

物理第二冊目錄

第三講

頁數

第二講內容測驗.....	1 - 1
第二講 (D) 習題解答.....	1 - 3
第五章(續) 液體之物性(續)	
A. 課程.....	4 - 9
B. 教材問答.....	9 - 11
C. 複習題.....	11 - 12
D. 習題.....	12 - 12
第六章 氣體之物性	
A. 課程.....	13 - 25
B. 教材問答.....	25 - 26
C. 複習題.....	26 - 27
D. 習題.....	27 - 28
第七章 氣體之物性(續)	
A. 課程.....	29 - 32
E. 第三講內容摘要.....	32 - 34

第四講

第三講內容測驗.....	35 - 35
第三講 (D) 習題解答.....	35 - 37
第二講內容測驗解答.....	37 - 38
第七章(續) 氣體之物性(續)	
A. 課程.....	39 - 45
B. 教材問答.....	45 - 56
C. 複習題.....	56 - 58
D. 習題.....	58 - 59
第八章 氣體之物性(續)	
A. 課程.....	60 - 68

E. 第四講內容摘要：氣體之物性·····	68—69
-----------------------	-------

第五講

第四講內容測驗·····	71—71
--------------	-------

第四講(D) 習題解答·····	71—73
------------------	-------

第三講內容測驗解答·····	73—74
----------------	-------

第八章(續) 氣體之物性(續)

A. 課程·····	75—84
------------	-------

B. 教材問答·····	85—86
--------------	-------

C. 複習題·····	86—87
-------------	-------

D. 習題·····	87—89
------------	-------

第九章 氣體之物性(續)

A. 課程·····	90—98
------------	-------

B. 教材問答·····	98—99
--------------	-------

C. 複習題·····	99—110
-------------	--------

D. 習題·····	100—102
------------	---------

第十章 氣體之物性(續)

A. 課程·····	103—105
------------	---------

E. 第五講內容摘要：氣體之物性·····	106—107
-----------------------	---------

第二講內容測驗

1. 試述雷克納格爾氏儀器的性能，如果有 p 千克壓在 f 厘米²的小活塞面積上，而大活塞的面積則為 F 平方厘米。問 p 力增大幾倍？
2. 設有一液壓機，其尺寸如下（參閱第61圖）： $l=4.5$ 厘米， $L=54$ 厘米， $p=15$ 千克， $d=10$ 毫米， $D=30$ 毫米（先算出半徑，然後再算出圓面積）；現將小活塞壓下十次，每次之位移為18毫米，試計算壓力總增加量 Q 及兩活塞所作之功。
3. 試用阿基米德原理闡述物體之浮沉以及在此兩種情況下物體重量與被排除液體重量間之關係。
4. 玻璃、鐵、鉛在水銀中飄浮時，其總體積與浸沒體積之間有何關係？
5. 浮力、外觀性重量與實際重量之間有何關係？
6. 關於絕對重量、比重及體積相互間的關係，到目前為止，只有那兩個公式為我們所稔知？
7. 到目前為止，各位已知道那些物體體積的數學公式？
8. 如何測定不規則形狀之物體體積？
9. 試用沉體法測定木材之比重。設沉體在水中重 P_1 克，沉體在水中以及木材在空氣中總重 P_2 克，沉體與木材二者在水中之總重為 P_3 克。
10. 試用靜液天秤或信秤以測定某種液體之比重。設沉體在水中所損失之重量為 P_1 克，在液體中所損失之重量則為 P_2 克。
11. 一個充裝液體的容器在浸入一手指後，其重量將顯見的增加若干？

第二講 (D) 習題解答

第三章

1. 2.4 千克/平方厘米。

2. $21.5/30=0.717$ (約)

3. 壓力 $= 2,000/10 = 200$ 仟克/平方厘米，約為 200 大氣壓。1公升之水，在 1 大氣壓之下，其被壓縮之量為 50 立方毫米，在 200 大氣壓之下，被壓縮之量為 $200 \times 50 = 10,000$ 立方毫米 $= 10$ 立方厘米。

4. 仟克之水僅佔 $1,000 - 10 = 990$ 立方厘米 $= 0.99$ 立方分米之容積，所以被壓縮為 1 立方分米之水重 $1/0.99 = 1.01$ 仟克（比重）。

