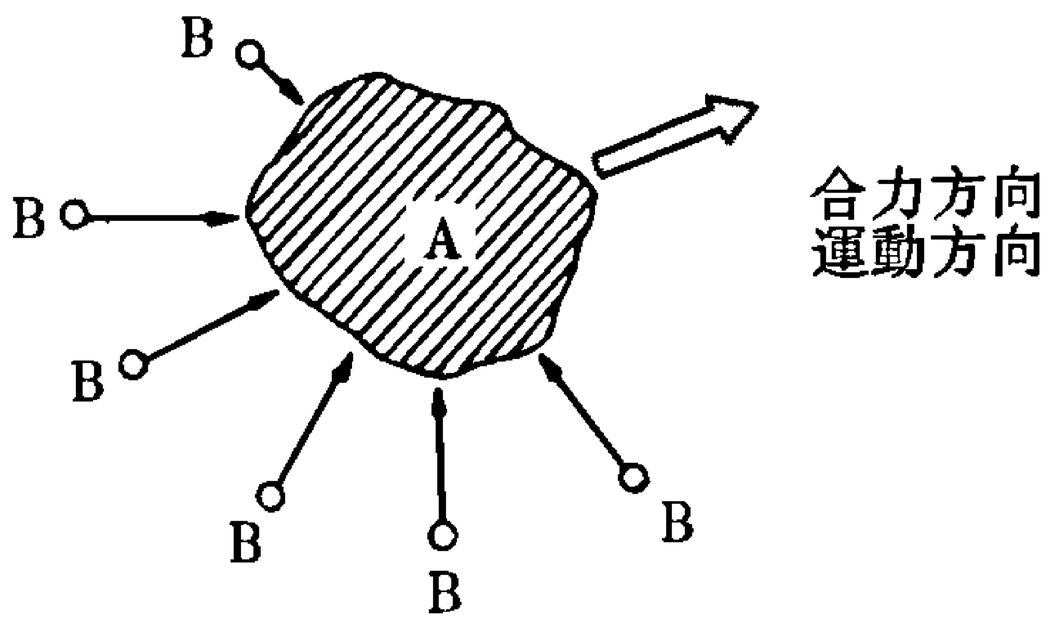
PHYSICS

第十二章

氣體動力論



_____年 _____班 _____號

姓名：_____

吳錫玠老師 編授

12-1 理想氣體方程式

※理想氣體

理想氣體的基本假設:

(1)理想氣體是由極大的分子數目所組成，且分子運動是無規則的：在任何一段時間內，氣體分子向各方向運動的分子數目皆相等。

(2)分子與分子間距離比分子直徑大得多：因此在一般密度下，理想氣體分子本身的體積，與氣體所占有的空間體積，相較之下是極微小。

(3)除碰撞外，分子間無相互作用力：理想氣體可視為微小剛球，兩球間的碰撞為完全彈性碰撞，並且遵守牛頓運動定律，碰撞時間極短，所以在兩次碰撞間分子作等速直線運動。

(4)真實氣體在高溫低壓時，較為接近真實氣體。

例 1.實際氣體和理想氣體的熱學性質，在溫度愈低時愈不相同。其主要原因是：(A)分子太小 (B)分子會運動 (C)分子停止運動 (D)分子間有作用力 (E)分子在容器中的分佈太亂。【大學聯考題】答：(D)

類 1.同溫同壓下，含水蒸氣較多的潮溼空氣與乾燥空氣相較，於下列諸敘述哪一項是對的？(A)潮溼空氣的密度較小 (B)相同體積時，乾燥空氣的質量較小 (C)相同體積時，潮溼空氣中所含的分子數目較大 (D)相同體積時，乾燥空氣所含的分子數目較小 (E)空氣潮溼下的大氣壓力較大。答：(A)

類 2.有關理想氣體之巨觀行爲（即絕對溫度 T，壓力 P，體積 V）的規律性，下列敘述何者爲誤？ (A)定溫下，定量氣體，壓力與體積之乘積爲一定值 (B)定壓下，定量氣體，體積與絕對溫度成正比 (C)定容積下，壓力 P 與絕對溫度成正比 (D)遵守 $\frac{PV}{T}=nR$ 的氣體叫理想氣體 (E)在(D)中之 R 等於 8.31atm・ℓ／mole・K。答：(E)

類 3.關於一莫耳理想氣體的物態方程式 $PV=nRT$，下列敘述中，正確的是： (A)溫度維持一定時，此式表示波以耳定律 (B)壓力維持一定時，此式表示定壓時的查理－給呂薩克定律。根據此定律做成的溫度計，爲定容氣體溫度計 (C)體積維持一定，此式表示定容時的查理－給呂薩克定律。根據此定律做成的溫度計，爲定壓氣體溫度計 (D)在單原子分子氣體中，RT 表示 $N_0=6.02\times10^{23}$（亞佛加厥數）個分子在絕對溫度 T 時之動能的 $\frac{2}{3}$ (E)體積及壓力皆一定時加熱爲天燈升空的原理。答：(A)(D)(E)

※PV=nRT⇨波以耳定律 $P_1V_1=P_2V_2$

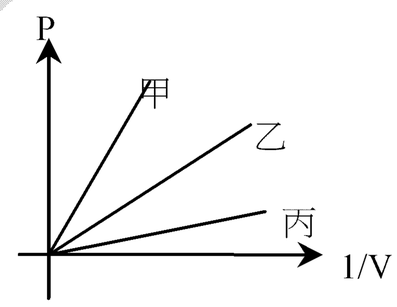
1.條件：定量、定溫

2.公式：$P_1V_1=P_2V_2$

例 2.用一筒氦氣吹氣球，氦氣筒之容積為 $0.1\,m^3$，原來之壓力為 $1.0\times10^7\,nt/m^2$。每一氣球充氣後體積為 $1.0\times10^{-2}\,m^3$，壓力為 $1.2\times10^5\,nt/m^2$。用該氦氣筒最多約可以吹出多少個這樣的氣球：(A)940 個 (B)820 個 (C)480 個 (D)260 個。【大學聯考題】答：(B)

類 1.氧氣瓶爲避免混入其他氣體而需洗瓶，一般規定氧氣瓶內壓力降至 10 大氣壓時，就得充氣。今有一容積爲 20 升的氧氣瓶，內有 110 大氣壓的氧氣，若每天需用一大氣壓的氧氣 400 升，則此瓶氧氣可用_____天。【1998 奧林匹亞初選】答：5

類 2.若甲、乙、丙三生作波以耳定律實驗，得到下面的壓力 P 與壓力 V 關係圖，何故不一致？答：n 與 T 不同



類 3.一氣泡由水池底部升至地面，其體積增爲原來之 6 倍，設當時水面氣壓爲 75cm-Hg，且池底與池面溫度相同，則池深爲：(A)61 公尺 (B)51 公尺 (C)40.8 公尺 (D)610 公尺 (E)510 公尺。答：(B)

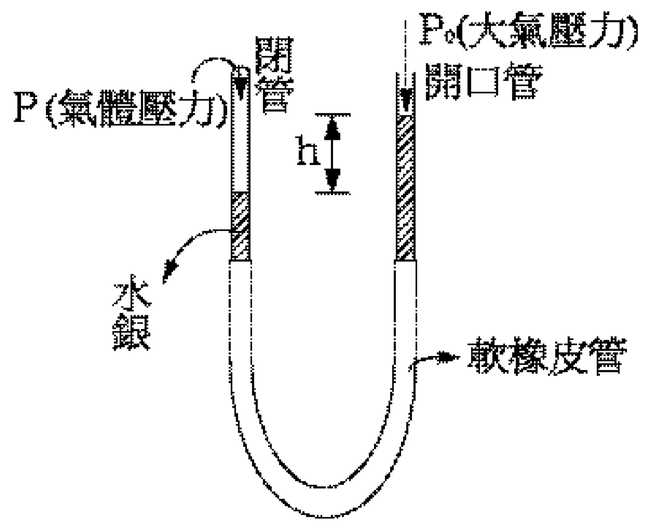
類 4.在「波以耳定律」實驗中，在當平衡時兩管水銀面的高度差爲 h，管內氣柱的長度爲 ℓ，則下列有關的敘述何者爲正確？ (A)需作漏氣檢查 (B)需同時測量大氣壓力與氣體溫度 (C)h～1／ℓ 圖爲通過原點的直線 (D)當氣體溫度增加時，h～1／ℓ 圖形的斜率增加 (E)當氣體溫度增加時，h～1／ℓ 圖中與縱軸的截距不變。答：(A)(B)(D)(E)

類 5.「波以耳定律」實驗所用的儀器中有兩個玻璃管，一爲開管，一爲閉管。

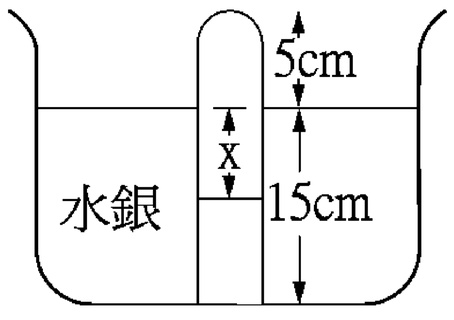
(1)說明開管與閉管如何相接，並繪簡圖以示之。

(2)設閉管內空氣體積爲 V，壓力爲 P，則 PV＝常數。本實驗中並未直接量出 P，說明實驗時直接量出的壓力是什麼？

答：(1)如右圖；(2)$P-P_0$



類 6.一均勻玻璃管長度爲 20 公分，一端封閉，將開口朝下自空氣中壓入水銀槽中，若玻璃管露出水銀面高度爲 5 公分，此時管內液面高度差 x 公分，設當時大氣壓力爲 1atm，則下列哪一關係式正確？(A)$x^2+81x-1140=0$ (B)$x^2+76x-1520=0$ (C)$x^2+81x-1520=0$ (D)$x^2+76x-1140=0$ (E)$x^2-76x+1520=0$。答：(A)



※PV=nRT⇨定壓下的查理-給呂薩克定律 $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$

1.條件：定量、定壓

2.公式：$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$

例 3.某君找到一根玻璃毛細管，其中空部分的斷面積為 0.1 平方厘米，長為 120 厘米。若要做成可測量 0℃至 100℃間溫度之氣體溫度計？選擇下面那一種容器最為適當？(A)250c.c.平底燒瓶 (B)200c.c.味全乳瓶 (C)100c.c.養藥多膠瓶 (D)50c.c.藥水瓶 (E)25c.c.試管。【67 日大】答：(E)

類 1.小明找到一根附有玻璃管的球形瓶，玻璃管內的橫截面積爲 0.1 cm^2，長爲 30.0 cm，球形瓶的容積爲 10.0 cm^3。將其作成一支定壓氣體溫度計，在 0℃時作爲封口用的水銀柱恰位於玻璃管的底部，其長度爲 1.0 cm，若水銀不外流，此溫度計可測量的最高溫度約爲：(A)35℃　(B)53℃　(C)79℃　(D)86℃　(E)94℃。答：(C)

類 2.「定壓氣體溫度計」之實驗中，以攝氏溫度 t 爲橫坐標，以瓶內氣體的體積 V 爲縱坐標，畫出 V-t 直線，問 (a)這一直線的斜率 (b)截距 (c)和 t 軸的交點分別代表什麼？【72 年大學】答：(a)$\frac{V_o}{273}$；(b)V_o；(c)$-273°C$

類 3.一汽缸中裝有 3 莫耳的理想氣體，設活塞與汽缸壁間之摩擦可以略去，氣體之起始溫度爲 300 K，體積爲 0.45 m^3。今再將 1 莫耳的同種理想氣體緩緩灌入汽缸，並將其溫度冷卻至 250 K。設汽缸外之壓力維持不變，則最後平衡時，汽缸中氣體的體積爲若干 m^3？(A)0.30 (B)0.40 (C)0.50 (D)0.60 (E)0.75。答：(C)

類 4.有位尼姑，這天早起要唸經，因爲起太晚，沒時間穿好褲子，於是把道袍一披，就去唸經了。

她盤腿一坐開始唸經，萬萬沒想到會被對面的和尚看到。

對面敲木魚的和尚邊敲邊唸：「尼姑牟請口，尼姑牟請口台語」

一旁另一位和尚說：「抵都位，抵都位。」

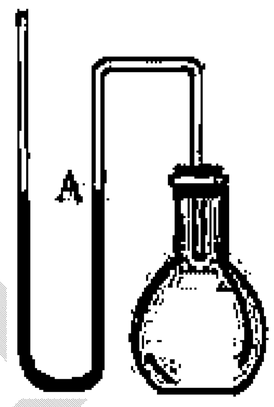
第三位和尚見狀邊唸邊說：「店店框，店店框。」

※PV=nRT⇨定容的查理-給呂薩克定律 $\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}$

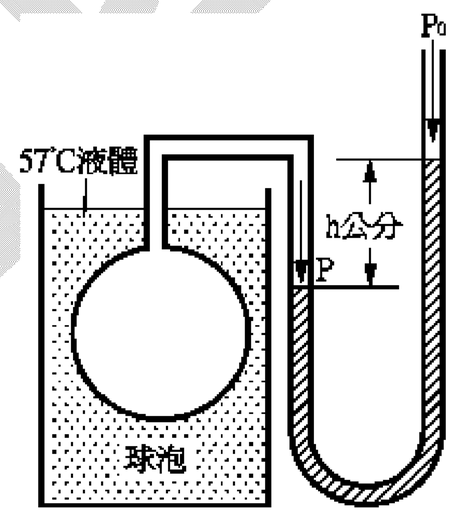
1.條件：定量、定容

2.公式：$\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}$

例 4.使用定容氣體溫度計如圖，今在大氣壓 75cm-Hg，溫度 27℃，調整圖中水銀面等高，將一端插入瓶中，今加熱瓶中氣體，再調整 U 管中水銀柱到原來 A 點，則開口端之水銀柱較 A 點高出 15cm，則瓶中溫度為若干？答：360K



類 1.大氣壓力為 76cm-Hg，某一定容氣體溫度計在室溫 27.0℃時，開管端的水銀面較閉管端的水銀面高 24 公分；將溫度計球泡改放置在溫度為 57℃的液體中，調整閉管端水銀面使維持在原來的位置，則最後開管端水銀面較閉管端水銀面高_____公分。答：34



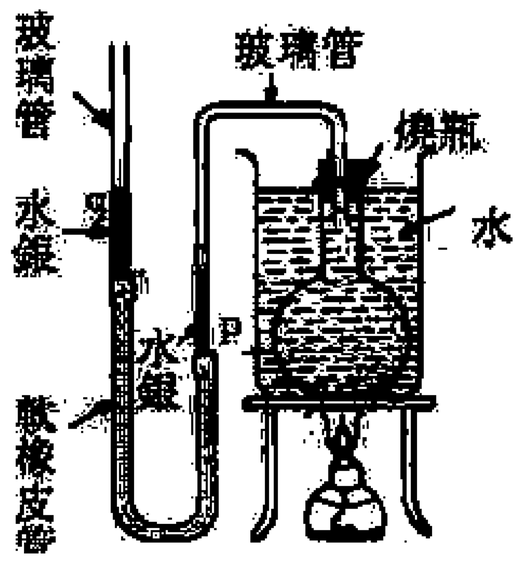
類 2.假設一容器其容積保持一定。若裝入空氣使其壓力在 27℃時為 P，則當其溫度升高至 77℃時，其中壓力升高：(A)$\frac{P}{2}$ (B)$\frac{P}{3}$ (C)$\frac{P}{6}$ (D)$\frac{P}{8}$ (E)$\frac{50P}{27}$ 。答：(C)

