الفصل الخامس الآلات البسيطة

الآلة البسيطة

١

هي أداة تسهل علينا إنجاز الشغل بتغيير مقدار القوة التي نؤثر فيها أو إتجاه تلك القوة أو كليهما معاً

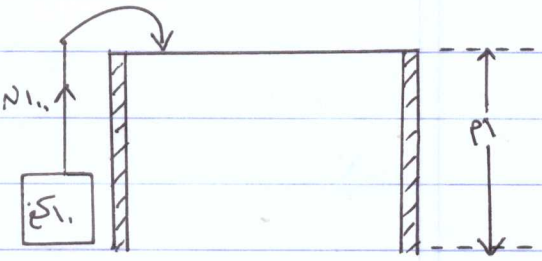
* من أشكال الآلة البسيطة

① المستوى المائل ② الرافعة ③ البكرة

المستوى المائل

س :- كيف يسهل علينا المستوى المائل انجاز الشغل

انظر الشكل (٥-١) حـ١ حـ٢ اي الطريقين أسهل لرفع الصندوق على الطاولة أو لتحميله على شاحنة مثلاً ... بالطبع الطريقة الثانية باستخدام المستوى المائل



* الحالة الاولى :- رفع الصندوق رأسياً للاعلى لوضعه على الطاولة

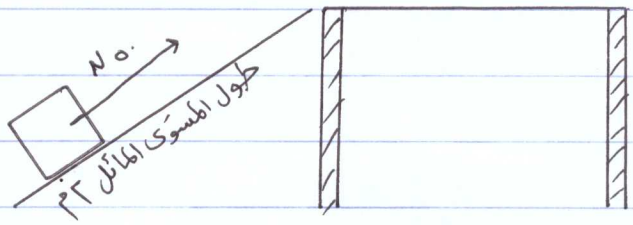
الشغل = القوة × الازاحة

* الشغل الرأسي = وزن الجسم × الارتفاع

الازاحة الرأسية

لانك عند ما تريد ان ترفع اي جسم بسرعة ثابتة تبذل عليه قوة مساوية لوزنه

ش رأسي = ١٠٠ × ١ = ١٠٠ ج



* الحالة الثانية :- رفع الصندوق من خلال سحبه على المستوى المائل لوضعه على الطاولة

الشغل = القوة × الازاحة

الشغل على المستوى المائل = قوة السحب × طول المستوى المائل

ش مائل = ٥٠ × ٢ = ١٠٠ ج

* لاحظ ان الشغل نفسه في الحالتين ١٠٠ ج لكنه باستخدام المائل كان إنجاز هذا الشغل اسهل بكثير إذ أننا استخدمنا ٥٠ نيوتن فقط

وهنا نعلم أننا قد سهلنا انجاز الشغل من خلال تغيير مقدار القوة بالمقابل تضاعفت الازاحة .

٥-١ المستوى المائل

وهنا تظهر الفائدة حيث اننا استطعنا رفع وزن ١٠٠٠ N بقوة ٥٠٠ N
اي اننا رفعنا وزن يبلغ ضعف قوتنا أو أننا نرفع الجسم بالتأثير فيه بقوة تساوي نصف وزنه.

الفائدة الآلية = ١٠٠٠ / ٥٠٠ = ٢

(١٠٠٠ ← وزن الجسم (المقاومة)، ٥٠٠ ← قوة السحب)

الفائدة الآلية = ناتج قسمة المقاومة على القوة

$$= \frac{\text{المقاومة}}{\text{القوة}}$$

مبدأ عمل المستوى المائل :- تسهل علينا إنجاز شغل عن طريقه التأثير بقوة أقل من وزن الجسم (المقاومة) وذلك بجعل الازاحة اكبر (طول المستوى المائل اكبر)

تمرين :- ماذا نعني بقولنا أن الفائدة الالية في مستوى ما تساوي ٣ .
هذا يعني اننا نرفع الجسم بالتأثير فيه بقوة تساوي ثلث وزنه وبطريقة أخرى ذلك أن المقاومة تساوي ثلاثة اضعاف القوة التي يلزمنا التأثير بها .

سؤال :- هل توجد وحدة للفائدة الآلية ؟ فسر إجابتك
لا يوجد لها وحدة وذلك لأنها ناتج قسمة وحدة على نفسها

الفائدة الالية = المقاومة / القوة = ن / ن "مرة"

تمرين أي العبارات صحيحة وايها خاطئة مع تصحيح الخاطئة .

١- الشغل المبذول باستخدام المستوى المائل اقل من الشغل المبذول في حال رفع الجسم رأسياً . ✗ غير صحيح
إن الشغل المبذول باستخدام المستوى الاملس يساوي الشغل المبذول في حال رفع الجسم رأسياً فإستخدام الآلة لا يجعل الشغل اقل والمستوى المائل لا يولد طاقة .

٢- كلما زاد طول ذراع القوة زادت الفائدة الآلية .
نعم صحيح ١٠٠٪ إذ أن الفائدة

الفائدة = المقاومة / القوة = طول المستوى المائل / الارتفاع

٥-١ المستوى المائل

مثال (٥-١) ص١١١ ... مراعاة ما يأتي

"املس" هنا تعني أن قوة الاحتكاك مهملة (= صفر N) .

"لزم لذلك" اي ان القوة ٧٠ N كانت كافية لسحب الجسم بسرعة ثابتة (دون تسارع) على المستوى المائل .

ولأن معطيات الشغل مائل متوفرة نطبق القانون

الشغل = قوة السحب × طول المستوى المائل

لـ سؤال مشابه للمثال (٥-١) ص١١١

مستوى مائل املس طوله ١٫٥ م أستخدم لرفع صندوقه وزنه ١٠٠ N احسب القوى اللازمة لسحبه على سطح مائل يرتفع (إرتفاع رأسي) ٥ م .

في مثل هذه الحالة يلزم حساب ش مائل من خلال ش رأسي كون ش مائل = ش رأسي

مثال (٥-٢) ص١١٢

لاحظ ان الصبي يسحب ..... أي أن ٦٠ N كافية لسحب اللعبة دون تسارع وبالتالي يجوز أن نبدأ بحساب ش مائل مباشرة في حال طلب منا ذلك .

ش رأسي = وزن الجسم × ارتفاع الرأسي

تذكر أن وزن الجسم في القانون أعلاه تعني ان القوة اللازمة لرفع جسم رأسياً تساوي وزنه .

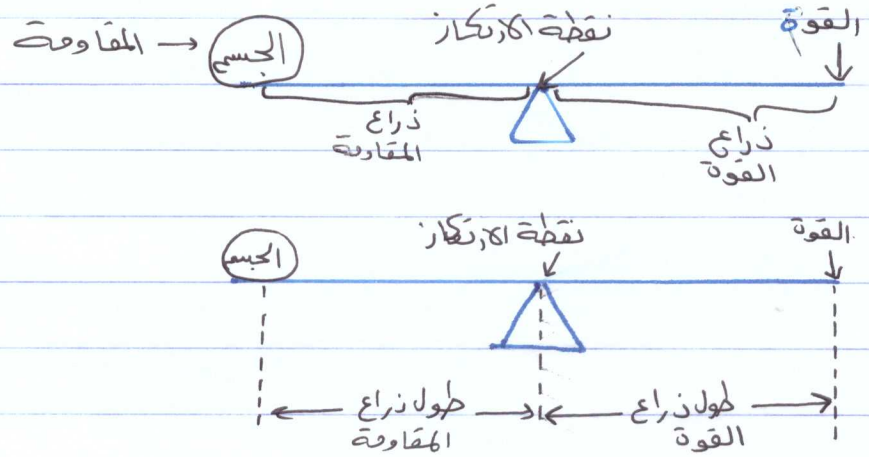
لـ مطلوب إضافي احسب ش رأسي ... تذكر ش رأسي = ش مائل .

تفكير ناقد ص ١٢

تخيل لو أننا اردنا غرز مسمار في خشبة فإن ذلك يتطلب منا قوة كبيرة حيث أن الازاحة بالنسبة للمسمار هي طوله وطوله قصير مهما بلغ لاكن إذا أردنا تطبيق فكرة المستوى المائل على المسمار وذلك بأستبدال الازاحة (طول المسمار) بمسار لولبي يلتف حول المسمار فيصبح برغي فالمسار اللولبي أطول من طول المسمار وبالتالي البرغي يحتاج الى قوة أقل من تلك التي يحتاجها المسمار لغرزه في الخشبة .

٥-٢ الرافعة

الرافعة :- آلة بسيطة تتألف من ساعد صلبة قابلة للدوران حول نقطة ثابتة



قانون الرافعة

القوة x ذراع القوة = المقاومة x ذراع المقاومة

ق x ل ق = م x ل م

الفائدة الآلية للرافعة = المقاومة / القوة = طول ذراع القوة / طول ذراع المقاومة

مثال (٥-٣) ص ١٣

لـ على نفس الساعد على ثقب يجب أن توضح القوة إذا كانت المقاومة ٥ N

٥-٢ الرافعة ٥

الرافعة :- آلة بسيطة تتألف من ساعد صلبة قابلة للدوران حول نقطة ثابتة .

أنواع الروافع

وجه المقارنة	المجموعة الاولى	المجموعة الثانية	المجموعة الثالثة
اتجاه القوة			
ترتيب ق ، م ، ح ورسمها			
الفائدة الآلية			
مثال عليها	المقص ، كماشة ، العتلة الارجوحه الميزان ذو الكفتين	فتاحة المياه الغازية كسارة البندق عربة البناء	الملقط ، المكنسه اليدوية صنارة السمك الدباسة

والقاعدة انه كلما قل طول ذراع المقاومة زادت الفائدة الالية .

⇐ ادرس المثال (٥-٤)

لـ على نفس كسارة البندق احسب القوة اللازمة لكسر مقاومة قدرها ٢١٠ N

٥-٣ الرافعة

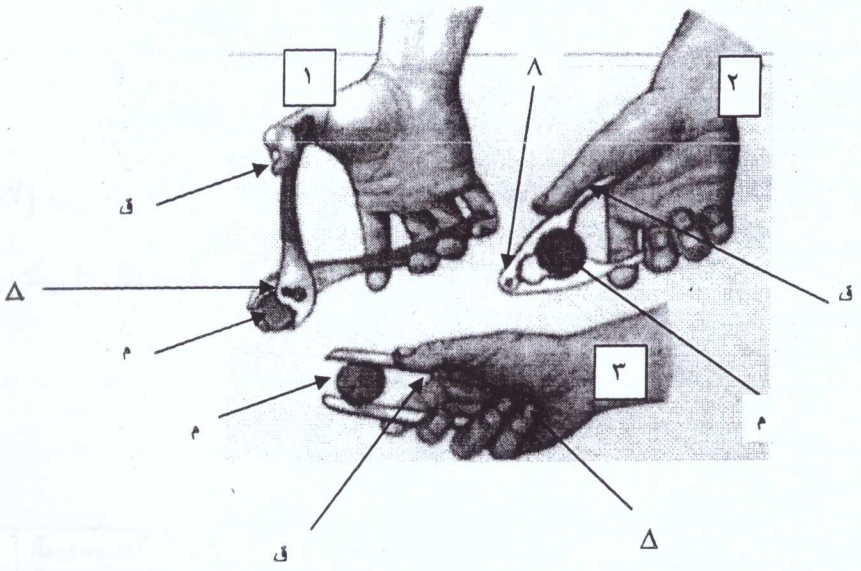
اقرأ درس مثال (٥-٥) جيداً

تفكير ناقد ص ١٩

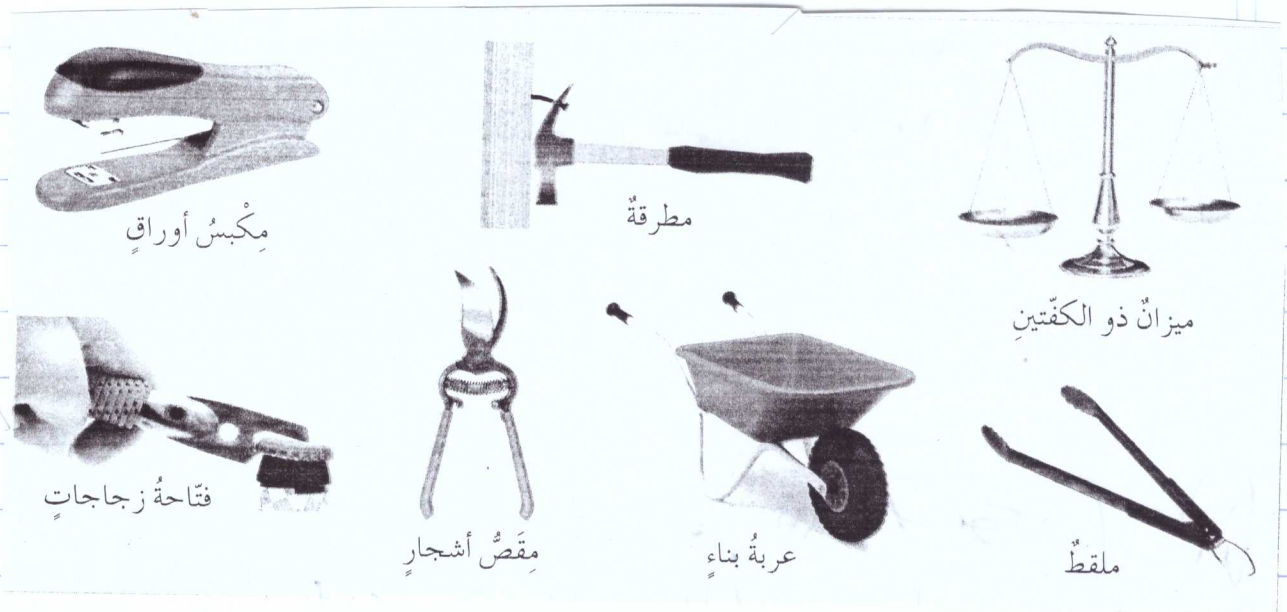
١-

٢-

٣-



تمرين حدد نوع الرافعة في الشكل الآتي، هيئاً بالرسم على كل أداة Δ و م كما فعلنا سابقاً في الشكل أعلاه



٥-٢ الرافعة

مراجعة الدرس (٥-٢) ص ١٩٥

١- فيم تختلف أنواع الروافع عن بعضها؟

تختلف في موقع نقطة الارتكاز إن كانت بين نقطتي تأثير القوة والمقاومة أو خارجها تبعاً للغرض من إستخدام الرافعة.

٢- ما أهمية نقطة الارتكاز في الرافعة، وما أثر موقعها على مقدار القوة اللازمة؟

إن موقع نقطة الارتكاز يحدد نوع الرافعة والغرض من إستخدامها ويحدد طول كل من ذراعي القوة والمقاومة وبالتالي يحدد الفائدة الالية لها.

٣- كيف يمكن زيادة الفائدة الالية للرافعة؟

بتقليل طول ذراع المقاومة مع أو بزيادة طول ذراع القوة

٤- فكر بطريقة يمكن بها فك الاطار المطاطي عن الاطار الحديدي لعجلة دراجة؟

باستخدام رافعة مثل المفك يكون فيها ذراع القوة اكبر من ذراع المقاومة ووضعه بين الاطار المطاطي والاطار المعدني.

٥-٣ البكرة.

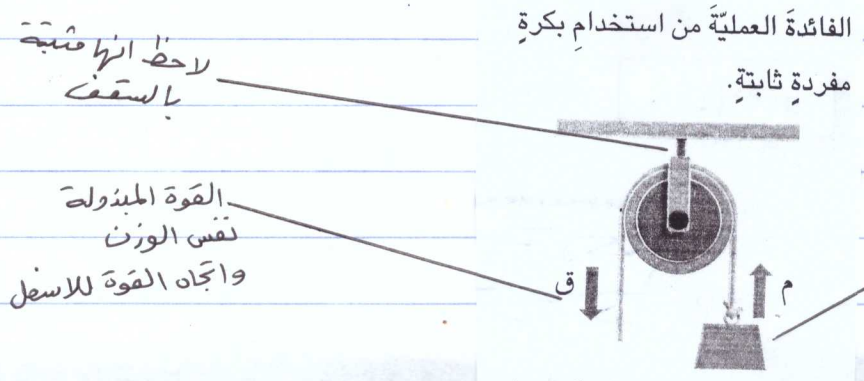
البكرة :- هي قرص قابل للدوران حول محور، يلتف حوله حبل خلال مجرى خاص.