5. 活塞面積比例 $350 : 25 = 14 : 1$ ，所以大活塞能舉重 $14 \times 6 = 84$ 仟克。

6. $1 : 300$ 。

7. 作用於壓力活塞上之力等於 $10 \times 5 = 50$ 仟克，所以大小活塞面積之比必為 $1,800 : 50 = 36 : 1$ 。

8. 水銀柱高：橄欖油柱高 $= 0.91 : 13.6$ 。

9. 壓力 $= 10/2 = 5$ 仟克/平方厘米，總壓力 $= 300 \times 5 = 1,500$ 仟克。

10. 100 厘米水柱 $= 0.1$ 仟克/平方厘米，人體重量 $= 900 \times 0.1 = 90$ 仟克。

11. 14 米。

12. 1 立方厘米之水銀，在 1 大氣壓之下，其被壓縮之量為 $\frac{3.9}{1,000,000}$ 立方厘米，在 60 大氣壓之下，15 立方厘米水銀中之被壓縮量為 $60 \times 15 \times 3.9/1,000,000$ 立方厘米 $= 3.51$ 立方毫米，所以 15 立方厘米水銀將被壓縮至 $15 - 0.00351 = 14.99649$ 立方厘米。

13. 在第 5 題中，大活塞之位移：小活塞之位移 $= 1 : 14$ ，在第 6 題中， $1 : 60$ 。

14. 30 米。

15. 壓力 $= 40 / 800 = \frac{1}{20}$ 仟克/平方厘米，升高 $10 \times \frac{1}{20} = \frac{1}{2}$ 米。

16. 酒精柱高：水柱高 $= 1 : 0.791$ 。

17. 槓桿臂之比必須為 $325 : 50 = 13 : 2$ ，例如：其長度可以各為：26 厘米與 4 厘米或 6.5 厘米與 1 厘米。

18. $\frac{5.5}{5} = 1.1$ 。

$$19. 150 \times 0.791 = X \times 13.6, \quad X = \frac{150 \times 0.791}{13.6} = 8.7 \text{ 厘米 (約) }。$$

$$20. 80 \times 400 = 50 \times X, \quad X = \frac{80 \times 400}{50} = 640 \text{ 克}。$$

第 四 章

1. 比重瓶容量 130 立方厘米，牛乳比重 $134/130 = 1.03$ ，酒精比重 $105/130 = 0.8$ 。

2. $15 \times 15 \times 15 = 3375$ 立方毫米 $= 3.375$ 立方厘米，比重 $5.4/3.375 = 1.6$ (糖)。

3. 玻璃體積 7 立方厘米，比重 $17.5/7 = 2.5$ 。

4. 金屬體積 3.6 立方厘米，比重 $32.04/3.6 = 8.9$ (銅)。

5. $94.5/35 = 2.7$ 。

6. $10.755/15 = 0.717$ 。

7. 體積 $\frac{1}{3} \times 10 \times 10 \times 3.14 \times 45 = 4710$ 立方厘米，比重 $10.833/4.71 = 2.3$ 。

8. 體積 $4/3 \times 1 \times 1 \times 1 \times 3.14 = 4.187$ 立方厘米 (約)，在空氣中重 $40 + 4.187 = 44.187$ 克，在酒精中之浮力 $4.187 \times 0.791 = 3.312$ 克 (約)，在酒精中重 $44.187 - 3.312 = 40.875$ 克。

9. 沉體的體積為 $204 - 180 = 24$ 立方厘米，其比重為 $204/24 = 8.5$ (黃銅)，硫酸的比重為 $43.2/24 = 1.8$ 。

10. 木材的絕對重量為 $679 - 455 = 224$ 克，體積為 $679 - 359 = 320$ 立方厘米，比重為 $224/320 = 0.7$ 。

11. 體積為 $72 - 12 = 60$ 立方厘米，絕對重量為 $60 - 12 = 48$ 克，比重為 $48/60 = 0.8$ 。

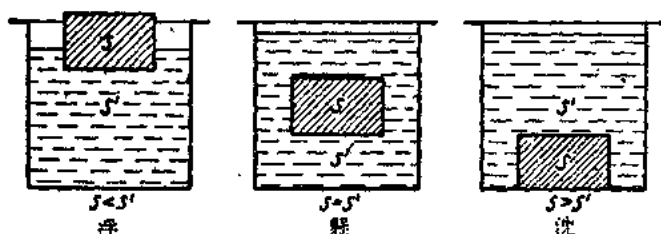
第五章 (續)