類 3.在 20℃，作實驗(如右圖)，未加熱時，q、p 兩水銀面等高，將 P 高度固定，加熱到 50℃時，q 比 P 高出 7.6cm，若繼續加熱，當 q、p 高度差為 19cm 時，則

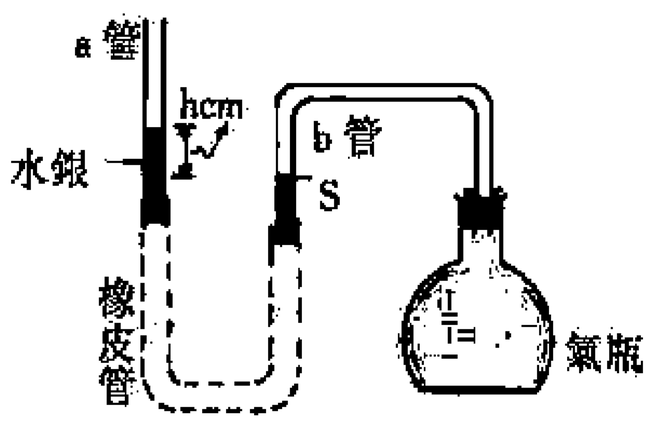
(a)燒瓶中氣體的溫度為若干？答：95℃

(b)又此時燒瓶中氣體的壓力為？答：93.2cm-Hg

(c)原來 20℃時，瓶中氣體壓力為？答：74.2 cm-Hg



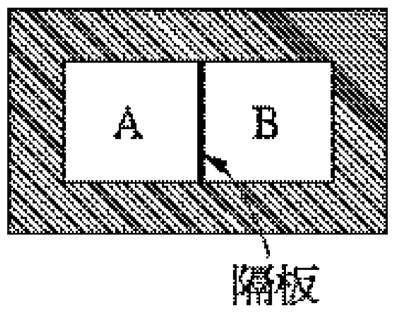
類 4.右圖為「定容氣體溫度計」實驗裝置，當時氣壓為 h_0 cm-Hg，則 (A)當溫度升高後提高 a 管使 b 管水銀面保持在 S 位置以確定氣體體積為定值 (B)承(A)瓶內氣體壓力為(h_0+h)cm-Hg (C)改變溫度至 t℃，測定容時氣體壓力 P cm-Hg，得 P 與 t 成正比例 (D)傾斜直線的斜率為 $\frac{h_0}{273}$ cm-Hg (E)氣瓶內的氣體分子數應保持一定。【注意：h_0 並非 0℃時之大氣壓力】答：(A)(B)(E)



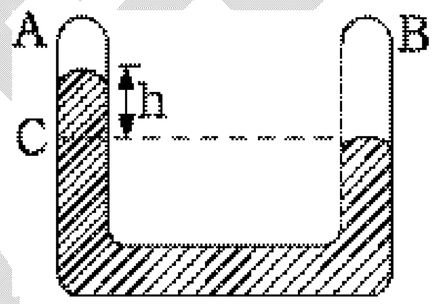
吳錫玠物理

※PV=nRT⇨定容的查理-給呂薩克定律 $\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}$

例 5.如圖示體積相等的兩個房間 A、B，各貯同種氣體 n_A 及 n_B 莫耳。若 A、B 之絕對溫度各保持 T_A 及 T_B，則其壓力之比 P_A：P_B 等於： (A)$\frac{n_A}{n_B}$ (B)$\frac{n_B}{n_A}$ (C)$\frac{n_AT_A}{n_BT_B}$ (D)$\frac{n_BT_B}{n_AT_A}$ (E)$\frac{n_AT_B}{n_BT_A}$。答：(C)



例 6.兩端封閉的 U 型玻璃管鉛直放置，管內水銀柱將管內氣體分成 A、B 兩部分，且兩管水銀面高度差為 h，下列步驟何者會使 h 變大？ (A)使整個系統溫度同樣升高 (B)使整個系統溫度同樣降低 (C)使整個系統鉛直加速上升 (D)使整個系統鉛直加速下降 (E)使整個系統作等速運動。答：(A)(D)



類 1.一定質量的理想氣體，若其溫度升高而體積不變，則下列何者保持不變？ (A)壓力和內能 (B)密度和質量 (C)質量和內能 (D)內能和密度 (E)壓力、內能、密度均會改變。答：(B)

類 2.耐壓為 3.00 大氣壓的燒瓶內裝 27.0℃、1.00 大氣壓的空氣。若密閉後，予以加熱，則可加熱至攝氏_____℃。答：627

類 3.一活塞唧筒能忍受之最大氣體壓力為 P_o atm，已知在溫度 17℃時，筒中氣體體積為 V_o，壓力為 1atm，試回答下列問題：

(a)若體積不變，溫度升至 250℃時，氣體壓力恰等於 P_o，則 P_o = ？答：1.8atm

(b)若溫度保持在 17℃，則氣體壓力等於 P_o 時，體積為若干？答：$0.556V_o$

(c)若壓力保持 latm，則氣體膨脹至 $2V_o$ 時之溫度為若干？答：307℃

類 4.一瓶充滿 20℃、1 大氣壓之空氣後而密閉之。求加熱至若干後，瓶內氣體之壓力為 2.5 氣壓？設瓶之膨脹不計。答：459.5℃

吳錫玠物理

※絕對溫標

例 7.定壓下，定量的理想氣體在溫度 t_1℃與 t_2℃時之密度比為 3：2，則絕對零度之攝氏溫度為：(A) $\frac{2t_1}{t_1-t_2}$ (B) $2t_1-3t_2$ (C) $3t_1-2t_2$ (D) $\frac{t_2}{2(t_2-t_1)}$ (E) $\frac{3t_1-2t_2}{t_1+t_2}$ 。答：(C)

類 1.某定量理想氣體恆壓下，在 t_1℃和 t_2℃時(t_1℃＜t_2℃)的體積分別為 a 公升和 b 公升，則絕對零度的攝氏數為若干？答：$\frac{at_2-bt_1}{a-b}$

類 2.若體積不變，定量氣體，氣體壓力和 (A)絕對溫度成正比 (B)絕對溫度成反比 (C)攝氏溫度成正比 (D)攝氏溫度成線性關係 (E)華氏溫度成線性關係。答：(A)(D)(E)

類 3.下列敘述何者正確？ (A)任何氣體在-273.15℃時壓力將為零 (B)氣體溫度還沒有降到絕對零度前就已液化 (C)在絕對零度時，任何分子將靜止不動 (D)絕對零度就是-212°F (E)絕對溫標以-273.15℃為零度。答：(A)(B)(C)(E)

類 4.任何物體的溫度都不可能無限製的降低，而有一個最低的極限，此最低溫度為 (A)0°K (B)-273.15℃ (C)-459.67°F (D)0°F (E)0℃ 。答：(A)(B)(C)

類 5.在體積不變的密閉容器內，一定量理想氣體的壓力與其溫度(攝氏)之間的關係，如以壓力為縱座標、以溫度為橫座標，所描得的壓力-溫度曲線，其延長線與溫度座標軸相交於攝氏某℃，該溫度為理論上低溫的下限，吾人稱之為_____。答：絕對零度

類 6.在體積不變的密閉容器內，一定量理想氣體的壓力與其溫度(攝氏)之間的關係，如以壓力為縱座標、以溫度為橫座標，所描得的壓力-溫度曲線，其延長線與溫度座標軸相交於_____℃。答：－273.15

這天，一位生活一向十分嚴謹年輕女同事，應一位令她傾慕之男同事的邀請到郊外去賞景。

不久，他們一塊湖邊的一棵樹下休息，她禁不住男同事的一再求愛，經過一番良心掙扎後，終於還是為之屈服了...

兩人在片刻的魚水之歡後，女同事啜泣的說：

「如果同事們知道我這麼隨便就做了兩次，我要怎麼面對他們？」

「兩次？」男同事迷惑地問

「是啊...　」女同事抹著眼角的淚水

「你還要再來一次，不是嗎？」

※理想氣體方程式

公式	P	V	n/N	R/k	T
PV=nRT	atm	公升	莫耳數	0.082	絕對溫度
	nt/m^2	m^3	莫耳數	8.314	絕對溫度
PV=NkT	nt/m^2	m^3	分子數	1.38×10^{-23}	絕對溫度

1. $1atm = 1.013\times10^5\, nt/m^2$

2. $1公升 = 10^{-3}\, m^3$

3.N(分子數)=n(莫耳數)×N_o(6.02×10^{23}**)**

4. $k(1.38\times10^{-23}) = \dfrac{R(8.314)}{N_o(6.02\times10^{23})}$

※PV=nRT

例 8.在 40℃，76cm-Hg 之氧氣體，體積為 1 升，膨脹至體積 1.5 升，壓力為 80cm-Hg。求 (a)系統中氧的莫耳數？(b)其最後溫度？答：(a)0.039；(b)221℃

類 1.一氣體當溫度爲 30℃、壓力爲 76 cm-Hg 時，其體積爲 6 公升，則當溫度爲 100℃、壓力增爲 240 cm-Hg 時，其體積若干？答：2.34 公升

類 2.空氣泡之體積爲 $20\,cm^3$，位於 40m 深之湖底，該處之溫度爲 4℃。氣泡升至水面，該處之溫度爲 20℃。設氣泡和周圍之水溫相同，求氣泡恰抵水面前之體積爲若干？答：$106cm^3$

類 3.在湖底 1 克的氫氣氣泡(理想氣體)，在 27℃時之體積爲 5.6×10^3 立方公分，則湖之深度約爲_____公尺。答：12.4

類 4.設有兩種氣體混合而成的氣體，其體積在 0℃及一大氣壓時等於 11.2 公升，此氣體內有_____個分子。答：3.01×10^{23}

類 5.一艘遊艇在外海沉沒，船上 7 男、1 女逃到一個荒島上……

一個月後，女人自殺了，因爲她覺得過去一個月來做的事下流。

又過了一個月，這群男人決定把女人埋葬，因爲他們覺得過去一個月來做的事很下流；

再過了一個月，這群男人決定把女人挖出來，因爲他們覺得過去一個月來做的事非常下流；

又過了一個月，上帝決定讓那個女人復活，因爲祂覺得過去三個月所看到的事非常下流……

※PV=NkT

例 9.設太陽表面溫度為 6000K，附近氫氣的壓力為 2.5×10^{-3} 大氣壓，則太陽表面處每立方公尺有_____個氫原子。答：3.1×10^{21}

類 1.實驗室中能得到之最佳「真空」為 10^{-14} 大氣壓力，在此「真空」中溫度 20℃時，每立方厘米尚有若干氣體分子？ (A)2.5×10^{2} (B)2.5×10^{5} (C)2.5×10^{8} (D)5×10^{4} (E)5×10^{7}。答：(B)

※Pm=dkT

例 10.有一每邊長為 10 米之容器，內盛由質量數量級為 10^{-26} 公斤的分子所構成之理想氣體，在 300K 時，容器的上下兩面，由於重力場引起之壓力差，與容器內平均壓力之比值的數量級為： (A)10^{-12} (B)10^{-10} (C)10^{-8} (D)10^{-6} (E)10^{-4}。【72 日大】答：(E)

類 1.一理想氣體的密度增為兩倍，溫度從 227℃降到 27℃，其壓力變成原來的幾倍？ (A)0.24 (B)0.48 (C)1.2 (D)3.33 (E)16.8。答：(C)

類 2.在 1atm、27℃時，地表面上高度相差 10 公尺，由於重力造成之大氣壓力差約為多少 N/m^2？ (A)11.5 (B)115 (C)40.6 (D)98。答：(B)

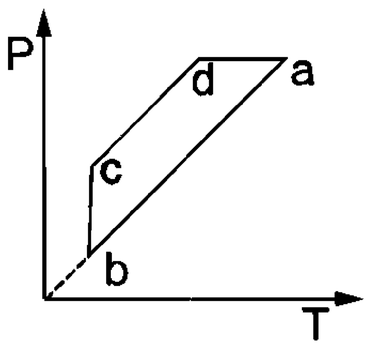
類 3.有一個獵人到森林去打獵，看到了一隻母猩猩。於是就拿起弓箭射了過去，但是非常不幸的，並沒射中！母猩猩生氣地抓起了獵人，問他說：「說！你要死還是要嘿嘿嘿？」獵人心想這樣就死了人生多沒意義，只好跟母猩猩說：「我…我要嘿嘿嘿……」於是母猩猩就跟獵人嘿嘿嘿……。

第二天獵人心有不甘，於是又到森林找母猩猩報仇。他一看到母猩猩，就拿起三支箭一起射了過去。但是，完全沒射中！於是母猩猩很生氣地抓起了獵人，問他說：「又是你！說！你要死還是要嘿嘿嘿？」為了保命，獵人仍回答：「我要嘿嘿嘿……」於是母猩猩就又把獵人給嘿嘿嘿……。

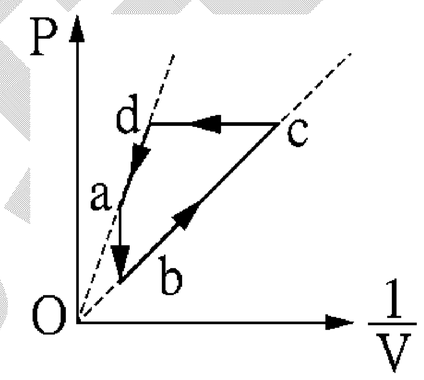
第三天獵人帶了九支箭再度要找母猩猩報仇。到了森林，一看到母猩猩，就不管三七二十一的拿起了箭射了過去！結果，九支箭都沒中！只看見母猩猩憤怒地抓起了獵人問道：「說！你到底是來打獵的還是來嘿嘿嘿的？」

※P-V、P-T 圖

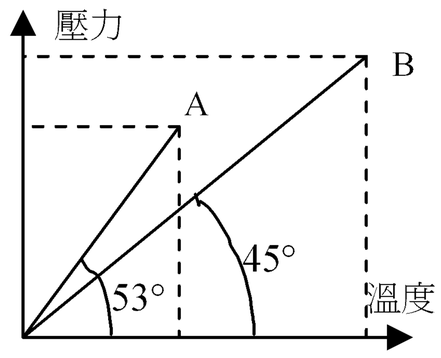
例 11.一定質量之理想氣體，在 P-T(壓力-絕對溫度)圖上，由狀態 a 經圖中所示之過程再回到原狀態。圖中 ab 平行於 cd，且 ab 之延長線通過原點。下列敘述何者正確？ (A)a 到 b 之過程中體積不變 (B)b 到 c 之等溫過程中體積減少 (C)c 到 d 之過程中體積不變 (D)d 到 a 之等壓過程中體積增加 (E)狀態 c 之體積最小。【82.日大】答：(A)(B)(D)(E)



類 1.圖中，a、b、c、d 為一密閉容器內理想氣體的四種狀態，$\frac{1}{V}$ 為氣體體積的倒數，P 為氣體壓力，則 (A)從 a→b 時，氣體分子總能減少 (B)從 b→c 時，氣體的密度減少 (C)從 c→d 時，氣體分子總能減少 (D)從 d→a 時，氣體的溫度不變 (E)d 狀態的溫度比 c 狀態的溫度高。答：(A)(D)(E)