انواع البكرات

① - البكرة الثابتة. (اي أنها لا تتحرك مع الحمل)

نشاطٌ تمهيديٌّ

تأمّلْ الشّكلَ (٥-١٤)، ثمّ بيّنْ الفائدةَ العمليّةَ من استخدامِ بكرةٍ مفردةٍ ثابتةٍ.



الشّكلُ (٥-١٤): البكرةُ الثّابتةُ.

٥-٣ البكرة .

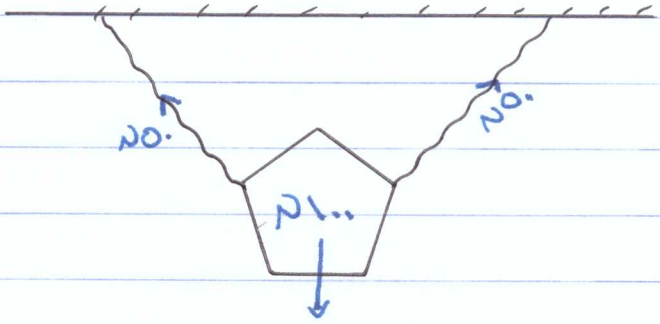
ان القوة المبذولة = المقاومة لكنها تعكس إتجاه القوة مما يسهل الحركة
(تجعل الحركة اكثر آمانا)

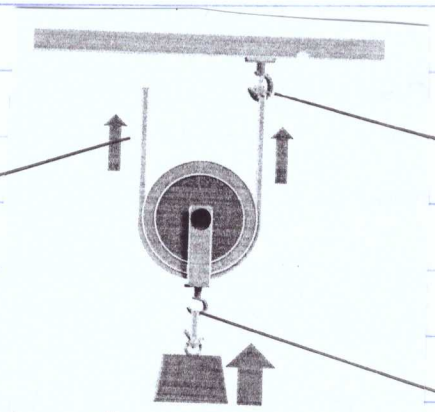
ما الفائدة الالية لهذه البكرة ؟؟

الفائدة الالية = $\frac{م}{ق}$ = ١

(٢) - البكرة المتحركة (تتحرك مع المقاومة حيث انها تتصل معها)

مثال للتوضيح لو كان هناك جسم وزنه ١٠٠ N معلقه بالسقف كما في الشكل كم تتوقع قوة الشد في كل حبل . . . . . تذكر كوده ٥٠ N





الطرف الاول للحبل مثبت حيث انه يحمل نصف وزن المقاومة

الطرف الثاني للحبل اتجاه القوة للاعلى ويحمل النصف الآخر لوزن المقاومة

الحمل متصل مع المقاومة كما أنه يرتفع للاعلى

الشكل (٥-١٥): البكرة المتحركة.

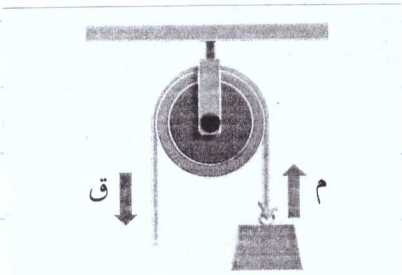
لاحظ انها تعكس اتجاه القوة

القوة المبذولة = نصف وزن المقاومة (حيث أن وزن المقاومة يتوزع بالتساوي على طرفي الحبل الثابت والطرف الآخر المؤثر فيه بالقوة)

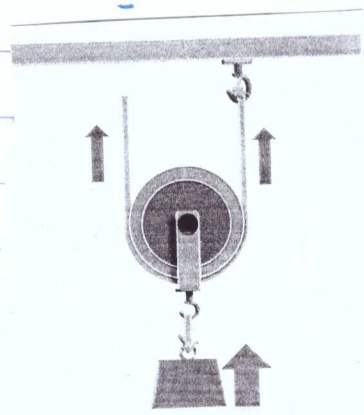
الفائدة الالية = $\frac{م}{ق}$ = ٢

٣-٥ البكرة

والآن لو إجتمعت البكرتان في نظام واحد كما في الشكل الآتي

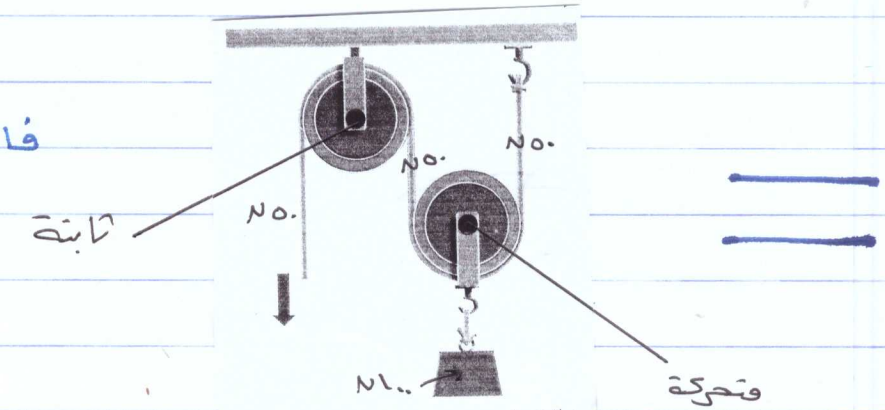


الشّكلُ (٥-١٤): البكرةُ الثّابتةُ.



الشّكلُ (٥-١٥): البكرةُ المتحركةُ.

فائدة آلية + أمان



الشّكلُ (٥-١٦): نظامُ بكرتين.

تذكر دائما أن أي جسم معلق متزن فإن وزنه للاسفل يساوي قوة تعليقه للاعلى وبالتالي محصلة القوى تساوي صفر.

مراجعة (٥-٣) ص ٤٢٢

١- لماذا تكون الفائدة الآلية للبكرة المتحركة تساوي (١)؟

لان القوة فيها تساوي المقاومة أما الفائدة العملية منها فهي عكس اتجاه القوة بحيث يصبح اتجاه الشغل الكلي أماناً وسهولة.

٢- وضح كيف تعمل البكرة المتحركة على مضاعفة القوة.

يلتف حول البكرة المتحركة حبل يثبت أحد طرفيه في السقف ويسحب العامل الطرف الثاني فهي تنصف الوزن بحيث يحمل السقف نصف الوزن ويحمل العامل النصف الآخر

٣- ما العلاقة بين عدد الحبال التي تحمل الثقل الى الاعلى والفائدة الآلية للنظام؟

الفائدة الآلية = عدد الحبال

٤- لماذا تضاف بكرة ثابتة للبكرة المتحركة؟ ليغير اتجاه الحبل ليصبح الكل امانا؟

٥ - ٤ كفاءة الآلة

١٠

كفاءة الآلة :- هي النسبة المئوية للطاقة المفيدة الخارجة من الآلة

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{الشغل الناتج}}{\text{الشغل المبذول}} \times ١٠٠\%$$

مثال : محرك السيارة يحول الطاقة الكيميائية في الوقود الى الطاقة الحركية الى جانب تحويل جزء كبير من الوقود الى طاقة حرارية ولذلك تعتبر كفاءة محرك السيارة ٣٥٪ فقط وذلك يعني ان ٣٥٪ من الطاقة الكيميائية تتحول الى طاقة حركية مفيدة و ٦٥٪ طاقة حرارية ضائعة .

⇐ وسائل تقليل الاحتكاك

١- البيليا ٢- التزييت ٣- التشحيم

مراجعة الدرس (٥ - ٤) ص٢٥

١- وضح المقصود بكفاءة الآلة ، ثم فسر لماذا تكون دائماً أقل من ١٠٠٪ ؟

كفاءة الآلة : هي النسبة المئوية للطاقة الخارجة من الآلة الى الطاقة الداخلة فيها وتكون دائماً اقل من ١٠٠٪ بسبب وجود طاقة ضائعة فلا توجد آلة مثالية .

٢- اذكر بعض اشكال ضياع الطاقة في الآلات المركبة ثم بين كيف يمكن التقليل من ذلك .

على شكل طاقة حرارية أو صوتية أو ضوئية بسبب الاحتكاك بين أجزاء الآلة للتقليل من الطاقة الضائعة نستخدم البيليا في الاجزاء الدوارة ويتم تزييت وتشحيم الاجزاء المتحركة في الآلة .

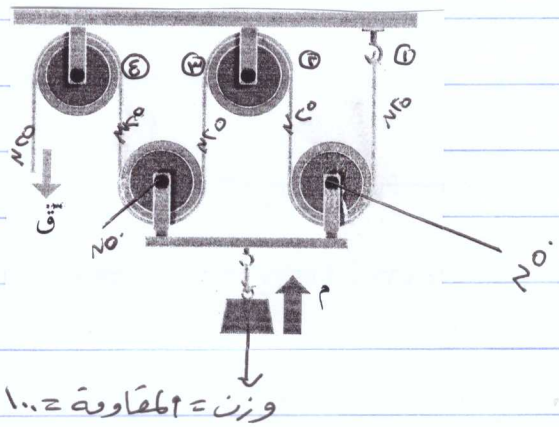
٣- سمعت عن وجود جهاز يتكون من محرك كهربائي ومولد كهربائي يسقد كل منهما طاقته من الاخر ولا لزوم لمصدر خارجي من الطاقة إلا عند بداية التشغيل ثم يواصل الجهاز الدوران من تلقاء نفسه فما رأيك بصحة ذلك ؟ مبرراً إجابتك

إن ذلك غير صحيح وغير ممكن ، لانه لا يوجد آلة مثالية فالطاقة الحركية الخارجة من المحرك تكون اقل من الطاقة الكهربائية الداخلة اليه وكذلك المولد سيضيع جزء من الطاقة وبذلك فإن الطاقة ستقل تدريجياً حتى إنتقالها بين الجهازين الى أن يتوقفا .

أسئلة الفصل الخامس

١- ب - تؤثر بقوة أقل

٢-



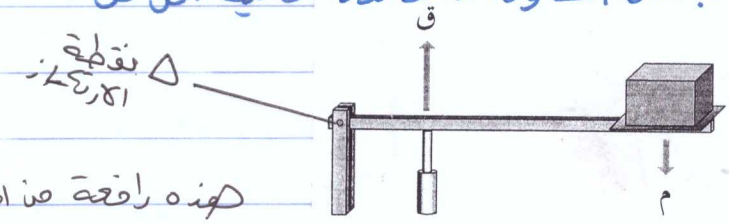
من ناحية حسابية

الفائدة = $\frac{م}{ق} = \frac{١٠٠}{٢٥} = ٤$

من ناحية عدد الحبال = ٤

٤ - P

٣- ج القوة أكبر من المقاومة والفائدة الآلية أقل من ١



الشّكلُ (٥-٢٨): السّؤالُ الأوّلُ: الفقرة الثّالثة.

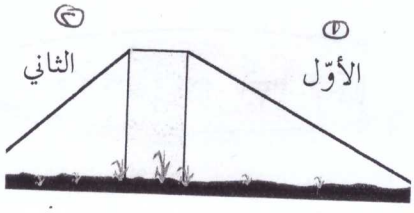
هذه رافعة من المجموعة الثالثة حيث

أن م ∆ ق

وبالتالي الفائدة الآلية < ١

لان ل م > ل ق

٤- أ - تؤثر بقوة أقل وتحصل على فائدة آلية أكبر



كون المستوى الأول أطول من المستوى الثاني

وعلاقة طول المستوى بالقوة عكسية

اذن ف١ < ف٢

أسئلة الفصل الخامس

ج ٢ - أ - الطريق منحدر و يمثل عدة مستويات مائلة .

ب - للتقليل من القوة اللازمة لصعود السيارة إلى الأعلى (على الطريق)

جـ - خشنة ؛ حتى تكون قوة الاحتكاك بين العجلات والطريق كافية لتوفير قوة الصعود اللازمة .

ج ٣ الكفاءة = $\frac{\text{الطاقة الخارجة}}{\text{الطاقة الداخلة}} \times ١٠٠٪$

الكفاءة = $\frac{\text{الطاقة الخارجة}}{٤٠٠} \times ١٠٠٪ = ٨٠٪$ ولأن $\frac{٨٠٪}{١٠٠٪} = ٠,٨$

$\frac{\text{الطاقة الخارجة}}{٤٠٠} = ٠,٨ \Leftarrow$ الطاقة الخارجة $= ٠,٨ \times ٤٠٠ = ٣٢٠$ جول

وهذا معناه الفيزيائي انه كل ٤٠٠ جول تدخل إلى المكنسة الكهربائية ٣٢٠ جول منها تذهب ضائعة (على شكل حرارة ... الخ) و ٣٢٠ جول تذهب فعلياً في العمل المفيد من المكنسة

ج ٤ مثبت من منتصفه :- انه يتزن دون وجود اي قوى عليه

وزن الاول = ٥٠٠ N $\Leftarrow$ ق = ٥٠٠ N ، يجلس على بعد ٢,٤ م $\Leftarrow$ ل ق = ٢,٤ م

وزن الثاني = ٦٠٠ N $\Leftarrow$ م = ٦٠٠ N ، ل م ؟؟ $\Leftarrow$ اين يجب ان يجلس

- يتزن اللوح

ق × ل ق = م × ل م

٥٠٠ × ٢,٤ = ٦٠٠ × ل م

ل م = ٢ م

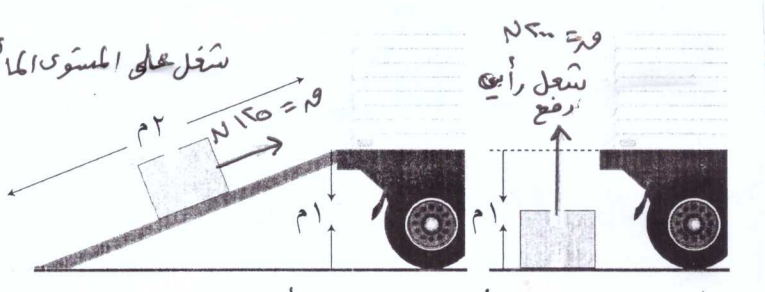
ج ٥ خشن $\Leftarrow$ هناك ضياع لجزء من الشغل وبالتالي

شغل رأسي $\neq$ شغل على المستوى المائل

أ -

شغل على المستوى المائل = القوة × طول المستوى المائل

= ١٢٥ × ٢ = ٢٥٠ J



الشكل (٥-٣٢): السؤال الخامس.

ق = الوزن

أسئلة الفصل الخامس

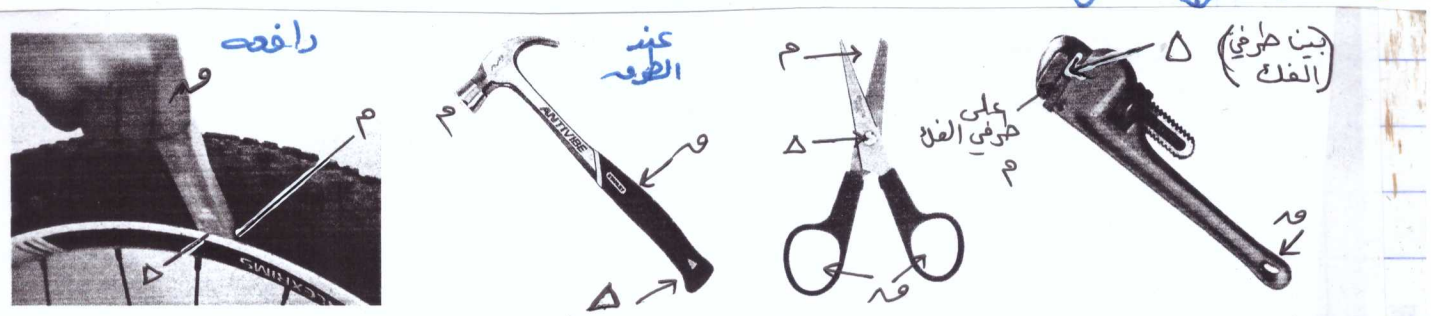
ج ٥-P- الشغل الرأسي = الوزن × الارتفاع

$= ٥٠ \times ١ = ٥٠$ J

ج ٥-ب- لأنه لزم بذل شغل إضافي ضاع بسبب قوة الاحتكاك حيث أن النظام غير محافظ

ج ٥-جـ- لأنه سيبذل قوة أقل من وزن الجسم لرفعه بواسطة السطح المائل بينما ستكون القوة مساوية للوزن عند الرفع رأسياً إلى الأعلى.

ج ٦

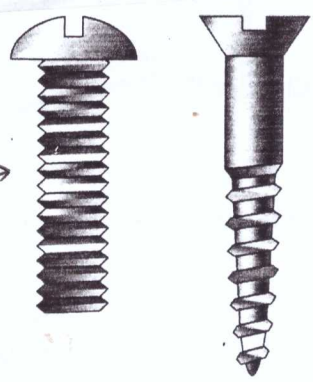


الشكلُ (٥–٣٣): السؤالُ السادسُ.