液體之物性 (續)

A. 課程

[38] 浮、懸、沉 除掉沉與浮以外，我們還可以看到物體在液體中所謂懸置的第三種現象。例如，各位可以使一個蛋懸在適量的食鹽溶液中，或者使一個灌了一部份水而蓋上塞子的藥瓶懸在水中。此種試驗一定能够成功，祇要各位有足够的耐性，變更鹽水的濃度或瓶中的灌水量，直至能使物體懸在液體中為止。還有一種非常美麗的試驗，那就是讓油滴懸在酒精與水之適量的混合物中，此時，油滴呈現球體之形狀。

在這種懸置的情況下，物體的絕對重量恰好等于被其所排除的同體積液體的絕對重量。這是顯而易見的，兩者的體積既屬相等，所以它們的比重也一定相同。準此，關於固體在液體裏的物性，我們現在可綜述如下：物體在液體中上升並浮于液面，或是懸在液體中，或是降沉到底面，全視此物體的比重(S)小于，等于或大于液體之比重(S')而定（第88圖）。以水為例($S'=1$)，如 $S < 1$ 或 > 1 ，就會發生這三種情況。



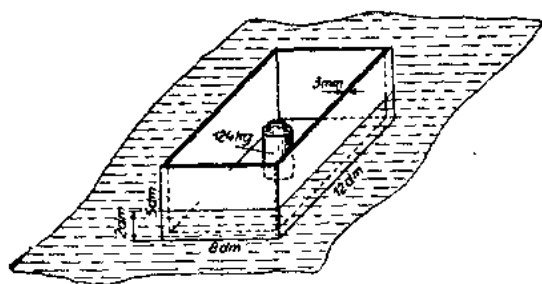
第 88 圖

茲設有一物體——例如是人體，係由各種比重不同的元素所組成，則我們便須將其絕對重量除以體積，始可求得平均比重。人體的平均比重大約是 1.035。

關於物體在水中的三種情況，我們還可以舉出兩個有趣的例子。

一條靜懸在水中的魚或是一艘潛艇，其所承受之浮力之大小，恰好是等於它們本身的重量。當魚增大充氣的魚鰾，也就是當魚的體積增大時，它就會由於浮力之增加而在水中上升；反之，當魚鰾縮小亦即體積減小時，魚就會在水中下沉。魚在不變的體重下，係以變更它自身的體積來管制升沉動作。潛艇則恰巧相反，它在不變的體積之下，乃以變更絕對體重來作升降動作。當潛艇用壓縮空氣將潛艙裏的存水排出艇外時，其絕對重量便會因此而減小，不變的浮力就舉艇上升。相反的，如充水入艙，增大了潛艇的絕對重量，它便會隨即下沉。

〔39〕比水重的物體浮在水上 軍艦或海輪一般的沉重物體，全由鋼鐵銅等材料造成，其比重遠大於 1，它們怎能在水上飄浮的呢？對於這一問題，我們可以作一個概括性的答覆如下：它們必需建造得能使它們所排除的水量（在船舶上稱為排水量），恰好和全船設備連同全體乘客的重量一般大小才行。早先的勞合公司郵輪“白來門”號之排水量為 50,000 噸。這就是說，它的總重量為 50,000 噸，它能排除 50,000 立方米的水。所以這類鋼鐵船隻全靠空心的形狀才能獲得飄浮能力，如第 89 圖所示之情形。圖中在水上有開敞的鋼板匣，板厚 3 毫