類 2.如圖為某定量的理想氣體的 P-T 圖(壓力-溫度圖)。原來為狀態 A，其體積為 V_1，經某過程後成為狀態 B，其體積為 V_2，注意圖中夾角的度數。則 V_1 與 V_2 的比值為_____。答：$\frac{3}{4}$



類 3.某年某月某家庭，阿爸與阿母正對子女進行健康教育…

兒子問：「為什麼人家說做愛時會很舒服？」

老爸說：「就像挖鼻孔一樣，當然舒服了。」

兒子問：「那為什麼做愛時女的比較舒服呢？」

爸爸說：「就像挖鼻孔，舒服的是鼻孔，而不是手指。」

兒子問：「那為什麼女性被強暴時會很難過呢？」

爸爸說：「如果有一天你走在路上，有人過來挖你鼻孔，你會舒服嗎？」

兒子問：「為什麼月經來時就不能做愛呢？」

爸爸說：「如果你流鼻血，你會繼續挖鼻孔嗎？」

兒子再問：「為什麼很多男人不喜歡戴保險套？」

爸爸說：「你會戴手套挖鼻孔嗎？」

女兒問：「聽說第一次很痛，是怎麼個痛法呢？」

媽媽說：「就像把一根胡蘿蔔塞到妳鼻孔裡。」

女兒問：「那生小孩呢？聽說更痛是嗎？」

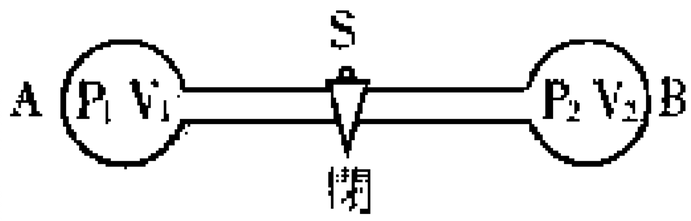
媽媽說：「當然呀，那就像把一顆西瓜塞在妳鼻孔裡再拉出來。」

吳錫玠物理

※PV=nRT⇨混合⇨$n_1+n_2=(n_1+n_2)$

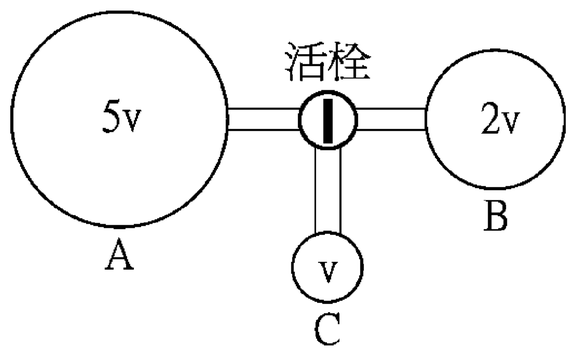
例 12.在室溫時，甲容器體積為 V，內有氦氣，壓力為 2P，乙容器體積為 V/3，內有氦氣，壓力為 P。把乙容器之氦氣全部加到甲容器內，若氦氣可視為理想氣體，並假設溫度不變，則甲容器內之氦氣壓力變為 P 的_____倍。【83 日大】答：$\frac{7}{3}$

類 1.容積各為V_1、V_2之容器內各裝有同溫度，但壓力各為P_1、P_2之二不同種氣體 A、B(設$P_2>P_1$)如圖所示。連接二容器之連接管之體積可以不計，如將活門 S 打開，若溫度不變，則：(a)最後之壓力？(b)容器 A 之分子數目之變化量佔原有 A 容器的幾分之幾？答：(a)$\frac{P_1V_1+P_2V_2}{V_1+V_2}$；(b)$\frac{(P_2-P_1)V_2}{P_1(V_1+V_2)}$



類 2.設分別將 1 克分子之理想氣體封存於一容器之左右二室(如圖)，設整個容器內溫度保持不變。今將中間隔牆打開一小孔，很久以後左室中之氣體減少多少？(A)1/2 (B)1/3 (C)1/4 (D)1/5 (E)1/6。答：(B)

類 3.三個容積不相等的容器 A、B、C，以不計容積的細玻璃管相連接，如附圖。今將活栓打開充分的填充理想氣體至 2atm 時，將活栓關閉。若三容器的體積分別為 5V、2V、V，則容器內裝填的理想氣體莫耳數之比 $n_A:n_B:n_C$ 為多少？ (A)1：2：5 (B)5：2：1 (C)1：1：1 (D)1：$\frac{1}{2}$：$\frac{1}{5}$ (E)$\frac{1}{5}$：$\frac{1}{2}$：1。答：B



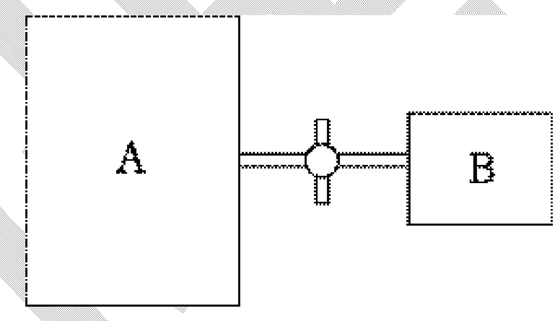
類 4.容器盛有一莫耳氫氣時壓力為 P，今加入等質量同溫度的氦氣，則其壓力變為_____。答：$\frac{3}{2}$P

類 5.有次生物小考，只出了一題：「蛀牙、爛蘿蔔、懷孕的女人」三者的共同點為何？
結果全班除了三個人以外，其他人都拿鴨蛋。
其中兩個人 80 分，他們的答案是：「都是蟲惹的禍！」
只有一個 100 分，他說：「拔得太慢！」

※PV=nRT⇨混合⇨$n_1+n_2=(n_1+n_2)$

例 13.兩同體積之氣室以一體積可以忽略之細管相連通，兩氣室內含有一大氣壓、27℃之氦氣，若將其中一氣室加溫至 127℃，另一氣室降溫至－73℃，則氣室中氦氣之最終壓力為大氣壓。【88 日大】答：$\frac{8}{9}$

類 1.如圖中 A、B 兩絕熱容器的體積各為 2ℓ及 1ℓ，其間以活栓（體積不計）相連。今將活栓關閉，A、B 中注入 0℃的某理想氣體使兩容器內壓力各為 1 atm 及 2 atm；再將活栓打開且 A 保持 27℃、B 保持 0℃，則此時容器內壓力為若干？答：1.41atm



類 2.將 2 克的氦和 2 克的氫分別裝入體積各為 V 的容器裡。兩氣體從平衡溫度 T°*K* 升為 2T°*K* 時，將它們混合後再等溫壓縮到 V 的容器裡，則最後混合氣體的壓力：(A)為 T°*K* 時氦氣壓力的 6 倍 (B)為 2 T°*K* 時氫氣壓力的 1.5 倍 (C)與在 2 T°*K* 時的氫氣和氦氣的壓力，其比為 3：2：1 (D)與在 T°*K* 時的氫氣和氦氣的壓力，其比為 4：2：1 (E)為 T°*K* 時氦氣壓力和氫氣壓力和的 2 倍。【72 年大學】答：(A)(B)(C)(E)

類 3.將 latm，8 升，127℃的 H_2 與 2atm，3 升，27℃的空氣混合於 10 升的容器，欲使混合後的壓力為 3atm，則溫度約為 (A)273℃ (B)373℃ (C)127℃ (D)477℃ (E)583℃。答：(D)

類 4.一位寡婦想找伴侶，她開出了三個條件：

一、 不可以遺棄她；

二、 不可以打她；

三、 性能力要強。

三天後，有人來按了門鈴；她一開門，看見了一位坐在輪椅上的人。訊問他有什麼事，對方說是來應徵當伴侶的。

寡婦一看，那人雙腿已殘，跑不掉，符合第一個條件。

再看，那人雙手已斷，符合第二個條件。

那寡婦問他：「你憑什麼認為你符合我第三個條件呢？」

只見那人眼角上揚，有夠給它臭屁的說：「那妳以為我是用什麼按門鈴的呢？」

※PV=nRT⇨△n

例 14.某容器的體積為 45 公升，其內裝有氧氣。從此容器中排出一些氧氣後，容器內的壓力由 20 大氣壓降到 14.5 大氣壓，而容器中氧氣的溫度由 27℃降到 17℃。試問被排出的氧氣在一大氣壓和 23℃的情況下，佔有多少體積？【83 夜大】答：222 公升

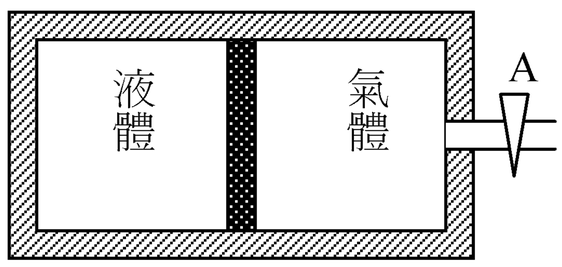
類 1.利用熱空氣可以升空，下面為與此有關的問題，則：

(a)一開口容器內有氣體，質量為 M。，其絕對溫度為T_o，今將氣體溫度升至T_1，則該氣體逸出多少質量？(假定器外的溫度和壓力一直不變) 答：$M_o(1-\frac{T_o}{T_1})$

(b)一氣球質量為 90 公斤，容積為 500 立方公尺，底部有一開口通於大氣，兼便對球內空氣加熱(這種氣球俗稱熱氣球。今假定加熱時球外空氣的溫度、壓力以及氣球容積均不變)。在 0℃一大氣壓時，空氣密度為 1.3kg/m^3。此時球內空氣有多少公斤？球外空氣所形成的浮力有多少公斤重？答：650；650

(c)若欲使體重為 60 公斤的人升空，則球內空氣應逐出多少公斤？此時球內空氣應由 0℃加熱至攝氏幾度？(假設大氣為 0℃)【72 日大】答：150；81.9℃

類 2.右圖示一溫度保持在 0℃之容器，右邊接一開關 A，活塞 B 之右邊裝有 1 mole 之氣體，體積及壓力分別為 V_o 及 P_o，左邊裝有同體積之液體，密度為ρ_o，體膨脹係數為 1/2730，今將整個容器加熱至 273℃，則 (1)液體之密度變成原來的若干倍？ (2)氣體之壓力變成原來的若干倍？ (3)容器加熱後，將開關 A 打開，使氣體之壓力回到原來 P_o 值，則有多少 mole 之氣體須放出？(1)$\frac{10}{11}$；(2)$\frac{20}{9}$；(3)$\frac{11}{20}$



類 3.一開口容器內存某氣體，加熱至 TK 可將容器內之分子逐出 20%，若欲使容器內之分子數僅餘未加熱時之 60%，則須將之加熱至若干 K？ (A)$\frac{2}{3}T$ (B)$\frac{4}{3}T$ (C)$\frac{5}{4}T$ (D)$\frac{3}{4}T$ (E)$\frac{5}{3}T$。答：(B)

類 4.一鋼瓶有 340 克的氨氣，壓力 1.2×10^6N／m^2、溫度 77℃：

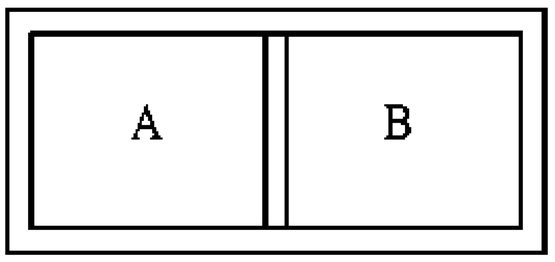
(1)求瓶內體積。

(2)後來檢查時發現溫度降到 27℃、壓力降到 8×10^5 N/m^2，則有多少克的氨氣漏出瓶外？

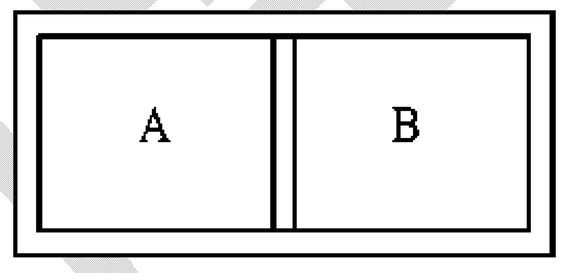
答：(1)$4.8\times10^{-2}m^3$；(2)76

※PV=nRT⇨活塞⇨壓力相等

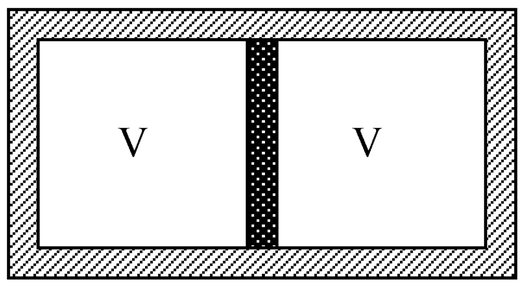
例 15.如圖，一容器內裝理想氣體，以一能自由滑動的活塞隔成 A、B 兩室，在 27℃時，A、B 兩室體積和壓力均為 V 和 P。今將 A 室緩緩加熱到 227℃，B 室保持在 27℃，則 A 室的體積增加_____。答：$\frac{1}{4}$



類 1.如圖，一容器內裝理想氣體，以一能自由滑動的活塞隔成 A、B 兩室，在 27℃時，A、B 兩室體積和壓力均為 V 和 P。今將 A 室緩緩加熱到 227℃，B 室保持在 27℃，則最後兩室的壓力為_____。答：$\frac{4}{3}$P



類 2.一容器內裝理想氣體，以一能自由滑動之活塞隔成左右二室(如圖)，在 27℃平衡時左右二室之體積均為 V，今將左室緩慢加熱至 127℃，右室保持原來溫度，則左室氣體之體積增加了多少？(A)$\frac{V}{3}$ (B)$\frac{V}{4}$ (C)$\frac{V}{5}$ (D)$\frac{V}{6}$ (E)$\frac{V}{7}$。答：(E)



類 3.一導熱性良好的容器內，以導熱性良好的隔板分成體積均為 V 的甲、乙兩室。甲室裝入理想氣體氦(^{4}He)，乙室裝入理想氣體氖(^{20}Ne)，兩氣體質量均為 M(克)。設外界溫度維持為絕對溫度 T，則下列敘述何者為正確？ (A)甲、乙兩室中氣體分子莫耳數之比為 1 : 5 (B)若隔板鬆開，則隔板將往乙室移動 (C)若隔板鬆開，最後平衡時，甲、乙兩室的體積比為 10 : 1 (D)若將隔板抽走，最後平衡時，容器內氦氣及氖氣的分壓力之比為 5 : 1 (E)隔板抽走後，容器內混合氣體的壓力為 $\frac{3MRT}{20V}$，其中 R 為理想氣體常數。答：(B)(D)(E)

類 4.有位男士在飯店大廳，當他往櫃檯方向走去時，不小心撞到了一位女士，而且是手肘碰到了她的胸部……

男士轉過身去說：「女士，如果妳的心跟妳的胸部一樣軟的話，妳一定會原諒我的。」

「如果你『那話兒』跟你的手肘一樣硬的話，我在 1221 號房。」女士回答說

12-2 分子運動與氣體壓力

※粒子撞擊與壓力

設粒子質量為 **m**，速度為 **v**，被撞物體面積 **A**，Δt 內有 **N** 個粒子撞擊物體表面，亦即每秒有 $\frac{N}{\Delta t}$ 個粒子撞擊物體表面