ج ٧

الماكنة البسيطة	عظاء زجاجة الماء	السلم أو الدرج	السكين	سارية العلم	مقص الأظافر
رافعة	مستوى مائل	مستوى مائل	مستوى مائل	بكرة	رافعة (من المجموعة ٣+٢)

ج ٨



للحديد ولأنه يعاني من احتكار عالي أثناء تثبيته للحديد فإن المستوى المائل طويل

للخشب ولأنه يعاني من احتكار أقل أثناء تثبيته للخشب فإن المستوى المائل أقصر

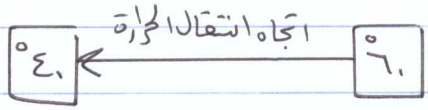
الشّكلُ (٥–٣٤): السّؤالُ الثّامنُ.

الفصل السادس :- الحرارة والإتزان الحراري ١٤

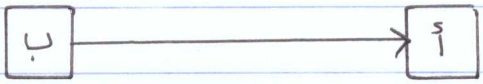
(٦-١) درجة الحرارة وميزان الحرارة

درجة الحرارة :- هي خصيصة للجسم تحدد اكتساب الحرارة أو فقدانه لها عند اتصاله بأجسام اخرى حيث تنتقل من الجسم الاعلى درجة حرارة الى الاقل درجة حرارة .

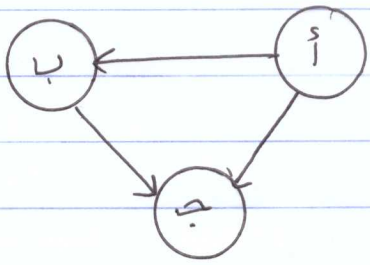
مثال



تمرين :- يبين الشكل اتجاه انتقال الحرارة بين جسمين ، اي الجسمين درجة حرارته اقل ، ولماذا ؟؟



تمرين :- رتب الاجسام تصاعدياً من حيث درجة حرارتها علماً ان الاسهم تدل على اتجاه انتقال الحرارة



الطاقة الحرارية :- هي احد اشكال الطاقة التي نحصل عليها من التحولات المختلفة للطاقة .

مثال على تحولات الطاقة

في المصباح الكهربائي طاقة كهربائية ← طاقة حرارية + ضوء

في الاحتراق طاقة كيميائية ← طاقة حرارية

(امواج كهرومغناطيسية)

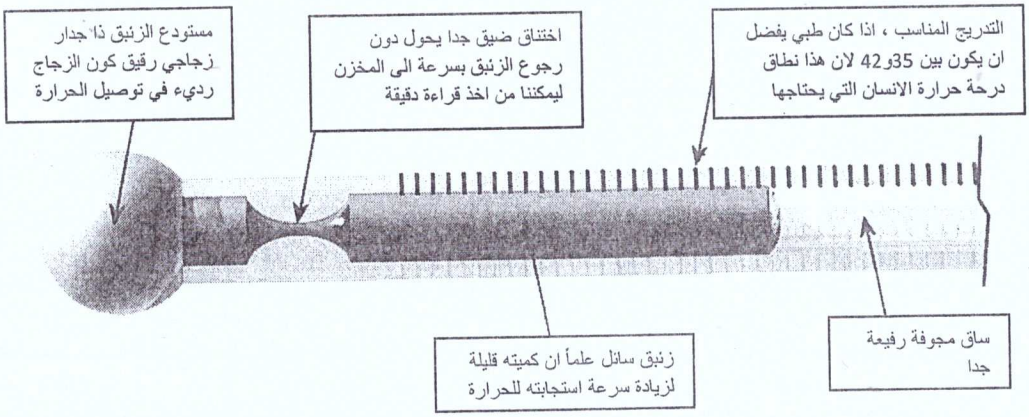
(٦-١) درجة الحرارة وميزان الحرارة

ميزان الحرارة : اداة تقيس درجة الحرارة بشكل مباشر وكلاً منها يعتمد في عمله على التغير في احدى الخصائص الفيزيائية للمادة عند تغير درجة حرارته .

انواع الموازين

١- الميزان الزئبقي (أو الكحول) ويمثله الشكل اسفل مع بيان اجزاءه

* مبدأ عمله :- يستخدم سائل الزئبق (أو الكحول) يتمدد فيزداد حجمه بارتفاع درجة حرارته ويتقلص بإنخفاضها .



٢- الميزان الفلزي .

* مبدأ عمله يتمدد طول الشريط الفلزي بارتفاع درجة الحرارة ويتقلص بانخفاضها

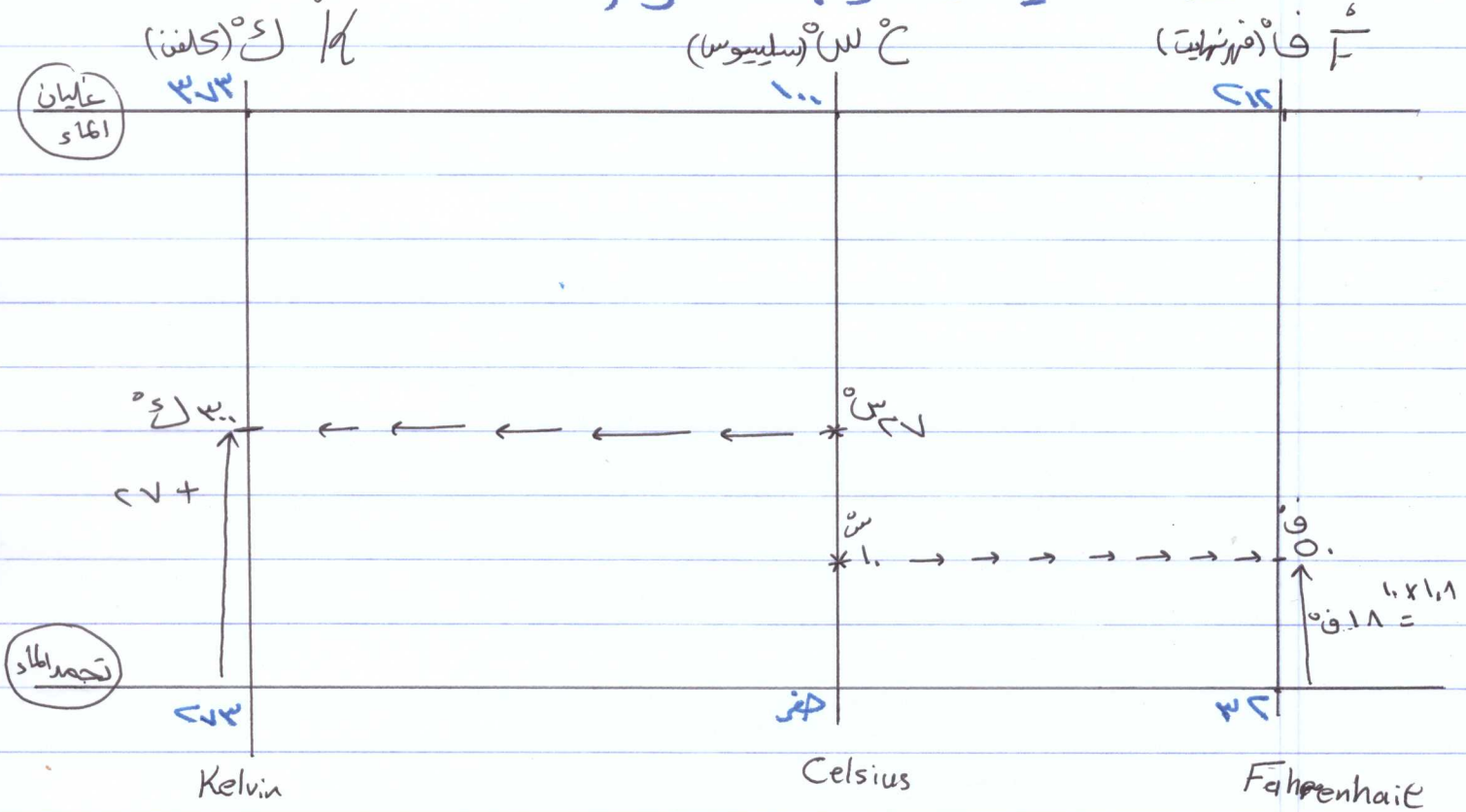
٣- ميزان الحرارة الكهربائي

خاصية المقاومة الكهربائية لمرور التيار الكهربائي في الفلز كما في الميزان الطبي

ص٥٩ فيما يتعلق بميزان الحرارة ما علاقة قطر الانبوب الشعري بدقة التدريج ؟ اي انه لماذا ينبغي ان تكون الساعة المجوفة رفيعة جداً ؟

كلما كان قطر الانبوب الشعري صغيراً زاد معدل الارتفاع في مستوى الزئبق مهما كان الاختلاف في درجات الحرارة والمدد صغيرين

١-٦ أنظمة قياس درجة الحرارة



وحتى يصبح هناك عامل مشترك بين F و C
فإننا نقسم الـ ١٨٠ ف الى ١٠٠ جزء
وذلك لأن الـ C مقسم الى ١٠٠ جزء

$$\frac{١٨٠}{١٠٠} = ١,٨$$

وذلك يعني أن كل اسْ تتغير
يقابلها ١,٨ ف°

والعملية الرياضية التي اجريناها على
١٠ س° لكي نحولها إلى فهرنهايت

١٠ × ١,٨ + ٣٢ = ٥٠ ف

ف = (١,٨ × س) + ٣٢

* ما هي العملية الرياضية
التي اجريناها على ٢٧ س° لنرى
كم تكافئ في مقياس كلفن

٢٧٣ + ٢٧° = ٣٠٠ ك°

ك = س° + ٢٧٣

* وحيث أن كلفن يبدأ من ٢٧٣ بينما
سليسوس يبدأ من الصفر ولهما نفس
التقسيم لذلك نزيد على اي درجة
سليسوس ٢٧٣°

النظام	درجة تجمد الماء	درجة غليان الماء
سليسوس	٠	١٠٠
فهرنهايت	٣٢	٢١٢
كلفن	٢٧٣	٣٧٣

٦-١

تمرين اكتب العلاقة التي تحول

P- من ف° ← س°

ب- من ك° ← س°

ادرس الامثلة (٦-١) + (٦-٢) + (٦-٣)

تفكيرناقد ص٣٩

١- درجة حرارة الشخص (P) هي ٣٧,٨ س° أو ١٠٠ ف°

درجة حرارة الشخص (ب) هي ٣٧ س° أو ٩٨,٦ ف°

٢- الشخص (P) ؛ لأن درجة حرارته اعلى من درجة حرارة الشخص السليم .

٣- لأنه لايمكن لدرجة حرارة الانسان على قيد الحياة أن تقدني دون تلك الدرجة ٣٥ س° .

٤- للشخص (P) : ف = ١,٨ × س + ٣٢

ف = ١,٨ × ٣٧,٨ + ٣٢ = ١٠٠,٠٤ ف°

للشخص (ب) : ف = ١,٨ × س + ٣٢

= ١,٨ × ٣٧ + ٣٢ = ٩٨,٦ ف°

مراجعة الدرس (٦-١)

ج(١) يكون الجسم اكثر سخونة من جسم آخر عندما تنتقل الحرارة منه إلى آخر أي أن درجة حرارته اعلى من الآخر .

ج(٢) الحجم فالزئبق يتمدد ويزداد حجمه بالتسخين .

ج(٣) لأن الزئبق يتجمد عند الدرجة - ٣٩ س° وبذا لايتغير حجمه دون تلك الدرجة .

ج(٤) اختلاف درجة الحرارة بين جسمين يجعل الطاقة الحرارية تنتقل من الجسم الاعلى درجة حرارة إلى الادنى

ج(٥) كان ذلك ينافي بظروف القياس فلمس جسم معتدل بعد جسم ساخن يوحي بأنه بارد والعكس صحيح .

ج(٦) لان درجة انصهار الثلج غير النقي لا تساوي صفراً ويكون التدريج غير صحيح

٦-٢ كمية الحرارة .

* كمية الحرارة :- هي مقدار الطاقة الحرارية المنقولة من جسم إلى آخر ووحدتها جول .
* المكافئ الميكانيكي الحراري :- هي العلاقة الحسابية بين الشغل الميكانيكي المبذول على جسم والحرارة التي اكتسبها بسبب ذلك

اسعر = ١٨٦٤ ج.

العوامل التي تعتمد عليها كمية الحرارة (المفقودة او المكتسبة)

① - التغير في درجة الحرارة (زيادة أو نقصان)

- كلما كان التغير في درجة الحرارة كبير لزم لإحداثه كمية كبيرة من الحرارة

② - الكتلة

تتناسب طردياً فمثلاً كمية الحرارة التي يفقدها خزان ماء ساخن اكثر من كمية الحرارة التي يفقد كوب ماء ساخن

③ - نوع المادة

الحرارة النوعية :- كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة ١كغ من المادة درجة سلسيوس واحدة و وحدتها (ج/كغ.س°)

تأمل الجدول الآتي

المادة	كتلتها	التغير في درجة حرارتها	كمية الحرارة اللازمة لذلك
الرصاص Pb	٢ كغ	١٢ س°	٣١٢٠ ج
الحديد Fe	٢ كغ	١٢ س°	١٠٨٠٠ ج
الألمنيوم AL	٢ كغ	١٢ س°	٢١٦٠٠ ج
لاحظ أن	لمواد مختلفة	لنفس الكتل	لنفس Δ ء	كميات الحرارة مختلفة

على الرغم من تشابههم في الكتل و Δ ء إلا أن كل نوع مادة لزمه كمية حرارة وختلفة عن الاخر

كمية الحرارة = كتلة الجسم X الحرارة النوعية X التغير في درجة الحرارة

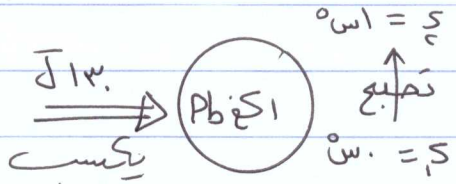
السعة الحرارية : هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم كله درجة سلسيوس واحدة

السعة الحرارية = كتلة الجسم X الحرارة النوعية

٦-٢ كمية الحرارة .