第 89 圖 浮於液體上的空心物將浸沒到某一深度，使得被它所排除之液體的重量等於該物體本身的重量。

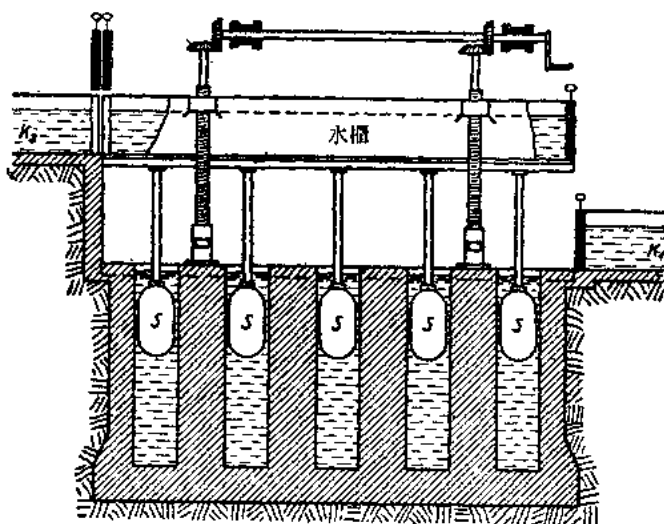
米，請研究這鋼匣負載 124 仟克時能否浮在水面？及其浸沒在水中之深度若干？

讓我們首先計算鋼的體積，也就是用外框方塊 $12 \times 8 \times 5 = 480$ 平方分米減去內空方塊 $11.94 \times 7.94 \times 4.97 = 471.137$ 立方分米（約），得到鋼的體積為 8.827 立方分米，所以這鋼匣的絕對重量為 $8.827 \times$

$7.78 = 67.896$ 仟克。此外另加 124 仟克之負載，因此，這隻船的全重約為 192 仟克。被排除的水也成方塊形狀，其底面積為 $12 \times 8 = 96$ 平方分米。如果要鋼匣浮起，它就必須排除 192 立方分米的水，也就是要浸沉到以 96 除 192 所得到的 2 分米的深度才行。在這種情形下，192 仟克的全部重量即等於 $96 \times 2 = 192$ 仟克的被排除的水重。準此，這一隻船的排水量約為 300 仟克。

用鋼板做成各邊密閉的空心體，當然也能够浮在水上（浮筒）。如果把它壓沉下去，它又會重行升上水面（起重物）。這祇要在建造時，讓它的絕對重量小於被它所排除的水重即可。比水重的物體如與一種比水輕的物體裝在一起。也可以上浮。硬幣如與一塊够大的軟木縛在一起，就能浮到水面上來（救生帶）。

〔40〕浮昇力在工程技術上的應用 密閉空心體在水中之浮昇力量，常被用于舉船設備中。利用舉船設備來克服兩條運河間的水位差，要比用普通拖船來得迅速。第90圖為韓瑞興堡舉船設備的示意說明。

