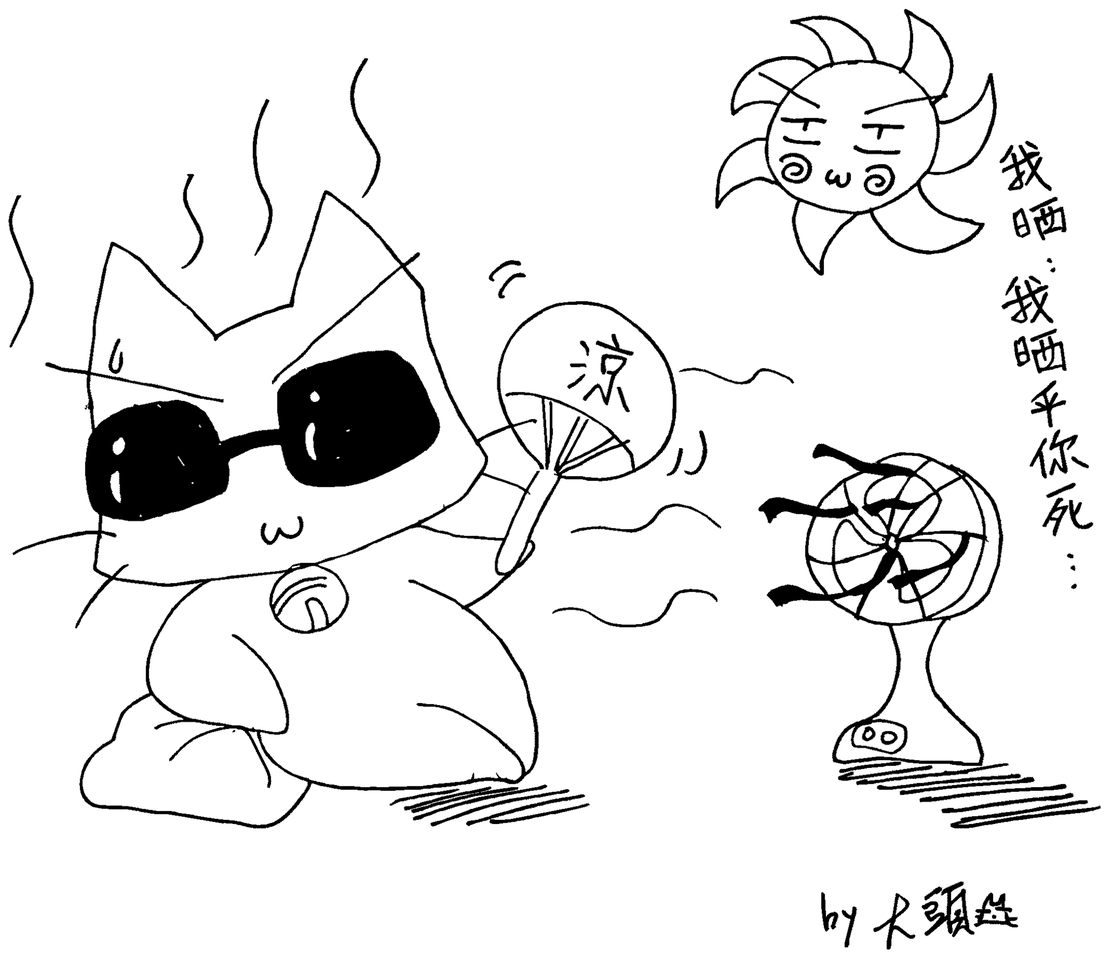
# PHYSICS

# 第十一章

# 熱學




_____年 _____班 _____號

姓名：_____

**吳錫玠老師 編授**

# 11-1 溫度與熱平衡

## ※熱平衡

**1.**熱平衡：**(1)**當孤立的兩個物體可以互相傳熱時**(**稱為熱接觸**)**，經過一段時間，兩物體的宏觀性質**(**可經由實驗直接測量的物理量，如壓力、體積等**)**將不再變化，可說這兩物體達到熱平衡狀態。

**(2)**將兩塊冷熱不同的物體，接觸在一起，不與外界接觸，經一段時間後，兩物體會達到相同的冷熱程度，則稱兩物達熱平衡。

**2.**溫度：兩物達到熱平衡時，所具有的相同性質即稱為溫度。

## ※溫標

**1.**熱力學第零定律：三物體 **A**、**B**、**C**，當 **A** 和 **B** 兩物體分別與 **C** 物體形成熱平衡時，則 **A** 與 **B** 也會處於熱平衡狀態。

**2.**作為溫度計的物質所具備的條件：

**(1)**待測物體接觸後，短時間內即達到平衡。

**(2)**其質量或容積不可太大，以免和物體接觸時改變了物體的溫度。

**(3)**因冷熱而產生的效應十分明顯，即靈敏度很大。

**3.**溫度計的種類：

**(1)**液體溫度計：利用液體體積熱脹冷縮的性質來測量溫度，其測量範圍為水銀**(-39**℃**~357**℃**)**、酒精**(-115**℃**~78**℃**)**。

**(2)**氣體溫度計：依據查理**-**給呂薩克定律，氣體的體積與壓力會隨溫度改變，有定壓氣體溫度計及定容氣體溫度計。

**(3)**電阻溫度計：利用金屬導體的電阻隨溫度上升而增大的性質來測量溫度，其精確度高**(-253**℃**~1200**℃**)**。

**(4)**半導體溫度計：利用半導體的電阻隨溫度上升而減小的性質來測量溫度。

**(5)**轉動式溫度計：利用雙金屬片的長度差來測量溫度。

**(6)**熱電偶溫度計：利用熱電偶的電位差來測量溫度。

**(7)**液晶溫度計：利用液晶的顏色來區分溫度。

**(8)**光測溫度計：利用電磁波熱輻射的強度來測量溫度。

4.常見的溫標

| | 水的冰點 | 水的沸點 |
|---|---|---|
| 攝氏溫標(℃) | **0**℃ | **100**℃ |
| 華氏溫標**(**$^{o}$**F)** | **32** $^{o}$**F** | **212** $^{o}$**F** |
| 克氏(絕對)溫標**(**$^{o}$**K)** | **273.15** $^{o}$**K** | **373.15** $^{o}$**K** |

吳錫玠物理

# ※熱平衡

例 1.將甲乙兩物接觸時，熱由甲物流至乙物，這表示甲物一定具有：(A)較多的熱量 (B)較大的熱容量 (C)較大的質量 (D)較高的溫度 (E)較大的比熱 。【65 日大】答：(D)

類 1.下列敘述何者正確？ (A)兩物體間達成熱平衡時，兩者的溫度相同 (B)熱可由高溫處向低溫處傳播 (C)溫度愈高的物體，所含的熱量越少 (D)熱功當量爲做一單位的功所需輸入的熱量。【83 夜大】答：(A)(B)

類 2.下列何者錯誤？ (A)溫度愈高的物體，所含熱量愈多 (B)熱和溫度代表不同的物理量 (C)比熱大的物體一定較比熱小的物體難熱難冷 (D)熱可由高溫系統傳到低溫系統 (E)熱是能的一種形式。答：(A)(C)

類 3.下列敘述何者正確？ (A)目前實驗室內所能達到的最低溫爲－273.15℃，即絕對零度 (B)熱是一種能量，不是一種物質 (C)熱力學第一定律爲「當 A、B 兩物體分別與 C 物體達成熱平衡時，則 A 物體與 B 物體之間也會處於平衡狀態。」 (D)當甲、乙兩物體達到熱平衡時，甲、乙兩物體的溫度相同 (E)溫度計測溫，是利用物質熱脹冷縮以及熱平衡原理。答：(B)(D)(E)

類 4.下列敘述何者正確？ (A)熱由含量多的物質傳到含熱量少的物質 (B)溫度不同的二物體發生熱的交互作用直到各部分熱量相等爲止 (C)以手觸 50℃的銅棒和木棒覺得銅棒較熱，觸 20℃的銅棒和木棒則覺銅棒較冷 (D)手置於燈下覺得熱，這是熱的對流現象。答：(C)

類 5.將甲、乙兩物接觸時，熱由甲流至乙，這表示乙一定具有：(A)較小的比熱 (B)較小的熱容量 (C)較低的溫度 (D)較少的熱量 (E)較小的質量。【71 夜大】答：(C)

類 6.將熱過後之鐵塊置於冷水中，吾人將發現水溫升高，此理由乃在於: (A)鐵塊對水作功 (B)鐵塊中之能量轉移至冷水中 (C)水對鐵塊作功 (D)鐵塊與水的動能均增加。答：(B)

類 7.一對情侶騎車在路上　著車...

女：「你騎那麼快，我好怕喔！」

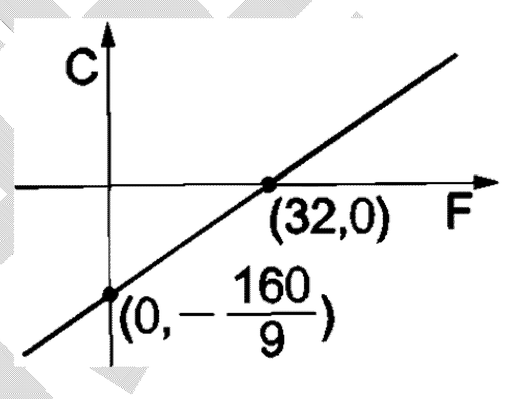
男：「別怕喔！來，跟我一樣把眼睛閉起來就不怕了。」

# ※攝氏溫標(℃)、華氏溫標(°F)、絕對(克氏)溫標(°K)

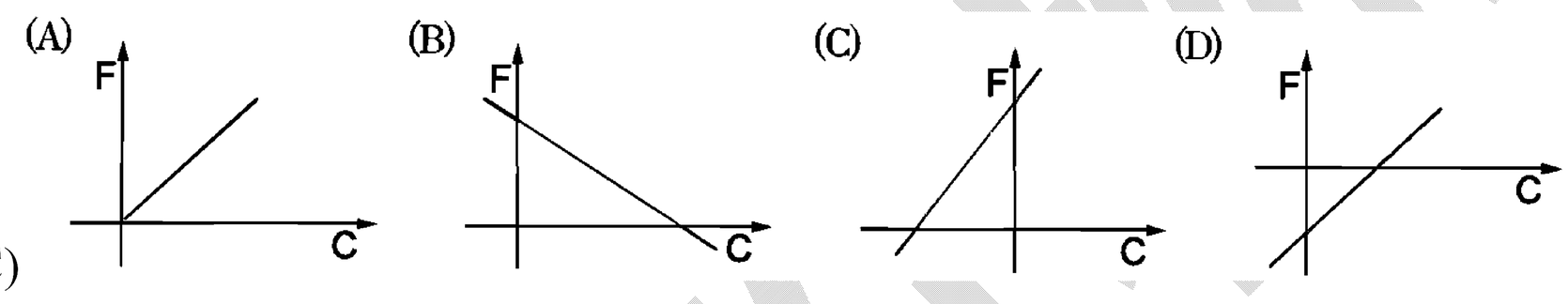
例 2.攝氏溫標之讀數與華氏溫標相同為幾度？答：－40℃或－40°F

類 1.人體的平均體溫 37℃，約爲華氏溫度幾°F？ (A)98 (B)67 (C)21 (D)53。答：(A)

類 2.分別以華氏及攝氏溫度爲橫、縱座標所表示的 F 與 C 關係圖 (A)爲直線 (B)不通過第二象限(C)其在縱軸之截距小於橫軸之截距 (D)斜率爲 1.8 (E)過(0，32)。答：(A)(B)(C)




類 3.把攝氏溫標和華氏溫標作成函數關係圖，何者正確？答：(C)




類 4.溫度代表冷熱的程度，以下有關溫度的敘述，何者錯誤？(A)一大氣壓下，冰及水共處達熱平衡的溫度爲 0℃ (B)一大氣壓下，水沸騰的溫度爲 100℃ (C)愈冷溫度愈低，可以低到-100℃、-1000℃等 (D)愈熱溫度愈高，可以達到 100℃、1000℃等。【85 年大學甄試】答：(C)

類 5.選出正確敘述？ (A)若不斷冷凍，物體的溫度就不斷的下降，沒有止境 (B)目前尚不知最低溫是多少？最高溫是多少？ (C)攝氏零下 373 度是低溫的下限 (D)任何物體，溫度下降到某一點就不能再降。答：(D)

類 6.試問，零下 60℃適用何種溫度計來測量？ (A)水溫度計 (B)水銀溫度計 (C)酒精溫度計 (D)體溫計。答：(C)

類 7.小萍跟丫怡正在論避孕的事情....

小萍：我現在更加注意避孕的事了

丫怡：你老公不是已經結紮了嗎？？

小萍：就是因爲這樣，所以我要更加注意避孕的事啊....

# ※自訂溫標

例 3.將未定溫標的水銀溫度計刻劃攝氏溫標時，發現冰點(0℃)和沸點(100℃)間水銀柱高度差為 16 公分，問在 25℃時水銀柱最高點和冰點刻度的距離為多少？答：4cm

類 1.若在一大氣壓下水的冰點爲 $60°Y$，沸點爲 $310°Y$，則 $155°Y$ 相當若干℃？而 $110°Y$ 相當若干 $^{o}$F？答：38℃；68$^{o}$F

類 2.若重新標定一種溫度計，將水的正常冰點定爲 $-38°W$，正常沸點定爲 $112°W$。試導出此種溫標 W 與攝氏溫標 C 之間的轉換公式。答：$W=\dfrac{3C-76}{2}$

類 3.某溫標 $°A$ 在 $20°A$ 相當於 10℃，在 $60°A$ 相當於 $194°F$，則 $50°A$ 時相當於攝氏幾度？答：70℃

類 4.水銀溫度計在 0℃之冰水中，水銀柱長度爲 6 cm，浸在 100℃的沸水中則長度變爲 26 cm，若用它浸入某液體中發長度爲 9 cm，則此液體之溫度爲：(A)10℃ (B)15℃ (C)20℃ (D)30℃。答：(B)

類 5.設某電阻溫度計，在水正常冰點的電阻爲 $R_0$，訂溫度爲 0℃，在水正常沸點時的電阻爲 $R_{100}$，訂此溫度 100℃，並且定義溫度與電阻成線性關條，電阻爲 $R_t$，溫度爲 t℃。

(1)寫出 t 與 $R_t$ 的關係。答：$t=\dfrac{R_t-R_0}{R_{100}-R_0}\times 100$

(2)通常此溫度計的電阻是用鉑做的，設其電阻爲 $R_o=2\Omega$，$R_{100}=2.778\Omega$，而在硫的正常沸點時，$R_t=5.28\Omega$，求硫正常沸點的溫度。答：421.6℃

(3)習慣上，寫成 $R_t=R_0(1+\alpha t)$，求 $\alpha$。答：0.00389(1/℃)

類 6.兩位女學生走在路上.....突然一陣強風吹來.....