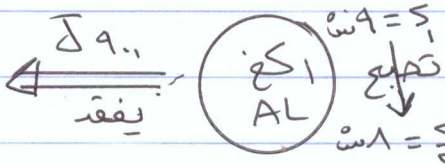
تمرين اشتقاق وحدة الحرارة النوعية

مثال ماذا نعني بقولنا أن الحرارة النوعية ح ن Pb = ١٣٠ ل/كغ.س°
اي انه يلزم ١٣٠ ل لـ واحد كغ من الرصاص كي ترتفع درجة حرارته اس°



تمرين ماذا نعني بقولنا أن ح ن Fe = ٤٥٠ ل/كغ.س°

مثال ٢ اكغ من AL انخفضت درجة حرارته من ٩ س° الى ٨ س°
كم يفقد من الحرارة علماً ح ن AL = ٩٠٠ ل/كغ.س°



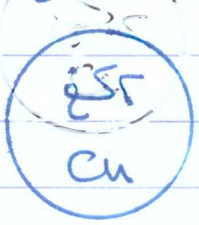
لاحظ ان الجواب تضمن نفس كمية الحرارة للـ ح ن حيث انه اكغ و ٥ د = اس°
ان ن ينطبق ماينطبق على ح ن سواء فقدام كسب

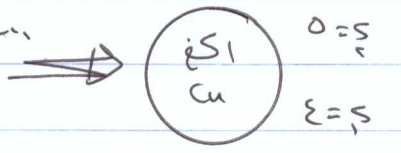
تمرين ماهي كمية الحرارة التي ينبغي ان يفقدها Fe لتنخفض درجة حرارته من ١٠٠ س° الى ٩٩ س°

٢-٦ كمية الحرارة

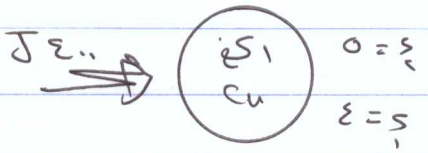
س ما كمية الحرارة اللازمة لرفع ٢ كغ Cu من ٤ س° الى ٥ س°
إذا علمت ان ح Cu = ٤٠٠ ج/كغ.س°

دعنا نجزء إلى قسمين كل قسم ١ كغ





٨٠٠ ج = ٤٠٠ + ٤٠٠

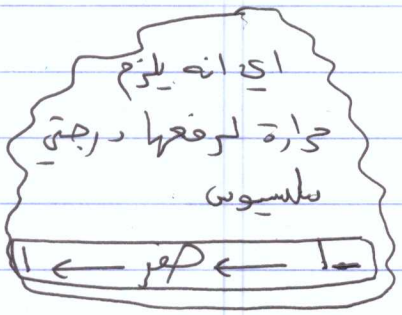


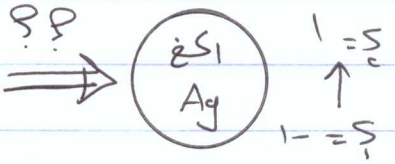
وبتطبيق القانون

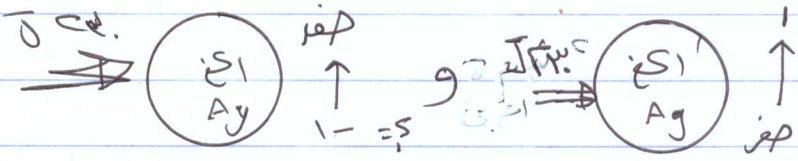
كمية الحرارة = ك ك ح ن ك Δ د

= ٢ × ٤٠٠ × (٥ - ٤) = ٨٠٠ ج

س ما كمية الحرارة اللازمة لرفع اكغ Ag من -١ س° الى اس° حتى
ان ح Ag = ٢٣٠ ج/كغ.س°







٤٦٠ ج = ٢٣٠ + ٢٣٠

وبتطبيق القانون:

كمية الحرارة = ك ك ح ن ك Δ د

= ١ × ٢٣٠ × (١ - (١-)) = ٤٦٠ ج

السعة الحرارية = ك × ∆ن

= كجم × $\frac{\text{ك جول}}{\text{كجم . س}}$ = ك جول/س

كمية الحرارة = ك × ∆ن × ∆ز

= كجم × $\frac{\text{ك جول}}{\text{كجم . س}}$ × س = ك جول

ولدعم السعة في كمية الحرارة

كمية الحرارة = السعة الحرارية × ∆ز

تمرين حل فكر ٤٦

∆ن Pb (صلب) ⇐ كمية الحرارة = ك × ∆ن Pb × ∆ز

٣١٢٠ = ٢ × ∆ن Pb × ١٢

∴ ∆ن = $\frac{٣١٢٠}{٢ \times ١٢}$ = ١٣٠ ك جول/كجم . س

∆ن Fe (حديد) ⇐ كمية الحرارة = ك × ∆ن Fe × ∆ز

١٠٨٠٠ = ٥ × ∆ن Fe × ١٢

∆ن = $\frac{١٠٨٠٠}{٥ \times ١٢}$ = ٤٥٠ ك جول/كجم . س

∆ن Al (ألمنيوم) ⇐ كمية الحرارة = ك × ∆ن Al × ∆ز

٤١٦٠٠ = ٢ × ∆ن Al × ١٢

∆ن = $\frac{٤١٦٠٠}{٢ \times ١٢}$ = ٩٠٠ ك جول/كجم . س

تفكير ناقد ص ٤٦

١- لان الحرارة النوعية للماء كبيرة ، أي انه يحتاج زمناً أطول حتى يبرد لذلك يستخدم في قربة الماء

٢- القطعة الذهبية لان حرارة النوعية اقل من الفضة

٣- حمض الزجاج يبرد اسرع لأن حرارته النوعية اقل

٦ - ٢

ادرس مثال (٦-٤) + (٦-٥) صـ٤٧

استقصاء ص(٤٨):

١- كمية الطاقة الكهربائية = كمية الطاقة الحرارية التي اكتسبها الماء في الإبريق

= ك × الحرارة النوعية × Δ د

=١,٤×٤٢٠٠× (١٠٠-٢٠) = ٤٧٠٤٠٠ جول

٢- كمية الطاقة الحرارية التي اكتسبها الماء في البركة = ك × الحرارة النوعية × Δ د

=٣٦٠٠٠ × ٤٢٠٠ × (١٩-١٧)

=٣٠٢٤٠٠٠٠٠ جول

٣- المعدل الزمني للماء في السخان = الطاقة/ الزمن = ٤٧٠٤٠٠/١٢٠ =٣٩٢٠ جول/ ث

المعدل الزمني للماء في البركة = الطاقة/ الزمن =٣٠٢٤٠٠٠٠/٥٤٠٠ =٥٦٠٠٠ جول/ ث

فكر ص(٥٢):

تنشر هذه المراوح رذاذ الماء البارد وتدفعه بتيار هواء إلى أجواء الحرم، فيكتسب الماء كمية كبيرة من الحرارة حتى ترتفع درجة حرارته قليلا لأن الحرارة النوعية للماء كبيرة، وفي المقابل تنخفض درجة حرارة الهواء لأنه يفقد تلك الكمية من الحرارة.

مراجعة الدرس (٦-٢)
١- كمية الحرارة: الطاقة الحرارية المنقولة بين جسمين مختلفين في درجتي حرارتهما. الحرارة النوعية: كمية الحرارة اللازمة لتغيير درجة حرارة (١كغ) من المادة درجة سلسيوس واحدة. السعة الحرارية: كمية الحرارة اللازمة لتغيير درجة حرارة جسم درجة سلسيوس واحدة.
٢- المكافئ الميكانيكي الحراري، وهذه العلاقة ليست خاصة بمادة معينة.
٣- كتلة الجسم، الحرارة النوعية لمادة الجسم، التغير في درجة حرارة الجسم.
٤- أي أنه يلزم طاقة مقدارها ٢٠٠٠ جول لتغيير درجة حرارة الجسم كله درجة كلفن واحدة.
٦- لأن السعة الحرارية تختلف باختلاف كتلةالجسم إضافة إلى نوع مادته، بينما الحرارة النوعية تعتمد على نوع المادة فقط، ولا تتغير بتغير كتلة الجسم.
٧- تفكير ناقد: لأن الحرارة النوعية للماء كبيرة وبالتالي يكون له قدرة على اكتساب كمية كبيرة من الحرارة من الأجسام الأخرى.

٦-٣ المخاليط الحرارية والاتزان الحراري ٢٣

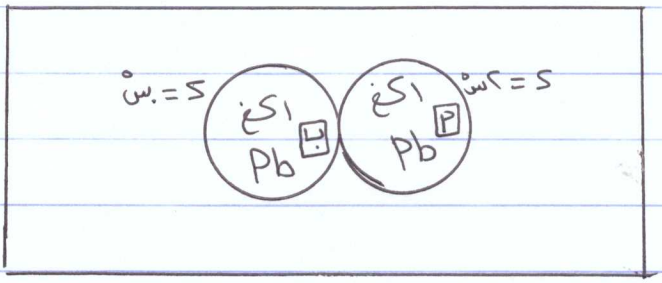
المخلوط الحراري :- هو إختلاط مادتين أو أكثر أو تلامس جسمين مختلفين أو أكثر في درجة الحرارة .

النظام الحراري المغلق :- هو نظام معزول عن الوسط المحيط الذي لا يحدث فيه تبادل حراري بين النظام والوسط

النظام الحراري المفتوح :- هو نظام يسمح بتبادل الطاقة الحرارية بين مكونات المخلوط و الوسط المحيط به .

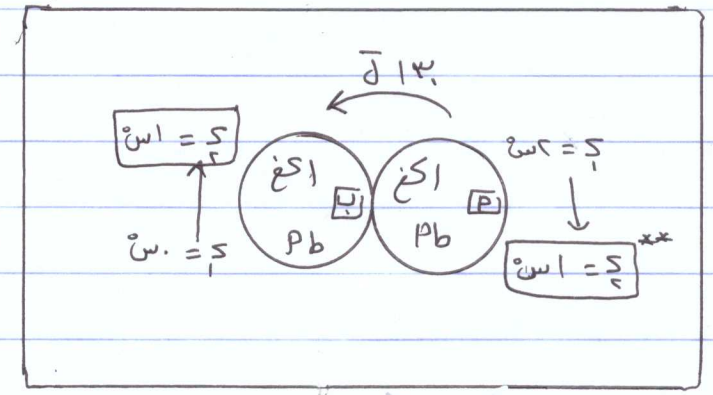
الاتزان الحراري :- الحالة التي تتساوى فيها كمية الحرارة المفقودة من الجسم مع كمية الحرارة المكتسبة من الجسم الآخر أو الوسط الى أن تتساوى درجة الحرارة .

مثال إذا تلامس جسمان كما في الشكل في نظام معزول بين ماذا سيحدث



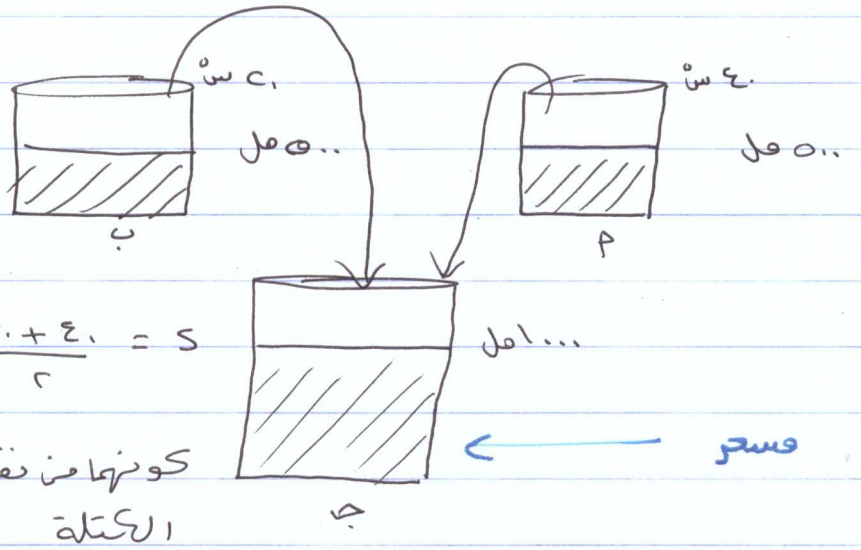
لاحظ انهما من نفس نوع المادة وبالتالي لهما ح1 نفسها وكذلك لهما نفس الكتلة

ان ما يسهل علينا التفكير انهما في نظام معزول اي ان جول سيفقده أ (كونه ذو درجة الحرارة الاعلى) سيكسبه ب (كونه ذو درجة الحرارة الاقل)



وهنا نقول ان أ فقد ١٣٠ جول وانخفضت درجة حرارته من ٢س١ الى اس٢ ليكسب ب الـ ١٣٠ جـ التي فقدها أ وترتفع درجة حرارة ب من ٠ س١ الى اس٢
وبذلك يكون النظام اتزن عند اس٢

مثال (٢) كوبين فيهما نفس نوع السائل كما خلطهما في كوب آخر معزول (مسعر) كما في الشكل عند اي درجة حرارة سيتزن الكوب ج.



في كلا المثالين السابقين النظام مغلق وبالتالي
كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة
في الكتاب يستخدم إناء المسعر كنظام معزول.

ادرس الامثلة (٦-٧) + (٦-٨) + (٦-٩)

فكر ٥٦

في الحالة الاولى المزيج مكون من كحول وماء والحرارة النوعية للكحول أقل منها للماء فتنخفض درجة حرارة الكحول كثيراً لترتفع درجة حرارة الماء بمقدار قليل أما في الحالة الثانية فيكون انخفاض درجة حرارة الماء الساخن مساوياً للارتفاع في درجة حرارة الماء البارد.

مراجعة الدرس (٦-٣)

١- لأن عزل الانظمة الحرارية لا يكون تاماً فينتقل جزء من الطاقة الحرارية للوسط المحيط

٢- في النظام المفتوح تنتقل الحرارة من الجسم الساخن الى كل شيء من حوله (وسط وأجسام أخرى) التي بدورها تحتاج الى كمية حرارة كبيرة جداً حتى ترتفع درجة حرارتها

٣-

نظام مفتوح	نظام مغلق
قطعة حديد ساخنة في الهواء	مجمدة الثلاجة
كأس ماء مثلج على الطاولة	تيرموس مملوء قهوة ساخنة
قدر فوق النار	

اسئلة الفصل السادس ٥٢

ج ـ فرع (١)

ان اختيار أيٍّ هذه الدرجات اعلى فلا بد أن تكون لها نفس الوحدة كي نتمكن من المقارنة ..... سنقوم بتحويلها كلها الى سلسيوس

ب ـ ف = ١,٨ س + ٣٢

د ـ ف = ١,٨ س + ٣٢ ← ١٠٠ = ١,٨ س + ٣٢ ← س = $\frac{١٠٠ - ٣٢}{١,٨}$ = $\frac{٦٨}{١,٨}$ = ٣٧,٧ س°

هـ ـ ٣٥٠ ك ← س°

س = ك − ٢٧٣ ← س = ٣٥٠ − ٢٧٣ = ٧٧ س°

و ـ ٢٠٠ ك داعي لتحويلها حيث أن جـ بالكلفن وقدارها اكبر

ج ـ فرع (٢)

ان الحرارة تنتقل من الجسم الاعلى درجة حرارة الى الجسم الاقل درجة حرارة

ب ـ الى ان تتساوى درجة حرارتيهما علما أنهما في نظام مغلق (معزول)

جـ ـ درجة حرارة الجسم الاول تساوي درجة حرارة الجسم الثاني

ج ـ فرع (٣)

بما أنهما من نفس المادة (التي هي ماء) إذن لهما الحرارة النوعية نفسها وكذلك لهما نفس الكتلة إن أنهما لهما نفس الحجم (٥٠ مل)

وبالتالي حل قانون متوسط درجة الحرارة في المخلوط

$\frac{٨٠ + ٥٠ + ٢٠}{٣}$ = $\frac{١٥٠}{٣}$ = ٥٠ س° ← و ـ ٥٠ س°

ج ـ P: يكون جدار المستودع رقيقاً جداً حتى يحدث الاتزان الحراري بين الزنبقة والوسط بسرعة

ب ـ كمية الزنبقة القليلة تتزن مع الوسط بانتقال كمية قليلة من الحرارة دون ان يؤثر ذلك على درجة حرارة الوسط التي سيقيسها الميزان .

جـ ـ كلما كان قطر الانبوب الشعري صغيراً زاد معدل الارتفاع في مستوى الزنبقة فهما كان الاختلاف في درجات الحرارة والمدد صغيرين

د ـ لان درجة حرارة جسم الانسان لا تقل عن ٣٥ س° ولا تزيد عن ٤٢ س° وهو على قيد الحياة

هـ ـ ليمنع رجوع الزنبقة المستودع مباشرة حتى يتمكن من مؤاءة تدريج الميزان

اسئلة الفصل السادس

ج ٣ ١- ٦٠٠٠ ك° ← ؟؟ س°

س° = ك° - ٢٧٣

س° = ٦٠٠ - ٢٧٣ = ٣٢٧ س°

ب- ١.٦٣ س° ← ؟؟ ك°

ك° = س + ٢٧٣

ك° = ١.٦٣ + ٢٧٣ = ٢٧٤.٦٣ ك°

ج- ٣١٥ ك° ← ؟؟ س°

س = ٣١٥ - ٢٧٣ = ٤٢ س°

د- ٩٠ ك° ← ؟؟ ف° ≠ ٩٠ ك° ← ؟؟ س ثم ؟؟ ف°

أو يمكنك اشتقاق علاقة رياضية تحول ك° ← ف° مباشرة دون المرور في س°

٩٠ ك° ← ؟؟ س

س° = ٩٠ - ٢٧٣ = -١٨٣ س°

-١٨٣ س° ← ؟؟ ف°

ف = س × ١.٨ + ٣٢

ف = -١٨٣ × ١.٨ + ٣٢ = -١٣٠.٤ ف°

ج ٤ + ج ٥

٤- باستخدام مسطرة تدرج الميزان إلى عشر أجزاء متساوية بين (٠-١٠٠ س°)، وتدرج أجزاء مساوية تحت الصفر، ليكون التدريج الأول منها هو - ١٠ س°.

٥- أ- يمكن استخدام هذا الميزان لقياس درجة حرارة الهواء وذلك بوضعه في مكان القياس فيحدث اتزان حراري بين الهواء المحيط والهواء داخل الدورق، ويتمدد الهواء المحصور ليزداد طول عمود الهواء إلى الأسفل ضاغطًا على سطح الماء ثم تؤخذ القراءة عند مستوى سطح الماء في الأنبوب.

ب- تدريج الميزان صحيح، لأن الغاز عندما يسخن سيتمدد في الأنبوب باتجاه الأسفل.