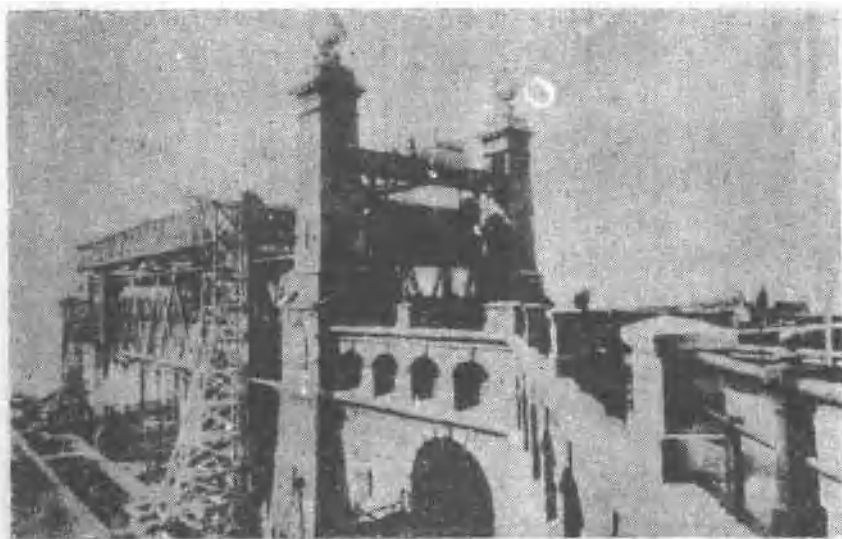


第90圖 韓瑞興堡 (Henrichenburg) 舉船設備的示意說明

此一設備乃用來銜接道爾特蒙—愛姆絲運河與萊茵運河，主要的是由一個充水的水櫃做成，由于水櫃的幫助，所以能將船舶由較低的 K_1 運

河舉入較高的 K_2 運河，或相反的由 K_2 降入 K_1 。龐大的水櫃重量係與五個鐵製巨型起重體的浮力保持平衡，這五個起重體都是浸沒在五個充水的水櫃中。每一起重體的體積為 620,000 立方分米，重 120,000 仟克，所以除掉克服自身的重量以外，仍具有 $620,000 - 120,000 = 500,000$ 仟克的浮昇力，可向上作用，因此，浮昇力也就是浮力減去本身的重量。第 91 圖右上端有一小船，正在駛進高舉的水櫃。

〔41〕液體比重計 在日常作業中常須測定液體的比重。牛乳或酒精經摻水後，不但品質會受影響，比重也會引起變化；質言之，牛乳的比重會減輕，酒精的比重則會加重。蓄電池放電時，硫酸因吸水而



第 91 圖 韓瑞興堡舉船設備在韓運船廠
(該設備係由西德 Gutchoffnungshütte, Oberhausen, Werk Sterkrade 所造)

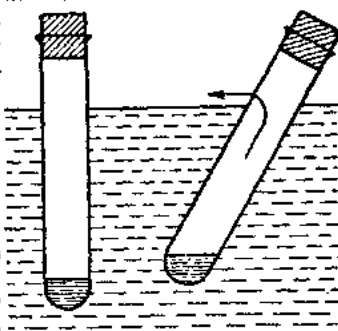
減輕比重，充電時則適得其反，因此我們可以用硫酸的比重來判斷蓄電池的電壓情況。在所有這些例子裏，比重的測定都非簡捷方便不可，所以上文所述一切方法利用起來，都顯的太麻煩了。液體比重計——又稱為浮秤，就是為了能夠迅速測定液體的比重這一目的而設計的。液體比重計係用圓柱形的玻璃空心體所製，下端有一玻璃球，球內裝的是鐵質小彈丸或水銀。這可使比重計在被檢定的液體中浸沒到足夠的深度，並能穩定地垂直地浮立在液體中，也就是當它受到任何



第92圖 液體比重計或浮秤

搖動時，又能自動地回復垂直的靜止位置。

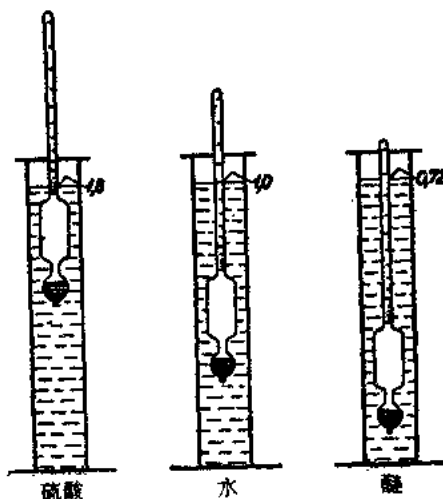
首先讓我們來察看一下穩定浮立的性質。如果各位把一個用軟木塞封密的小管子放在水上，它將浮成水平位置。如果充裝了足够的水或水銀或是鐵質小彈丸以後，則各位終於能使管子達到一種穩定而垂直的浮立狀況，也就是能够隨時回復其垂直位置的狀況（第93圖）。在通常的情形



第93圖 管子灌裝了少許水銀後的穩定浮立情況

下，被稱為浮體的重心位置愈是低下，則浮體的穩度愈大。關於這一點，我們將在稍後的幾講中，再與各位詳盡討論。為了增強浮體穩度，一般船舶下面的艙室中，即裝載着沉重的物體，如船用機器、鍋爐設備及貨物行李等等。

液體比重計的長管子上，常常刻有下列數字的標度……0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3……。當液體比重計在液體中沉至0.9的標度時，我們便能立刻知道所欲量度之液體的比重為0.9。此



第94圖 液體比重計在比重愈輕的液體中，沉得愈深。

種儀器的使用，仍舊是以我們在第37節中已經講過的那種現象為依據，那就是說，物體只會沉到被其所排除之液體的重量，恰好等于它自身重量的那種深度為止。因此，液體比重計在比重較輕的液體裏，比在較重的液體裏要下沉得更深。例如它在酒精裏，就會比在摻水的酒精裏下沉得更深；在純牛乳裏比在摻水的牛乳裏較淺。將比重測定計依次插入比重漸減的各種液體裏，如硫酸(1.8)，水(1.0)，醇(0.717)等，