甲女：「好大的風喔！...」

乙女：「對啊，好危險喔！要是裙子被吹起來怎麼辦？」

甲女：「那我要回家換褲子！」

乙女：「換長褲嗎？」

甲女：「不....換一條漂亮的內褲！*^_^*」

乙女：「！@＃＄％＆＊*.....」

吳錫玠物理

# 11-2 熱容與比熱

**1.**熱量$(\Delta H)$：物質的溫度改變時，會有能量轉移，轉移的能量叫作熱量。

**2.**熱平衡：當溫度不同的兩物體接觸時，由溫度高的物體流向溫度低的物體的能量，稱之為熱量，高溫物質因熱量流出，使溫度逐漸下降;低溫物質因熱量流入，使溫度逐漸上升，最終兩者達成熱平衡。

**3.**熱容量**(C)**：物體每升高或降低 **1**℃時，所吸收或放出的熱量$(\Delta H)$。

**(1)**意義：物體升高 **1**℃所需的熱量，$C=\dfrac{\Delta H}{\Delta T}$ 或 $\Delta H=C\times\Delta T$

**(2)**單位：$cal/^{\circ}C$(卡/度)

**4.**比熱**(s)**：**1 克的物質**升高或降低 **1**℃所吸收或放出的熱量$(\Delta H)$。

**(1)**意義：**1** 克物質升高 **1**℃所需的熱量，$s=\dfrac{\Delta H}{m\times\Delta T}$ 或 $\Delta H=m\times s\times\Delta T$

**(2)**單位：$cal/g^{\circ}C$(卡/克-度)

**5.**水當量：

**(1)**意義：指物體對熱反應的程度與 **M** 克的水相當，故單位為克。

**(2)**公式：$\Delta H=M\times 1\times\Delta T$

**6.**莫耳熱容$C_m$：

**(1)**每莫耳物質的熱容量，常用單位為 **J/mole-K**

**(2)**公式：$\Delta E=n\times C_m\times\Delta T$ ($\Delta E$ 的單位習慣用 **Joule**，**n** 代表莫耳數)

**(3)**部分物質因結構類似而有相近的莫耳熱容

**a.**金屬元素的莫耳熱容約為 **25J/mole-K**

**b.**雙原子分子的莫耳熱容約為 **29J/mole-K**

**c.**單原子分子的莫耳熱容約為 **20.8J/mole-K**

| | 定義 | 吸(放)熱 | 單位 | 關係 |
|---|---|---|---|---|
| 熱容量 **C** | $C=\dfrac{\Delta H}{\Delta T}$ | $\Delta H=C\times\Delta T$ | $cal/^{\circ}C$ | $C=m\times s=M$ |
| 比熱 **s** | $s=\dfrac{\Delta H}{m\times\Delta T}$ | $\Delta H=m\times s\times\Delta T$ | $cal/g^{\circ}C$ | $s=\dfrac{C}{m}$ |
| 水當量 **M** | $M=\dfrac{\Delta H}{1\times\Delta T}$ | $\Delta H=M\times 1\times\Delta T$ | 克 | $M=C=m\times s$ |
| 莫耳熱容$C_m$ | $C_m=\dfrac{\Delta E}{n\times\Delta T}$ | $\Delta E=n\times C_m\times\Delta T$ | **J/mole-K** | $C_m=s\times$原(分)子量 |

## ※平衡溫度

**1.**吸熱=放熱 $\Rightarrow m_1\times s_1\times(T-T_1)=m_2\times s_2\times(T_2-T)$

**2.**絕熱系統內之熱量不變

$$\Delta H=\Delta H_1+\Delta H_2+\Delta H_3+\cdots\cdots=m_1s_1(T-T_1)+m_2s_2(T-T_2)+m_3s_3(T-T_3)+\cdots\cdots=0$$

# ※比熱&熱容量

例 4.若一物質 100g，升高 10℃需熱量 0.4kcal，則其 (1)熱容量？ (2)比熱？答：(1)C=40cal/℃；(2)0.4cal/g℃

類 1.某物質之分子量爲 50g/mole，將 75cal 的熱量加於 30g 的此物質，可使其溫度自 25℃上升至 45℃，求：(a)此物質的比熱爲何？ (b)每克分子即每莫耳升高 1℃所須熱量若干？(即所謂克分子比熱或稱莫耳比熱)？答：(a)0.125 cal/g℃；(b)6.25 cal/mole℃

類 2.熱容量與比熱的敘述，下列何者正確？ (A)同一物質熱容量與物質量成正比 (B)相同質量的兩物質比熱大的，熱容量大 (C)不同物體比熱愈大，熱容量也愈大 (D)同一物質熱容量與質量成反比 (E)不同質量的同一物質，比熱相同，則熱容量不相同。答：(A)(B)(E)

類 3.下列敘述何者正確？ (A)同一物體所含能量愈多，其溫度愈高 (B)溫度升高時，單擺的擺長增長，週期反而減小 (C)就同一物質而言，其質量愈大，熱容量愈大 (D)就同一物質而言，其質量愈大，比熱愈大 (E)乾冰昇華爲吸熱反應。答：(C)(E)

類 4.取質量相等的銅、銀、金同時曬在太陽下，若吸收相等的熱量，溫度升高最多的是金，其次是銀，銅最慢，則比熱最大的是何者？ (A)金 (B)銀 (C)銅 (D)一樣大。答：(C)

類 5.夏日赤足在沙灘上，覺得沙子很熱，在海中卻覺得清涼是由於： (A)沙的比熱大 (B)水的比熱大 (C)沙散熱較慢 (D)水吸熱較快。答：(B)

類 6.對質量相同初溫也相同的鐵塊和水加熱，使兩者吸收相同的熱量後，再把鐵塊投入水中，則在鐵塊和水之間熱量傳播方向爲何？(鐵的比熱 0.11 卡/克℃) (A)由鐵傳向水 (B)由水傳向鐵 (C)不發生熱傳播 (D)無法判斷。答：(A)

類 7.以加熱器加熱 1000 克的純水，升高 20℃費時 50 秒;而加熱另一 500 克的液體時，升高 10℃費時 10 秒，則：(1)該加熱器每秒可以提供的熱能爲_____卡；(2)該液體的比熱_____卡/克-℃；(3)該液體的熱容量_____卡/℃。答：(1)400；(2)0.8；(3)400

類 8.朋友：「你們爲啥要離婚？」

太太：「因爲他都不跟我講話。」

朋友：「你爲啥都不跟你太太講話？」

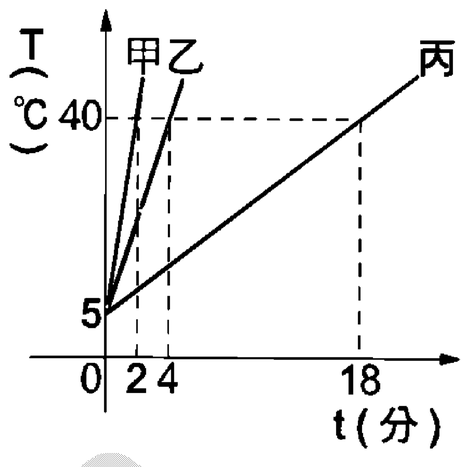
先生：「因爲我沒法中斷她的講話。」

# ※比熱&熱容量

例 5.某生用同一均勻熱源對三物質，甲(50 克鋁)，乙(100 克鋁)，丙(100 克水)加熱後得到溫度對時間之變化圖如右，由圖可知：

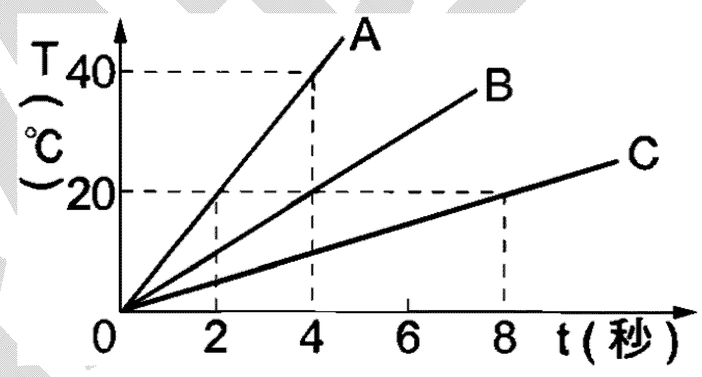
(1)甲、乙、丙三物質比熱的大小比為 (A)1：2：9 (B)9：2：1 (C)2：2：9 (D)18：9：2 (E)9：2：9。答：(C)

(2)甲、乙、丙三物質熱容量由大至小的次序是 (A)甲>乙>丙 (B)乙>丙>甲 (C)丙>甲>乙 (D)丙>乙>甲 (E)甲=乙=丙。答：(D)

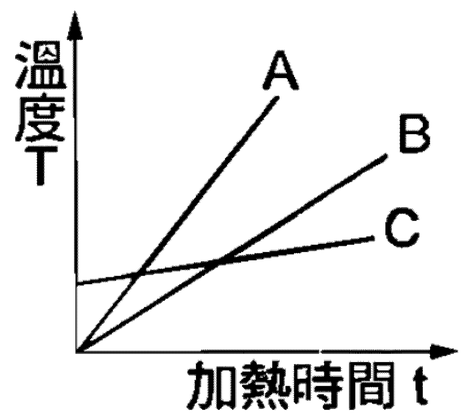



類 1.同質量的 A、B、C 三物體以同一酒精燈加熱，加熱之時間(t)與溫度(T)之關係(如右圖)，若 A 之比熱為 0.2 cal/g℃，則 B 之比熱為_____，C 之比熱為_____。

答：0.4 cal/g℃；0.8 cal/g℃



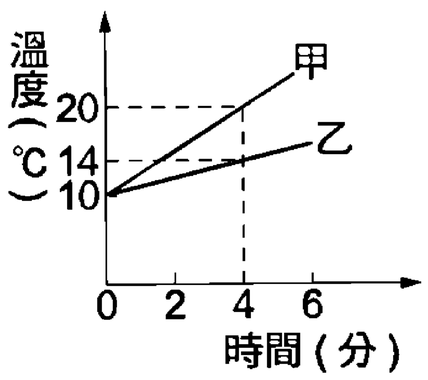

類 2.A、B、C 三金屬，在相同熱源下加熱，並假設熱源所供應的熱量完全被金屬所吸收，且其溫度 T 與加熱時間 t 之關係如右圖所示，則下列敘述何者正確？ (A)A 之比熱最小 (B)C 之熱容量最大 (C)欲得相同之溫差 C 所吸收之熱量最多 (D)右圖加熱曲線的斜率與金屬的比熱成正比 (E)C 之質量最大。答：(B)(C)



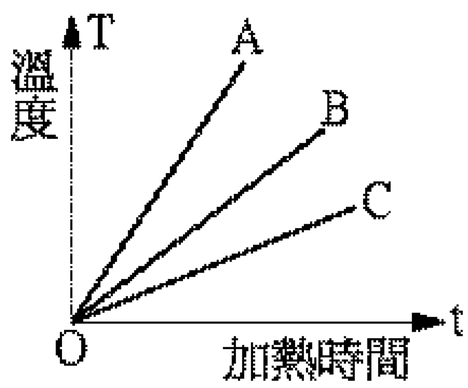

類 3.甲、乙兩杯水用同一均勻熱源加熱時，溫度變化與時間之關係如右圖所示，若熱源每分鐘供熱 50 卡，則：

(1)甲、乙兩杯水質量各若干？答：20 克；50 克

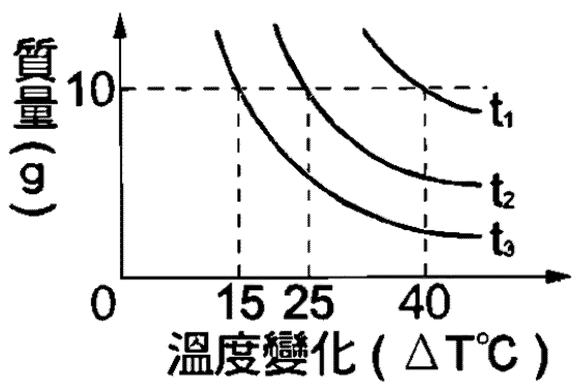
(2)乙杯水加熱至 20℃需時幾分？答：10 分




類 4.等質量之 A、B、C 三金屬固體，受熱時，單位時間熱源之加熱量一定，其溫度(T)與加熱時間(t)之關係如圖，則下列敘述何者正確？ (A)A 之比熱最大 (B)欲得到相同之溫度差，C 吸收之熱量應最多 (C)供給之熱量相同，C 升高之溫度最大 (D)受熱之時間相同，A 吸收之熱量最多。答：(B)




類 5.以同一供熱均勻的熱源加熱於水所得質量和溫度變化關係如右圖，由圖知加熱時間為 $t_1$、$t_2$、$t_3$，若 $t_3$=30 秒，則 $t_1$ 與 $t_2$ 各若干秒？答：$t_1$=80；$t_2$=50



# ※平衡溫度

**1.**吸熱=放熱 $\Rightarrow m_1 \times s_1 \times (T - T_1) = m_2 \times s_2 \times (T_2 - T)$

**2.**絕熱系統內之熱量不變

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \cdots\cdots = m_1 s_1 (T - T_1) + m_2 s_2 (T - T_2) + m_3 s_3 (T - T_3) + \cdots\cdots = 0$$

例 6.有質量相等的三種液體，比熱分別為 0.6 cal/g℃，0.3 cal/g℃與 0.1 cal/g℃，溫度分別為 80℃、30℃與 10℃，則混合後之溫度為何？答：58℃

例 7.今有溫度為 15℃、25℃及 35℃之三種液體 A、B 及 C，若將等質量的 A 與 B 混合，其結果溫度為 21℃；等質量的 B 與 C 混合，其結果溫度為 32℃，則等質量的 A 與 C 混合後之溫度為若干？答：30.6℃

類 1.今有 50℃的水若干克，加入 15℃的水，結果溫度變為 40℃，求所加之水的質量與原有水之質量之百分比？答：40%

類 2.設 a、b 為相同材質的兩個金屬球，b 球的質量是 a 球的兩倍。a 球溫度為 29℃，b 球溫度是 17℃，槽中水溫是 21℃。現在將兩個金屬球都放入水中，然後等待它們達到熱平衡。假如在過程中熱量沒有散失，則最後的水溫應是幾度？ (A)29℃ (B)20℃ (C)17℃ (D)21℃(E)以上都不對。答：(D)

類 3.為估計爐火的溫度 T，將 0.15 公斤的銅塊放入爐火中一段時間後取出，隨即放入保麗龍杯中，量得杯內所盛 0.9 公斤的水，由 25℃上升至 35℃。已知銅的比熱為 0.093cal／g℃，而爐火之溫度為定值，若保麗龍比熱可忽略，則 T 約等於： (A)645K (B)680K (C)918K (D)953K。答：(D)

類 4.在彰化縣芬園鄉，由「王田交流道」往南投中興新村路旁，有很多賣割包的攤子，以「免下車隨買隨吃」為號召，生意好得很。

有一個星期天，一位高中女生來幫媽媽照顧生意，這時有一位先生來光顧，這位先生說他不是要買整個割包，他只要買一些做割包的麵皮。

回家自己包肉餡來吃，問她賣不賣？這位女生因為沒有這樣賣過，不知媽媽同意不同意，於是大聲往屋內問：「媽！這位先生要割包皮，可以嗎？」

# ※量熱器

例 8.在「金屬的比熱」的實驗中，今將一銅製的量熱器(附外蓋與插於其上的溫度計，攪拌器)質量為 400 克，外圍以絕熱的材料圍住。設實驗中無熱量損失，試回答下列各題：
(1)若量熱器內原先放有 20℃的冷水 100 克，再取熱水溫度 99℃，質量為 50 克，快速倒入量熱器內，最後穩定溫度為 36℃，則量熱器的水當量為何？答：96.875 克
(2)當量熱器內的溫度為 30℃時，再投入一溫度為 98℃，100 克的銅塊，最後量得平衡溫度為 32.4℃，則銅塊的比熱為若干卡/克℃？答：0.0903cal/g℃