اسئلة الفصل السادس

ج٦س١ * اكتسبت كميات حرارة متساوية ⇐ كمية الحرارة المكتسبة (ا لتر) = كمية الحرارة المكتسبة (٢ لتر) = كمية الحرارة المكتسبة (٣ لتر)

* وبما اننا نملك المعلومات الكافية حول ا لتر سنحسب الكميات المكتسبة من خلالها
اي اننا سنحسب كمية الحرارة التي اكتسبها (٢ لتر) من خلال معرفتنا لكمية الحرارة التي اكتسبها ا لتر

* ثم سنحسب التغير في درجه حرارة كل وعاء

كمية الحرارة التي اكتسبها (٢ لتر) = كمية الحرارة التي اكتسبها (ا لتر)

(٢ ك × ح ن × Δ د)٢ لتر = (ك × ح ن × Δ د) لتر

(٢ ك × ح ن × Δ د)٢ لتر = (ك × ح ن × Δ د) لتر

نستطيع ان نختصر ك و ح ن من كلا الطرفين

٢ × Δ د (٢ لتر) = Δ د (لتر)

٢ × Δ د (٢ لتر) = ١٠

Δ د (٢ لتر) = ١٠ / ٢ = ٥ س°

ولمعرفة التغير في درجة حرارة الوعاء ذي ٣ لتر

كمية الحرارة التي اكتسبها (٣ لتر) = كمية الحرارة التي اكتسبها (ا لتر)

(٣ ك × ح ن × Δ د)٣ لتر = (ك × ح ن × Δ د) لتر

(٣ ك × ح ن × Δ د)٣ لتر = (ك × ح ن × Δ د) لتر

نستطيع أن نختصر ك و ح ن من كلا الطرفين

٣ Δ د = ١٠

Δ د (٣ لتر) = ١٠ / ٣ = ٣,٣ س°

ج٧س١ الترفاء ⇐ حجم ٥ كثافة الماء = ١ كغ/لتر ، ك = ٤٠ س° ٥ ح = ١٠٠ س°

وكون قانون كمية الحرارة يتعامل بالكتلة سنضطر لحساب كتلة الماء من خلال قانون الكثافة

الكثافة = الكتلة / الحجم ⇐ الكتلة = الكثافة × الحجم

= ١ × ١ = ١ كغ

كمية الحرارة = ك × ح ن × Δ د

= ١ × ٤٢٠٠ × (١٠٠ − ٤٠)

= ٢٥٢٠٠٠ ج

أسئلة الفصل السادس ٣٨

ج ٩ كتلتان متساويتان من الحديد والماء زودتا بكمية الحرارة نفسها

كمية الحرارة التي اكتسبها Fe = كمية الحرارة التي اكتسبها H_2O

ك Fe = ك H_2O

$ك_1$ Fe = ٥٠ س° ← $ك_2$ Fe = ١١٨ س°

$ك_1$ H_2O = ٥٠ س° ← $ك_2$ H_2O = ٣٥ س°

المطلوب اهب نسبة الحرارة النوعية للماء الى الحرارة النوعية للحديد

$$\frac{ح_{ن\ H_2O}}{ح_{ن\ Fe}}$$ ؟

كمية الحرارة التي اكتسبها H_2O = كمية الحرارة التي اكتسبها Fe

$ك_{H_2O} \times ح_{ن\ H_2O} \times \Delta س$ = $ك_{Fe} \times ح_{ن\ Fe} \times \Delta س$

سنختصر ك من الطرفين كونهما متساويان ثم نعوض $\Delta س$

$ح_{ن\ H_2O} \times (٣٥ - ٥٠)$ = $ح_{ن\ Fe} \times (١١٨ - ٥٠)$

$ح_{ن\ H_2O} \times ١٠$ = $ح_{ن\ Fe} \times ٩٣$

والحصول على $\frac{ح_{ن\ H_2O}}{ح_{ن\ Fe}}$

$$\frac{ح_{ن\ H_2O}}{ح_{ن\ Fe}} = \frac{٩٣}{١٠} = ٩,٣$$

ج ١٠ ك = ٥٠ غ ولتحويل غ ← كغ نضرب بـ $١٠^{-٣}$ ← ك = ٥٠×١٠^{-٣} كغ

$ك_1$ = ١٣٠ س° و $ك_2$ = ٣٠ س° و ح ن Hg = ١٤٠ ل/كغ.س°

المطلوب كمية الحرارة المفقودة

كمية الحرارة = ك × ح ن × $\Delta س$

$= ٥٠ \times ١٠^{-٣} \times ١٤٠ \times (١٣٠ - ٣٠)$

$= ٧٠٠$ ل

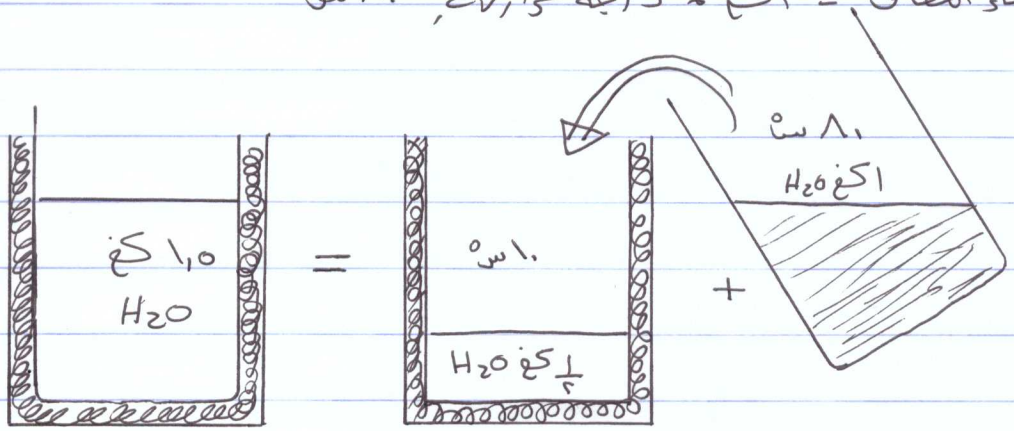
حل أسئلة الفصل السادس ٢٩

ج ١٠ - معزول ⇐ ان النظام مغلق ⇐ المسعر

- سعتة الحرارية ٥٠٠ جول / س° أي أن نفس سيدخل في عملية فقد او كسب للحرارة حيث ان المادة المصنوع منها هذا الوعاء سعتها الحرارية ٥٠٠ J / س°

- يحتوي على ½ كغ H_2O درجة حرارته ١٠ س° وبما أن الماء موجود داخل الوعاء المعزول فإنه بتأكيد متزن معه عند ١٠ س° أي أن كلاً من الوعاء والماء الذي بداخله درجة حرارتها ١٠ س°.

- كتلة الماء المضاف = اكثر ٨ درجة حرارته ٨٠ س°



نضرب بـ -١ لانها مفقودة

كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة (الماء والمسعر)

$-١ \times (ك \times ح_{ن} \times \Delta د)_{ماء\ الساخن} = (ك \times ح_{ن} \times \Delta د)_{ماء\ بارد} + \text{السعة الحرارية (إناء) للمسعر} \times \Delta د$

$(د - ٨٠) \times ١ \times ٤٢٠٠ = (د - ١٠) \times ٥٠٠ + (د - ١٠) \times ٤٢٠٠ \times \frac{١}{٢}$

$٣٣٦٠٠٠ - ٤٢٠٠ د = ٢١٠٠ د - ٥٠١٠ + ٥٠٠٠$

$٣٣٦٠٠٠ + ٥٠٠٠ + ٢١٠٠ = (٤٢٠٠ + ٥٠٠ + ٢١٠٠) د$

ويتجمع د في طرف يصبح ثم اخراجها عامل مشترك

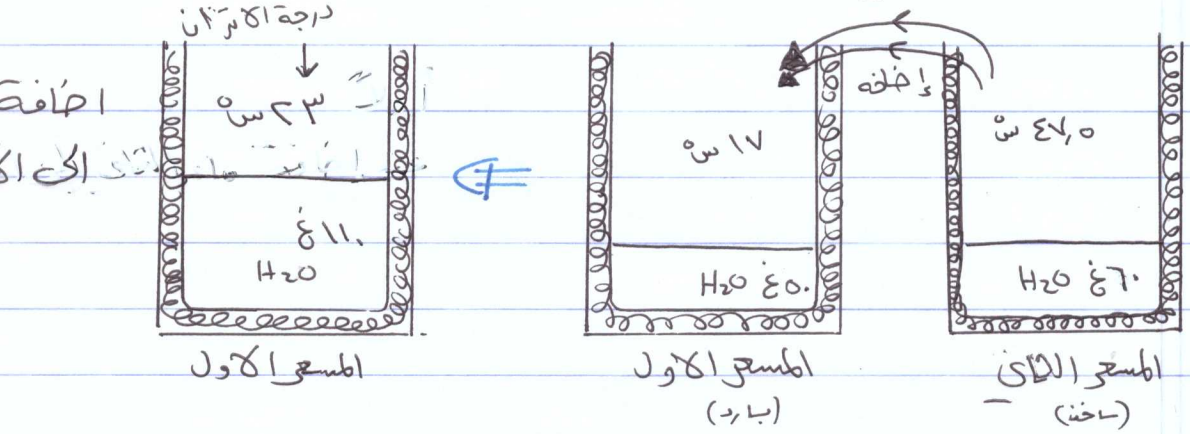
$٣٦٤٠٠٠ = ٦٨٠٠ د$

$د = ٥٣,٢٤ \text{ س°}$

حل أسئلة الفصل السادس ٣٠

ج ١١ لأن السائل (P) استغرق وقتاً أطول واكتسب كمية اكبر من الحرارة وحيث أن التغير في درجات الحرارة متساوي والكتل متماثلة فإن السائل (P) له سعة حرارية اكبر.

ج ١٤



كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة (للماء والمسعر الاول)

$(ك \times ح_{ن} \times \Delta ء)_{ساخن} = (ك \times ح_{ن} \times \Delta ء)_{بارد}$ + السعة الحرارية للمسعر الاول $\times \Delta ء$

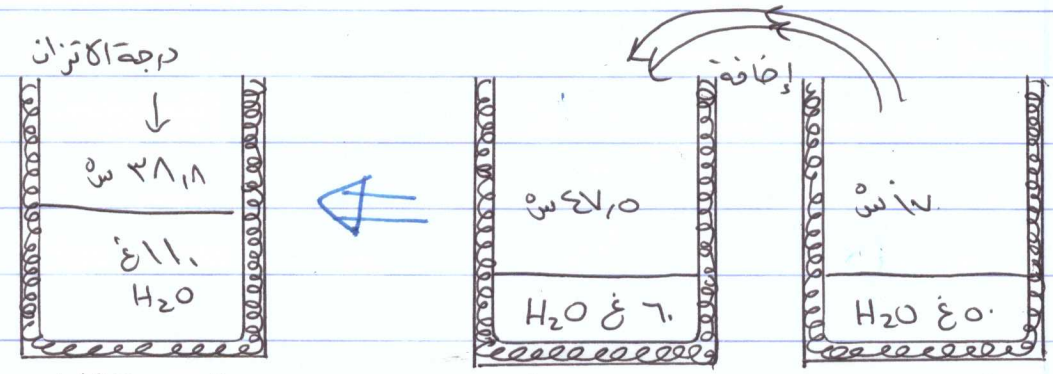
$٠,٦ \times ٤٢٠٠ \times (٤٧,٥ - ٢٣) = ٠,٠٥ \times ٤٢٠٠ \times (٢٣ - ١٧)$ + السعة الحرارية للمسعر الاول $\times (٢٣ - ١٧)$

٦١٧٤ = ١٢٦٠ + ٦ السعة الحرارية للمسعر الاول

السعة الحرارية للمسعر الاول = ٨١٩ ك/ س°

حل اسئلة الفصل السادس ٣١

عند إضافة الاول للثاني



كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة (الماء الذي كان في المسعر الاول)

(ك × ح ن × Δ ى)ساخن + السعة الحرارية × Δ ى = (ك × ح ن × Δ ى)بارد
للمسعر الثاني

٠,٦ × ٤٢٠٠ × (٤٧,٥ - ٣٨,٨) + السعة الحرارية للمسعر الثاني × (٤٧,٥ - ٣٨,٨) = ٠,٠٥ × ٤٢٠٠ (٣٨,٨ - ١٧)

٢١٩٢ + ٨,٧ السعة الحرارية للمسعر الثاني = ٤٥٧٨

السعة الحرارية للمسعر الثاني = ٢,٤٧٢ ك

ج ١٢ لأن كتلة الشرارة صغيرة جداً فإن كمية الحرارة التي تزودها للجليد تكون قليلة جداً ولا تحوله الجليد مهما كانت درجة حرارة الشرارة.

الفصل السابع :- آثار الحرارة في المواد

٧-١ حالات المادة وتحولاتها

State of matter حالات المادة

- الصلبة
  - تشكلها ثابت
  - قوى الربط بين الجزيئات
  - عالية
  - الحيز فوضى للجزيئات
- السائلة
  - تشكلها تشكل الاناء الذي يحويها
  - قوى الربط بين الجزيئات
  - ضعيفة
  - سهولة في حركة الجزيئات
  - ← موائع ← خاصية الجريان
- الغازية
  - تشكلها غير محدد
  - قوى الربط بين الجزيئات
  - تكاد تكون منعدمة
  - الجزيئات حرة الحركة

تمرين

حالة المادة	الصلبة	السائلة	الغازية
قوى الربط بين الجزيئات			
تشكلها			
حركتها			
اسم H_2O صغرا			
قابليتها للضغط			
هل يعد مائع مع ذكر السبب			
رسم تمثيلها			

٧-١ حالات المادة وتحولاتها

تحول المادة بين الحالتين الصلبة والسائلة Solid - liquid Changing

الحرارة الكامنة للانصهار :- هي كمية الحرارة اللازمة لتحويل ١كغ من المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة مع ثبات درجة حرارتها.

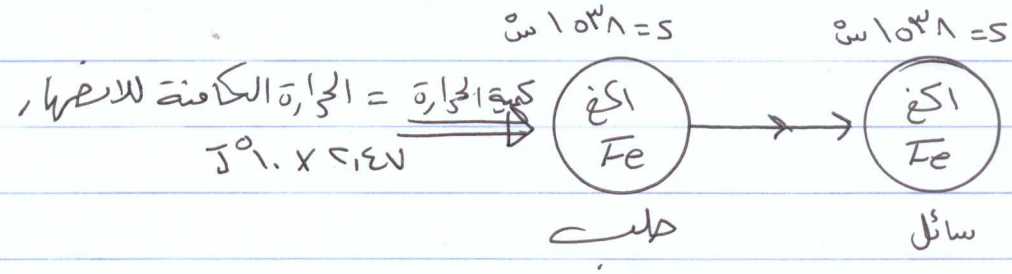
إن الحرارة الكامنة لا ترفع درجة الحرارة للمادة لكنها تغير حالة المادة حيث تستهلك هذه الكمية من الحرارة في إضعاف الروابط بين جزيئات المادة الصلبة وزيادة طاقتها وابتعادها عن مواضعها فيصبح الجزئ بسهل الحركة وبالتالي تتحول المادة الى الحالة السائلة.

كمية الحرارة اللازمة لصهر كمية من المادة = الكتلة × الحرارة الكامنة للانصهار.

الجدول (٧-٤) ص ٧٣

بين المعنى الفيزيائي لأن نقول أن الحرارة الكامنة للانصهار للـ Fe = ٢٫١ × ٤٫٧ كJ/كغ.