		速度變化 Δv	動量變化 $\Delta P = N(m\Delta v)$	衝力 $F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$	壓力 $P = \frac{F}{A}$
撞擊情況	穿透	0	0	0	0
	黏住	v	Nmv	$\frac{Nmv}{\Delta t}$	$\frac{nmv}{\Delta t \cdot A}$
	正向彈性碰撞	2v	2Nmv	$\frac{2Nmv}{\Delta t}$	$\frac{2nmv}{\Delta t \cdot A}$
	入射角 θ 之彈性碰撞	$2v\cos\theta$	$2Nmv\cos\theta$	$\frac{2Nmv\cos\theta}{\Delta t}$	$\frac{2nmv\cos\theta}{\Delta t \cdot A}$

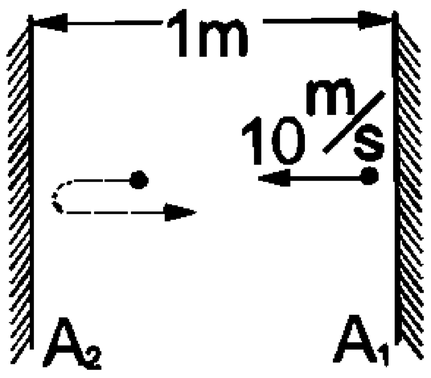
例 16.若容器 A 面能使 $\frac{1}{3}$ 入射分子黏住，另 $\frac{2}{3}$ 反跳；而 B 面則使 $\frac{1}{4}$ 入射分子穿過，$\frac{1}{4}$ 黏住，其餘反跳，則 A 面壓力與 B 面壓力之比？答：4：3

例 17.如圖一質量 1kg 的彈性球，在器壁 A_1、A_2 兩邊來回正向彈性碰撞，若速率為 10m/s，則

(1)球撞擊器壁 A_1 的動量變化為多少？答：20kg-m/s

(2)每秒撞擊器壁 A_1 的次數為多少？答：5 次

(3)若器壁面積為 $1m^2$ 且器壁內共有 10 個與前面相同的彈性球，則器壁所承受彈性球的壓力為多少？答：$1000nt/m^2$



類 1.自一氣體噴嘴中以 v 的出口速率噴出分子質量 m 的氣體，其撞擊在一牆之面積為 A，若分子之入射與反射線和法線的夾角均為 θ，單位體積之分子數為 n，且反射速率亦為 v 時，此牆所受之壓力為：(A) $mv^2\cos\theta$ (B) $2mv^2\cos\theta$ (C) $nmv^2\cos\theta$ (D) $2nmv^2\cos\theta$ (E) $2nmv^2\cos^2\theta$ 。答：(E)

※氣體分子撞擊與壓力

例 18.氦分子的質量為6.64×10^{-27}公斤。若每秒有10^{23}個氦分子以與器壁垂直方向成45°撞擊面積為$2\times10^{-4}\ m^2$的器壁上，其速率為10^3 m/sec，則施於器壁的壓力為若干 atm？(A) 0.226 (B)0.185 (C)0.103 (D)0.0663 (E)0.0463 。答：(E)

類 1.氦分子質量為 6.6×10^{-27}kg，以每秒 10^{23} 個、入射角為 37° 的方向撞及面積為 2×10^{-4}m^2 的器壁上，若其速率為 10^3m／s，則器壁受的壓力為_____N／m^2。答：5.28×10^3

類 2.每秒射入面積為 4cm^2 面上的氦原子數為 2×10^{23} 個，設氦原子以入射角 60° ，速率為 700 m/s 射入面上，且每個氦原子質量為 6.0×10^{-27} kg，則該面所受之平均壓力為_____nt/m^2。答：2.3×10^3

類 3.每秒有 1 莫耳之氫氣分子，速度均為10^5 cm/sec，以 60° 之入射角打在 2 cm^2 之牆上反跳，則牆受壓力為多少 nt/m^2？ (A)5×10^4 (B)5×10^6 (C)10^4 (D)5×10^3 (E)6.8×10^2 。答：(C)

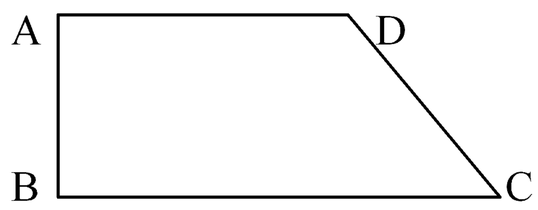
類 4.氣體分子速率 v，質量 m，垂直入射到面積為 A 的平面上

(1)發生彈性碰撞，設單位時間抵達單位面積之分子數為 n，則此一平面所受之壓力為何？答：2nmv

(2)承(1)，但改為撞後即停止，則壓力為何？答：nmv

(3)承(1)，但改為以θ角入射，發生彈性碰撞，則壓力為何？答：$2nmv\cos\theta$

類 5.一理想氣體被裝在一柱形之容器內，成熱力平衡狀態。容器之橫截面為一梯形(如圖所示)，其四個內角分別是：$\angle A=\angle B=90°$，$\angle C=135°$ 及 $\angle D=45°$。假設氣體分子與器壁碰撞時呈完全彈性，AB 面上之壓力為 P_1，CD 面上之壓力為 P_2，則： (A) $P_1=2P_2$ (B) $P_1=\sqrt{2}\ P_2$ (C) $P_1=P_2$ (D) $\sqrt{2}\ P_1=P_2$ (E) $2P_1=P_2$。【80 日大】答：(C)



類 6.在一容器內的氣體，若經過一段時間後，其中 1／3 的氣體分子粘於器壁，則容器中的壓力變為原有值的_____。答：$\frac{2}{3}$

※氣體壓力公式之導出與方均根速率

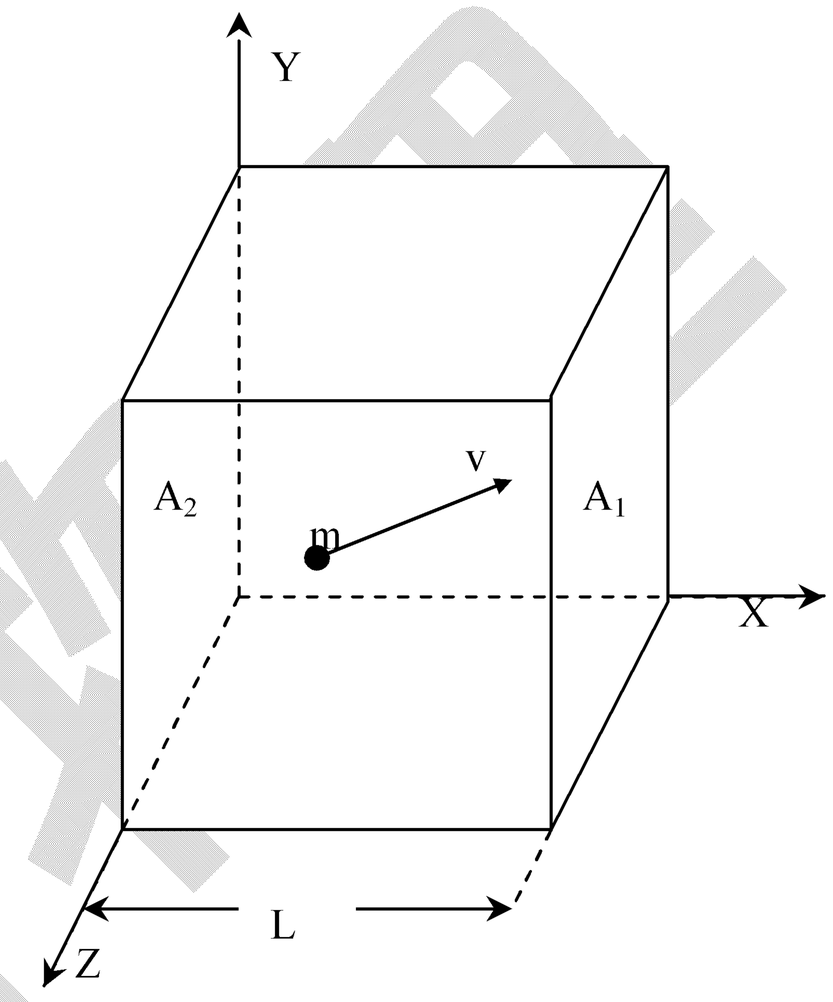
設一邊長為 **L**、容積為 **V(V=L^3)**的正立方體密閉容器，內含 **N** 個質量均為 **m** 的氣體分子

一、先設容器中僅有一個分子

1.一個分子對 **A$_1$** 撞擊一次之動量變化量

設此分子以 $\vec{v}=\vec{v}_x+\vec{v}_y+\vec{v}_z$ 朝 **A$_1$** 面入射，其 $\vec{v}_y$ 與 $\vec{v}_z$ 均不改變，僅 $\vec{v}_x$ 在碰撞後變成 $-\vec{v}_x$，

則此分子之動量變化 $\Delta\vec{P}=(-m\vec{v}_x)-m\vec{v}_x=-2m\vec{v}_x$



2.A$_1$ 面所受衝量

因動量守衡，$\vec{J}=-\Delta\vec{P}=2m\vec{v}_x$

3.分子兩次撞擊 **A$_1$** 所需之時間 $\Delta t=\dfrac{2L}{v_x}$

4.A$_1$ 面所受之平均力 $\vec{F}=\dfrac{\vec{J}}{\Delta t}=\dfrac{2mv_x}{\dfrac{2L}{v_x}}=\dfrac{mv_x^2}{L}$

5.A$_1$ 面所受之壓力 $\vec{P}=\dfrac{\vec{F}}{A}=\dfrac{\dfrac{mv_x^2}{L}}{A}=\dfrac{mv_x^2}{LA}=\dfrac{mv_x^2}{V}$

二、設容器中有 **N** 個分子

1. A$_1$ 面所受之壓力

$$\vec{P}=\frac{mv_{1x}^2}{V}+\frac{mv_{2x}^2}{V}+\cdots\cdots+\frac{mv_{Nx}^2}{V}=\frac{m}{V}(v_{1x}^2+v_{2x}^2+\cdots\cdots+v_{Nx}^2)$$

2.理想氣體是由極大的分子數目所組成，且分子運動是無規則的：在任何一段時間內，氣體分子向各方向運動的分子數目皆相等

$$v_{1x}^2+v_{2x}^2+\cdots\cdots+v_{Nx}^2=v_{1y}^2+v_{2y}^2+\cdots\cdots+v_{Ny}^2=v_{1z}^2+v_{2z}^2+\cdots\cdots+v_{Nz}^2$$

3.因 $\vec{v}=\vec{v}_x+\vec{v}_y+\vec{v}_z$，所以 $v^2=v_x^2+v_y^2+v_z^2$

$$v_1^2+v_2^2+\cdots\cdots+v_N^2=(v_{1x}^2+v_{1y}^2+v_{1z}^2)+(v_{2x}^2+v_{2y}^2+v_{2z}^2)+\cdots\cdots+(v_{Nx}^2+v_{Ny}^2+v_{Nz}^2)$$

$$=(v_{1x}^2+v_{2x}^2+\cdots\cdots+v_{Nx}^2)+(v_{1y}^2+v_{2y}^2+\cdots\cdots+v_{Ny}^2)+(v_{1z}^2+v_{2z}^2+\cdots\cdots+v_{Nz}^2)$$

$$=3(v_{1x}^2+v_{2x}^2+\cdots\cdots+v_{Nx}^2)$$

$$v_{1x}^2+v_{2x}^2+\cdots\cdots+v_{Nx}^2=\frac{1}{3}(v_1^2+v_2^2+\cdots\cdots+v_N^2)$$

故 $\vec{P}=\dfrac{m}{V}(v_{1x}^2+v_{2x}^2+\cdots\cdots+v_{Nx}^2)=\dfrac{1}{3}\dfrac{m}{V}(v_1^2+v_2^2+\cdots\cdots+v_N^2)$

4.分子速率平方之平均值，其平方根稱為方均根數率**(root mean square speed)**，以 v_{rms} 表示

$$v_{rms}=\sqrt{\overline{v^2}}=\sqrt{\frac{v_1^2+v_2^2+\cdots\cdots+v_N^2}{N}}\Rightarrow v_1^2+v_2^2+\cdots\cdots+v_N^2=N\times v_{rms}^2=N\times\overline{v^2}$$

故 $P=\frac{1}{3}\frac{m}{V}N\overline{v^2}\Rightarrow PV=\frac{1}{3}Nm\overline{v^2}$

5.動能 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$，平均動能 $\overline{E_k}=\frac{1}{2}m\overline{v^2}$

$$PV=\frac{1}{3}Nm\overline{v^2}=\frac{2}{3}N\times\frac{1}{2}m\overline{v^2}=\frac{2}{3}N\overline{E_k}$$

＊公式：$PV=\frac{1}{3}Nm\overline{v^2}=\frac{2}{3}N\overline{E_k}$

例 19.邊長為 L 的正立方形容器中，裝有理想氣體，其各個分子之質量為 m，速度量值均為 v，則每面器壁受每個氣體分子撞擊之力的量值平均值為 (A)$\frac{2mv^2}{L}$ (B)$\frac{mv^2}{L}$ (C)$\frac{mv^2}{3L}$ (D)$\frac{2mv^2}{3L}$。【81 夜大】答：(C)

類 1.有位女子到一家情趣專賣店買電動按摩棒...

「老板！」

「小姐，買什麼？」

「聽說你們有進最新的電動按摩棒。」

「有有有！架子最上面那排都是，挑好再跟我講。不好意思，有點忙沒法招呼你！」

「好，謝謝！我自己挑。」

幾分鐘後...

「小姐，選好了沒有？」老闆問

「挑好了。」

「嗯，那你要哪一支？」

「最角落紅色的那一支！」

「最角落...」老闆看了一下

「小姐！那『滅火器』耶！我很忙，你不要跟我開玩笑好不好？」

「啊（臉紅）...　對不起。」

女子又看了看...