類 1.銅製量熱器包含攪拌器其質量爲 600 克，比熱爲 0.09 卡/克℃，溫度計 50g，比熱 0.12 卡/克℃。內部盛有 300 克，20℃的水，置於絕熱容於中，今將質童 200 克，100℃的金屬塊 x 投入器內，終溫爲 40℃，不計熱量散失，則 (A)量熱器的水當量爲何？ (B)金屬塊 x 的比熱若干？答：(A)60 克；(B)0.6 cal/g℃

類 2.質量 100 克的量熱器內盛 50 克 20℃冷水，將 40 克、100℃之鐵塊投入水中，量得平衡時爲 25℃，已知鐵的比熱爲 0.10 卡/克℃，求此量熱器之水當量？答：10g

類 3.有一個銅製容器重 100 公克，內裝 20℃的酒精 500 公克，今將 100℃的鐵球 500 公克投入其中時，酒精溫度變爲 30℃，問由容器散失的熱量爲若干？(銅、鐵、酒精的比熱各爲 0.09、0.11、0.58 卡/克℃)。答：860cal

類 4.將 100 克 100℃的鐵塊，投入一黃銅製成，質量爲 100 克，儲水的容器內的水中。如水的質量爲 100 克，容器與水原來的溫度爲 20℃，試問經過一段時間後，最後的溫度若干？(假設此系統被隔絕而無其他熱量進去，鐵比熱 0.113 cal/g℃，黃銅比熱 0.094 cal/g℃)。答：27.5℃

類 5.一量熱器內水的質量爲 200 克，溫度 20℃，量熱器內殼爲鐵質，質量爲 50 克，外殼圍以絕熱物質。今將一質量 80 克，溫度 100℃之鐵塊投入器中。如設系統之熱量不損失，且最後量得之熱平衡溫度爲 24℃，試求鐵的比熱。答：0.136 cal/g℃

類 6.在「金屬的比熱」實驗中，加熱的樣金投入量熱器內水中以後，若量熱器的絕熱效果不佳而放出熱，則測定之比熱值較實驗值高或低？理由何在？爲提高絕熱效果，可採用何法？答：因有部分熱量散失，故測定之比熱值較實驗值爲小，量熱器置於內部襯有保利綸之木質圓筒內，上加絕熱材料之厚橡膠蓋以達絕熱效果。

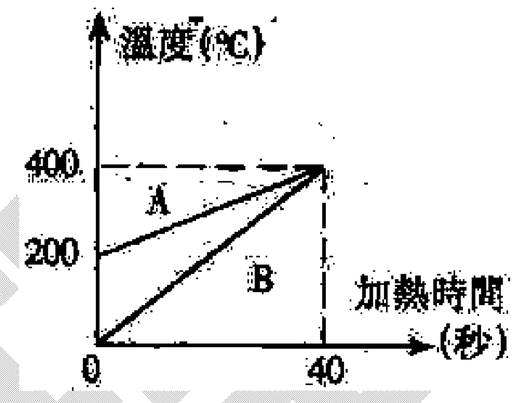
吳錫玠物理

# ※混合物比熱

**1** 混合物之熱容量：$C = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots\cdots = \sum_i C_i$

**2** 混合物之平均比熱：$c = \dfrac{m_1 s_1 + m_2 s_2 + m_3 s_3 + \cdots\cdots}{m_1 + m_2 + m_3 + \cdots\cdots} = \dfrac{\sum_i m_i s_i}{\sum_i m_i}$

例 9.將 A、B 二金屬以相同熱源加熱所得的關係如右圖，設 A、B 均為 0.25kg，熱源供熱 100 卡/秒，求：(a)A、B 比熱各為若干？ (b)欲以 A、B 製成比熱為 0.064 卡/克℃的合金時，A、B 之質量比為若干？ (c)A 質量 100 克，B 質量 50 克做成之合金比熱？答：(a)0.08 cal/g℃，0.04 cal/g℃；(b)3：2；(c)0.067 cal/g℃




類 1.密度 0.8 g/$cm^3$、比熱 0.6 卡/克℃的甲液與密度 1.4 g/$cm^3$、比熱 0.8 卡/克℃的乙液，以 1：2 的體積比混合後，設無化學反應，求混合液的 (a)密度及 (b)比熱各爲若干。答：(a)1.2g/$cm^3$；(b)0.76 cal/g℃

類 2.金屬 A 比熱 0.08 卡/克℃，與金屬 B 比熱 0.02 卡/克℃製成質量 400 克的合金，若合金的熱容量爲 17 卡/℃，則 A 成分的質量爲若干克？答：150 克

類 3.用比熱 0.032 卡/克℃的鉛和比熱 0.052 卡/克℃的錫製成比熱爲 0.04 卡/克℃的合金，則混合時所用的鉛、錫質量比爲何？答：3：2

類 4.有一對離婚夫妻正爲孩子的歸屬權各持己見.....

妻：『孩子是我茹苦含辛十月懷胎才生出來的，所以孩子應該是屬於我的。』

夫:『妳是不是沒用過自動販機啊！如果我投 10 元進去，掉下一瓶飲料，那這瓶飲料是 我的還是自動販賣機的？』

妻：『#$%^』*&&^&...』

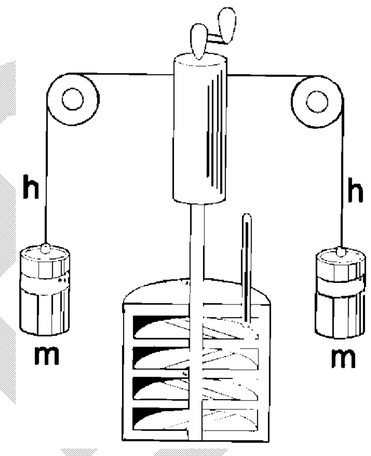
# 11-3 熱的本質與熱功當量

＊熱功當量：代表欲產生一單位的熱量所輸入的功。(※功可以完全轉變為熱，但熱無法完全轉變為功)

＊**1** 卡**=4.186** 焦耳。

## ※焦耳實驗

例 10.若焦耳實驗中兩重錘質量均為 10kg，降落距離為 2m，反覆升降 10 次，容器中水 1kg，容器總質量 2kg，比熱 0.113cal/g℃，結果水溫上升 0.76℃，若不計熱之散失，求熱功當量。答：4.2(joule/cal)




類 1.於熱功當量的實驗中，重錘之質量爲 1kg，每次使之下落 5 米，以帶動蹼輪攪動容器中的水，水之質量爲 500 克，共下落 42 次。

(1)若使重錘等速下落，則水溫升高若干？

(2)若重錘下落之加速度爲 4.9 米／秒$^2$，則水溫升高若干？答：(1)1.96℃；(2)0.98℃

類 2.在焦耳實驗中，如兩重鐘之質量均爲 10 公斤，落下之距離均爲 20 公尺，容器中的水質量爲 4 公斤，原來水溫爲 20℃，容器及翼瓣之總質量爲 2 公斤，其比熱設爲 0.113 卡/克-℃，問實驗完後之水溫若干？答：20.22℃

類 3.下列關於熱的敘述中，何者爲正確？(A)將水密封於一絕熱容器內，若未裝滿，且初溫爲 20°C，搖動一段時間後，水溫必高於 20°C (B)將溫度均爲 0°C 的水和冰密封於一絕熱容器內(未裝滿)，搖動一段時間後，部分冰塊熔化。冰塊熔化量和水溫升高量成正此 (C)在(B)情況中，應改爲：冰塊熔化量和水溫下降量成正比 (D)溫度升高時，物質必膨脹 (E)熱必由高溫處流至低溫處，故在氣體的分子運動中，低速分子絕不會向高速分子所在處飛去。【夜大】答：(A)

類 4.焦耳實驗所顯示的物理意義如何？ (A)以力學能作功，可轉變成熱 (B)以熱作功可轉變成力學能 (C)消耗一定量的功，可產生一定量的熱 (D)消耗一定量的熱，可產生定量的力學能(E)熱與力學能可完全互換。答：(A)(C)

類 5.焦耳的熱功當量實驗顯示，熱是一種能量，可以由位能或動能轉換而得。請問，一卡約等於多少焦耳？ (A)3.141 (B)4.186 (C)0.240 (D)1.414。答：(B)

# ※位能變熱能

例 11.一銅塊溫度 20℃，從一高 40 公尺處自由下落至一熱絕緣地面，如所有力學能均轉變成熱能，試問銅塊最後之溫度(假設無其他熱量之損失)為若干？(銅塊的比熱 c=0.093 卡/公克℃，1 卡=4.2 焦耳)答：21℃

例 12.高空下落的雨滴，因受到空氣阻力，落地前會以等速下降。一雨滴的質量為 $2.7\times10^{-7}$ 公斤，落地前以等速度 20 公尺/秒下降，設在此等速運動期間，雨滴受空氣阻力所生之熱量全部被雨滴吸收，且雨滴之質量保持不變，則此雨滴每秒溫度約升高幾度？ (A)5℃ (B)0.5℃ (C) $5\times10^{-2}$ ℃(D) $5\times10^{-3}$ ℃(E) $5\times10^{-4}$ ℃【79 日大】答：(C)

類 1.一個 10.0 公斤、20℃的鐵塊，由 100 公尺高空自由落下。若掉落到地面上時，減少的重力位能均轉換成鐵塊的熱能，則鐵塊的溫度上升_____℃。〔鐵的比熱為 0.1 卡/克-℃，重力加速度 g 為 10 公尺/秒 $^2$〕答：2.4

類 2.水由水庫中以每秒 300 立方米的流量衝至 500 米下的發電廠，推動發電機以產生電能，假設因摩擦而損失的能量為 20%，則此發電廠的發電能力為 (A) $5.5\times10^5$ KW (B) $2.0\times10^5$ KW (C) $1.2\times10^6$ KW (D) $1.5\times10^7$ KW (E)無法估計。答：(C)

類 3.一跳傘員自高空跳下，由於空氣的阻力，在著地前有一段時間他是等速下降的。設著地時之終端速度是 10 公尺/秒，此人體重及裝備共重 100 公斤，則在此段等速下降時間內每秒產生之熱能約為 (A) $10^2$ 焦耳 (B) $10^3$ 焦耳 (D) $10^4$ 焦耳 (E) $10^5$ 焦耳。答：(C)

類 4.質量 1kg 的物體，自離地面高 10 公尺處自由落下，若落地速率為 12m/s，則摩擦阻力作功所生成之熱能最接近之值為 (A)109cal (B)34.4cal (C)17.2cal (D)12.4cal (E)6.21cal 。答：(E)

類 5.一瀑布高為 420 米。假設水落至瀑布底時的動能全部變成為熱能，則瀑布底及頂點的水溫相差 (A)0.42℃ (B)0.68℃ (C)1.76℃ (D)4.2℃ (E)0.98℃。答：(E)

類 6.一塊 0℃的冰塊由高處掉到 0℃的水中，掉入水中後，冰塊因此而完全熔化成 0℃的水。冰塊由多高處落下？答：34300 公尺

# ※動能變熱能

例 13.一個 1 公斤的鐵錘，以 25m/s 的速度敲擊放在地上重 100 克的銅塊。已知銅的比熱為 0.093 卡/克℃，假設有一半的力學能轉變為銅塊的熱能，則此銅塊的溫度增加_____℃。【80 日大】答：4

類 1.機關槍每分鐘射子彈 400 顆，每顆質量 10 克，彈出口速度 300 米/秒擊中岩壁，射入其中靜止而變熱能 (A)岩壁受力 20 牛頓 (B)每米長彈流傳給岩石熱能 40 焦耳 (C)岩壁受力 10 牛頓 (D)每米長彈流傳給岩石熱能 10 焦耳 (E)每分鐘岩石熱能增加$1.8\times10^5$焦耳。答：(A)(D)(E)

類 2.一子彈質量爲 10 克，以 100 米/秒之速率打進樹幹內 10cm，則子彈所受的平均力？子彈在樹幹中產生熱能多少卡？答：500Nt；11.9 卡

類 3.質量爲 100 克與 200 克的兩鉛塊，分別以 250 公尺/秒與 200 公尺/秒的速率相向運動，正面碰撞後，兩塊合爲一體。

(a)碰撞後，鉛塊的速率爲何？答：50m/s

(b)假設因碰撞而放出的能量均變成熱，則所生的熱爲幾卡？答：1620cal

(c)又假設所生的熱均用於增加鉛塊的溫度，則鉛塊的溫度增加幾度？(但鉛的比熱爲 0.031 卡/克℃) 答：174.2℃【74 夜大】

類 4.質量爲 19kg 及 8kg 之二鉛球，在同一直線上，以 20 米/秒及 70 米/秒之速度相向運動，設二球碰撞後合爲一體，且所生之熱均被二者吸收，求其溫度上升若干？【鉛之比熱爲 0.030】答：6.7℃

類 5.若 0℃冰以多少速率投出可使其完全溶解(假設動能損失完全爲冰所吸收)？此速率與質量關係如何？答：820m/s；與質量無關

類 6.一個 0℃之冰塊其質量原爲 50Kg，以 5.38m/s 之速率沿水平滑動，經過 28.3m 後停止。求由於冰塊與表面摩擦所溶解之冰塊的質量？(假設摩擦所產生之熱量全部使冰溶解，且溶解後減少之質量不影響其加速度) 答：2.16g

類 7.鉛彈擊中牆壁所產生的熱量有$\frac{2}{3}$被鉛彈所吸收，使其溫度上升 40℃，若鉛的比熱爲 0.031 仟卡／公斤-℃，則鉛彈擊中牆壁前的速率爲： (A)250 (B)200 (C)150 (D)125 (E)100 公尺／秒。答：(D)

## ※電能變熱能

例 14.有一電熱水爐，所消耗的電功率為 4200 瓦。若熱水流量為每秒 50 立方厘米，則熱水的溫度比所供給自來水的溫度高 (A)10℃ (B)20℃ (C)30℃ (D)40℃ (E)50℃ 【大學聯考試題】答：(B)

類 1.今有一飲水機平常均保持在 60℃。使用時水經過 1680 瓦特的電熱器後溫度能上升至 100℃，則水的流量爲多少克/秒？(1 卡=4.2 焦耳)答：10

類 2.某人洗澡時每秒用 0.1 公升的水，若自來水的溫度爲 20℃，將流至水龍頭的水管用電熱線加熱，使流出來的水爲 50℃，那麼此人洗澡時所花的電功率至少爲(單位爲瓦特)

(A) $\frac{(50-20)\times 100}{4.2}$ (B) $(50-20)\times 100\times 4.2$ (C) $\frac{100}{50}-20$ (D) $\frac{50-20}{4.2}$ (E) $\frac{(50-20)\times 0.1}{4.2}$ 。