則其下沉的程度，必逐漸加深（第94圖）。因此，較大的比重必位於標度的下部，較小的比重則位於其上部。標度本身當然先要經過校準，並且依照各種液體的比重來校準，或者直接依照所需測定之液體的特殊性質，如酒類的酒精成份，牛乳裏的脂肪成份，硫酸裏的純酸成份等等來校準。例如一枝稱為酒精測定計的標度便須按照酒精百分比來校準。這樣的測定計如果下沉到標度80時，其所測定的就是百分之八十的酒類，也就是100份酒中含有80份的純酒精和20份的水。

〔42〕絕對重量、比重與體積的相互關係之綜述 各位總還記得，我們在第〔8〕節裏曾經導演出絕對重量 = 體積 × 比重的關係，並將其重複運用。在第二講第〔29〕節中，各位又知道了另一個公式：比重 = 絕對重量 / 體積。現在我們又要推引出第三種關係：體積 = 絕對重量 / 比重。例如稱出一塊大理石的重量為94.5克，從表上查到它的比重是2.7，你就知道1立方厘米的大理石重2.7克，所以要知道面前的這塊大理石有若干立方厘米的體積，各位便必須將絕對重量除以比重，才能得到答案，亦即 $\frac{94.5}{2.7} = 35$ 厘米³。由於體積是用立方厘米做單位，所以此處的絕對重量亦應採用與其相應的克來做單位。

我們要演算一次：一枝50克重的液體比重計在硫酸、水、酒精中所排除的體積，作為本章的結束。在上述三者的每一種情況下，被排除液體的絕對重量都是50克，所以它們的體積依次為 $50/1.8 = 27.77$ 立方厘米， $50/1.0 = 50$ 立方厘米，以及 $50/0.791 = 63.21$ 立方厘米。這些體積中的兩者之間，如27.77與63.21之間的比例為 $50/1.8 : 50/0.791 = 0.791/1.8$ ，也就是0.791 : 1.8。我們可以這樣說，液體比重計浸沒的體積與比重係互成反比。

B. 教材問答

師：一個塞住的瓶子在20°C的水裏正好懸着，如果放在10°C及30°C的水裏又將如何？

生：瓶子在10°C的水裏上升，在30°C的水裏下降，因為10°C水

的比重較大， 30° 水的比重減輕，但瓶子的比重却是保持不變的。

師：某一物體在水裏正好懸着，如果放在油、酒精與水銀中又將如何？

生：它會在油與酒精中下沉，在水銀中上浮。

師：船在海水中還是在河水中浸入較深？

生：在河水中浸入較深，因為河水之比重較海水者為輕。

師：某游泳者想從水裏爬上小船，為何於自體出水愈多時，便愈費氣力？

生：因為人體在水中的部份愈少時，所失體重也愈小。

師：溺水者在危難中把雙臂伸出水面是不智的舉動，何故？

生：因為被排除的水的體積以及浮力均會因而減小的原故。

師：在海水中還是河水中游泳較易？

生：在海水裏較易，因為海水比重較大，可得到較大的浮力。

師：一塊石頭有一部份陷入海底時，是否還會受到浮力？

生：不會，因為在這種情形下，石頭祇會從上面及四側受到海水的壓力，浮力是無從產生的。

師：一個溢流杯依次裝滿各種不同的液體，如果每次都讓同一塊木頭浮在上面，所溢出的液體在重量及體積方面各將如何？

生：那些溢出的液體，其重量不但會始終保持不變，並且總是與木頭的重量相等；相反的，流出之液體體積却不相同，而且是比重愈輕的液體愈多。

師：魚懸在水中時，會失却全部體重。照此說來，把一條魚放入魚缸後，魚缸是否仍舊保持原來的重量不變？

生：不！當魚懸在水中時，它會將一份在重量與體積方面都和它相等的水排除掉，而使缸內水面相當地增高。因此，在魚缸四壁垂直的情形下，缸底壓力與魚缸的重量當然會增加，而魚缸增加的正是魚的重量。