إن ما يحتاجه ١كغ من Fe وصل الى درجة الانصهار ١٥٣٨ س° لكي يتحول من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة هو ٢٫١ × ٤٫٧ J



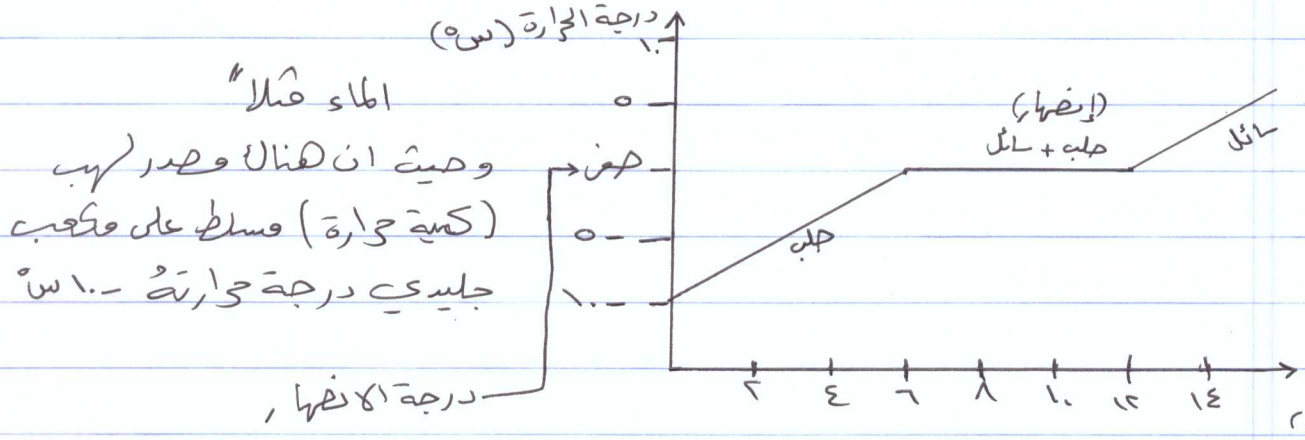
درجة الانصهار :- الدرجة التي توجد فيها المادة في حالتي السيولة والصلابة معاً في حالة اتزان

تفكير ابداعي ص ٧٤

- عند تحول المادة من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة تتقارب الجزيئات وتترتب بشكل متراص وتقل سعة إهتزازها
- درجة التجمد :- هي درجة الحرارة التي تبدأ عندها المادة بالتحول من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة.
- وضع شمع مصهور في وعاء ووضع ميزان الحرارة فيه، ترك الوعاء يبرد مع قراءة درجة الحرارة كل دقيقة ثم رسم العلاقة البيانية بين الزمن ودرجة حرارة الشمع

⇐ ادرس الامثلة (٧-١) ص٧٤ + (٧-٢) ص٧٥

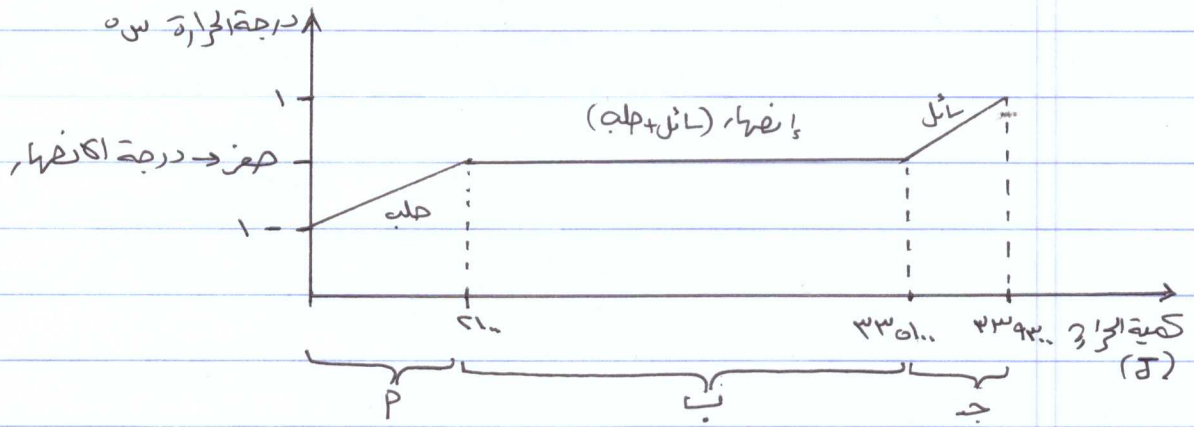
الرسم البياني الذي يمثل الحرارة الكامنة للانصهار (درجة الحرارة – الزمن)



فالملاحظ انه مع الزمن تزداد درجة الحرارة فمكعب الجليد حتى تصل الى صفر ثم تثبت عند الصفر بالرغم من وجود اللهب (كمية الحرارة ثابتة) إلا أن درجة الحرارة لا ترتفع فوق الصفر لمدة ٦ دقائق ثم تبدأ بالارتفاع مرة أخرى

هذا تفسير ان الحرارة تذهب في تغيير حالة المادة

الرسم البياني الحرارة الكامنة للانصهار (درجة الحرارة – كمية الحرارة)



* كمية الحرارة P = ٢١٠٠ ج وهي الحرارة اللازمة لرفع اكغ من الجليد من -١س° الى صفر س° لكن حالة المادة تبقى صلبة

* كمية الحرارة ب = الحرارة الكامنة للانصهار (لاحظ أن درجة الحرارة ثبتت)

٣٣٥١٠٠ – ٢١٠٠ = ٣٣٢٠٠٠ ج وحالة المادة تكون عندها صلبة وسائلة

وهي كمية الحرارة التي حولت المادة من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة

* كمية الحرارة جـ = ٣٣٩٣٠٠ – ٣٣٥١٠٠ = ٤٢٠٠ ج

وهي الحرارة اللازمة لرفع اكغ من H2O من صفر س° الى ١س° في الحالة السائلة

٧-١ حالات المادة وتحولاتها

تحول المادة بين حالتي السيولة والغازية Liquid – Gas changing

الحرارة الكامنة للتبخير: كمية الحرارة اللازمة لتحويل ١كغ من المادة من الحالة السائلة الى الحالة الغازية عند درجة الحرارة نفسها (درجة الغليان)

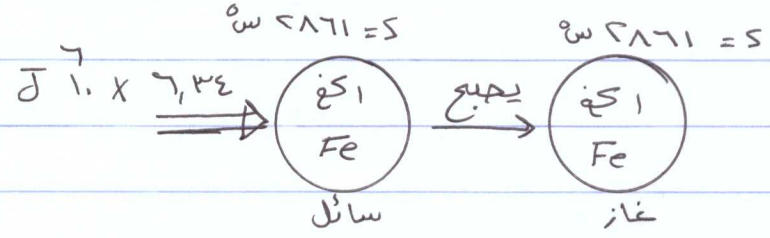
إن الحرارة الكامنة للتبخير لا ترفع درجة حرارة المادة السائلة اعلى من درجة الغليان حيث تستهلك هذه الكمية من الحرارة في إضعاف روابط المادة السائلة إلى حد العدم تقريباً وزيادة طاقة الجزيئات وابتعادها عن بعضها فيصبح كل جزء حر الحركة وبالتالي تتحول المادة الى الحالة الغازية .

كمية الحرارة اللازمة لتحويل كمية من السائل إلى بخار = الحرارة الكامنة للتبخير × الكتلة

انظر الجدول (٧-٤) ص٧٨

مثال بين المعنى الفيزيائي لأن نقول أن الحرارة الكامنة لتبخير الحديد ٦,٣٤ × ١٠^٦ J علماً أن درجة حرارة غليانه ٢٨٦١ س°

إن ما يحتاجه ١كغ من Fe وصل الى درجة الغليان ٢٨٦١ س° لكي يتحول من الحالة السائلة الى الحالة الغازية هو ٦,٣٤ × ١٠^٦ J

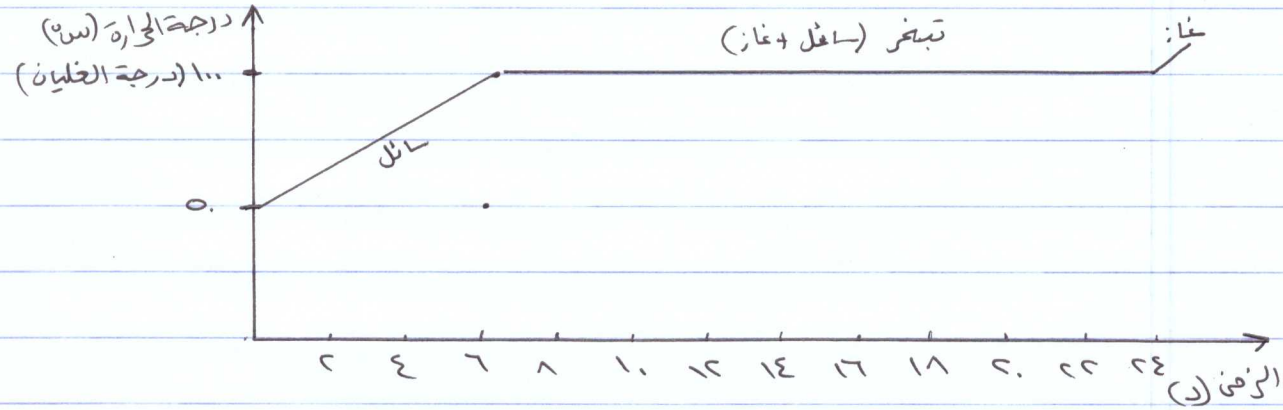


مثال (٧-٣) ص٧٨ ..... ادرسه

لتفكيرنا قد ص٧٧

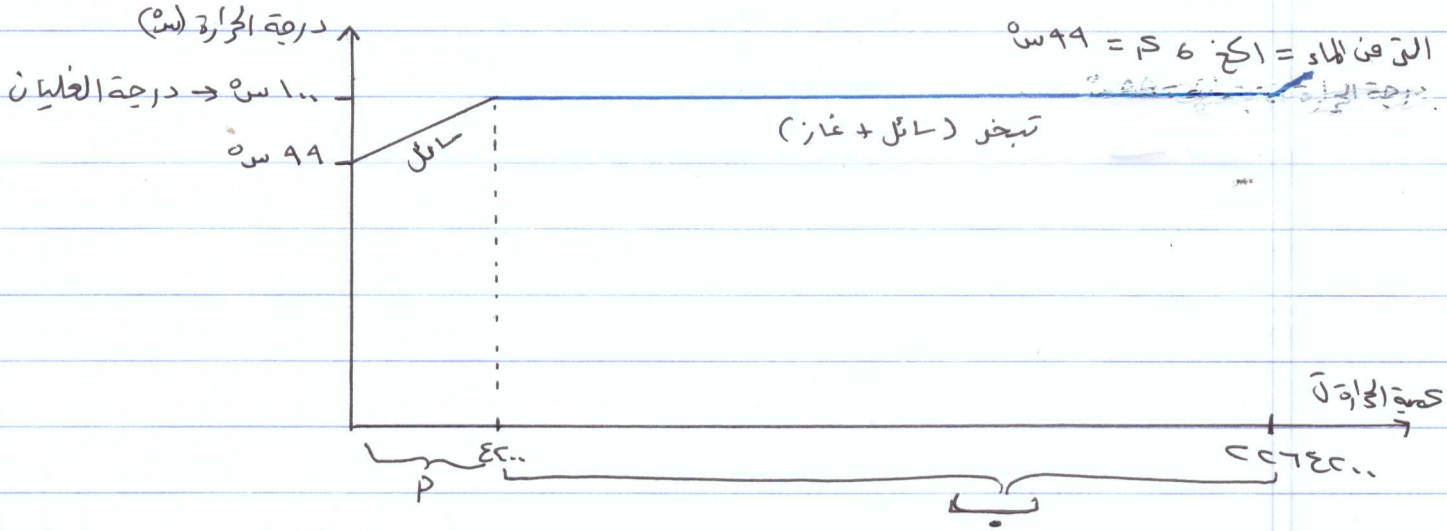
	التبخر	الغليان
درجة الحرارة	يحدث عند أي درجة حرارة	يحدث عند درجة حرارة معينة
مواقع الجزيئات المتحررة	الجزيئات التي على السطح	جميع انحاء السائل
تحول الحالة	من سائل إلى بخار	من سائل إلى بخار

الرسم البياني الحرارة الكامنة للتصعيد (درجة الحرارة - الزمن)



حيث ان هناك مصدر لهب (كمية حرارة) مسلط على ماء درجة حرارته ٠ س°.
مع مرور الزمن تزداد درجة الحرارة للماء حتى تصل الى ١٠٠ س° ثم تثبت عند ١٠٠ س° بالرغم من وجود اللهب (كمية حرارة ثابتة) إلا أن درجة الحرارة لا تستمر بالارتفاع عن ١٠٠ س°.
هذا تفسير ان الحرارة تذهب في تغير حالة المادة السائلة إلى الحالة الغازية

الرسم البياني الحرارة الكامنة للتصعيد (درجة الحرارة - كمية الحرارة)



كمية الحرارة P = ٤٢٠٠ ك وهي الحرارة اللازمة لرفع اكغ من الماء من ٩٩ س° الى ١٠٠ س° (يبقى في الحالة السائلة)
كمية الحرارة ب = الحرارة الكامنة للتصعيد (لاحظ ان درجة الحرارة ثبتت عند درجة الغليان)
٢٦٤٢٠٠ - ٤٢٠٠ = ٢٢٦٠٠٠ ك وتكون حالة المادة سائلة وغازية معاً.
وهي الكمية الحرارة اللازمة لتحويل الـ (١ كغ) من الماء من الحالة السائلة الى الحالة الغازية

مراجعة الدرس (١-٧)

ج ١ - درجة الانصهار :- درجة الحرارة التي توجد فيها المادة في حالتي الصلابة والسيولة معاً في حالة اتزان

درجة الغليان :- درجة الحرارة التي توجد فيها المادة في حالتي السيولة والغازية معاً في حالة الاتزان .

ج ٢ - لان الحرارة التي يكتسبها الشمع الصلب تستهلك في كسر الروابط بين جزيئاته وزيادة المسافات فيما بينها حتى يتحول الى سائل وبعد أن تتحول المادة جميعها تبدأ درجة الحرارة بالارتفاع .

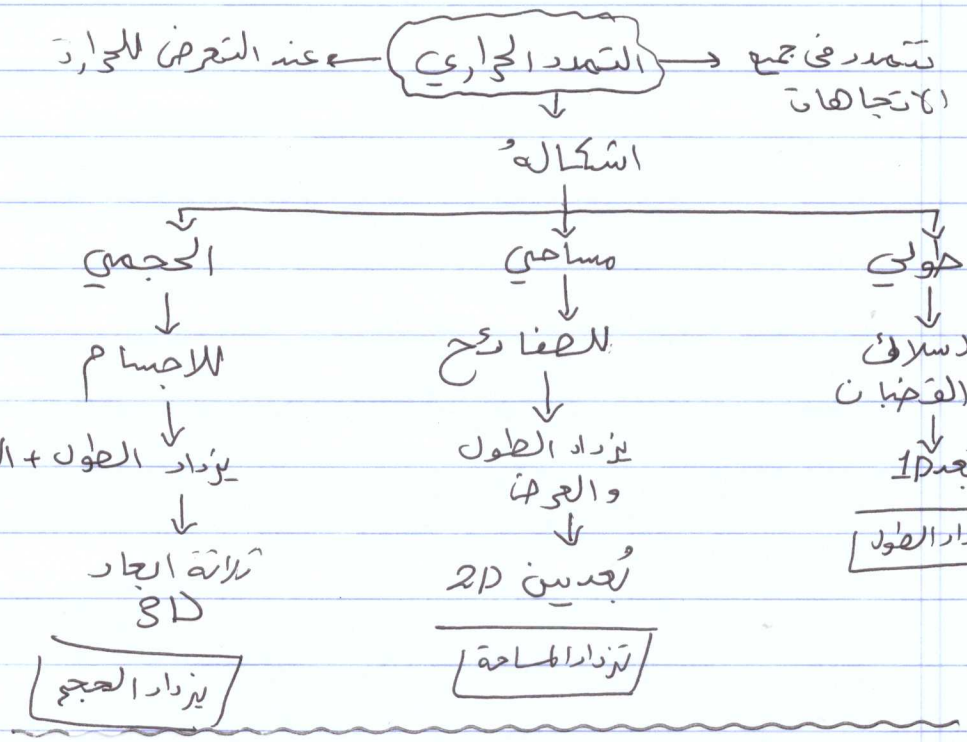
ج ٣ - أي ان كمية اللازمة لصهر اكثر من المادة تختلف من مادة الى أخرى وهي من الصفات الفيزيائية المميزة للمادة .

ج ٤ - لان قطعة الجليد تمتص حرارة من العصير اكثر مما تمتصه كتلة مساوية من الماء بفارق يساوي الحرارة الكامنة لانصهارها .

٧-٢ التمدد الحراري

التمدد الحراري :- هو ما يحدث للمواد من تغير في ابعادها عند تغير درجة حرارتها .

المبدأ العام :- المواد تتمدد بالحرارة وتتقلص بالبرودة .