答：(B)

## ※熱=內能+對外作功

例 15.從下列數據，求熱功當量 J 之值？2000 卡之熱供入系統中，加熱期間系統作 3350 焦耳之外功，在過程中內能增加為 5030 焦耳。答：4.19joule/cal？

類 1.戀愛銘

話不在多，會掰則行；
情不在深，有意則靈；
斯是愛戀，綿綿深情。
情書寫的快，情話說的勤；
上課傳紙條，下課看電影。
可以牽牽手、親親嘴；
無長輩之嘮叨，無思念之勞形，
雖非梁祝戀，堪比扁珍情，
心有云：沒你不行。

吳錫玠物理

# 11-4 熱膨脹

## ※線膨脹

**1.**線膨脹：物體長度增加的比例$(\frac{\Delta L}{L_o})$與上升的溫度$(\Delta t)$成正比。

**2.**公式：若物體 **0**℃時的長度為$L_o$，上升至 **t**℃時的長度為 **L**，則

$$L = L_o + \Delta L = L_o + L_o \times \alpha \times \Delta t = L_o(1 + \alpha \times \Delta t)$$

**(1)**常數$\alpha$的意義為溫度每上升一度，長度增加 **0**℃長度的$\alpha$倍。

**(2)**$\alpha$與材料的種類有關，稱為線膨脹係數。

**(3)**金屬的線膨脹係數$\alpha$其數值很小，例如黃銅$\alpha$**=1.89×10$^{-6}$(1/**℃**)**。

**(4)**兩金屬中線膨脹係數$\alpha$值較大者，其長度容易伸長或縮短。

**3.**當線膨脹係數很小時，公式可寫成：

$L_2 = L_1(1 + \alpha(t_2 - t_1))$　，其中$L_1$為溫度$t_1$時之長度，其中$L_2$為溫度$t_2$時之長度

＊$\Delta L = L_o \times \alpha \times \Delta t$

## ※面膨脹

**1.**面膨脹：物體面積增加的比例$(\frac{\Delta A}{A_o})$與上升的溫度$(\Delta t)$成正比。

**2.**公式：若物體 **0**℃時的面積為$A_o$，上升至 **t**℃時的面積為 **A**，則

$$A = A_o + \Delta A = A_o + A_o \times \beta \times \Delta t = A_o(1 + \beta \times \Delta t)$$

**(1)**常數$\beta$的意義為溫度每上升一度，面積增加 **0**℃面積的$\beta$倍。

**(2)**$\beta$與材料的種類有關，稱為面膨脹係數。

**(3)**面膨脹係數$\beta$值較大者，當溫度改變時，其面積變化幅度較大。

**3.**當面膨脹係數很小時，公式可寫成：

$A_2 = A_1(1 + \beta(t_2 - t_1))$，其中$A_1$為溫度$t_1$時之面積，其中$A_2$為溫度$t_2$時之面積

## ※體膨脹

**1.**體膨脹：物體體積增加的比例$(\frac{\Delta V}{V_o})$與上升的溫度$(\Delta t)$成正比。

**2.**公式：若物體 **0**℃時的體積為$V_o$，上升至 **t**℃時的體積為 **V**，則

$$V = V_o + \Delta V = V_o + V_o \times \gamma \times \Delta t = V_o(1 + \gamma \times \Delta t)$$

**(1)**常數$\gamma$的意義為溫度每上升一度，體積增加 **0**℃體積的$\gamma$倍。

**(2)**$\gamma$與材料的種類有關，稱為體膨脹係數。

**(3)**體膨脹係數$\gamma$值較大者，當溫度改變時，其體積變化幅度較大。

**3.**當體膨脹係數很小時，公式可寫成：

$V_2 = V_1(1 + \gamma(t_2 - t_1))$　，其中$V_1$為溫度$t_1$時之體積，其中$V_2$為溫度$t_2$時之體積

**4.**密度與溫度的關係：當物體因溫度升高而使體積增加時，其密度反而減少。

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{V_o(1 + \gamma \times t)} = \rho_o(1 - \gamma \times t)$$

吳錫玠物理

**5.**線膨脹係數、面膨脹係數與體膨脹係數的關係

**(1)** $\alpha=\frac{1}{2}\beta=\frac{1}{3}\gamma$　　**(2)** $\beta=2\alpha=\frac{2}{3}\gamma$　　**(3)** $\gamma=3\alpha=\frac{3}{2}\beta$

## ※氣體膨脹

**1.**給呂薩克定律：定壓氣體溫度計

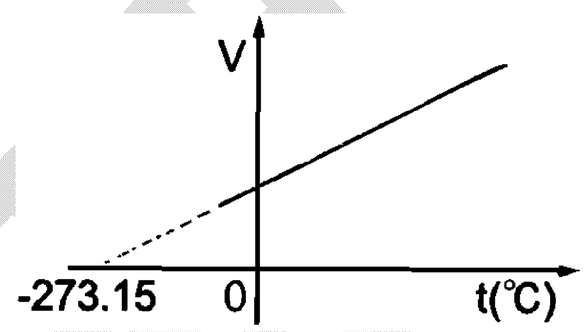
**(1)**密閉容器內的低密度氣體，若氣體壓力維持不變，其體積 **V** 與攝氏溫度成線性關係。

**(2)**密閉容器內的低密度氣體，若氣體壓力維持不變，其體積 **V** 與克氏溫度**(°$K$)**成正比。

**2.**氣體的體膨脹係數：

**(1)**由給呂薩克定律實驗所得圖形

$$V=V_o(1+\frac{1}{273.15}t(°C))$$




**(2)** $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$　其中 **T** 為絕對**(**克氏**)**溫度

**3.**從前有個媒婆非常的厲害，作媒很多成功，今天她就作了一對帥哥美女，大家講得差不多的時候，已經要講到聘金的時候，就在這時候．．

那個女的就放了兩個屁．．噗．．噗．．．，大家都非常的尷尬，媒人婆接著就說：「一屁．．二屁．．『雙雙對對』(台語)！」

大家都非常的高興，因為化解了這個尷尬！

接下來，講到什麼時候結婚， 很不巧勿那個女的又不小心，又放了兩個屁．．．噗．．噗．．．．，現場全部非常尷尬， 大家全都在想，怎麼辦．．好尷尬．．

這時候媒人婆又說了：「三屁．．．四屁．．『榮華富貴』！(台語)」

大家都非常的高興，到了最後大家講完了，雙方情投意合可以回家了！

但是，女的這時候，又放了兩個屁．．噗．．噗．．．．，大家就直接看著媒婆，非常期待 她能講出什麼話來化解尷尬。

那個媒婆想了老半天，就說：「五屁．．六屁．．．給你祖母漏氣！(台語)」

吳錫玠

**※線膨脹⇨** $L = L_o + \Delta L = L_o + L_o \times \alpha \times \Delta t = L_o(1+\alpha \times \Delta t)$ 、 $\Delta L = L_o \times \alpha \times \Delta t$

例 16.每段鐵軌在 10℃時長 20 公尺，要鋪鐵路的地方最高氣溫 40℃，最低氣溫-20℃，設最高溫時銜接兩段鐵軌間恰無空隙，則最低溫時銜接兩段鐵軌之間隙為 (A)8.1 公分 (B)4.2 公分 (C)3.6 公分 (D)1.3 公分。(鐵軌之線膨脹係數為$1.1\times10^{-5}$/℃)【81 三專】答：(D)

類 1.在舖設台灣高鐵時，根據調查沿線各地氣溫在 0℃到 50℃之間，假設施工時氣溫爲 20℃，已知使用的鋼軌線膨脹係數$\alpha = 15\times10^{-6}$/℃，假設每條鋼軌在此氣溫下的長度爲 100m，則舖設時鋼軌間預留的空隙至少爲多少？答：4.5cm

類 2.在 20℃時鋼軌的長度λ，希望在 40℃時，兩個鋼軌間無空隙，若鋼的線膨脹係數爲α，則在 20℃時，兩鋼軌必須分開多遠，在 40℃時才能安全使用？ (A)10λα(B)20λα (C)40λα (D)60λα。答：(B)

類 3.在 20℃由長 60 公尺的鐵軌築成的鐵路，在 40℃時兩鋼軌間恰無空隙。問在 20℃時兩鋼軌間之空隙若干？又如溫度降到 7℃時，鋼軌間的空隙有多大？($\alpha = 1.1\times10^{-5}/°C$)答：0.0132 公尺；0.02178 公尺

類 4.在溫度爲$t_1$時，以每段長 L 的鐵軌築成鐵路，在溫度爲$t_2$時兩鐵軌間恰無空隙，問在溫度$t_1$時兩鐵軌間之空隙應爲若干？(已知鐵軌之線膨脹係數爲α) (A) $\dfrac{L\alpha(t_2-t_1)}{1+\alpha t_1}$ (B) $\dfrac{L\alpha(t_2-t_1)}{1+\alpha t_2}$ (C) $\dfrac{L(1+\alpha t_2)}{\alpha(t_2-t_1)}$ (D) $\dfrac{L(1+\alpha t_1)}{\alpha(t_2-t_1)}$ (E) $L(1+\alpha t_1)$。答：(A)

類 5.一鋁合金棒在 1atm 室溫(25℃)時其長度爲 10.000cm，而在水之沸點時其長度爲 10.015cm，求 (1)在水之冰點時此棒之長度爲何？ (2)若棒長爲 10.009cm，則溫度是多少？答：(1)9.995cm；(2)70℃

類 6.有一雙金屬片由銅和鋁製成，其厚度爲 1 毫米，長度均爲 10 公分，在 20℃時呈平直狀態，當溫度升高 10℃時呈現彎曲狀態，則其平均曲率半徑約爲多少？ (A)15 毫米 (B)15 米 (C)30 毫米 (D)30 米 (E)60 公分。($\alpha_{鋁} = 23.1\times10^{-6}\,°C^{-1}$；$\alpha_{銅} = 16.5\times10^{-6}\,°C^{-1}$)答：(B)

類 7.有一雙金屬片由銅和銀製成，長度均爲 5.0 公分，在 20℃時呈平直狀態。當溫度爲 35℃，此雙金屬片朝_____彎曲。(銅或鋁)〔銅和銀的線膨脹係數各爲 $16.5\times10^{-6}$℃$^{-1}$、$18.9\times10^{-6}$℃$^{-1}$〕答：銅

# ※線膨脹⇨長度的校正

例 17.一支在 0℃時校準之鋼尺在 30℃用它測量一鋁棒之長度為 Lcm，則：
(1)鋁棒在 30℃時之真正長度為_____cm
(2)鋁棒在 0℃時之真正長度為_____cm。(設鋼與鋁以 0℃為基準得之線膨脹係數分別為 $\alpha_1$ 與 $\alpha_2$)答：(1) $L(1+30\alpha_1)$；(2) $L[1+30(\alpha_1-\alpha_2)]$

類 1.一銅尺在 0℃時校正，今在 30℃時測得一物體之長爲 85.67cm，則此物體之真實長度爲 (A)86.25cm (B)85.98cm (C)85.91cm (D)85.72cm (E)85.69cm。(銅之線膨脹係數 19×10-6/℃) 答：(D)

類 2.某金屬尺($\alpha=2.0\times10^{-5}$/℃)在 0℃校正，(A)今在 50℃時量某物長 1.2000m，則此物長實際若干？ (B)若改在-100℃測得某物長 1.2000m，則物實際長若干？答：(A)1.2012m；(B)1.1976m

類 3.在室溫(20℃)時，用一刻度正確的鋼尺量得一桿恰爲 20.0cm 長，將二者置於 270℃之爐中，用同一尺量得 20.1cm，則製造此桿的材料之線膨脹係數爲何？(鋼的線膨脹係數 $11\times10^{-6}$/℃)答：$3.1\times10^{-5}$/℃

類 4.設用線膨脹係數 $\alpha$ 做成的尺在 0℃以標準尺校正並刻上刻度。另有一由線膨脹係數 $\beta$ 做成的棒子在室溫 t℃時由該尺量得其長度讀數爲 $l$，則 (A)在 t℃時此棒之真正長度爲若干？(B)0℃時棒之真正長度爲若干？答：(A) $l(1+\alpha t)$ (B) $\dfrac{l(1+\alpha t)}{1+\beta t}$

類 5.在 0℃時，以一把校準的鋼尺測量某銅條，量得長度爲 90cm，當溫度改變爲 30℃時，測量值將變爲_____。(銅與鋼的線膨脹係數分別爲 $1.7\times10^{-5}/°C$ 、$1.33\times10^{-5}/°C$ )答：90.01cm

類 6.在 $0°C$ 時校正之米尺，在 $t_1°C$ 時測量銅桿其讀數爲 $\ell_1$，若已知米尺及銅桿之線膨脹係數分別爲 $\alpha_o$ 及 $\alpha$，則於 $0°C$ 及 $t_2°C$ 時之讀數 $\ell_o$ 及 $\ell_2$ 各爲 (A) $\ell_o=\ell_1(1-\alpha t_1)$ (B) $\ell_2=\ell_1(1+\alpha(t_2-t_1))$ (C) $\ell_o=\ell_1\cdot\dfrac{1+\alpha_0 t_1}{1+\alpha t_1}$ (D) $\ell_o=\ell_1\cdot\dfrac{1-\alpha t_1}{1-\alpha_o t_1}$ (E) $\ell_2=\dfrac{(1+\alpha_o t_1)(1+\alpha t_2)}{(1+\alpha t_1)(1+\alpha_o t_2)}\ell_1$。答：(C)(D)(E)

吳錫玠物理

## ※線膨脹⇨圓的膨脹

例 18.有一金屬線膨脹係數為 $20.00\times10^{-6}$/℃，在 0℃時長 312 公分，將它彎成一圓圈，並留有 2 公分的空隙，在 100℃時該圓圈的空隙將變為_____公分 o(取四位有效數字) 答：2.004

例 19..一金屬圈及一金屬球分別由線膨脹係數為 $\alpha_1$ 及 $\alpha_2$ 的材料製成。已知溫度在 0℃時，兩者半徑分別為 $r_1$ 及 $r_2$，其中 $r_1 < r_2$。若溫度在 t 時，$r_1' = r_2'$，則 t 為_____℃。【85 年大學】答：$\dfrac{r_2 - r_1}{r_1\alpha_1 - r_2\alpha_2}$

類 1.一金屬線，其長爲 60cm，以之彎成一圓圈，留一空隙爲 1.0cm。此圈之溫度經均勻增高 100℃後，此時空隙之距離爲 1.002cm。問此線之膨脹係數爲若干？假設在加熱之前後均無應力現象。答：0.00002/℃

類 2.一均勻金屬圓板之中心有個圓孔，圓孔半徑爲 r，今將此圓板均勻加熱，則 (A)r 不變 (B)r 變大 (C)r 變小 (D)圓板面積變大，r 可能變大也可能變小。【69 日大】答：(B)

類 3.有一金屬恰能穿過同類金屬環，則下列何種作法可使球不能穿過該環？ (A)二者升高相同溫度 (B)二者降低相同溫度 (C)球升高溫度，環下降溫度 (D)球下降溫度，環升高溫度 (E)環溫度大於球溫度。答：(C)