「那...　老闆，我要灰色的那一支。」

「灰色？」老闆回過去看了一下

「ㄟ小姐，那『瓦斯筒』好嗎？你不買也別鬧嘛...」

吳錫玠物理

12-3 分子平均動能與溫度

	巨觀	微觀
基本公式	$PV = nRT$ $PV = NkT$	$PV = \frac{1}{3}Nm\overline{v^2}$ $PV = \frac{2}{3}N\overline{E_k}$
進階公式	**1.**分子平均動能 $\overline{E_k} = \frac{1}{2}m\overline{v^2} = \frac{3}{2}kT$ **2.**分子的總移動動能 $N\overline{E_k} = N \times \frac{1}{2}m\overline{v^2} = \frac{3}{2}NkT = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}PV$ 每莫耳單原子氣體升高 **1**℃需 **12.47J** **3.**方均根速率 v_{rms} $v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M_o}} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$，其中 M_o 為分子量，ρ 為氣體密度 **4.**壓力 $P = \frac{1}{3}\rho\overline{v^2}$ **5.**平均動量 $p = mv_{rms} = \sqrt{3mkT}$ **6.**碰撞頻率：容器器壁每單位面積在單位時間受到氣體分子的撞擊次數 $f = \frac{Nv_x}{2l \times A} = \frac{P}{\sqrt{4mkT}}$	

一名女人很生氣她的丈夫一定要在黑漆漆的房子做… 愛做的事。

有天晚上，當她正要和丈夫做愛時，她忽然開燈，卻驚見丈夫手上拿了一條大黃瓜！

「你！你就用這傢伙和我做愛五年？」女人大叫

「親愛的，請聽我說… 」男人說

女人打斷他的話：「你這個卑鄙小人！你這個性無能的雜… 」

女人還沒說完，男人也打斷她的話：「說到卑鄙小人，妳那三個孩子是怎樣來的？」

女人：「 …… 」

吳錫玠物理

※分子平均動能

例 20.在地球表面上，若空氣平均一分子的質量為 5.0×10^{-26} kg，地球的半徑為 6.4×10^{6} 米，則空氣分子要逃離地球表面時，地球表面的溫度為：(A) 3.0×10^{6} K (B) 1.5×10^{5} K (C) 3.0×10^{4} K (D) 4.5×10^{3} K (E) 7.5×10^{2} K。【72 日大】答：(B)

例 21.有某理想的單原子氣體 1 莫耳，在 1 氣壓下體積為 22.4 公升。其每一分子的平均動能等於_____焦耳。【大學聯考試題】答：5.64×10^{-21} J

類 1.太陽的表面溫度爲 6,000K，(a)試求接近太陽表面的氫分子的質心平均動能？(b)如鄰近太陽表面的壓力爲 2.5×10^{-3} 大氣壓，則太陽表面處的氫氣的分子密度若干？答：(a) 1.24×10^{-19} J；(2) 3.06×10^{21} 分子/立方公尺

類 2.星際間之氫氣溫度爲 2.7 K，則其平均動能爲若干焦耳？ (A)2.7 (B) 1.34×10^{-22} (C)33.7 (D) 5.6×10^{-23}。答：(D)

類 3.在 2 大氣壓，27℃之氫分子的平均（質心）動能與 1 大氣壓，零下 73℃之氫分子的平均（質心）動能之比值爲： (A) $\frac{2}{3}$ (B) $\frac{\sqrt{6}}{8}$ (C) $\frac{3}{2}$ (D)3 (E) $\frac{9}{4}$。答：(C)

類 4.A、B 二氣體，壓力比 1：3，莫耳數比 2：1，體積比 3：2，分子平均動能比？答：1：4

類 5.根據分子運動論，對於平衡狀態下之理想氣體，下列敘述何者正確？ (A)靜止的容器中，分子在 x、y、z 各方向的動能平均值均相同 (B)氣體分子的平均動量與對溫度成正比 (C)容器中，氣體壓力與分子的平均質心動能成正比 (D)不論單原子或雙原子分子，其平均動能均與絕對溫度成正比 (E)同一溫度時，各種氣體分子的方均根速率（v_{rms}）與分子量成反比。答：(A)(C)(D)

類 6.氣體分子平均動能絕對溫度的曲線之斜率所代表之物理意義爲何？

(A)k (B)k／2 (C)2k (D)5／k (E) $\frac{3}{2}$k（k：波茲曼常數）。答：(E)

※分子總動能

例 22. 0.1 莫耳的氦，其體積 6 升、壓力 2atm，則其總動能為若干焦耳？ (A)1.8×10^{-2} (B)1.8 (C)18 (D)1.8×10^{2} (E)1.8×10^{3}。答：(E)

類 1.將一理想氣體，在等壓條件下，使其體積增爲 2 倍，系統達平衡後，下列敘連何者爲正確？ (A)質量密度爲原來的 1/2 倍 (B)分子方均根速率爲原來的 2 倍 (C)分子總動量與原來的相同 (D)溫度爲原來溫度的 2 倍 (E)分子的平均動能爲原來的 2 倍。【85.日大】答：(A)(C)(D)(E)

類 2.於 20 公升之容器中有壓力爲 38 cm-Hg 之理想單原子氣體,則氣體分子之總動能爲_____焦耳。答：1.5×10^{3}

類 3.某單原子理想氣體裝於瓶中，測得其體積爲 V 公尺^3，壓力爲 P 牛頓／公尺^2，溫度爲 T ℃，則瓶中全部氣體分子動能的總和 E 爲_____焦耳。答：$\frac{3}{2}PV$

類 4.一定體積之氣體加熱，使總動能成爲原來 2 倍，氣體之壓力變爲原來的_____倍。答：2

類 5.靜止的密閉容器內，有 2 莫耳氖氣和 1 莫耳氦氣，容器內壓力 P，體積 V，絕對溫度爲 T，亞佛加厥常數爲 N_o，k 爲波滋曼常數，下列敘述那些正確？ (A)容器內氣體總動能爲 $\frac{3}{2}PV$ (B) $PV=3N_okT$ (C)氦氣產生的壓力爲 $\frac{P}{2}$ (D)氦分子與氖分子的平均動能均爲 $\frac{3}{2}kT$ (E)氦分子與氖分子的方均根速率相等。答：(A)(B)(D)

類 6.靜止之瓶中，有一單原子分子的理想氣體，體積爲 V，壓力爲 P，溫度爲 T，分子數爲 N，每分子的質量爲 m，波茲曼常數爲 k，則： (A)密度 D=$\frac{Nm}{V}$ (B)分子的平均速率 v = $\sqrt{\frac{3kT}{m}}=\sqrt{\frac{3P}{D}}$ (C)分子的總動能 $E_k=\frac{1}{2}Nmv^2=\frac{3}{2}PV$ (D)分子的總動量 Nmv=$V\sqrt{3}PD$ (E)分子的總動量等於零。【大學聯考題】答：(A)(B)(C)(E)

類 7.若不使用溫度計而想得知單原子理想氣體內，全部氣體分子動能的總和 E，試問應作那些測量？又如何求出 E？【81.日大】答：測 P 及 V；$E=N\times E_k=\frac{3}{2}PV$

※分子總動能

例 23.設於某一密閉容器中裝有一莫耳之單原子分子理想氣體，其溫度由 300K 升高至 600K。設容器之體積不變，則下列敘述何者為正確？(A)氣體之密度為原來之 2 倍 (B)氣體之壓力為原來之 2 倍 (C)氣體分子之方均根速率為原來之 2 倍 (D)氣體分子之平均動能為原來之 2 倍 (E)在升溫過程中氣體共吸熱 3.74×10^{3} 焦耳。【84 年大學】答：(B)(D)(E)

類 1. 2 克的氦氣在 27℃時之總動能為何？ (A)3740 (B)1870 (C)37400 (D)18700 焦耳。答：(B)

類 2.A、B 兩氣筒的容積比為 2：1，各裝入等質量的氫氣與氧氣，絕對溫度比為 4：1，則兩筒內氣體分子總質心動能之比為： (A)4：1 (B)8：1 (C)16：1 (D)32：1 (E)64：1。答：(E)

類 3.定質量及定體積的單原子分子理想氣體，溫度升高時： (A)氣體的密度增大 (B)氣體的壓力增大 (C)分子的平均動能增加 (D)分子間互相吸引之作用力增加 (E)氣體的內能增加。答：(B)(C)(E)

類 4.下列敘述何者正確？ (A)真實氣體在高密度的情況下，近似於理想氣體 (B)容器內所裝的氣體很稀薄時，其總動能很少，故其溫度必然很低 (C)依據氣體動力論，密閉容器內全部氣體分子的總動量為零 (D)依據氣體動力論，密閉容器內全部氣體分子的總動能為零 (E)理想氣體分子可視為小剛球，當其相撞時是作彈性碰撞，並且遵守牛頓運動定律。答：(C)(E)

類 5.有一對夫妻，他們開了一家很大的工廠，工廠裡面是在做洋娃娃的，因為經濟的不景氣，娃娃的生意不是很好，於是夫妻兩就商量說把後面的廠房租給別人，反正留前面開工廠後面反正空著也空著，乾脆出租還可以多少收些租金。

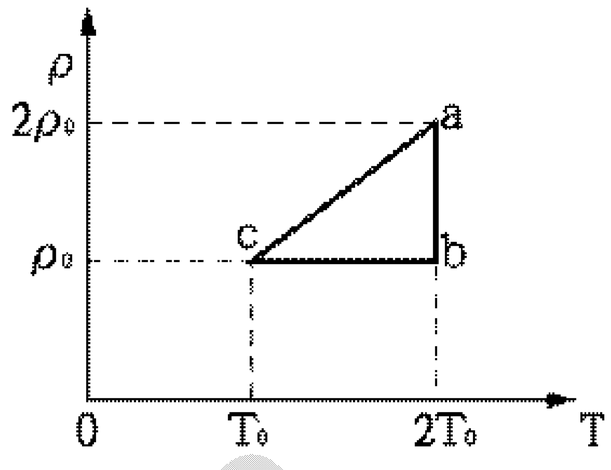
於是老闆娘就拿起筆跟紙寫著：「後面出租」四個字，然後就塗好膠水準備拿去外面貼，剛好電話響起於是老版娘把紙先放在椅子上，跑去接電話了，十分鐘後老版娘忘了剛剛塗好膠水的紙放在椅子上，於是就坐了下去，紙就貼在老闆娘的屁屁上啦！

後來老闆娘就到黃昏市場準備要買些東西回家煮晚餐，到了市場有位先生就跑過來虧老闆娘說：「小姐，妳後面要出租呀？」老版娘心想：「 哇！太棒了！馬上有人要來租房子了，真好！」

於是就很快的回答說：「是呀！是呀！」先生一副不懷好意的嘴臉問：「那我可不可以租前面呢？」老闆娘很正經的回答說：「不可以耶！前面是我跟我老公做娃娃用的，你只能租後面！」

※分子總動能

例 24.右圖中 a，b，c 為某一理想氣體的三個狀態。其中 ρ 為密度，T 為絕對溫度；若質量固定，則下列敘述何者為正確？



(A)狀態 b 與狀態 c 的體積相同。

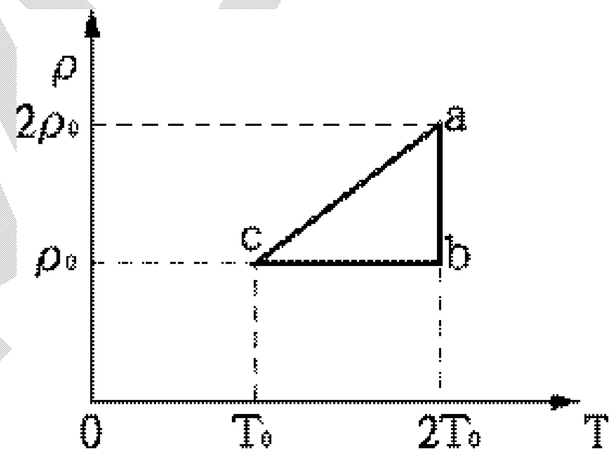
(B)狀態 a 的體積是狀態 b 體積的兩倍。

(C)狀態 a 的壓力是狀態 b 壓力的兩倍。

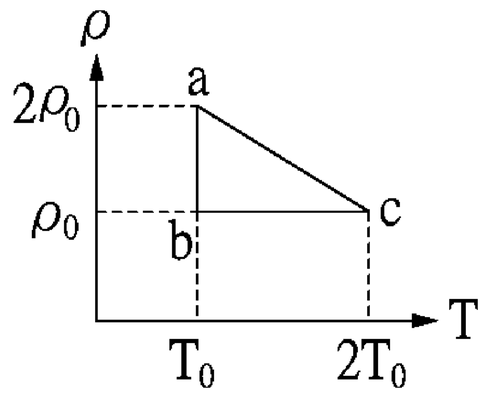
(D)狀態 b 的壓力是狀態 c 壓力的兩倍。

(E)狀態 a 與狀態 c 的分子平均動能相同。【86 年大學】答：(A)(C)(D)

類 1.如圖 a、b、c 為理想氣體三個狀態，質量固定，其中 ρ 為密度，T 為絕對溫度，下列敘述哪些正確？ (A)a，b，c 體積比為 1：2：2 (B)a，b，c 壓力比為 4：2：1 (C)a，b，c 分子平均動能比為 2：2：1 (D)a 到 b 過程，遵守波以耳定律 (E)b 到 c 過程，對氣體作功為零。答：全



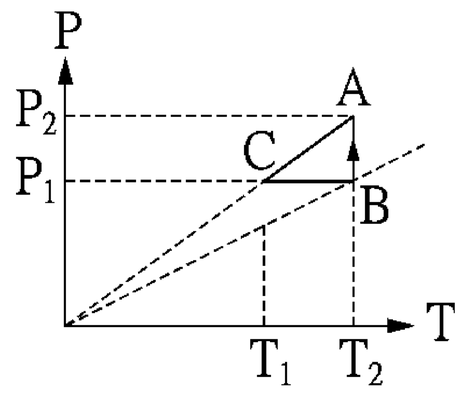
類 2.如圖中，a、b、c 為一某理想氣體的三個狀態，其中 ρ 為密度，T 為絕對溫度，若質量固定，則下列敘述何者正確？ (A)狀態 a 與狀態 b 的體積相同 (B)狀態 a 的體積是狀態 b 體積的兩倍 (C)狀態 c 的壓力是狀態 b 壓力的兩倍 (D)狀態 a 的壓力是狀態 b 壓力的兩倍 (E)狀態 a 與狀態 b 的分子平均動能相同。答：(C)(D)(E)



類 3.若一氦分子的質量為 m（kg），其落下 h（m）所損失的位能與一個氦分子在壓力為 P（N/m^2），密度為 ρ（kg/m^3）的平均動能的比為何？

(A) $\frac{2\rho hg}{3P}$ (B) $\frac{\rho hg}{3P}$ (C) $\frac{3\rho hg}{2P}$ (D) $\frac{3\rho hg}{P}$ (E) $\frac{\rho hg}{2P}$。答：(A)

類 4.如圖所示：一定質量的理想氣體其狀態沿 A→B→C→A 循環變化，在這個循環變化過程中，下列說法正確的是： (A)狀態由 A→B 氣體密度增大，分子質心平均動能不變 (B)狀態由 B→C 氣體密度變大，內能減小 (C)狀態由 C→A 氣體密度增大，內能增大 (D)狀態由 C→A 氣體密度不變，內能減小 (E)以上皆非。答：(B)



※方均根速率

$$v_{rms}=\sqrt{\frac{3kT}{m}}=\sqrt{\frac{3RT}{M_o}}=\sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

例 25.32 克之氧在室溫(20℃)，一大氣壓時體積為 2.4×10^{-2} 公尺^3，則：

(1)所有氣體分子平均動能？答：6×10^{-21} J

(2)氧分子之方均根速率為若干？答：480m/s

(3)同溫下氫分子之方均根速率為若干？答：1920m/s

類 1.已知氫分子(H_2)之方均根速率在室溫(300K)時約爲 2000m/s，則氧分子(O_2)之方均根速率在 1200K 時約爲 (A)500m/s (B)1000m/s (C)2000m/s (D)4000m/s (E)8000m/s 。【83 日大】答：(B)

類 2.若氦分子 ^{4}He 的方均根速率在室溫(300K)時約爲 2000 公尺/秒，則氖分子 ^{20}Ne 之方均根速率在 1500K 時約爲_____公尺/秒。答：2000

類 3.已知氟的原子量爲 19，六氟化鈾氣體在平衡時其中所含 $^{238}UF_6$ 分子之平均速率 v_1，與 $^{235}UF_6$ 分子之平均速率 v_2 之比 v_1/v_2 爲：(A) $\sqrt{\frac{349}{352}}$ (B) $\frac{349}{352}$ (C) $\sqrt{\frac{238}{235}}$ (D) $\frac{238}{235}$ (E) $\sqrt{\frac{352}{349}}$ 【大學聯考題】答：(A)

