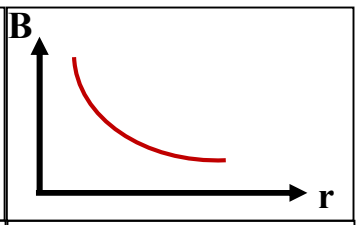
السعة الكهربية
والبعد بين اللوحين



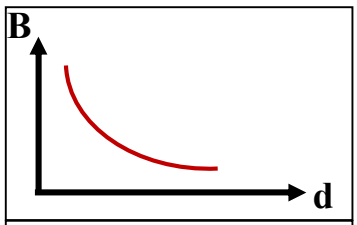
شدة المجال وشدة التيار



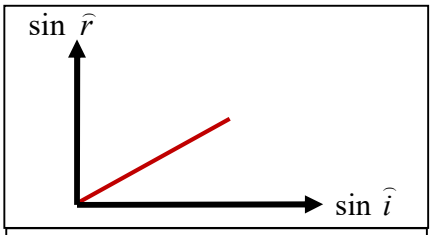
شدة المجال وطول الملف



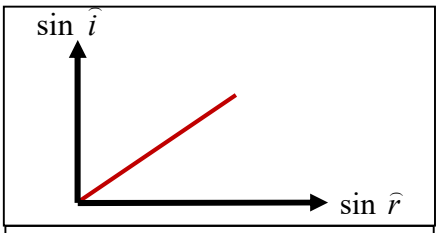
شدة المجال ونصف القطر



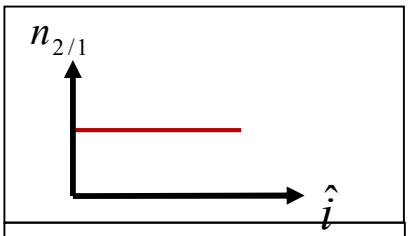
شدة المجال وبعد النقطة



جيب زاوية الانكسار
وجيب زاوية السقوط



جيب زاوية السقوط
وجيب زاوية الانكسار



معامل الانكسار النسبي
وزاوية السقوط