類 4.鋼棒在 25℃時直徑爲 3.00cm，銅環在 25℃時內直徑爲 2.992cm，若環恰能將棒套住，則其共同溫度爲何？(鋼與銅之線膨脹係數分別爲 $11\times10^{-6}$/℃及 $19\times10^{-6}$/℃)答：360℃

類 5.兩金屬棒分別由線膨脹係數 $\alpha_1$ 及 $\alpha_2$ 的材料製成。若在溫度 0℃時，兩棒長度分別爲 $d_1$ 及 $d_2$，且 $d_1 < d_2$。若只考量棒的熱膨脹，試求在溫度幾℃時，兩棒的長度會相等。答：$\dfrac{d_2 - d_1}{d_1\alpha_1 - d_2\alpha_2}$

## ※線膨脹⇨單擺

例 20.一鐘擺以金屬做成擺錘，在 0℃時準確，則在 40℃時，此鐘擺每日快或慢若干秒？($\alpha=16\times10^{-6}$ /℃，取三位有效數字) 答：慢 27.63 秒

類 1.有一單擺的掛鐘，擺的線膨脹係數為 $2.0\times10^{-5}$ /℃，若在 10℃時校正此鐘，則在 30℃時此鐘每天慢了 (A)8.64 (B)17.28 (C)34.56 (D)51.84 (E)69.12 (秒)。答：(B)

類 2.有一掛鐘，其擺由黃銅製成，當溫度為 20℃時，此鐘擺恰好準確，若黃銅的線膨脹係數為 $\alpha=1.89\times10^{-5}$/℃，則在 30℃時，此掛鐘每小時 (A)快 3.1 秒 (B)快 1.3 秒 (C)慢 1.5 秒 (D)慢 1.07 秒 (E)慢 0.34 秒。答：(E)

類 3.有一掛鐘，其擺由黃銅製成，當溫度為 25℃時，此鐘擺恰好準確，若黃銅的線膨脹係數為 $\alpha=1.89\times10^{-5}$/℃，則在 35℃時，此掛鐘每小時 (A)慢 0.34 秒 (B)慢 3.4 秒 (C)快 0.34 秒 (D)快 3.4 秒 (E)擺鐘不因溫度上升而產生誤差。答：(A)

類 4.一鐘擺為黃銅所製(黃銅線膨脹係數為 $1.9\times10^{-5}$/℃)，若在 20℃時，此鐘擺動恰為準確，則在 0℃時每小時要差幾秒？答：0.68 秒

類 5.設有一鐘，其擺為黃銅所製，當溫度為 15℃時，此鐘擺動恰為準確，問在 25℃時，每日要差多少秒？(黃銅之線膨脹係數 $\alpha=1.89\times10^{-5}/°C$ )答：慢 8.16 秒

類 6.一單擺的擺線由線膨脹係數為 $1.80\times10^{-5}$（1/℃）的材料製成，在 25℃時，此單擺的週期為 T；在 0℃時，其週期為 $T_0$，則 $T-T_0$ 約為 (A)$2.25\times10^{-4}T_0$ (B)$-2.25\times10^{-4}T_0$ (C)$4.50\times10^{-4}T_0$ (D)$-4.50\times10^{-4}T_0$ (E)$6.75\times10^{-4}T_0$。答：(A)

## ※線膨脹⇨兩物連結的膨脹

例 21.細長金屬棒 A 的長度為 $L_1$，線膨脹係數為 $\alpha_1$；另一條細長金屬棒 B 的長度為 $L_2$，線膨脹係數為 $\alpha_2$。今將金屬棒 A 之一端焊接到金屬棒 B 之一端，則此焊接後之金屬棒的等效線膨脹係數為 (A) $\alpha_1+\alpha_2$ (B) $\alpha_1L_1+\alpha_2L_2$ (C) $\alpha_1L_2+\alpha_2L_1$ (D) $\dfrac{\alpha_1L_1+\alpha_2L_2}{L_1+L_2}$ (E) $\dfrac{\alpha_1L_2+\alpha_2L_1}{L_1+L_2}$。答：(D)

## ※β=2α、γ=3α

例 22.內外半徑為 a、b 之中空同心球體，若線膨脹係數為 α，則當溫度上升 t℃時，中空部分之容積如何改變？(A)增加 3αt (B)減少 3αt (C)增加 2αt (D)減少 2αt (E)增加 αt 倍答：(A)

例 23.銅的線膨脹係數是 $17.0\times10^{-6}$(1/℃)；銅在-10℃時的密度是 $\rho_1$，在 15℃時的密度是 $\rho_2$，則 $\frac{\rho_1-\rho_2}{\rho_1}$ 之值為何？【89 日大】答：$1.27\times10^{-3}$

類 1.當銅幣溫度增加 10℃時，其直徑增加 0.018%，則該銅幣的截面積增加_____%。答：0.036

類 2.將線膨脹係數 $1.0\times10^{-5}$℃$^{-1}$ 的金屬板中央挖一圓孔，當溫度由 0℃升至 20℃時，圓孔面積增加_____倍。答：$4\times10^{-4}$

類 3.銅板上有一圓孔，在 0℃時直徑為 r，若均勻受熱使銅板達 T℃，則此時（設銅板之線膨脹係數為 α） (A)圓孔直徑減為 r(1-αT) (B)圓孔直徑增加率為 αT (C)圓孔周長減少率為 αT (D)圓孔面積增加率為 2αT (E)圓孔周長增加率為 αT。答：(B)(D)(E)

類 4.試計算一鋼球，在 50℃時之密度，與 0℃時之密度比較，密度減少的比值為若干？(鋼的線膨脹係數 $\alpha=11\times10^{-6}$/℃)答：$-1.65\times10^{-3}$

類 5.某均勻細金屬桿在 0℃及 t℃時之比重各為 $\rho_0$ 與 $\rho$，若 t 之溫度不高，則此金屬之線膨脹係數約為：(A) $\frac{\rho-\rho_0}{\rho_0 t}$ (B) $\frac{\rho-\rho_0}{3\rho t}$ (C) $\frac{3\rho}{(\rho-\rho_0)t}$ (D) $\frac{\rho_0-\rho}{3\rho t}$ (E) $\frac{3\rho t}{\rho-\rho_0}$ 。答：(D)

## ※氣體膨脹

例 24.在標準狀態下，一玻璃瓶之容積為 1010 立方厘米，封入 1000 立方厘米的水銀及 10 立方厘米之空氣。然後，加熱至 20℃，求其中空氣之壓力？已知水銀及玻璃之體脹係數為 $18\times10^{-5}$/℃及 $24\times10^{-6}$/℃ 。答：1.56atm

# ※體膨脹

例 25.一水銀溫度計底端的玻璃球體 0℃時體積為 $V_0$，上端之毛細管在 0℃時截面積為 $A_0$，玻璃之體膨脹係數為 $\gamma_1$，水銀之體膨脹係數為 $\gamma_2$。如假設水銀在 0℃時之體積亦為 $V_0$，則在 t℃時毛細管中水銀之上升高度如何？(A) $\frac{V_0}{A_0}(\gamma_2-\gamma_1)t$ (B) $3\frac{V_0}{A_0}(\gamma_2-\gamma_1)t$ (C) $2\frac{V_0}{A_0}(\gamma_2-\gamma_1)t$ (D) $\frac{V_0}{A_0}(\gamma_2-\gamma_1)t^2$ (E) $\frac{V_0}{A_0}(\gamma_2-\gamma_1)t^3$ 。答：(A)

類 1.設一玻璃燒瓶，燒瓶頸上有一基準線，在 20℃時，基準線下之容積為 $100\,mm^3$。在 20℃時，此瓶裝入液體正及基準線。液體之容積膨脹係數為 $120\times10^{-5}$/℃，玻璃之線膨脹係數為 $8\times10^{-6}$/℃。瓶頸截面積為 $10\,mm^2$，可以視作一定不變者，問在 40℃時，液體之頂面昇降若干厘米？(A)0.156 (B)0.172 (C)0.235 (D)0.275 (E)0.295 。答：(C)

類 2.一水銀溫度計，外圍玻璃的線膨脹係數為 $9\times10^{-6}$/℃，球內水銀的線膨脹係數為 $61\times10^{-6}$/℃，溫度計內的毛細管截面積保持 0.1 平方公釐，若 0℃時溫度計底玻璃球的體積為 1 立方公分，球內水銀體積也是 1 立方公分，則在 40℃時毛細管中水銀高度比 0℃時高出多少公分？(A)10.8 (B)9.66 (C)8.4 (D)7.32 (E)6.24。答：(E)

類 3.一裝滿 50℃水之玻璃瓶容量為 $250\,cm^3$，瓶水一起加熱到 60℃，則多少水溢流出來？(A)若瓶子之膨脹可略去(水之 $\gamma=60\times10^{-5}$/℃) (B)若考慮瓶子膨脹(設玻璃 $\gamma=1.2\times10^{-5}$/℃)
答：(a)$1.5cm^3$；(b)$1.47cm^3$

類 4.有一中空玻璃球，其內一部份裝汽油，其餘為真空。已知玻璃和汽油的體膨脹係數各為 $27.0\times10^{-6}$℃$^{-1}$ 及 $960\times10^{-6}$℃$^{-1}$。若欲使真空部分的體積不隨溫度而改變，則汽油佔玻璃容積的比例為_____。答：2.8%

類 5.在 0℃時取體積 V 之玻璃容器，注入密度 $\rho$ 之水銀後封其口，若玻璃的線膨脹係數為 $\alpha$，水銀之體膨脹係數為 $\beta$，則無論溫度如何變化容器內之空氣體積均不變時，水銀之質量為何？答：$\frac{3\alpha\rho V}{B}$

類 6.將水由 1℃升溫到 4℃時，下列哪一項說明是正確的？ (A)體積、密度皆不變 (B)體積、密度皆變小 (C)體積、密度皆變大 (D)體積變小，密度變大 (E)體積變大，密度變小。答：(D)

# 11-5 物質的三態變化與潛熱

## ※三態變化

**1.**相變：當物質的壓力、體積或溫度改變時，其物態會發生改變，稱為相變。

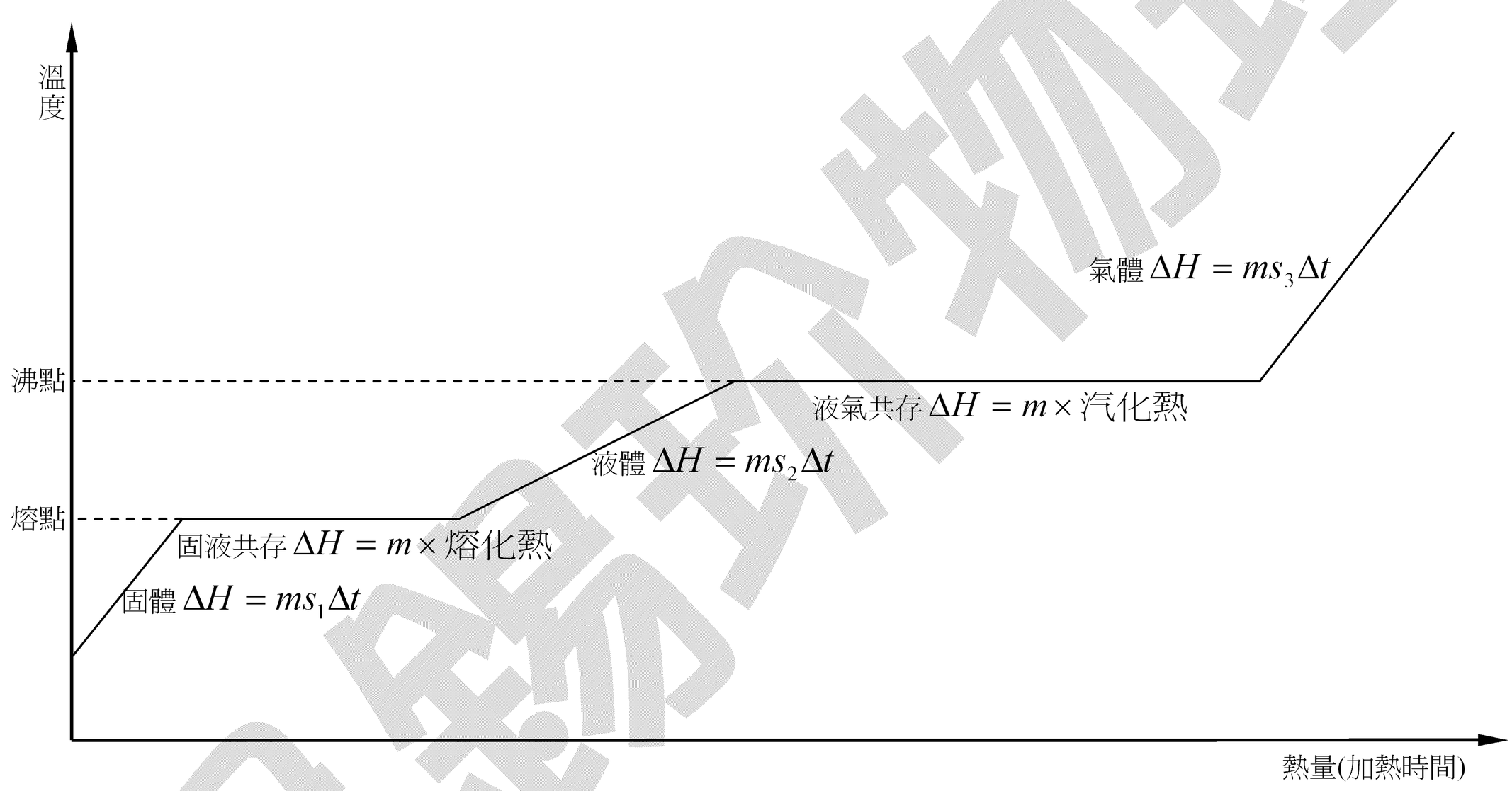
**2.**潛熱：物態變化所吸收或放出的熱量，稱為潛熱。如熔化熱、凝固熱、汽化熱、凝結熱。