類 4. 1997 年諾貝爾物理獎得獎者主要的貢獻是發展出以雷射冷卻原子的方法。某實驗室以此方法將鈉原子(^{23}Na)冷卻後測得這些氣態納原子的方均根速率爲 0.20 公尺/秒；若這些鈉原子的絕對溫度爲 T，且系統可視之爲理想氣體，則下列關係何者爲正確？ (A)$T<10^{-6}K$ (B)$10^{-6}K<T<10^{-5}K$ (C)$10^{-5}K<T<10^{-4}K$ (D)$10^{-4}K<T<10^{-3}K$ (E)$10^{-3}K<T$ 。【87 日大】答：(C)

類 5.一圓形氦氣球，直徑爲 1 公尺，溫度 27℃，壓力爲 1 大氣壓。若有一氦分子以方均根速率橫過此氣球直徑，所需的時間約爲_____秒。【81 大學】答：7.3×10^{-4}

類 6.氫氣在低壓下從 127℃降至 16℃，則分子的方均根速率約降低_____%。【79 大學】答：15%

類 7.氦氣在低壓力下從－23℃升至 87℃，則分子的方均根速率約增加_____%。答：20

※方均根速率

例 26.若 $\overline{v^2}=\dfrac{3PV}{Nm}$，此 $\sqrt{\overline{v^2}}=\sqrt{\dfrac{3PV}{Nm}}$ 稱方均根速率，即 $\sqrt{\overline{v^2}}=\sqrt{\dfrac{3P}{d}}$ 此 d 為密度，若 S.T.P.氧密度為 1.429 克/升，則方均根速率若干？答：460m/s

例 27.一莫耳某氣體，質量 60 公克，體積 4 升，壓力 2 大氣壓：
(1)全部氣體分子的動能_____焦耳。
(2)分子的方均根速率_____公尺/秒。答：(1)1215.6；(2)201.3

類 1.一容器內氫氣密度為 9×10^{-6}g/cm^3，方均根速率為 180m/s，則容器內氫氣壓力為_____。
答：97.2N/m^2

類 2.設一密閉容器體積為 2.00 升，內裝有氫氣壓力為 2.00 大氣壓，則氫氣的總質心動能為__(1)__焦耳，如此時氫分子的方均根速率為 2.00×10^3 公尺/秒，則氫氣的分子密度為__(2)___分子/米^3。答：(1)6.1×10^2；(2)4.56×10^{25}

類 3.若 P、V、T、M、n 及 ρ 分別為氣體的壓力、體積、溫度、分子量、莫耳數及密度，m 表示氣體分子的質量，k、R 及 N_0 分別為波茲曼常數、氣體常數及亞佛加厥常數，則下列各式中有哪些可表示氣體分子的方均根速率？ (A)$\sqrt{\dfrac{3P}{\rho}}$ (B)$\sqrt{\dfrac{3PV}{nM}}$ (C)$\sqrt{\dfrac{3RT}{M}}$ (D)$\sqrt{\dfrac{3kT}{m}}$ (E)$\sqrt{\dfrac{3PV}{N_0m}}$。答：(A)(B)(C)(D)

類 4.女傭 NaNa： 我真命苦，每天都得不停的說
「是！太太，是！太太。」
女傭 Going：我更命苦，每天都得不停的說
「不！先生，不！先生。」

※碰撞頻率(參考教材)

$$f=\frac{Nv_x}{2l\times A}=\frac{Nv_x}{2V}=\frac{P}{\sqrt{4mkT}}$$

例 28.有一充滿氦氣的容器，由一大氣壓及 0℃改變到 0.5atm 及 273℃後，則單位時間內撞擊器壁單位面積上之分子數為原來的若干倍？答：$\frac{1}{2\sqrt{2}}$

類 1.某密閉容器中裝有氦氣，當其絕對溫度增爲原來之 4 倍，則以下兩種情況下，(1)容積不變時(2)容積變爲原來 8 倍時，氦氣分子每秒撞擊單位面積器壁之次數爲原來之若干倍？答：(1)2；(2)$\frac{1}{4}$

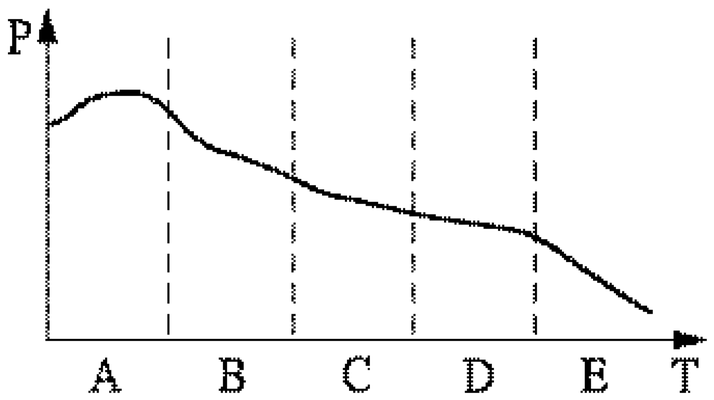
類 2.容器 A 內盛有某種氣體 N 個分子，其壓力爲 1 大氣壓，容器 B 與 A 之體積相同，盛有同樣氣體 3N 個分子，二者溫度相同，則每秒內碰撞器壁之平均次數比爲_____。答：3

類 3.某密閉容器內裝有理想氣體，若平均密度增倍，壓力增爲 4 倍，則單位時間抵達單位面積的分子數變爲多少倍？ (A)$\sqrt{2}$ (B)2 (C)$2\sqrt{2}$ (D)4。答：(C)

類 4.某密閉容器中裝有氦氣，當絕對溫度增爲原來之 16 倍、容積變爲原來的 8 倍，則氦氣分子每秒撞擊單位面積器壁之次數爲原來之_____倍。答：$\frac{1}{2}$

類 5.某體積一定的密閉靜止容器內充有氦氣，最初溫度爲零下 173℃，若加熱至 127℃，則下列描述何項是正確的？ (A)氦氣分子的總動量變爲最初的 2 倍 (B)氦氣分子的總動能變爲最初的 4 倍 (C)氦分子每秒撞擊器壁的次數變爲最初的 4 倍 (D)容器內的壓力變爲最初的 4 倍 (E)氦分子的方均根速率變爲最初的 2 倍。答：(B)(D)(E)

類 6.如圖表示某氣體實驗，溫度壓力關係圖，已知氣體分子數爲定值 (A)A 區之分子平均動能最小 (B)A 區容器的容積最小 (C)A 區氣體分子與器壁單位時間單位面積碰撞次數最少 (D)E 區之分子平均動能最大 (E)E 區氣體分子與器壁單位面積單位時間的碰撞次數最多。答：(A)(B)(D)



吳錫玠物理

※絕熱容器內兩氣體混合

$$N_1E_1+N_2E_2=(N_1+N_2)E'$$
$$\Rightarrow\begin{cases}N_1T_1+N_2T_2=(N_1+N_2)T'\\ P_1V_1+P_2V_2=P'V'\end{cases}$$

※絕熱容器內兩氣體混合 $N_1T_1+N_2T_2=(N_1+N_2)T'$

例 29.兩絕熱容器內充以相同的理想氣體，兩者的壓力、體積和絕對溫度分別是(P，V，T_1)及(P，2V，T_2)。在兩者連通混合達平衡之後，氣體的絕對溫度為_____。【85 日大】
答：$\dfrac{3T_1T_2}{2T_1+T_2}$

類 1.兩個絕熱容器內裝有相同的理想氣體，壓力相等，其中一個容器的體積爲 V，溫度爲 150°K，另一個容棒的體積爲 2V，溫度爲 450°K。若使這兩個容器相互連通，則熱平衡時氣體之溫度爲 (A)200°K (B)270°K (C)300°K (D)350°K (E)375°K。【82 年大學】
答：(B)

類 2.兩個絕熱容器中裝有相同的理想氣體，壓力相等，其中一個容器的體積爲 2V，溫度爲 150K，另一個容器的體積爲 V，溫度爲 300K。若使這兩個容器相互連通，則熱平衡時之溫度爲： (A)160K (B)170K (C)180K (D)210K (E)230K。答：(C)

類 3.兩個絕熱容器甲、乙裝有相同的氣體，且體積相同，甲容器壓力爲 P_1、溫度 T_1，乙容器壓力爲 P_2、溫度 T_2，若使這兩容器相互連通，則達平衡時，氣體的溫度爲多少？答：$\dfrac{(P_1+P_2)T_1T_2}{P_1T_2+P_2T_1}$

類 4.體積相等的兩個房間 A、B，各貯同種氣體 n_A 及 n_B 莫耳。若 A、B 間之隔板除去，則二氣體混合後之共同溫度 T_0 爲： (A)$\dfrac{T_A+T_B}{2}$ (B)$\dfrac{n_AT_A+n_BT_B}{2}$ (C)（n_A+n_B）（T_A+T_B）(D)$\dfrac{1}{2}$（n_A+n_B）（T_A+T_B） (E)$\dfrac{n_AT_A+n_BT_B}{n_A+n_B}$。答：(E)

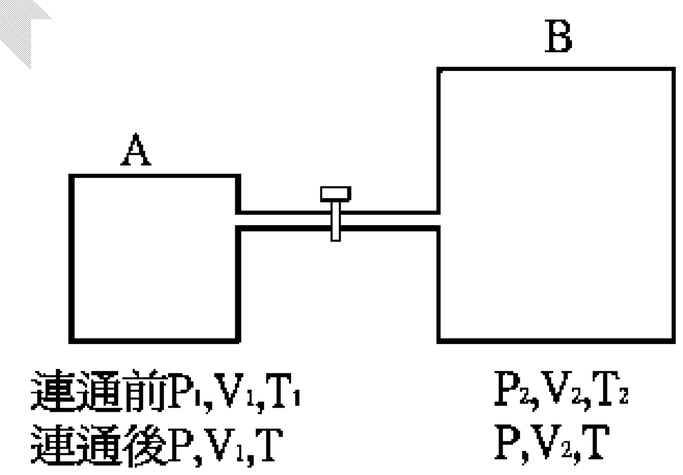
吳錫玠物理

※絕熱容器內兩氣體混合 $P_1V_1+P_2V_2=P'V'$

例 30.AB 兩容器體積比為 1：2，分別充以 2mole 之 He 及 1mole 之 He，最初 A 之絕對溫度為 $300°K$，壓力為 latm，而 B 之壓力為 2atm，若將兩容器混合，且能量無散失，則混合後之壓力為何？答：$\frac{5}{3}atm$

類 1.在一絕熱容器中分成兩個體積相同的氣室，兩氣室分別裝有 A 及 B 兩種莫耳數不等的理想氣體，其壓力及溫度分別爲 P_A、T_A 及 P_B、T_B。現將兩氣室打通，讓 A 及 B 兩氣體混合，則下列敘述何者正確？ (A)氣體 A 及 B 之分子數比爲 P_AT_B/P_BT_A (B)混合前 A、B 兩種氣體之分子平均動能比爲 T_A/T_B (C)混合至熱平衡時，氣體溫度爲 $(T_A+T_B)/2$ (D)混合至熱平衡時，氣體壓力爲 $(P_A+P_B)/2$ (E)混合前後，氣體分子之總動能不變。【79 年大學】
答：(A)(B)(D)(E)

類 2.有 A、B 兩容器，其內裝 A、B 兩種單原子理想氣體，其壓力，體積與溫度分別爲 P_1、V_1、T_1 及 P_2、V_2、T_2，今用一細管連通此兩容器，則平衡時(1)壓力爲何？(2)溫度爲何？答：(1) $\frac{P_1V_1+P_2V_2)}{V_1+V_2}$；(2) $\frac{(P_1V_1+P_2V_2)T_1T_2}{P_1V_1T_2+P_2V_2T_1}$



類 3.若有一絕熱容器，左室盛 1 atm 及 200K 之氦，右室盛(體積相同)1 atm 及 400K 之氖，則：(a)氦與氖分子數之比？ (b)隔扳拆除，混合後溫度？ (c)隔板拆除，混合後壓力？答：(a)2：1；(b) $\frac{800}{3}$；(c)1atm

類 4.有一對外星人科學家夫婦到地球上研究地球人生態，遇到一對夫婦，當晚便決定由外星人夫婦分別實地測試地球人〞繁延〞的過程。
首先是外星先生與地球人太太，當兩人衣衫盡褪，正要實驗時，地球太太嘆了口氣：「好像太小了一點！！！」
外星先生馬上說：「那沒問題！！」於是他用手轉轉左耳，再轉轉右耳。那話兒就神奇地愈來愈大！！
於是地球太太過了她有生以來最滿足的一夜。
第二天早晨地球夫妻見面，互道昨晚經歷，太太說：「想必你也跟我昨晚一樣舒服吧！」
老公揉著紅腫如象耳的耳朵臭幹譙：「作就作！那女外星人一直擰我的耳朵，搞得我痛死拉！」

吳錫玠物理

※絕熱容器內兩氣體混合 $N_1E_1+N_2E_2=(N_1+N_2)E_3$

例 31.有兩種理想氣體其氣體分子的質量，平均速率及分子數分別為 m_1、m_2，v_1、v_2，N_1 及 N_2。兩者混合且平衡後 (1)氣體分子的平均動能為何？ (2)平衡溫度？答：

(1) $\dfrac{N_1m_1v_1^2+N_2m_2v_2^2}{2(N_1+N_2)}$ ；(2) $\dfrac{N_1m_1v_1^2+N_2m_2v_2^2}{3(N_1+N_2)k}$

類 1.一容器體積 V_1 裝有平均動能 E_1 的氣體分子 N_1 個，另一容器體積 V_2 的容器則裝有平均動能 E_2 的同類氣體 N_2 個，今將兩容器連通後，計算平衡後的壓力為何？(A) $\dfrac{2(E_1+E_2)}{3(V_1+V_2)}$ (B) $\dfrac{2(N_1E_1+N_2E_2)}{3(V_1+V_2)}$ (C) $\dfrac{2}{3}(\dfrac{N_1E_1}{V_1}+\dfrac{N_2E_2}{V_2})$ 。答：(B)

類 2.一絕熱密閉容器，分為左右兩室，左室體積 V_1，右室體積 V_2，中間以絕熱板隔間，若左室裝有 N_1 個 x 氣體分子，每個分子質量為 m_1，方均根速率 v_1，而右室裝有 N_2 個 y 氣體分子，每個分子質量為 m_2，方均根速率 v_2。今若將中間的隔板除去，令左、右二室之氣體混合，則在達到熱平衡後

(1)壓力為何？

(2)x 氣體分子之方均根速率為何？(設 x 與 y 氣體分子皆為單原子分子)答：

(1) $\dfrac{N_1m_1{v_1}^2+N_2m_2{v_2}^2}{3(V_1+V_2)}$ ；(2) $\sqrt{\dfrac{N_1m_1{v_1}^2+N_2m_2{v_2}^2}{m_1(N_1+N_2)}}$

類 2.關於一莫耳理想氣體的物態方程式 PV=RT，下列敘述中，正確的是 (A)溫度維持一定時，此式表示波以耳定律 (B)壓力維持一定時，此式表示定壓時的查理一給呂薩克定律。根據此定律做成的溫度計，為定容氣體溫度計 (C)體積維持一定時，此式表示定容時的查理一給呂薩克定律。根據此定律做成的溫度計，為定壓氣體溫度計 (D)在單原子分子氣體中，RT 表示 $N_o=6.02\times10^{23}$(亞佛加厥數)個分子在絕對溫度 T 時之動能的 $\dfrac{2}{3}$ 。答：(A)(D)