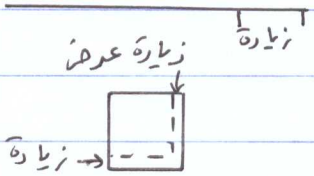
قبل التعرض للحرارة

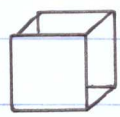
بعد التعرض للحرارة

سلك

صفيحة

جسم (مكعب)





زيادة عرض + طول + ارتفاع = زيادة الحجم

١ التمدد الطولي :- هو زيادة الطول الاصلي للجسم نتيجة ارتفاع درجة حرارته .

ج سؤال ص ٨٣ لو قام المختصون بتركيب أسلاك الكهرباء في فصل الصيف وشدها جيداً فإنه عند قدوم فصل الشتاء ستنخفض درجة الحرارة وتتقلص الاسلاك فتنقطع ؛ لذا فإنها عندما تركب في الصيف تترك غير مشدودة وعندما تركب في الشتاء تشد جيداً

* العوامل التي يعتمد عليها مقدار التمدد الطولي في السلك ، القضيب .
١- مقدار الفرق في درجتي الحرارة اثناء التسخين وقبله $\Delta s = s_2 - s_1$
تتناسب طردياً (Δs)
٢- الطول الاصلي للسلك تتناسب طردياً
٣- نوع الفلز حيث الفلزات تتمدد بمقادير مختلفة

* استقصاء ص ٨٤
- الفلز (٢) تمدد بمقدار اكبر ، لذلك انحناؤه بهذا الشكل
- سيلتف بالاتجاه المعاكس بحيث يكون الفلز الاطول (٢) داخل القوس لانه سيتقلص بمقدار أكبر .
- سيتمدد ليقل تقوسه أو يصبح مستقيماً .

٢ التمدد المساحي (السطحي) :- هو زيادة المساحة الاصلية للجسم نتيجة ارتفاع درجة حرارته .

* العوامل التي يعتمد عليها مقدار التمدد في مساحة السطح .
١- Δs طردياً
٢- المساحة الاصلية
٣- نوع الفلز

٣ التمدد الحجمي :- هو زيادة الحجم الاصلي للجسم نتيجة ارتفاع درجة حرارته
* العوامل التي يعتمد عليها التمدد الحجمي
١- Δs طردياً ٢- الحجم الاصلي ٣- نوع الفلز

٧-٤ التمدد الحراري ٤٠

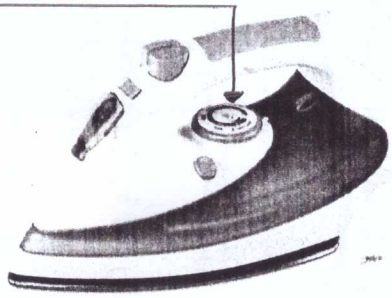
تفكير إبداعي ص ٨٥ ستتمددان بالمقدار نفسه، لأن التجويف كجزء من الكرة سيتمدد

تفكير ناقد ص ٨٥ تترك فراغات وفواصل في الجسر لترك مجال لتمدد الجسر دون ان يتشققه، وانابيب النفط تصنع بهذا الشكل لتتمدد الى الاعلى فلا تضغط اجزاء الانبوب على بعضها ويتحطم.

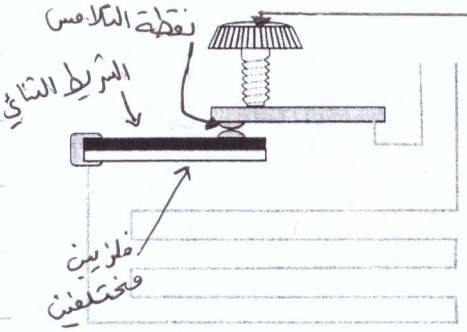
● منظم الحرارة الثيرموستات Thermostat

تعريفه :- هو جهاز يعمل منظم للحرارة في الاجهزة الكهربائية وغيرها حيث يضبط درجة الحرارة عند درجة معينة فإذا ارتفعت عنها يعمل على ايقاف تشغيل الجهاز وإذا انخفضت عنها يعمل على تشغيل الجهاز.

انواعه ① - الشريط الثنائي / كما هو الحال في المكواة.



الشكل (٧-٢٢/أ): المكواة.



الشكل (٧-٢٢/ب): الثيرموستات.

والشريط الثنائي مصنوع من فلزين مختلفين يتمدد احدهما اكثر من الاخر عند تعرضهما للحرارة وبالتالي تفصل نقطة التلامس

② - الالكتروني او الرقمي وتكون فيه الدقة عالية جداً

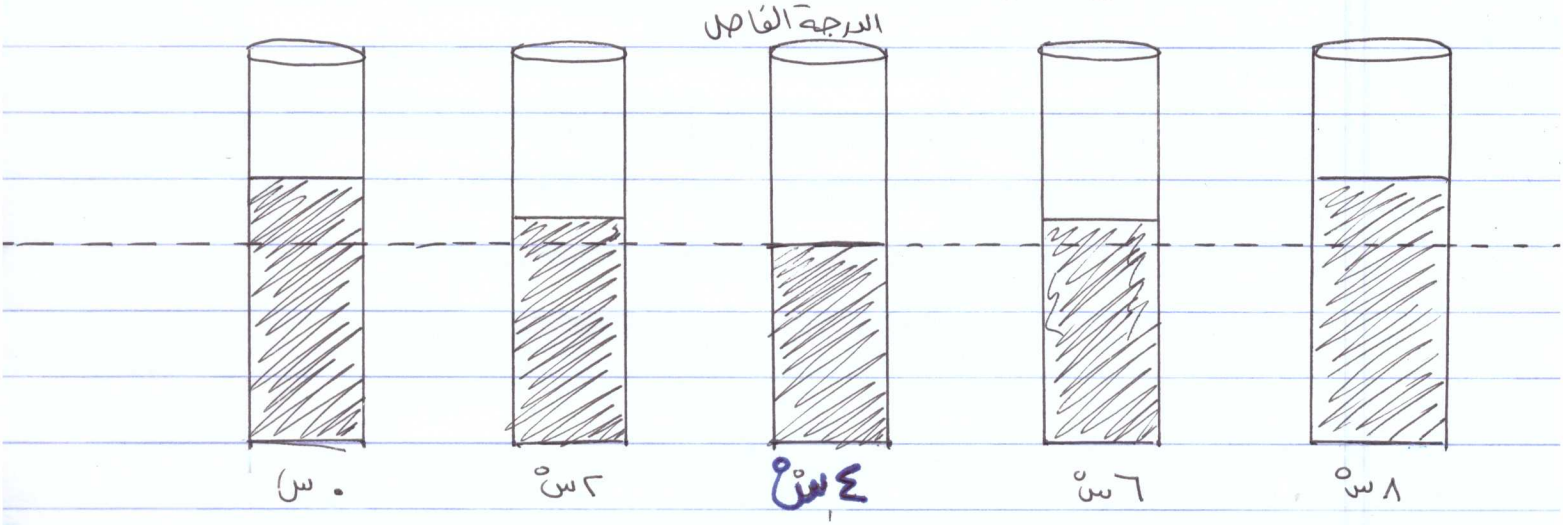
● تمدد المواد السائلة

تفكير ناقد ص ٨٨

تحميم النشاط للتوصل الى الاجابة توضع كميات متساوية في حجومها من السوائل الثلاث في دوارق متماثلة وتوضع الدوارق في حمام مائي ثم يبدأ التسخين لفترة من الزمن وتتم مراقبة مستوى كل سائل في الانبوب المتصل بالدورق وبعد التأكد من أن درجة الحرارة متساوية في الدوارق الثلاث يرصد مستوى السائل للتعرف الى الجزء الاكثر تمدداً.

٧-٢ تمدد الماء بشذوذ الماء

تأمل الشكل الآتي جيداً جيداً .....

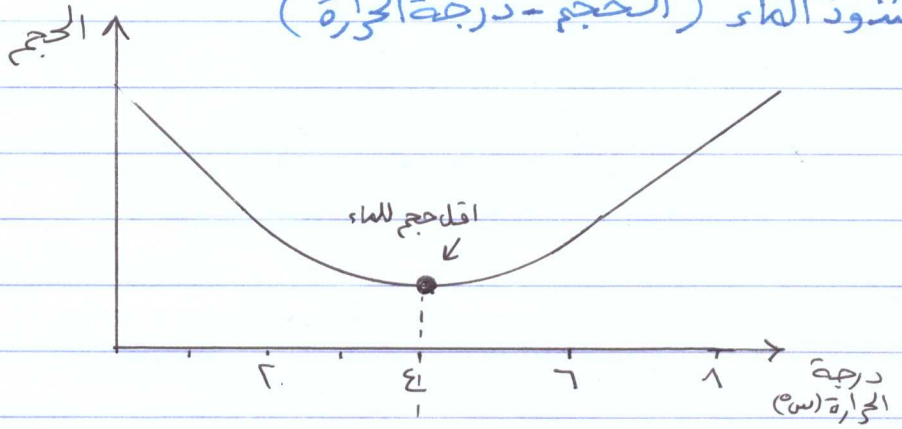


تزداد درجة الحرارة ← يزداد الحجم	تزداد درجة الحرارة ← يتناقص الحجم
تتناقص درجة الحرارة ← يتناقص الحجم	تتناقص درجة الحرارة ← يزداد الحجم

النتيجة ان هذا السلوك يوافق باقي المواد في الطبيعة

النتيجة ان هذا السلوك يخالف باقي المواد في الطبيعة .

الرسم البياني لشذوذ الماء (الحجم - درجة الحرارة)



تقل الكثافة ← تزداد الكثافة	تقل الكثافة ← تزداد الكثافة

كون علاقة الكثافة بالحجم عكسية حيث

الكثافة = الكتلة / الحجم

وحيث ان الكتلة ثابتة فعندما يقل الحجم تزداد الكثافة وعندما يزداد الحجم تزداد الكثافة

الاسئلة المتعلقة بالشكل (٧ - ٦) ص ٨٨+٨٩ اجابات

- يزداد حجمه لان سلوكه يوافق باقي السوائل (المواد) في الطبيعة وكون الكثافة تتناسب عكسياً مع الحجم إذن الكثافة تقل
- يزداد حجم الماء على الرغم من انخفاض درجة الحرارة الا أن سلوك الماء يخالف باقي المواد في الطبيعة كونه تحت ٤ س°
- عند ٤ س° وهذا يظهر من الرسم البياني
- يتفقد فوق ٤ س°
  يخالف تحت ٤ س°
- تتناقص الى اقل حجم عند ٤ س° ثم تبدأ بالازدياد مرة أخرى .

ما أهمية خاصية شذوذ الماء؟

حين تنخفض درجة حرارة الماء عند سطح الماء في بحر أو بحيرة الى أقل من ٤ س° بسبب ملامسته الهواء البارد فإنه يتمدد وتقل كثافته فيطفو ليبقى على السطح (كونه كثافة الجليد اقل من كثافة الماء) في حين يبقى الماء ذو الكثافة الاكبر الذي درجة حرارته ٤ س° في اسفل البحيرة وبذلك يشكل الجليد طبقة عازلة (مثل غطاء على البحيرة) تقلل من فقدان الحرارة لتبقى درجة حرارة الماء في الاسفل مناسبة للأحياء المائية .
ولولا ذلك لتجمدت جميع الاحياء البحرية في الشتاء .

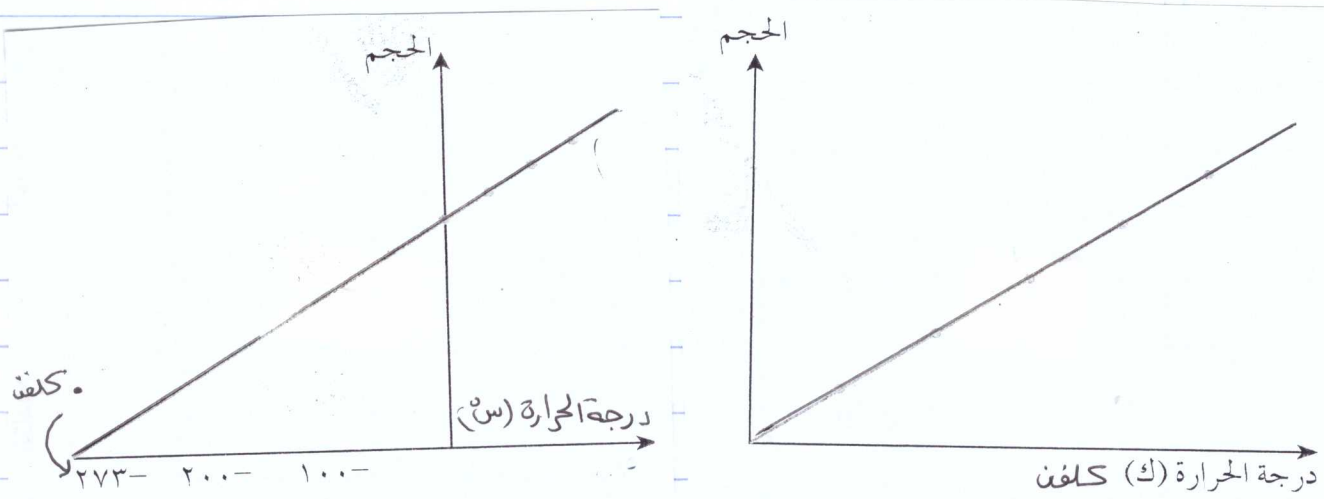
تفكير ناقد ٩٠

① حسب ظاهرة شذوذ الماء فإنه يتمدد ويزداد حجمه بانخفاض درجة حرارته بين (٤ ، صفر س°) لذا فإنه عندما يرتفع من صفر الى ٢ س° فإنه يتقلص وينخفض مستواه في الانبوب .

② في الشكل الثالث سينخفض المستوى عنه في الثاني وفي الشكل الرابع سينخفض ايضاً لكن في الشكل الخامس فإنه سيطول الارتفاع لأنه لا شذوذ للماء فوق الدرجة (٤ س°) .

٧-٢ تمدد الغازات

قانون شارل يتناسب حجم الغاز المحصور تناسباً طردياً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبوت ضغطه



بالاعتماد على الشكلين يوضحان انه لو اصبحت درجة حرارة الغاز -٢٧٣ س° تقريباً الصفر المطلق (صفر كلفن) فإن حجمه سيصبح صفراً ولكن اثبتت التجارب ان التبريد المستمر للغاز يجعله يداخل التقلص ولكن عند درجة حرارة معينة وقبل أن يصل الى الصفر المطلق يتحول الى سائل اي ان الغاز لن تصل الى حاله يصبح حجم الغاز فيها صفراً.

القانون

$$\frac{ح_1}{ك_1} = \frac{ح_2}{ك_2}$$

ح١ الحجم الاصلي للغاز قبل تغير درجة حرارته

ح٢ حجم الغاز بعد تغير درجة حرارته

ك١ درجة الحرارة للحجم الاصلي للغاز

ك٢ درجة الحرارة النهائية بعد التغير

ادرس مثال ٧-٤ ص٩٣

مراجعة الدرس (٧-٢)

١- التمدد الحراري: هو تغير في أبعاد الجسم تبعًا للتغير في درجة حرارته، ونصف التمدد بأنه طولي عندما يكون التغير في طول الجسم ملحوظًا كما في الأسلاك والقضبان. ويكون سطحيًا عندما يكون التغير في المساحة ملحوظًا كما في الأطباق والصفائح. ويكون حجميًا عندما يكون التغير في الحجم ملحوظًا كما في الكرات والصناديق.

٢- أن تكون مادة الحشوة لها معامل تمدد مساوٍ لمعامل تمدد مادة السن.

٣- لأن الماء عندما يتجمد يتمدد فيزداد حجمه (شذوذ الماء)، فاذا كانت الزجاجة مملوءة تماما فإنها ستتكسر بفعل ضغط الماء الناجم عن زيادة الحجم.

٤- الماء يختلف سلوكه عن بقية السوائل بين الدرجتين (٠، و ٤ °س)، فعندما ترتفع درجة حرارته بين هاتين الدرجتين يتقلص، أما اذا ارتفعت عن ٤ °س سيبدأ حجمه بالازدياد كما في المواد الأخرى، فهو بين الدرجتين (٤، و ١٠ °س) لا يختلف عن السوائل الأخرى.