**(1)**熔化熱**(**凝固熱**)**：**1** 克的固體變成同溫度的液體所吸收之熱量，反之為凝固熱，冰的熔化熱為 **80** 卡**/**克。

**(2)**汽化熱**(**凝結熱**)**：**1** 克的液體變成同溫度的氣體所吸收之熱量，反之為凝結熱，水的汽化熱為 **540** 卡**/**克。

**3.**物態變化時，所吸收或放出的熱量，只改變分子間的位能，而不改變分子運動的動能，因此其溫度保持不變。

**4.**物體受熱其物態變化時，溫度與熱量的關係如圖：




## ※三相圖

**1.**三相圖中的三條曲線分別為熔化曲線、汽化曲線及昇華曲線。

**(1)**等壓線與熔化曲線交點的溫度稱為熔點。

**(2)**等壓線與汽化曲線交點的溫度稱為沸點。

**2.**三相點：三條曲線的交點處稱為三相點，三態在此特定的溫度、壓力下可以共存。

**3.**蒸汽壓：液體在不同溫度時，會有不同的蒸氣壓。當蒸汽壓與外界壓力相等時，液體內的小氣泡會翻湧而出，形成沸騰，所以汽化曲線就是蒸汽壓曲線。

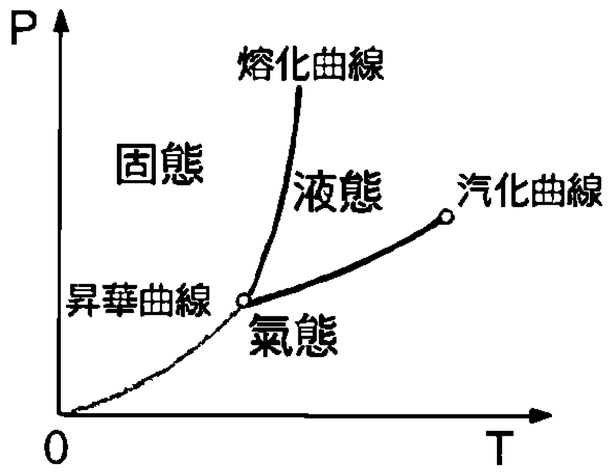
**4.**一般物質的三相圖：

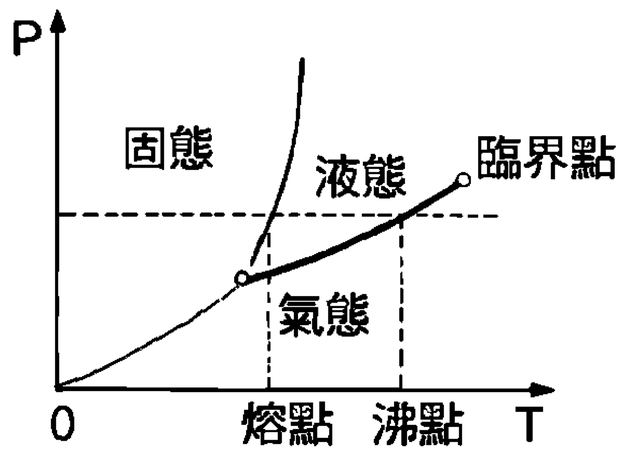
**(1)**當外加壓力 **P** 增大時，則物質的熔點與沸點均會升高。

**(2)**常溫下的液體當壓力加大時，會幫助液體凝固，卻妨礙汽化。

**(3)**當物質由液體變成固體時，體積會縮小。

吳錫玠物理



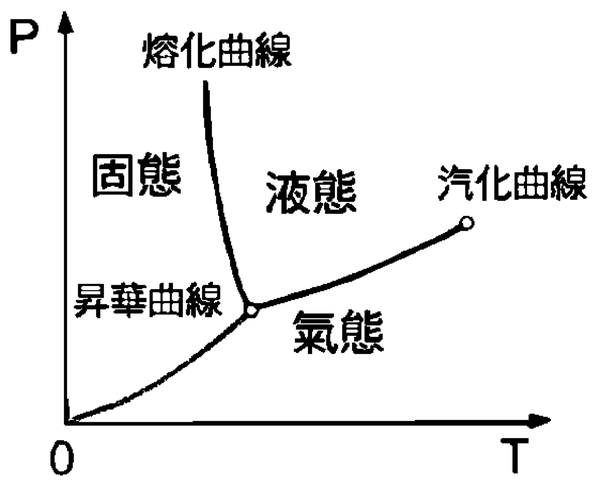



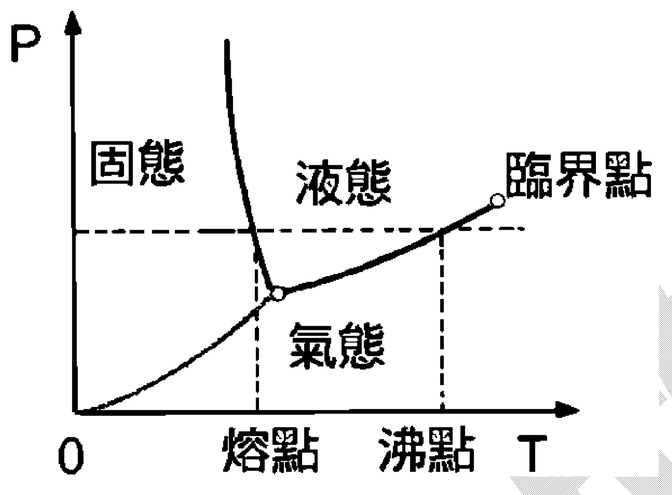

**5.**水、銻、鉍、生鐵的三相圖：

**(1)**當外加壓力 **P** 增大時，則物質的熔點降低，沸點會升高。

**(2)**常溫下的固體當壓力加大時，會幫助固體熔化，但效應並不明顯。

**(3)**當物質由固體變成液體時，體積會縮小。




**6.**在一個炎熱的夏天，一個二八年華的女高中生等了好久的公車，終於看到一輛期待已久勿公車緩緩駛來，本想說終於鬆了口氣，沒想到一上公車竟然客滿，眼尖的她就立刻走到一個阿兵哥旁邊站著，想說阿兵哥會英雄救美的讓座。

其實那阿兵哥打從那女孩緩緩向他逼近時，就已經看穿她的詭計，心想著:「開玩笑，這歐巴桑都比我還強壯，要我讓座？門兒都沒有！」於是他馬上靈機一動，使出「裝睡」絕招。

天氣是如此地炎熱，人情是如此地淡薄，那女高中生只好無奈的拿出一條白手帕來擦汗，沒想到正要擦時突然從窗外灌進一陣風，那條白手帕被風吹落後，竟不偏不倚掉在那個裝睡的阿兵哥的褲襠上……

丫！尷尬了，男女授受不親，總不好動手去撿吧！

可是偏偏那豬頭阿兵哥又睡得那麼沉，一點感覺都沒有，於是那女孩想到了一個方法，她請坐在阿兵哥旁邊的他的朋友叫醒他，好讓阿兵哥自己撿起來還她。

那個裝睡勿阿兵哥在迷迷糊湖中被身旁的朋友叫醒，迷迷糊糊的低下頭，睡眼矇矓中看到褲襠上白白的東西……「天哪！內褲怎麼跑出來了！」

二話不說馬上將「它」塞進褲襠……

吳錫玠物理

# ※相變&潛熱

例 26.水沸騰時再加熱，溫度不再升高，這是因為(A)水分子內能不增加(B)水分子質心動能增加，但用於使分子振動的能量不增加(C)水分子質心動能不增加，但所供給的能量將密集的分子拉開變成水汽(D)此時所加熱都變成輻射能(E)此時能量不守恆。【67 日大】答：(C)

類 1.下列何者正確 (A)晶體純物質有固定熔點與凝固點 (B)純物質有固定之沸點 (C)液態在氣化時之溫度叫沸點 (D)沸騰與蒸發均爲液態氣化 (E)蒸發可在任何溫度下進行。答：(A)(B)(D)(E)

類 2.100℃水與同質量 100℃水蒸氣所含之熱量_____較多，分子動能_____較多，兩者能量差，原因爲何？答：水蒸氣；相同；分子間位能(潛熱)

類 3.物質發生相變而放出潛熱時，下列何者會發生改變？ (A)熱含量 (B)溫度 (C)比熱 (D)分子間的距離 (E)分子間的位能。答：(A)(C)(D)(E)

類 4.有關潛能敘述何項正確？ (A)同溫度的冰和水具有相同的潛能 (B)分子間吸引力愈大者相變時潛能變化愈顯著 (C)莫耳汽化熱愈大的物質通常沸點愈高 (D)物質吸收熱量溫度一定上升 (E)不同物質相變時潛能大小均不同。答：(B)(C)(E)

類 5.純水在何者狀態下，所含潛能最多？ (A)液態 (B)氣態 (C)固態 (D)結晶體。答：(B)

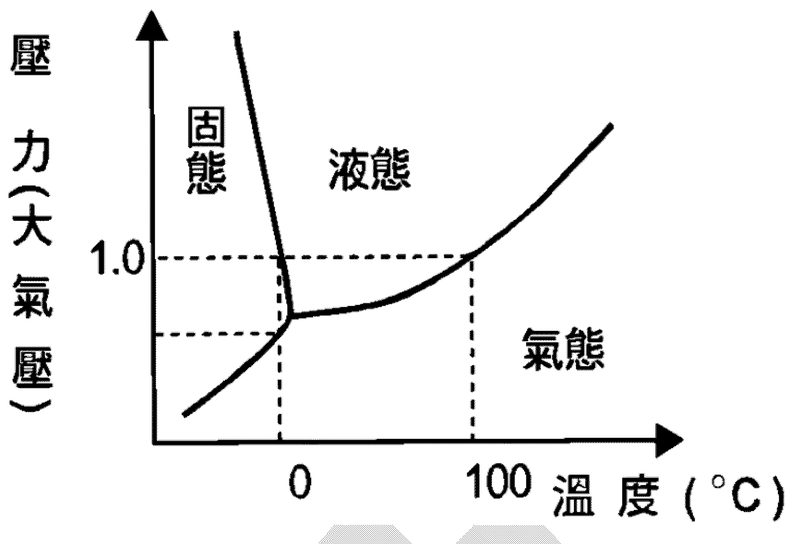
類 6.冰塊熔解時： (A)放出熱量 (B)分子內能增加 (C)溫度升高 (D)需吸收熱量 (E)質心動能必增加。答：(B)(D)

類 7.物質在三態狀況下：
(1)分子間位能最大的是_____。(2)分子間距離最小的是_____。(3)分子動能最大的是_____。(4)分子間束縛能最大的是_____。(5)密度最小的是_____。(6)分子總能最大的是_____。答：(1)氣態；(2)固態；(3)氣態；(4)固態；(5)氣態；(6)氣態

類 8.下列關於熱的敘述中，何者爲正確？ (A)將水密封於一絕熱容器內，若未裝滿，且初溫爲 20℃，搖動一段時間後，水溫必高於 20℃ (B)將溫度均爲 0℃的水和冰密封於一絕熱容器內(未裝滿)，搖動一段時間後，部分冰塊熔化。冰塊熔化量和水溫升高量成正比 (C)在(B)情況中，應改爲:冰塊熔化量和水溫下降量成正比 (D)溫度升高時，物質必膨脹 (E)熱必由高溫處流至低溫處，故在氣體分子運動中，低速分子絕不會向高速分子所在處飛去。【73.夜大】答：(A)

# ※三相圖

例 27.右圖為純水在不同壓力與溫度時的狀態示意圖(未按實際比例)。若將純水的溫度維持 0℃，壓力自 1 大氣壓下降，直至 $10^{-3}$ 大氣壓。則在此過程中，純水的狀態改變情形，下列何者正確？ (A)固態→液態 (B)固態→氣態 (C)液態→氣態 (D)固態→液態→氣態 (E)液態→固態→氣態。【89 推甄】答：(E)




類 1.在某一山頂水的沸點為 80℃，當地之氣壓為 356 ㎜-Hg，已知 80℃的飽和水蒸氣之壓力為 354 ㎜-Hg，求山頂重力加速度之值？答：974cm/$s^2$

類 2.在氣壓為 684 毫米水銀柱的山頂上有一鍋，其半徑為 20 公分，今欲使鍋內的水沸騰時的溫度與在平地沸騰時的溫度（氣壓為 1 大氣壓）相同，則在鍋上應置多少公斤的蓋子？(A)955 (B)95.5 (C)1169 (D)13 (E)130。答：(E)

類 3.下列敘述何者正確？ (A)兩物達熱平衡時，兩者溫度必相同 (B)溫度變化不大時，線膨脹係數約為體膨脹係數的 3 倍 (C)物體溫度小於 0℃時，輻射作用即完全消失 (D)潛熱是勢能的一種形式 (E)凝固時體積膨脹的物體，加大壓力會使沸點降低。答：(A)(D)

類 4.下列敘述何者正確？ (A)由固態直接變成氣態，稱為昇華，由氣態直接變為液態則稱為凝固 (B)在沸點時的汽化現象，稱為蒸發 (C)潛熱是以勢能的形式潛藏在物體中 (D)使用壓力鍋可在短時間燉爛食物的原理，是「增加壓力，可提高水的沸點」 (E)在冰塊上置放重物，則見重物將漸沉入冰塊中，顯示冰的熔點，因加壓而上升。答：(C)(D)

類 5.下列敘述何者正確？ (A)在特定溫度與壓力下，物質的三態可共存而平衡，此溫度稱為三相點 (B)當加熱某一物質使其溫度上升時，所提供的熱能用來改變分子間的位能 (C)當加熱某一物質使其產生物態變化，所提供的熱能用來改變分子運動的動能 (D)對水而言，當外加壓力增大時，其沸點上升 (E)液體的沸點高低和其蒸氣壓無關。答：(A)(D)

類 6.食品業製造奶粉時，下列何種技術最適合於加速水分的蒸發，以使奶粉乾燥？ (A)瞬間高溫 (B)高溫加壓 (C)加熱通風 (D)真空蒸發。答：(D)

類 7.下列敘述何者正確？(A)所有的物質的熔點皆會隨著壓力的減小而減小(B)製造奶粉時，所使用的方法為低壓脫水(C)物質吸收熱能後，溫度一定會上升(D)水在 4℃時密度最大，因此寒冷冬天水中生物得以生存 (E)比熱小的物質，必定容易升溫、容易降溫。答：BD

## ※三態變化吸熱

例 28.若將零下 10℃的冰塊 100 克加熱，使成為 120℃的水蒸氣，則所需之熱量為 (A)10550 卡 (B)18550 卡 (C)36725 卡 (D)73500 卡。 ($s_{冰}$=0.5cal/g℃，$s_{水蒸氣}$=0.5cal/g℃，冰的熔化熱 80cal/g，水的汽化熱 540cal/g)答：(D)

例 29.把 200 克之冷金屬塊，投入質量為 100 克、溫度為 10℃之水中，平衡後整個系統之溫度為 0℃，金屬塊上並附一層 10 克之冰。已知該金屬之比熱為 0.10 卡/克℃，水之凝固熱為 80 卡/克，設整個系統沒有流失熱量，也沒有從外界獲得熱量，則該金屬塊之原來溫度為 (A)-20℃ (B)-35℃ (C)-50℃ (D)-85℃ (E)-90℃。【78 日大】答：(E)

類 1.設當一克分子的食鹽(NaCl)溶化於水，需吸收 1010 卡之熱量，今如將 20℃之食鹽 1 克，投入 100 克，20℃之水中。如 NaC1 比熱爲 0.219 卡/克℃，試求最後平衡之溫度(設熱量無損失)。答：19.83℃

類 2.已知氨的汽化熱爲 320 卡/克，設某製冰機蒸發管內每秒鐘有 400 克之液態氨汽化，若注入金屬箱內之清水溫度爲 20℃，則此製冰機每分鐘可製冰若干公斤？答：76.8kg

類 3.汽車的剎車裝置，是將汽車的動能，以摩擦的方式，轉成熱能散逸。一輛滿載的砂石卡車，其總重有 50000 公斤(即 50 公噸)，原以每小時 72 公里的速率行駛。當此車欲停止時，若將剎車裝置所產生的熱全數用以加熱初溫 40℃的水，則估計可將多少公斤的水加熱變成 100℃的水蒸氣？(J=4.2 焦耳/卡)答：4kg