※熱力學第一定律與莫耳比熱(參考)

＊熱力學第一定律：

系統自外界所得能量=系統內能的增加+系統對外界作功

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$
$$= \Delta U + P\Delta V$$

對單原子分子而言，系統內能就是分子的移動動能 $\mathbf{E_k}$

$$\Delta Q = \frac{3}{2}nR\Delta T + P\Delta V$$

(雙原子分子除移動動能外，還有位能、轉動動能、震動動能**)**

＊莫耳比熱：

使一莫耳物質的溫度上升 **1**℃所需的熱能，稱為莫耳比熱。

1.單原子分子的莫耳定容比熱 $C_V = \frac{3}{2}R$

$$C_V = \frac{\Delta Q}{n\Delta T} = \frac{\frac{3}{2}nR\Delta T + P\Delta V}{n\Delta T} = \frac{\frac{3}{2}nR\Delta T + P\times 0}{n\Delta T} = \frac{3}{2}R$$

2.單原子分子的莫耳定壓比熱 $C_P = \frac{5}{2}R$

$$C_V = \frac{\Delta Q}{n\Delta T} = \frac{\frac{3}{2}nR\Delta T + P\Delta V}{n\Delta T} = \frac{\frac{3}{2}nR\Delta T + nR\Delta T}{n\Delta T} = \frac{5}{2}R$$

※莫耳定容比熱 $C_V = \frac{3}{2}R$

例 32.有溫度為 27℃之氦氣 8 克，當和溫度為 24℃並與外界完全隔絕的水相接觸以後，二者的溫度變為 25℃，則此水的質量為_____克。答：11.9

類 1.取溫度爲 60℃之氖氣 1 莫耳和溫度爲 30℃之氦氣 x 莫耳相混合後溫度爲 36℃。由此可知 x 等於 (A)1.0 (B)2.0 (C)3.0 (D)4.0 (E)5.0。【62.日大、70.夜大】答：(D)

類 2. 2 克的氦氣在 27℃時，每升高 1℃，其分子總動能增加若干？
(A)625 (B)125 (C)12.5 (D)6.25　焦耳。答：(D)

類 3.密閉容器中裝有一莫耳之單原子分子理想氣體，在定容下溫度由 300 K 升至 600 K，則氣體共吸熱_____焦耳。答：3742.6

吳錫玠物理

※熱力學第一定律

例 33.封閉之活塞筒中儲 18 克之水(1 莫耳)。今使水自沸點而全部汽化。因活塞極輕且與筒間無摩擦作用，故壓力可始終保持 1 大氣壓。

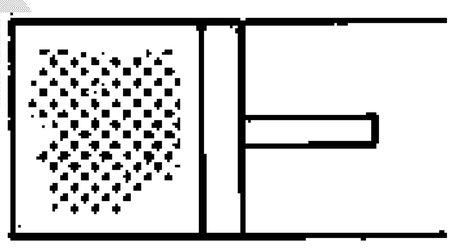
.(a)若水汽可認為是理想氣體，則所佔體積應為若干？(水汽並非理想氣體，但誤差不會超過 10%) 答：$3.06\times10^{-2}\,m^3$

(b)當水全部汽化時，因推動活塞抵抗大氣壓而作之功為若干？答：$3.09\times10^{3}\,J$

(c)已知使 1 克之水變為蒸汽所需之能量為 540 卡(用以拖曳水分子使其彼此遠離成為蒸汽)。問使水全部汽化並推出活塞，共需熱量若干？答：43719J

(d)推動活塞所需要之功為所需要全部熱量的幾分之幾？答：7%

類 1.如圖，截面積 $0.20\,m^2$ 的活塞容器內裝有 5 mole 的理想氣體，外界氣壓為 $1.00\times10^{5}\,nt/m^2$。若供給氣體 75.0cal 的熱量，活塞可自由向右滑動一段距離，且氣體上升了 3K 的溫度。若氣體初溫為 27℃，則 (A)求氣體作用在活塞上的平均力 F？ (B)求氣體膨脹多少體積？ (C)求氣體內能之增加量？ (D)此種氣體之質心動能佔內能？答：(A) $2\times10^{4}\,nt$；(B) $1.248\times10^{-3}\,m^3$；(C)190J；(D)97.9%



類 2.氣缸在 1 大氣壓下，封入 22.4 升之氦氣，溫度為 0℃，若使等壓膨脹至 44.8 升，溫度為 273 ℃，所需之能量為 (A) 5.66×10^{3} 焦耳 (B) 3.39×10^{3} 焦耳 (C) 2.27×10^{4} 焦耳 (D) 3.39×10^{4} 焦耳 (E) 2.27×10^{3} 焦耳。答：(A)

類 3.使 2 莫耳的理想單原子氣體在一大氣壓下，溫度由 27℃加熱至 127℃所須吸收的熱量為 (A)397cal (B)596cal (C)994cal (D)1391cal (E)1987cal。答：(C)

類 4.將一莫耳的單原子分子理想氣體加熱，使其溫度從 27℃升至 327℃，則下列敘述中何者正確？ (A)此系統的分子方均根速率增大為原來的兩倍 (B)若加熱過程中，體積維持一定，則此系統的氣體分子總能量(分子的總移動動能)增大為原來總能量的兩倍 (C)若加熱過程中，壓力維持一定，則此系統的氣體分子總能量仍增大為原來總能量的兩倍 (D)加熱過程中，無論是體積維持一定，或壓力維持一定，對此系統需要輸進的熱量均相等。【77 夜大】答：(B)(C)

類 5.一密閉於隔熱活塞內之氣體若推動活塞壓縮之，則： (A)氣體之壓力增加 (B)氣體之溫度升高 (C)氣體之內能增加 (D)氣體分子之平均速率不變 (E)氣體之密度增加。【63 日大、71 夜大、77 三專】答：(A)(B)(C)(E)

吳錫玠物理

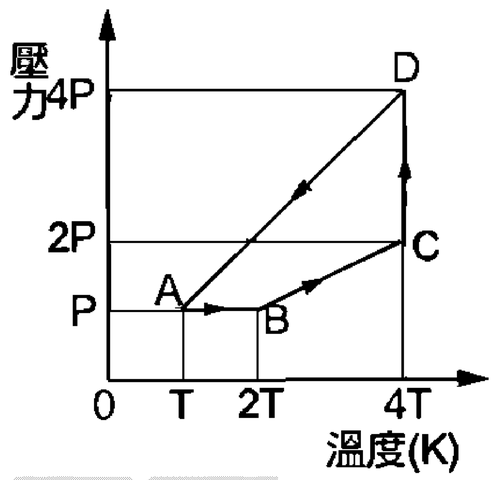
※熱力學第一定律

例 34.圖中實線表示 2 莫耳的某理想氣體發生狀態變化時，壓力與溫度的關係圖。變化過程中由狀態 A 經 B、C、D 諸狀態，最後回到狀態 A。(P、T 為已知)

(1)四個過程中何者體積最大？答：B 與 C

(2)四個過程中何者需由外界對氣體作正功？答：$C \to D$

(3)此氣體在狀態 D 和 A 時，分子的總動能相差多少？答：9RT



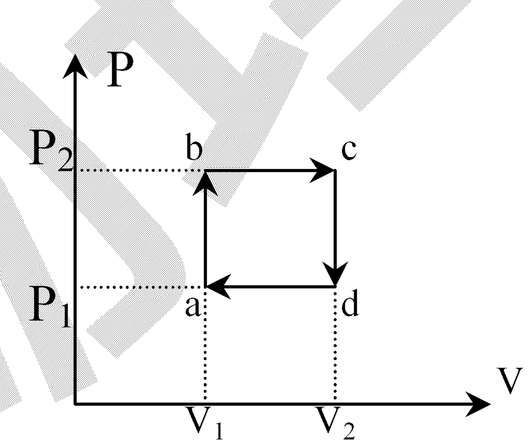
類 1.一理想氣體物系由狀態 a 經由圖下所示之過程再回到狀態 a。

(a)求每一過程(a→b，b→c，c→d 及 d→a)中，物系所做的功。

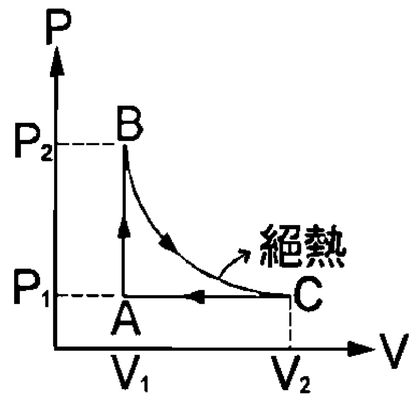
(b)試判斷每一過程中物系是吸熱或放熱，並說明你的理由。

(c)物系回到 a 狀態，內能之變化爲多少？請說明你的理由。

【75 大學】答：(1)0；$P_2(V_2-V_1)$；0；$P_1(V_1-V_2)$；(2)吸；吸；放；放；(3)內能沒變



類 2.一單原子理想氣體系統自(P_1，V_1)的狀態開始，經過如圖所示的循環過程，回到原先的(P_1，V_1)狀態，則在此一循環中此氣體系統所吸的熱能爲？【1997 奧林匹亞初選試題】答：$\frac{3}{2}P_2V_1 + P_1V_1 - \frac{5}{2}P_1V_2$



類 3.冷氣機及冰箱等冷卻系統是由冷媒、壓縮器、凝結器、膨脹閥、汽化器等組成。下列敘述何者正確？ (A)在壓縮器之中，外界對冷媒作功，將其擠壓成高壓高溫氣體 (B)在凝結器之中，外界放熱給冷媒，使其凝結成液體 (C)通過膨脹閥時，冷媒不會對外界作功 (D)在汽化器之中，冷媒會吸熱，其壓力會減少，而且汽化爲接近常溫的氣體 (E)有些冷卻系統已改用新冷媒以取代舊冷媒(CCl_2F_2)，主要目的是保護大氣中的臭氧層。【83 年大學】答：(A)(C)(D)(E)

類 4.小明到一家有名的餐廳吃飯,聽說那有一道菜叫雙龍吐珠,當這道蔡端上來時 掀開鍋蓋,裡面有兩駝大大的東西...

小明吃了一口：哇！真是美味,就問老板 這是什麼!!

老板：這是鬥牛場上牛死掉後的下面兩顆東西

小明覺得很好吃的把它吃掉了...

隔了幾天，小明覺得意尤未盡,再到那店去吃,這回老板送上食物,打開蓋子....

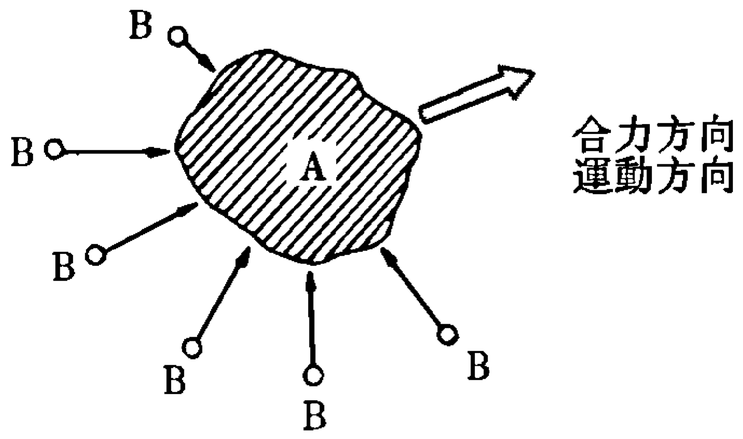
小銘：喔!!!怎麼變這麼小？

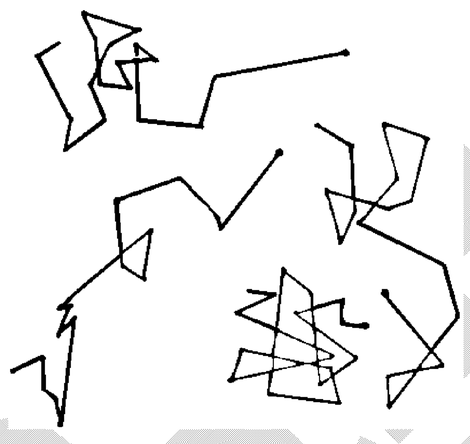
老板：鬥牛不一定每次都是人會贏的..

12-4 布朗運動

1 布朗運動：在 **1827** 年英國植物學家布朗**(Roert Brown1773~1858)**觀察到懸浮於水面之花粉微粒，不停地向各方向做不規則的折線運動，稱布朗運動。

2.形成原因：粒子**(**如懸於水面之花粉粒子**)**受到環境微小粒子**(**如水分子**)**的碰撞，由於受力不平衡所產生之運動。如國粒子 **A** 受環境微小粒子 **B** 之碰撞，由於受力不平衡，便會在合力方向上產生運動。





3.在國中轉折部分表示受力不平衡處，直線表示受力幾近平衡。可見平衡之時間長，不平衡之時間短。

4.常見現象**:**

①陽光下室內光束中之灰塵飄揚不定。

②乳狀溶液中通以光束則見到懸浮其中粒子之雜亂運動**(**裴林溶液**)**

5.影響布朗運動之因素**:**

①溫度愈高布朗運動愈劇烈：因環境粒子之動能大，撞後之合力較大之故。

②密度愈小**(**或壓力愈小**)**布朗運動愈激烈：因環境之粒子少，碰撞而不平衡之機率較大。

③產生布朗運動之粒子質量愈小愈激烈：按 **F=ma**，因 **m** 小故較明顯。

6.布朗運動之影響**:**

①布朗運動會影響到量度儀器之靈敏度，溫度愈低靈敏度愈高。

②產生電子儀器之雜音**(**稱為詹森雜音**)**

③大氣分子會運動不止，而不會受重力影響而沉積於地面。

7.減小布朗運動最有效之方法為降低溫度。

例 35.關於布朗運動的下面陳述那幾項是對的？ (A)布朗運動是由於小質點本身具有動能而產生的雜亂運動，不受其他質點的碰撞影響 (B)氣體中小質點的布朗運動隨其壓力之減少而趨激烈 (C)布朗運動是由於小質點受到周圍雜亂運動的分子所撞擊，當其受力不平衡時所產生的運動 (D)布朗運動不受溫度的影響 (E)小質點的質量越小，布朗運動越激烈。【大學聯考題】答：(B)(C)(E)

類 1.布朗運動是：(A)只發生在水中花粉的運動 (B)簡諧運動 (C)花粉的平均動能爲零 (D)花粉的量子效果 (E)周圍分子的熱運動所引起。【大學聯考題】答：(D)(E)

類 2.在靜止液體中的塵埃或花粉等微粒，因受液體分子的_____而產生不規則的_____。【78 年大學】答：碰撞；折線(或布朗)運動

類 3.布朗運動是：(A)因分子的熱運動所引起 (B)只會發生在花粉等有機固體 (C)它的運動是不規則 (D)布朗運動的平均動能爲 3kt/2 (E)做布朗運動的個體越大，其布朗運動越激烈。【68 夜大】答：(A)(C)

類 4.降低溫度，可使精密儀器量度的精確提高，因爲：(A)儀器重量減小 (B)儀器彈性增加 (C)布朗運動減少 (D)消除了熱游子發射 (E)儀器壓力減少。【大學聯考題】答：(C)