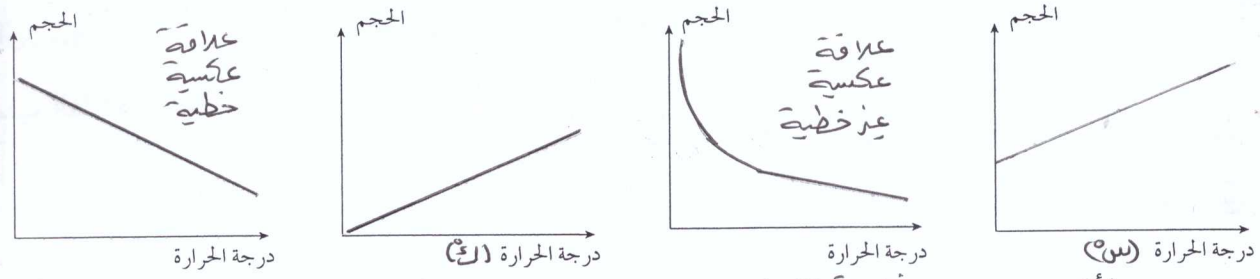
٥- تفكير ناقد: عندما تسخن الجزيئات تزداد طاقتها الحركية فتتباعد وبالتالي تتمدد المادة، والغازات تتمدد بنسبة أكبر لأن جزيئاتها متباعدة بصورة أكبر، ولها حرية حركة أكثر، فتكون نسبة التباعد أكبر مما هي في السوائل والمواد الصلبة.

أسئلة الفصل السابع ٤٥

ج ـ ١ فرع ① جـ ـ نوع الغلي

ج ـ ١ فرع ②

(٢) في الشّكلِ (٧–٣٥) المنحنى الّذيْ يمثّلُ العلاقةَ بينَ حجمِ الغازِ ودرجةِ حرارتِهِ عندَ ثبوتِ ضغطِهِ، هو:



الشّكل (٧–٣٥): السؤال الأول، الفرع الثاني.

ممكن ان يكون صحيحاً لو كانت صيغة السؤال المنحنى الذي يمثل العلاقة بين حجم الغاز و درجة حرارته بمقياس سلسيوس

ممكن ان يكون صحيح لو كانت صيغة السؤال المنحنى الذي يمثل العلاقة بين حجم الغاز و درجة حرارته بمقياس كلفة

ج ـ ١ فرع ③ المقصود بالتحول بين حالتي الصلابة والسيولة "الانصهار"

ج ـ تبقى ثابتة في اثناء عملية التحول، حتى يكتمل التحول

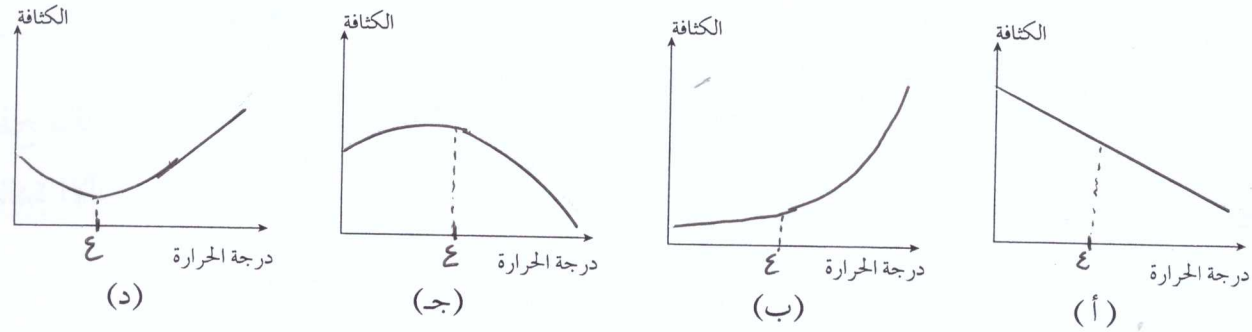
ج ـ ١ فرع ④ الحرارة اللازمة للتبخر = الحرارة الكامنة للتبخير X الكتلة

ج ـ حاصل ضرب الكتلة في الحرارة الكامنة للتبخير

أسئلة الفصل السابع

ج ـ ١ فرع ٥

(٥) في الشّكلِ (٧–٣٦)، المنحنى الّذي يمثّلُ التّغيّرَ في كثافةِ الماءِ حينما تتغيّرُ درجةَ حرارتِهِ بينَ الدرجتينِ (صفر° س إلى ١٠°س)، هو:



الشّكل (٧–٣٦): السؤال الأول، الفرع الخامس.

* بما أن ب + ب خيارات مستبعدان كلياً إذ أنهما لا يظهران أن هناك شذوذ حول ع س°.
* لكن إذا عدنا إلى الرسم البياني (الحجم - درجة الحرارة) سيكون مشابه تماماً للرسم في فرع د وهذا حقيقةً ما يجعل فرع د خاطئ إذا انه يبين سلوك الكثافة مشابه لسلوك الحجم وهذا غير صحيح فالعلاقة بين الكثافة والحجم عكسية.
* الفرع جـ صحيح إذ انه يبين انه عند ع س (أقل حجم) تكون الكثافة أعلى ما يكون وهذا يجسد العلاقة العكسية بين الكثافة والحجم

٢– حيث أنّ الحجم ثابت وكثافة الماء أكبر من كثافة الثلج، فإنّ كتلة الماء أكبر ووزنه أكبر.

٣– أ– عندما يكون الزجاج سميكًا يكون عازلًا للحرارة، وعند وضع طعام ساخن فيه، فإنه يتمدد من الداخل ولا يتمدد من الخارج، فينكسر. أما إن كان رقيقًا فإنه ينقل الحرارة بسرعة، فيتمدد من الداخل والخارج بالمقدار نفسه.

ب– لأن الغاز بداخله عندما يسخن يتمدد فيصبح حجمه أكبر وعندما لا يسمح البالون بزيادة الحجم، فإن ضغط الغاز بداخله يزداد، فينفجر.

جـ– لأن الحشوة تتقلص عندما تنخفض درجة حرارتها، فاذا كان معامل تمددها أكبر من معامل تمدد السن فإنّها ستسقط.

٤– الارتفاع يقل، مساحة القاعدة تقل، حجم القطعة يقل، الكتلة تبقى ثابتة، الكثافة تزداد، الوزن يبقى ثابتا، الضغط على الطاولة يزداد.

أسئلة الفصل السابع ٤٧

٥- عند الانصهار يلزم مقدار قليل من الطاقة لإضعاف الروابط بين جزيئات المادة للتحول من الصلابة إلى السيولة، بينما يلزم مقدار كبير من الطاقة للتغلب على الروابط بين الجزيئات بشكل تام لتصبح المسافات بينها كبيرة عند تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية.

٦- بخار الماء أشد إحراقًا، لأن درجة حرارته تكون أعلى بكثير من درجة حرارة الماء الذي يغلي والتي لا تزيد عن ١٠٠ °س.

٧- لان كمية الحرارة التي يكتسبها تُستهلك في كسر الروابط بين الجزيئات في حالتها السائلة للتحول إلى الحالة الغازية.

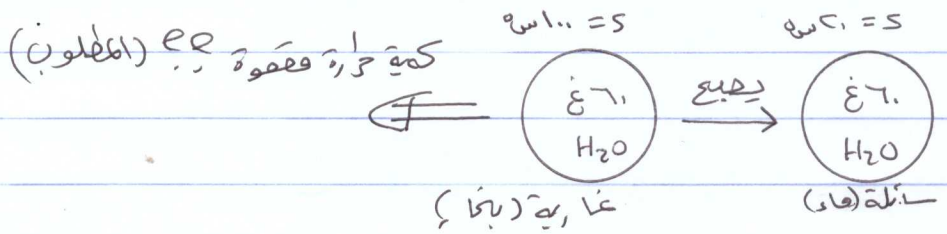
الجزء الثاني: الأسئلة الحسابية

٨- أ- التحول من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة.

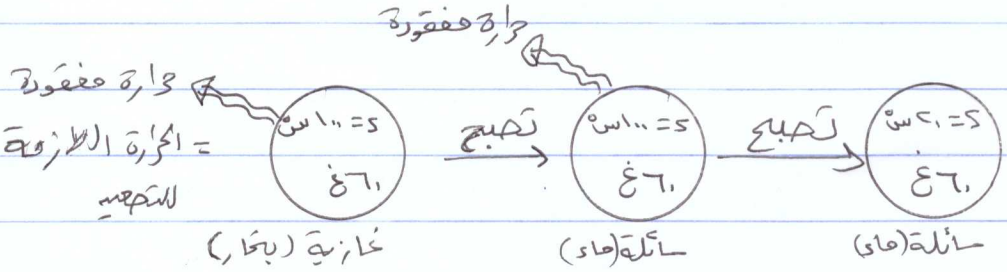
ب- بقيت درجة الحرارة ثابتة في أثناء تلك الفترة عند الدرجة ٦٥ °س، ما يعني أن المادة تتحول من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة في هذه الفترة.

جـ - درجة الانصهار لتلك المادة هي: ٦٥ °س

٩ جـ



وهنا نلاحظ ان هناك تغير في الحالة (غازية ← سائلة) و تغير في درجة الحرارة (١٠٠ ← ٢٠)
ولهذا لا يمكن ان يتم دون المرور في الحرارة الكامنة للتكثيف وبالتالي يتحول الشكل الى



كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة التي يفقدها البخار ليتحول الى ماء + كمية الحرارة التي يفقدها الماء (١٠٠ ← ٢٠) س°

= ك × الحرارة الكامنة للتكثيف + ك × ح × Δ ء

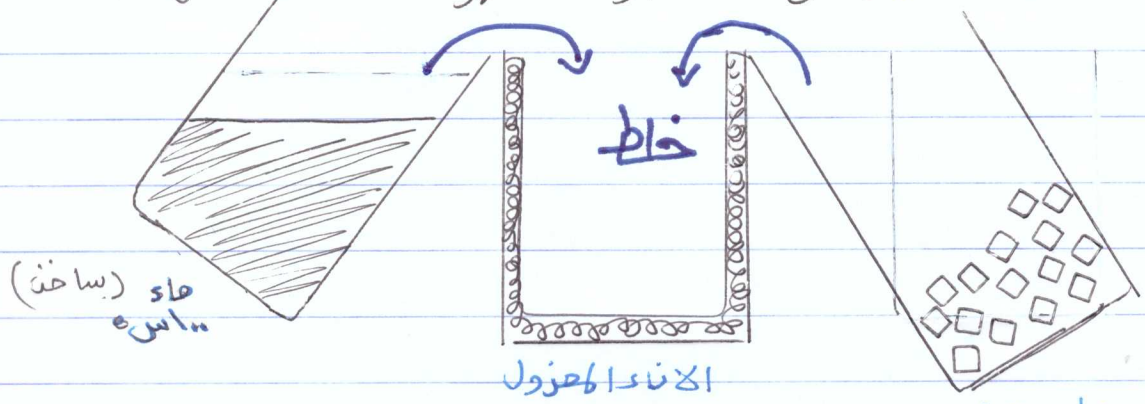
= ٠,٦ × ٢٢٥٦٠٠ + ٠,٦ × ٤٢٠٠ × (١٠٠ - ٢٠)

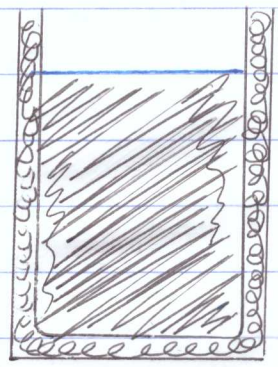
= ١٣٥٦٠٠ + ٢٠١٦٠ = ١٥٥٧٦٠ ج

اسئلة الفصل السابع

ج ١٠ على أن الدرجة ١٠٦٣ س هي درجة انصهار النحاس فإن
كمية الحرارة اللازمة لصهر جزء من الكتلة = ك × الحرارة الكامنة للانصهار
٤١٨ × ٤١٠ = ك × ٠٫٠٩ × ١٠°
ك = ٠٫٢ كغ كتلة الجزء المنصهر من قطعة النحاس

ج ١١





بعد الخلط

واضح ان الماء الساخن ذو ٩٠ س°
فقد حرارة ليصهر الجليد وعن ثم
يرفع درجته الى ١٠ س°

كمية الحرارة التي فقدها الماء الساخن = كمية الحرارة اللازمة لانصهار + كمية الحرارة التي اكتسبها
ذو ٩٠ س° الجليد الماء (الذي نتج عن انصهار الجليد) لترتفع درجة حرارته الى ١٠ س°

ك × ح ن × Δ د = ع × الحرارة الكامنة للانصهار + ك × ح ن × Δ د

ولانه الكتل متساوية اذن كتلة الماء الساخن = كتلة الجليد
اذن دعنا نخرج ك من الطرف الايسر عامل مشترك ثم نختصر

ك × ح ن × Δ د = ك (الحرارة الكامنة للانصهار + ح ن × Δ د)

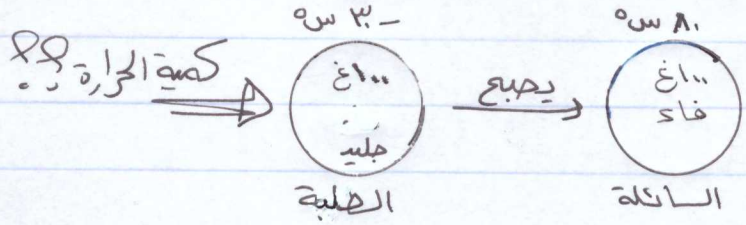
ح ن × Δ د = الحرارة الكامنة للانصهار + ح ن × Δ د

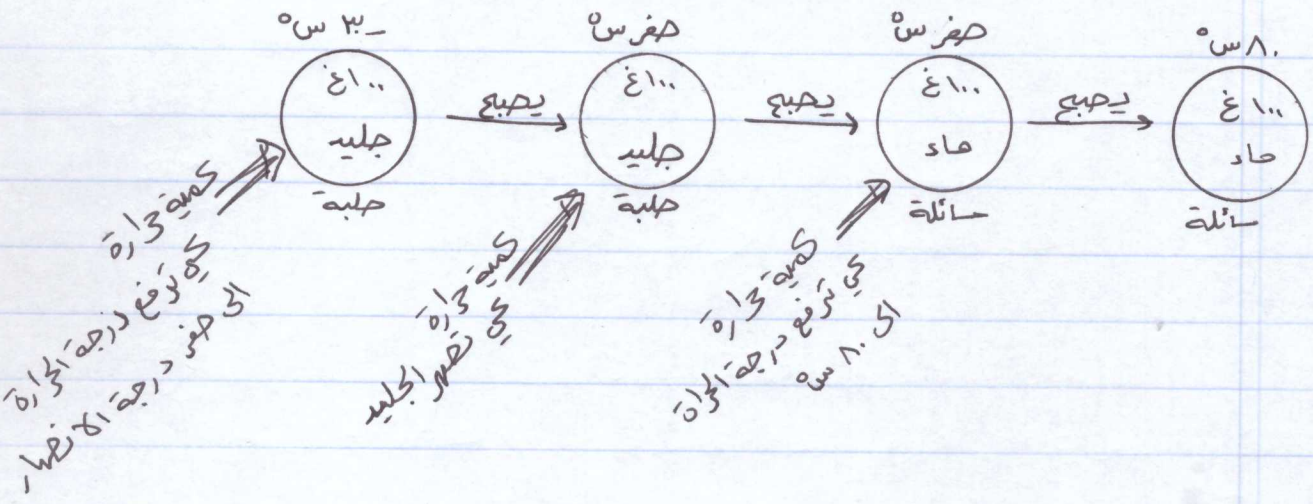
٤٢٠٠ × (١٠ - ٩٠) = الحرارة الكامنة للانصهار + ٤٢٠٠ × (١٠ - ٠)

الحرارة الكامنة للانصهار = ٣٣٦٠٠٠ ل

حل اسئلة الفصل السابع

ج ١٢





كمية الحرارة = الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجليد من -٣٠ ← صفر + الحرارة اللازمة لصهر الجليد + الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء من صفر ← ٨٠

= ك × ح × ن × Δ د + ك × الحرارة الكامنة للانصهار + ك × ح × ن × Δ د

= ١,٠ × ٢١٠٠ × (٠ - -٣٠) + ١,٠ × ٣٣,٣٣ × ١٠ + ١,٠ × ٤٢٠٠ × (٨٠ - ٠)

= ٦٣٠٠ + ٣٣٣٣ + ٣٣٦٠

= ٣٢٩٣ ك جول

١٣- يتبخر الماء في الدورق وينزل البخار إلى الكأس ليظهر على شكل فقاقيع تتصاعد خارج الكأس.

١٤- الكلمات المتقاطعة:

أفقي:

١- كلفن
٣- السعة الحرارية
٥- درجة الحرارة
٨- الصفر المطلق
٩- الحرارة النوعية

رأسي:

١- كثافة
٢- شارل
٤- الانصهار
٥- درجة الغليان
٦- جول
٧- المسعر
٨- تجميد