類 4.將一塊重 2 公斤，0℃的冰塊向石牆拋擲時需要多大的速度，始使得冰塊在撞擊時完全熔化掉？(不計空氣阻力)答：820m/s

類 5.冰的熔化熱爲 80 卡/克，比熱爲 0.55 卡/克℃。如將質量爲 5 克、溫度爲-10℃的冰熔化爲 20℃的水，則需要_____卡的熱量。【82 日大】答：527.5

類 6.將-20℃的冰塊 50 克加熱，使成 140℃的水蒸汽需要多少熱量？(假設冰塊之平均比熱爲 0.5 卡/克℃，水蒸氣的比熱爲 0.5 卡/克℃)答：37450 卡

## ※冰、水、水蒸氣混合(部分熔化、液化)

例 30.將同質量 100℃之水蒸氣與 0℃之冰置於一絕熱容器內，當達到熱平衡時，則下列敘述何者為正確？ (A)全都是液態 (B)全部是氣態 (C)氣態之質量為總質量的 25/54，液態之質量為總質量的 29/54 (D)氣態之質量為總質量的 1/4，液態之質量為總質量的 3/4 (E)氣態之質量為總質量的 1/3，液態之質量為總質量的 2/3。【70 日大】答：(E)

類 1.小華月等等質量的 70℃熱水和 0℃的冰塊在絕熱的保溫杯中混合，則混合後的溫度爲何？(水的比熱爲 1cal/g℃，冰的熔化熱爲 80cal/g) (A)0℃ (B)5℃ (C)35℃ (D)70℃。【86 推甄】答：(A)

類 2.二個 50g 的冰塊投入裝有 200g 水的玻璃杯內，若水的初溫是 25℃，而冰是直接由溫度-15℃的冷凍箱內取出，試求此時飲料的溫度？冰的比熱爲 0.5cal/g℃。(玻璃杯的比熱不計)答：0℃

類 3.已知冰的熔化熱爲 80 卡/克，水的汽化熱爲 540 卡/克。今將質量 40 克、100℃的沸水和質量 20 克、0℃的冰塊混合，則其末溫爲_____℃。(假設無熱能散失)答：40

類 4.將 100℃的水蒸氣 10 克，與 0℃的冰 200 克混合於絕熱的容器內；假設蒸氣壓變化的因素可略，則達熱平衡之後剩下的冰有_____克。(冰的熔化熱 80 卡/克，水蒸氣的凝結熱 540 卡/克)答：120

類 5.將同質量之 100℃之水蒸氣與 0℃之冰置於一絕熱容器，當達平衡時，氣態之質量爲液態質量之_____倍。答：1／2

類 6.用 90 克的 0℃之冰與 10 克的 100℃之水蒸氣混合則終溫爲_____℃，混合體中冰與水之質量比爲_____。 答：0；1：9

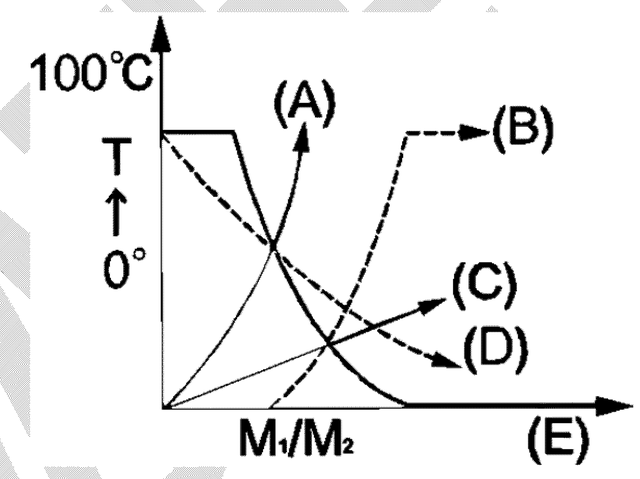
類 7.一絕緣良好之銅罐，質量爲 250g，內盛溫度爲 0℃之水和冰，質量各爲 400g 及 50g。以乾燥蒸氣通入該銅罐，充分攪拌後，銅罐及其內容物升至 20℃，設熱量散失可以忽略不計，則有幾 g 水蒸氣凝結成水？(銅比熱=0.095cal/g℃)答：21.7 克

類 8.妻：「你大哥找到你那離家出走的老爸了嗎？」
女兒：「有。不但找回來，而且也問清楚老爸逃家的理由。」
妻：「那他們人呢？」
女兒：「大哥聽完理由後就跟老爸一起跑了…」

# ※冰、水、水蒸氣混合(部分熔化、液化)

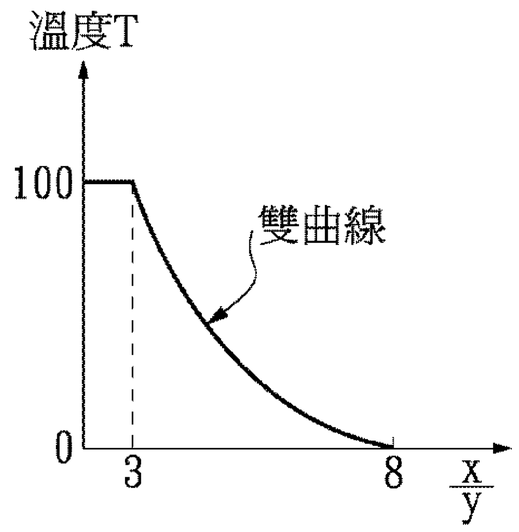
例 31.將 X 克的 0℃冰塊與 Y 克 100℃的水蒸氣混合置於絕熱容器內，最後全部成為水，則 Y/X 的值其範圍是_____。(水的汽化熱為 540cal/g)答：$\frac{1}{3} \geq \frac{Y}{X} \geq \frac{1}{8}$

類 1.設 $M_1$ 克的冰和 $M_2$ 克的水蒸氣混合後，最後的溫度成爲 T。則 $M_1 / M_2$ 和 T 的關係爲右圖中的哪一條？【67.日大】答：(E)




類 2.以 $m_1$ 克 0℃的冰，與 $m_2$ 克 100℃的水蒸氣，在絕熱容器內混合。問：當達成熱平衡時，其末狀態如何？(水的汽化熱每克 540 卡，凝固熱每克 80 卡) (A)若 $m_1 / m_2 = 9$，末溫爲 0℃的冰水共存狀態 (B)若 $m_1 / m_2 = 8$，末溫爲 0℃的水 (C)若 $m_1 / m_2 = 5$，末溫爲 40℃的水 (D)若 $m_1 / m_2 = 3$，末溫爲 100℃的水 (E)若 $m_1 / m_2 = 2$，末溫爲 100℃的液氣共存態。答：(A)(B)(C)(D)(E)

類 3.附圖表示 x 公克 0℃的冰與 y 公克 100℃的水蒸氣混合後，平衡溫度與 $\frac{x}{y}$ 的關係圖，已知冰的熔化熱爲 80 卡/克，水的汽化熱爲 540 卡/克，則取 32 克 0℃的冰與 8 克 100℃的水蒸氣相混合，平衡溫度爲多少？ (A)64℃ (B)40℃ (C)32℃ (D)10℃ (E)8℃。答：(A)




類 4.設 $M_1$ 克 0℃的冰和 $M_2$ 克 100℃的水蒸氣混合時，最後的溫度爲 T：

(1)若 $\frac{M_1}{M_2}$=2，則溫度與混合物爲何？答：100℃；水與水蒸氣共存

(2)若 $\frac{M_1}{M_2}$=5，則溫度與混合物爲何？答：40℃；水

(3)若 $\frac{M_1}{M_2}$=9，則溫度與混合物爲何？答：0℃；冰與水共存

# ※熔化熱的實驗

例 32.某生做冰熔化熱實驗，步驟如下：(a)在量熱器中加入 65 克、32℃的水 (b)0℃的冰塊擦乾之後，放入量熱器中 (c)熱平衡後，測得溫度為 14℃，水的總質量 85 克。若已知量熱器的水當量為 35 克，求

(1)量熱器放熱若干卡？答：630cal

(2)冰塊的質量為若干克？答：20 克

(3)若此系統與外界無熱量交換，則冰的熔化熱為若干卡/克？答：76cal/g

(4)已知冰的熔化熱是 80 卡/克，誤差產生的原因可能是量熱器絕熱效果不佳。則此次實驗中，系統自外界獲得或失去能量若干卡？答：自外界獲得 80cal

類 1.容器內盛 100 克，30℃的水，今投入 24 克、0℃的冰塊，平衡時，水溫爲 10℃，則容器的水當量爲_____。答：8 克

類 2.燒杯中盛有 15℃的水 100 克，加入 100℃，10 克的水蒸氣，已知水的汽化熱爲 539 卡/克。若

(1)燒杯吸收熱量及損失於周圍空氣的熱總共有 190 卡，則平衡時之溫度爲何？答：70℃

(2)未注意及熱的損失，利用溫度計量得(1)的答案，以此計算水的汽化熱，其值爲何？百分誤差爲何？答：520cal/g；3.52%

類 3.久置在室溫 20℃下的一量熱杯內含 50 克水，將系統加熱至 30℃需加熱 1200ca1，求量熱杯之水當量爲多少克？答：70

類 4.在金屬比熱與冰之熔化熱實驗中，下列敘述何者正確？ (A)使一物體溫度改變時，其吸收或放出之熱量，若恰能使 M 克的水做相同溫度的變化，則該物體之比熱爲 M (B)測定水當量比熱及熔化熱，最常用混合法，此法是使不同溫度之物體混合，則一物所失之熱必爲它物所得之熱 (C)測金屬比熱時，將金屬浸入水中測出的水溫即爲金屬之溫度 (D)測量冰的熔化熱時，冰的質量可直接將冰放在天平上稱出 (E)測量冰的熔化熱時，爲防止輻射熱的影響太大，應將測量時間縮短。答：(B)(C)(E)

類 5.某量熱器之質量爲 100 克，其中盛水 500 克。今將溫度爲零下 10℃，質量 100 克之冰塊投入熔化後，量熱器中溫度自 30℃降至 11.6℃。若已知冰之比熱爲 0.5 卡／克-℃，冰之熔化熱爲 80 卡／克，則此量熱器之水當量爲 (A)96.6 克 (B)52 克 (C)25 克 (D)0.52 克 (E)0.25 克。答：(C)

# ※加熱時間圖

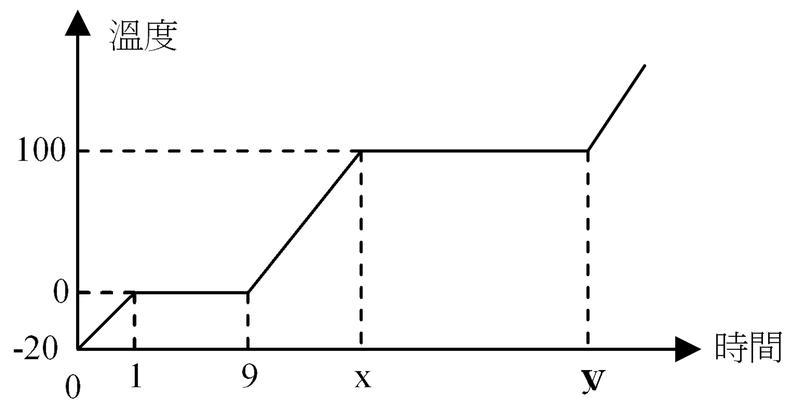
例 33.在 1atm 下對零下 20℃，100 克的冰塊加熱，每分鐘供給 1000 卡的熱量，到 100℃開始沸騰，如右圖所示：

(1)加熱幾分鐘後水開始沸騰，即 x=_____分。

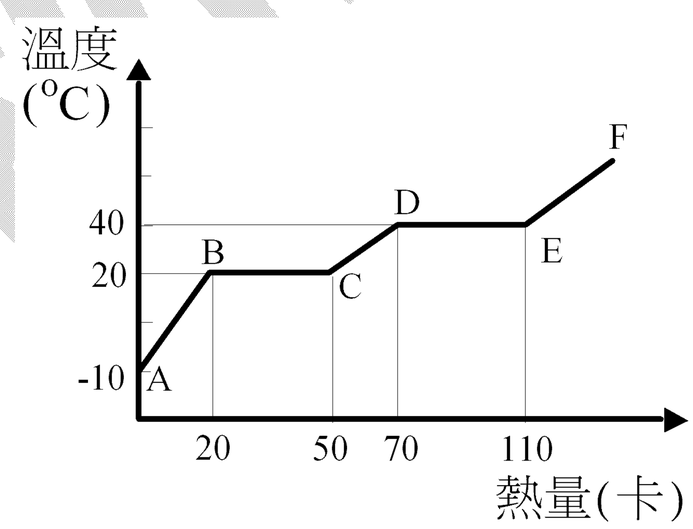
(2)由圖求得冰之熔化熱_____卡/克。

(3)由圖求得冰之比熱=_____卡/克℃。

(4)若水之汽化熱為 540cal/g，則 y=_____分。【大學聯考題】答：(1)19；(2)80；(3)0.5；(4)73

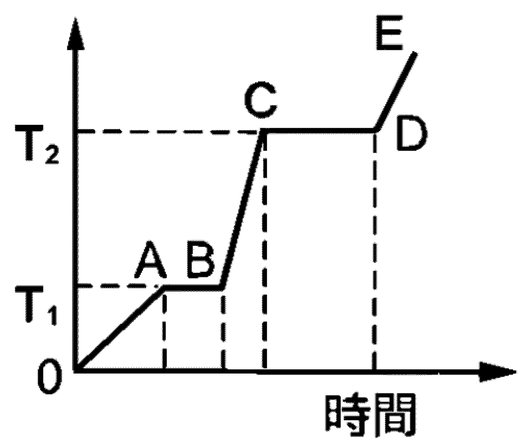



類 1.右圖表示質量為 m 克的某物質受熱時的溫度變化。下列敘述中，何者為不正確？(A)此物質在未加熱時為固體，溫度為-10°C (B)此物質吸收了 20 卡的熱量後，溫度升至 20°C，開始熔化 (C)此物質的熔化熱小於汽化熱 (D)此物質完全汽化成氣體以後，在圖示範圍內，比熱將隨溫度而變 (E)此物質在液態時的比熱為(1/m)卡/克℃。【76 日大】答：(D)

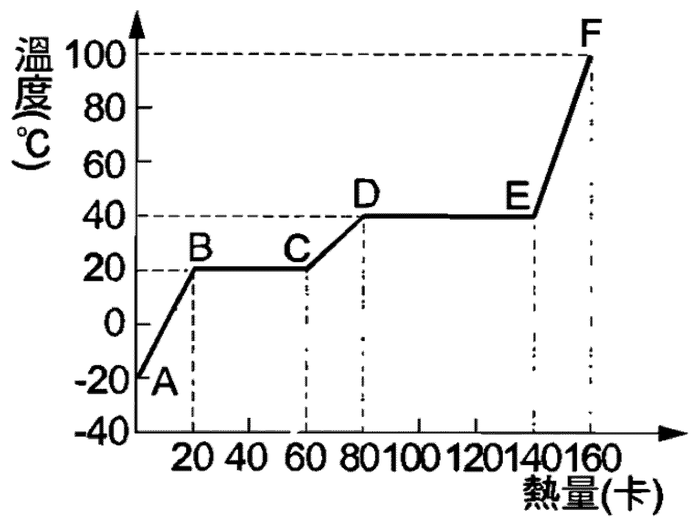



類 2.以一定的速率加熱於 0℃的冰 200 克，經 8 分鐘全部熔解，又經 a 分鐘水開始沸騰，再經 b 分鐘全部汽化，求 a、b 各若干？答：a=10 分；b=53.9 分