類 5.有關氣體，下列何者正確？(A)布朗運動隨壓力加大而愈顯著 (B)溫度愈低，布朗運動愈顯著 (C)任何氣體升高 1K 其質心動能增加 12.4 焦耳 (D)同質量之氦與氖同溫時，氖的總能量較少 (E)同溫同壓下氣體體積與分子數成反比。答：(D)

類 6.下列敘述何者正確？(A)物理儀器之靈敏度受布朗運動之影響 (B)巨大物體完全無布朗運動存在 (C)分子愈多布朗運動愈顯著 (D)固體亦有布朗運動 (E)減少布朗運動之影響，唯有降低溫度。答：(A)(D)

類 7. “布朗運動”爲：(A)是微小粒子在高溫時，自發之運動 (B)在高壓時，流體中之不規則運動 (C)是微小粒子在低壓高溫時，自發之運動 (D)是微小粒子在高壓低溫時，自發之運動 (E)微小粒子受不平衡之撞擊力，所生之不規則運動，於高溫低壓下較易測知。答：(E)

類 8.關於布朗運動下列何者爲真？(A)布朗運動係微粒受周圍雜亂運動之分子撞擊，受力不均衡所致 (B)若亞佛加厥常數爲無窮大，則不會有布朗連動 (C)若亞佛加厥常數爲無窮小，則布朗運動會很大 (D)布朗運動可顯示分子之存在性 (E)降低溫度，可使儀器之精密度提高。答：(A)(D)(E)

類 9.小花是位上班小姐，經過千辛萬苦，終於考上大學...但她仍然不改其性，常常身著艷裝配迷你裙，跑去上課。

很不幸地，恰巧她又在第一排座位，常常引得上課的男教授抓狂不已。

這天上課時，小花又不經意地敞開大腿，露出裙底風光...年輕教授實在受不了，小弟弟暗地撐起，快奪門而出了，只好暗示她收斂點！

教授：「小花同學，能不能把妳的書本先闔起來一下！」

小花不悅地反諷：「老師，能不能也請您，把您的筆放下來！」

教授明白，被她發現自己的窘態了...於是羞紅了臉，僵在台上說不出話來。

小花心想，不應該讓老師這麼難堪...於是悄聲對教授說道：「老師，下課後可不可以請您幫我在書本上畫重點」

12-5 氣體分子的速率分布

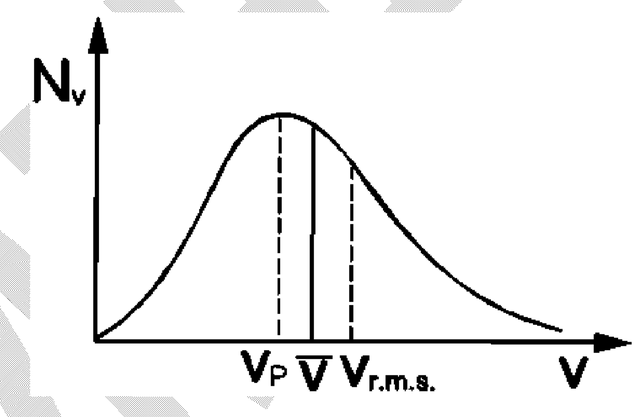
一、馬克士威(**James C.Maxwell**)速率分布

(1)橫軸表分子速率 **v**，縱軸 $\mathbf{N_v}$ 則表示速率介於 **v** 及**(v+dv)**間的分子數目：

1.分子的速度在各方向的分布：在熱力平衡狀態下**(**如在密閉室內穩定情形下**)**，在定溫下，一定量的氣體，其分子在各方向的速度平均值均相同，並無偏重於任一方向的情形。

2.分子速度量值(大小)的分布：有些分子速率很小，有些分子速率很大，但由於不斷的碰撞，速率極小或極大的分子占極少數。大多數的分子速率，介乎很小和很大之間。

(2)溫度一定時分子速率分布圖，$\bar{v}$ 表示平均速率，v_{rms} 為方均根速率，v_p 為可能速率：

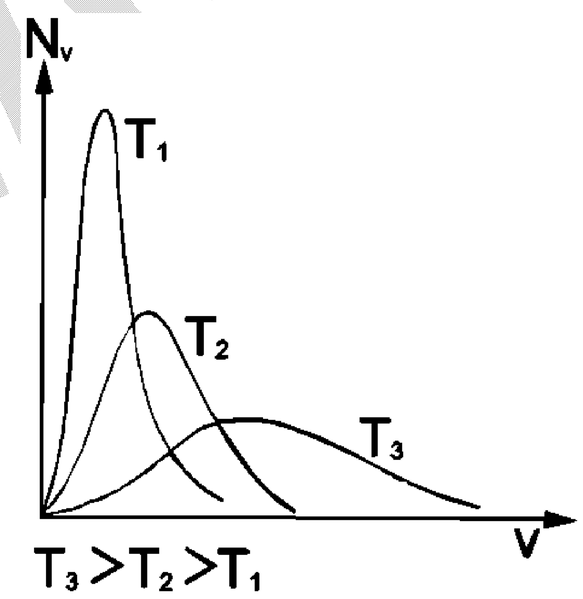


最可能速率 $v_p = \sqrt{\dfrac{2kT}{m}}$

平均速率 $\bar{v} = \sqrt{\dfrac{8kT}{\pi m}}$

方均根速率 $v_{rms} = \sqrt{\dfrac{3kT}{m}}$

其大小關係為 $v_p < \bar{v} < v_{rms}$



(3)氣體的溫度如增高，則曲線的最大值會向右方**(**即較大值處**)**移動。

(4)曲線底下面積表分子總數為一定值。

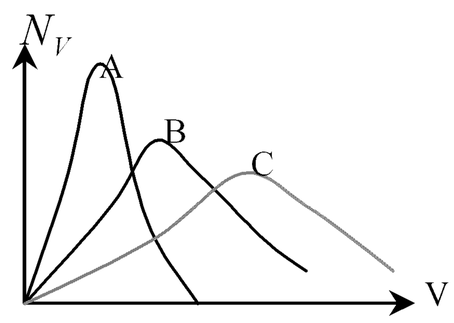
二、蒸發的冷卻作用

1.液體分子速率的分布與氣體分子速率分布的曲線相似。當溫度低於沸點時，液體中也有一些分子的速度較大，其動能大於其它分子的束縛能，得以脫離液面稱為蒸發。

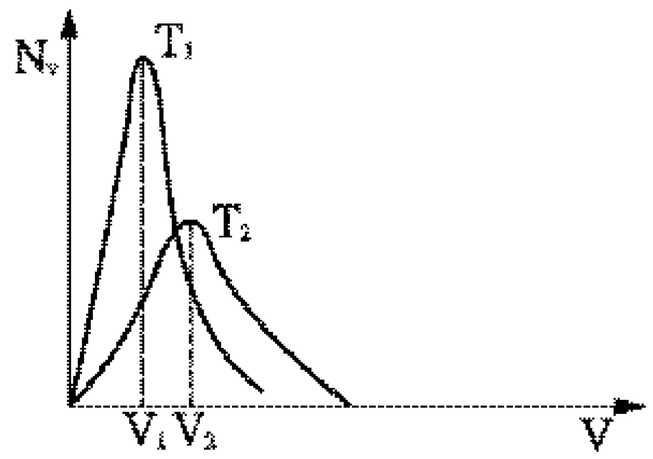
2.蒸發後，留下的是動能較小的分子，因此平均動能減少，所以蒸發使液體冷卻。

※馬克士威速率分布

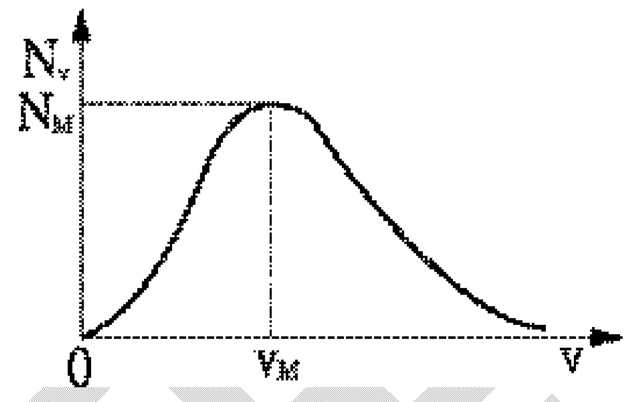
例 36.說出右圖 A、B、C 三曲線，代表具有 V 的分子數，V 代表分子速率：(1)何者溫度最高？ (2)何者動能分佈較小？ (3)何者高動能之分子數多？ (4)曲線下面積代表什麼？答：(1)C；(2)A；(3)C；(4)總分子數



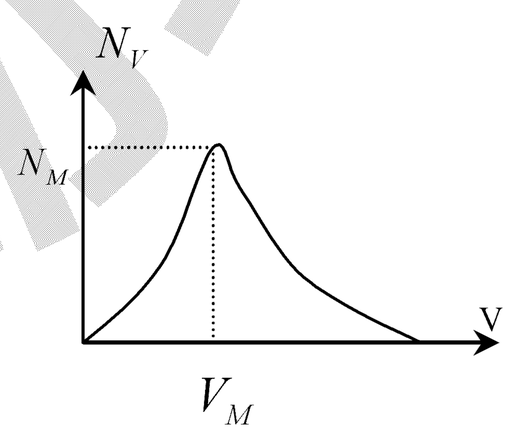
類 1.如圖二曲線分別表示在 T_1K 及 T_2K 時密閉容器內氣體分子速率的分布函數，若以 a_1 及 a_2 表其對應之方均根速率，b_1 及 b_2 表其對應之平均速率，則下列敘述正確者為 (A)$T_1 < T_2$ (B)$b_1 > a_1 > V_1$ (C)$a_1^2T_2 = a_2^2T_1$ (D)$V_1T_2 = V_2T_2$ (E)T_1 曲線底下之面積＝T_2 曲線底下之面積。答：ACE



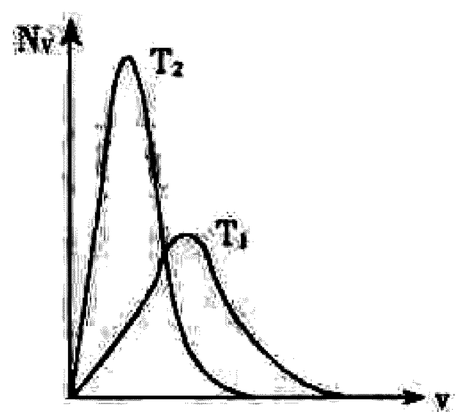
類 2.關於一定量氣體的分子速率分布曲線(簡稱 N_V-V 曲線，分子數最多的 V 值及曲線的最大值分以 V_M 及 N_M 表示之，如右圖)，在下列敘述中，何者為正確？(A)若溫度增加，則 V_M 不變，但 N_M 增加 (B)若溫度增加，則 V_M 不變，但 N_M 減少 (C)若溫度增加，則 V_M 增加，但 N_M 減少 (D)若溫度增加，則 V_M 減少，但 N_M 增加 (E) V_M 值乃是此氣體在當時溫度下氣體分子的平均速率。【76 年大學】答：(C)



類 3.關於一定量氣體的分子速率分布曲線(N_V-V 圖)，氣體溫度增高時，下列敘述有那些是正確的？(A) V_M 會向較大 V 值處(圖右方)移動 (B) N_M 隨之減少 (C) V_M 有可能大於平均速率 $\overline{V}$ (D)曲線下的面積會增加。【85 年夜大】答：(A)(B)



類 4.由馬克士威的分子速率分佈圖，下列何者正確？(A)溫度升高，在一定方均根速率的範圍 Δv 內之分子數減少 (B)氣體於熱平衡時，有一半分子之速率比 Vp 大 (C)相當於分子平均動能的速率是 $V_{r.m.s.}$ (D) $V_P < \overline{V} < V_{r.m.s.}$ (E)兩種不同氣體混合達平衡時，每一種分子的馬氏速率分佈情形與單獨存在時之分佈情形相同。答：(A)(B)(C)(D)(E)



類 5.關於熱平衡狀況下的氣體，下列敘述中，那些是正確的？(A)溫度上升時，速率很小的分子之數目減少 (B)要使每一份子之平均動能等於 0.5eV，則氣體溫度須達 3.9×10^3 K (C)布朗最先求出氣體分子速率的分佈函數 (D)同一溫度下，不同氣體分子的方均根速率，與分子質量的平方根成反比。【78 夜大】答：(A)(B)(D)

類 6.關於一定量氣體在溫度一定時的分子速率分布曲線，若 $\overline{V}$ 表示平均速率，$V_{r.m.s.}$ 為方均根速率，分子數目最多的速率為 V_P，則 (A) $\overline{V} < V_{r.m.s.} < V_P$ (B) $V_{r.m.s.} < V_P < \overline{V}$ (C) $V_P < \overline{V} < V_{r.m.s.}$ (D) $\overline{V} < V_P < V_{r.m.s.}$。【82 年夜大】答：(C)

例 37.某容器含有右表中分子(N_i 表示具有速率 V_i 之分子數)：則

(a)計算平均速率 V？(即 $\overline{V}$)答：3.2cm/s

(b) $V_{r.m.s.}$ (即 $\sqrt{\overline{V^2}}$)為若干？答：3.4cm/s

(c) V_P (出現機率最多之速率)為何？答：4cm/s

N_i	V_i (cm/s)
2	1.00
4	2.00
6	3.00
8	4.00
2	5.00

類 1.四個小質點的速度分別爲 4 公尺/秒向東，7 公尺/秒向西，5 公尺/秒向南，9 公尺/秒向北，則其方均根速率爲 (A)6.54 公尺/秒 (B)6.25 公尺/秒 (C)5.00 公尺/秒 (D)1.75 公尺/秒 (E)3.27 公尺/秒。答：(A)

※蒸發的冷卻作用

例 38.下列有關“蒸發現象”敘述，何者正確？(A)蒸發為氣態的分子係在液體表面動能較大的分子 (B)蒸發後液體的溫度下降 (C)蒸發的分子來自液體內部 (D)液體表面積愈大，溫度下降愈快 (E)液體溫度愈高，蒸發速率愈大。答：(A)(B)(D)(E)

類 1.某日，有三個死掉的鬼魂同時拜見閻羅王。

第一個人進來，閻羅王問他：「你生前是做什麼的啊？」 那個人回答：「我是一個農夫。」
閻羅王又問：「那麼，你生前做了什麼好事呢？」 農夫說：「我讓很多人吃飽。」
閻羅王就給農夫一把金鑰匙：「這是天堂的鑰匙。」農夫就上了天堂。

第二個人來了，閻羅王又問：「你生前是做什麼的呢？」那個人說：「我生前是一位老師。」
閻羅王也問他：「那你生前做過好事嗎？」那個老師就說：「我讓很多人變聰明。」
閻羅王也交給老師一把金鑰匙：「這是天堂的鑰匙。」老師也上了天。

第三個是個女人，閻羅王也問：「妳生前是做什麼的呢？」
那個女人回答：「我是一名妓女。」
閻羅王還是問：「那麼，妳生前做了什麼好事呢？」妓女回答：「我讓很多男人快樂。」
閻羅王交給她一把不鏽鋼的鑰匙。
妓女問：「爲什麼我的是不鏽鋼的鑰匙？這是那兒的鑰匙？」
閻羅王回答：「這是我房間的鑰匙。」

吳錫玠物理