類 3.在定壓下把某固體由 0℃加熱，單位時間內加熱量一定時，測得如右圖的溫度與時間的關係。在下列敘述中哪些是正確的？ (A)在 BC 間固體與液體同時存在 (B)此物質的熔點為 $T_2$ (C)在 DE 時為氣體狀態 (D)此物質的汽化熱大於熔化熱 (E)固體時的比熱較液體時的比熱大。答：(C)(D)(E)



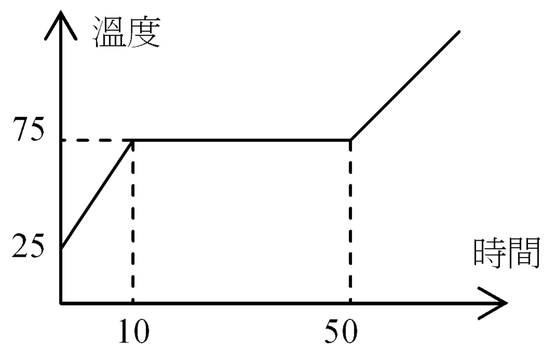

類 4.右圖是質量 50 克的某物質溫度對吸收熱量關係圖，下列敘述何者正確？ (A)此物質的比熱在氣態時最大 (B)此物質的汽化熱大於熔化熱 (C)此物質在固態時比熱是 0.01 卡/克℃ (D)此物質的熔化熱是 40 卡/克 (E)此物質在液態時的熱容量是 1 卡/℃。答：(B)(C)(E)



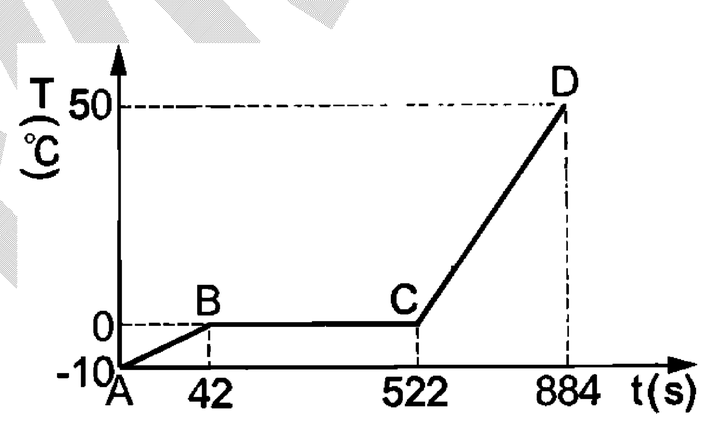

吳錫玠物理

# ※加熱時間圖

例 34.以量熱器作某液體比熱及汽化熱的實驗，熱源是一個 60 瓦的電熱器。量熱器的內筒質量 500 克，比熱為 0.093 卡/克℃，內盛 300 克的某液體。在實驗中量到的液體(及蒸汽)溫度與時間的關係可用右圖表示。設溫度計的熱容量可以忽略，則下列敘述何者正確？ (A)最初 10 分鐘，電熱器供給 $3.60\times10^4$ 卡的熱量 (B)該液體的凝固點為 75℃ (C)該液體的汽化熱約為 540 卡/克 (D)該液體的比熱約為 0.418 卡/克℃ (E)因量熱器不能完全隔熱，故該液體真正的比熱值應比本實驗所得結果小。【81 年大學】答：(D)(E)



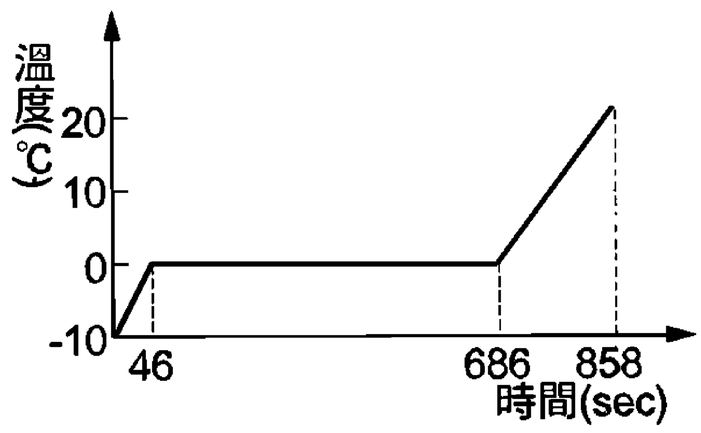

類 1.400g 玻璃容器內置 300 克之冰-10℃，加以 50cal/s 之均勻熱量，則溫度與時間關係如圖所示，玻璃及冰之比熱一定 (A)BC 為溫度一定即供應熱能全部用做相之變化 (B)由圖知冰之熔化熱為 80cal/g (C)容器之水當量為 62g (D)容器之比熱為 0.155cal/g℃ (E)AB 間冰所得之熱能為 $1.48\times10^3$cal (F)冰之比熱為 0.49cal/g℃。答：(A)(B)(C)(D)(E)(F)




類 2.500g 之容器內，置有 400g、-10℃之冰，若每秒加入 50 卡之均勻熱量，則見溫度與時間關係如右圖，若容器之水當量及冰之比熱均為一定，試求：

(1)容器之水當量？答：30 克

(2)冰之比熱？答：0.5cal/g℃

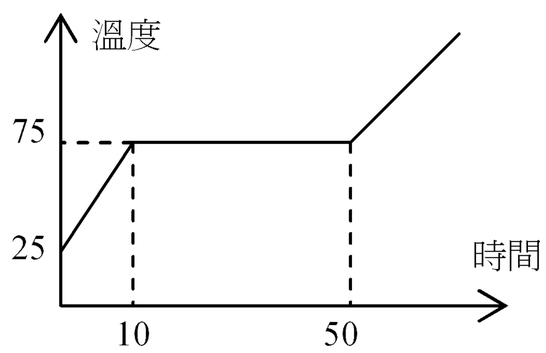



類 3.以量熱器作某液體比熱及汽化熱的實驗，熱源是一 60 瓦特的電熱器，量熱器內筒質量 500 公克，比熱 0.093 卡/公克℃，內裝 300 公克的某液體，在實驗中量到的液體(及蒸汽)溫度與時間關係如右圖，設溫度計熱容量可以忽略，不計熱量散失，1 卡=4.2 焦耳，求

(A)量熱器內筒的水當量。答：46.5g

(B)液體的汽化熱。答：115cal/g

(C)液體的比熱。答：0.42cal/g℃




吳錫玠物理

# 11-6 熱的傳播

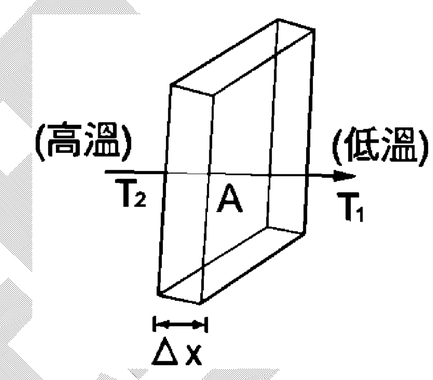
※熱傳導

**1.**定義：藉物質本身將熱量由高溫處傳向低溫處，高能量的質點因碰撞將能量傳遞給低能量的質點。

**2.**熱傳導的快慢：固體>液體>氣體，熱傳導為固體傳熱的主要方式，液體及液體的熱傳導非常慢。

**3.**熱傳導效應主要是自由電子作用，金屬導體內有較多的自由電子，為熱的良導體。

**4.**富立葉熱傳導定律：單位時間傳遞之熱量與**(**接觸面積**)×(**兩端溫度差**)**成正比，與固體厚度成反比。$\frac{\Delta H}{\Delta t}=-KA\frac{\Delta T}{\Delta x}$




**K**：導熱係數；負號表示熱由高溫傳向低溫；$\frac{\Delta T}{\Delta x}$稱為溫度梯度

**5.**導熱條數：指物體傳導熱量的能力，係數越大者，導熱的速率越大，金屬的導熱條數遠大於氣體的。

※熱對流

**1.**定義：藉物體本身的流動，由高溫的質點直接把能量帶到低溫處，為流體主要傳熱方式。

**2.**如由底部加熱一壺水，則壺底的水受熱膨脹，密度減小，而上升。而上方的水溫度較低，密度較大則下沉，形成對流。

※熱輻射

**1.**定義：任何物體，若溫度不為絕對零度**(-273**℃**)**，其表面恆放射出電磁波形式的輻射能，輻射能量以光的形式釋放或吸收。

**2.**熱平衡：若兩物體原本溫度 $\mathbf{T_2>T_1}$，在真空環境下，經一段時間後，兩者溫度相等。物體可以放射亦可以吸收輻射能，若吸收時率>放射時率，則溫度升高，反之，則溫度下降，達熱平衡時，則吸收時率等於放射時率。

**3.**史蒂芬**(Josef Stefan)**定律：物體表面單位面積、單位時間內的輻射總量 **E** 與物體絕對溫度的 **4** 次方成正比，且 **E** 值與物體的性質有關。

$E=e\sigma T^4$

**E**：輻射率，單位為 **watt/m²**

**e**：發射率，與物質種類及表面特性有關，$0\le e\le 1$，若 **e=1** 時稱為黑體**(**完全吸收**)**，**e=0** 是表面光華的完全反射面，顏色越深，表面越粗糙者愈易吸收**(**溫度較周圍低**)**或發射**(**溫度較周圍高**)**輻射熱。

$\sigma$：史蒂芬**-**波滋曼常數，$\sigma=5.67\times10^{-8}$

**4.**輻射功率：物體每秒所放出之能量，**A** 代表物體隻表面積

**P=AE=** $Ae\sigma T^4$

**5.**熱輻射特性：

**(1)**不須藉由物質傳遞。

**(2)**溫度較高的物體，其熱輻射**(**電磁波**)**偏向波長較短的一端**(**紫**)**，反之，則偏向波長較長的一端**(**紅**)**。

**6.**維恩定律：不同溫度的物體會輻射不同頻率分布的電磁波，其中強度最強的電磁波的波長

與絕對溫度的乘積為一定值。$\lambda_{max}T = 2.9\times10^{-3} m-°k$，人體體溫為 **37**℃，$\lambda_{max}$ **=94000** 埃，為紅外線。耳溫槍測量部位最靠近體溫中樞(下視丘)，因此最準確、最靈敏。

## ※熱傳導

例 35.(1)一片長方形玻璃窗，長度為 1.0m，寬度為 0.60m，厚度為 5mn，其導熱係數為 $0.2\times10^{-2}$(cal.cm$^{-1}$.c$^{-1}$.℃$^{-1}$)。冬天室內室外的溫度分別為 16℃與 6℃，則室內每秒有多少熱，經由此玻璃窗傳至室外？
(2)承上題，若玻璃窗由兩片厚度為 2.5mm 的玻璃(導熱係數為 $0.57\times10^{-4}$(cal.cm$^{-1}$.c$^{-1}$.℃$^{-1}$))，中間夾一層厚度為 2mn 的空氣隙製成，其結果又為何？答：(1)240cal/s；(2)16cal/s

類 1.金屬固體在某一固定時間間隔內，經由熱傳導而傳過的熱量，與金屬的： (A)接觸面積成正比 (B)兩端溫度差成反比 (C)兩端的距離成反比 (D)高溫一端的絕對溫度成正比 (E)比熱成正比。答：(A)(C)

類 2.小明做了一個保溫設計，『把要保溫的東西放入小塑膠桶中加蓋，再用棉被覆蓋住。』關於此一設計，下列哪一項評語正確？ (A)此設計對於『冰』等冷凍的東西無效，蓋棉被反而熔的更快 (B)加棉被會使溫度上升，故只適用於想使物體溫度提升的情況 (C)不管要保溫的東西比室溫冷或熱，棉被可使溫度的變化減少 (D)蓋不蓋棉被溫度都一樣，因爲只要塑膠桶一加蓋，熱量就傳不出來。【83 推甄】答：(C)

類 3.寒冷的冬天，以手接觸金屬器材常覺得較同溫度的木質器材冰冷，其主要原因爲何？ (A)金屬熱傳導係數較木材大 (B)金屬熱傳導係數較木材小 (C)金屬比熱較木材大 (D)金屬比熱較木材小 (E)金屬含的熱量較木材小。【87 推甄】答：(A)

類 4.下列有關熱現象與熱能的敘述何者正確？ (A)定容氣體溫度計升高溫度時，瓶內單位體積之氣體分子數不變 (B)水沸騰時再加熱溫度不再升高，這是因爲水分子內能不增加 (C)煮大塊的肉時，若插入幾根長的金屬針，會使它更快熟 (D)在寒帶地區，雪熔化時，往往覺得氣溫比下雪天氣冷 (E)冬天用手接觸金屬，覺得比接觸木頭要冷。答：(A)(C)(D)(E)

## ※熱對流

例 36.下列敘述何者正確？ (A)煮水時，水內部的熱傳播方式主要是熱傳導 (B)湖面比湖底先結冰是因為水凝固成冰時體積增加 (C)水沸騰的時候，雖然繼續加熱水溫並不升高，這是因為壓力越大水的沸點越高 (D)壓力鍋是利用壓力增加沸點上升的原理，減少煮食時間。答：(B)(D)

類 1.下列何者與熱對流有關？ (A)失火之處四周常生風 (B)湖水結冰自湖面起 (C)在海灘夜間，風自陸地吹向海洋 (D)電冰箱內外漆成白色 (E)氣體的傳熱方式。答：(A)(B(C)(E)

類 2.選出正確的一項？ (A)在高山上煮飯呈半生，乃因氣壓高，沸點降低 (B)因水凝固時膨脹，故壓力增加時，0℃水會易凝結 (C)因流體分子易流動，故對流傳熱方式比傳導方式明顯 (D)海水比熱較大，故夜間風從海上向陸地吹 (E)複棒冷卻時，向膨脹係數較小的一方彎。答：(C)

## ※熱輻射

例 37.若 A 物體之輻射發射係數為 B 的 2 倍，而 B 的絕對溫度為 A 的 3 倍。則 (1)A 與 B 之輻射率比 $E_A : E_B$ 若干？ (2)若兩者之輻射發射功率(P)相同，則兩者之表面積比若干？答：(1)2：81；(2)81：2

類 1.若大小兩鐵茶壺，線量(相似形的對應邊)比 3：2，盛滿溫度相同的水，則其(1)熱容量比？(2)表面積比？(3)輻射功率比？(4)何者冷卻較快？答：(1)27：8；(2)9：4；(3)9：4；(4)小壺(時間比 3：2)

類 2.在太陽與地球的系統中，有關熱量的各項敘述，那一項是錯的？ (A)太陽將熱量以輻射方式傳至地球 (B)大氣吸收熱量，又輻射熱量，使地球表面保持平均爲 15℃的氣溫，此現象稱爲熱平衡 (C)地球溫度保持平均爲 15℃左右，因此不輻射熱量 (D)赤道熱量過多，二極熱量較少，需藉風及海流的對流作用以進行調節。答：(C)

吳錫玠物理