師：如果把魚放入很大的池塘裏，塘底壓力是不是也會增加？

生：當然會增加，祇不過水面增高的程度極其有限，所以單位面積上所增加的壓力也就非常微小而已。

師：如果把一塊40克重的木頭放在裝着水的圓柱形容器裏，底面壓力、側面壓力以及全部總重量將如何？

生：因為水平面被提高了，所以三者都會增大。又底面壓力及總重量增加的都是40克。

師：如果把這塊木頭放在滿溢的容器裏，這三者的大小是否也會發生變化？

生：不，因為溢流的關係，水面在這種情形下，並未提高。

師：如果把這塊木頭放在一個向上開闊以及一個向上收縮的容器裏(第一講：圖23 b, c)，底面壓力和總重量是否會同樣地增加？

生：在這兩種情形下，總重量均會增加40克，而底面壓力究竟增加多少，則視水面距離底面所增加的高度而定，質言之，即在前一種情形下加得較小，在後一種情形下加得較多。

師：為什麼溺水的屍體，經過相當時間以後，又會浮上水面？

生：因為腐敗作用所產生的氣體會使屍體膨脹，隨之而使被它所排除的水的體積增大，所以浮力亦隨之而增加。

C. 複 習 題

1. 一部份浸入液體中的物體，其所失之重量為若干？[34]
2. 飄浮的物體會浸沒到何種深度？[34]
3. 如何判別任一物體在任一液體中的飄浮能力？[35]
4. 將一塊軟木壓置在一個裝有水銀的容器底面而不上昇，何故？[36]
5. 物體浸沒深度與其自身比重以及液體的比重之間有何關係？[37]
6. 一座冰山浮出水面及浸入水中的部份各為若干？[37]
7. 物體放入液體中以後，會發生那三種情形？[38]
8. 這三種情形有何特徵，可資判別？[38]
9. 魚和潛艇在水中如何升降？[38]
10. 一個物體在任一液體以及在水中怎樣才能上浮，怎樣才能懸置，怎樣才能下沉？[38]

11. 怎樣才能使比重大於1的物體浮在水面？〔39〕
12. 何謂船舶的排水量？〔39〕
13. 在舉船設備中，怎樣利用水的浮力？〔40〕
14. 液體比重計是什麼？〔41〕
15. 在什麼情形之下，才算是一個浮體的穩定平衡？〔41〕
16. 關於絕對重量、比重及體積之間的相互關係，有那三種公式？〔42〕
17. 液體比重計的浸沒體積，其大小依據什麼而定？〔42〕

D 習 題

1. 某人在水中重0.5 仟克，在空氣中重50 仟克，他的體積與平均比重是多少？
2. 一大桶重150仟克，體積為1.2 立方米，在水裏的浮昇力為多少？
3. 一隻船的排水量為14,700噸，船重與浸入水中之體積各為若干？
4. 一隻密封的鐵板箱長30 厘米，寬20 厘米，高10 厘米，壁厚0.5毫米，鐵之比重為7.82，這隻箱子在水中浸沒的深度是多少？
5. 一段在水中飄浮的樹幹(其比重為0.6)其總體積與沒入水中的體積，成何比例？
6. 某一浮體的比重為0.2，當其浮在某液體中時，剛好浸沒了一半的體積，試求此一液體的比重？
7. 有一鐵錨的比重為7.82，重240衡。問起錨時需用力若干？
8. 一方塊形的木板，其尺寸為1.2米×1.0米×0.8米，比重為0.6。問當此木板負載264 仟克時，其沉浸的深度是多少？
9. 需要多大的力量，才能使10 公斤的重量(比重：7.12)在水中堅守不動？
10. 一艘方塊形的渡船，其底面積為12 米×6 米，載客後浸沉10 厘米深。試計算其全部重量？
11. 液體比重計在石油與橄欖油中之浸沒體積之比為何？
12. 如液體比重計顯示之刻度為1.02時，則1公升的牛乳重若干？
13. 2 仟克的鋼與2 仟克的鋁，在水中所失却之重量各若干克？

第六章

氣體之物性

A. 課程

〔43〕**氣體種類** 談到氣體的種類，我們便要列舉空氣、二氧化碳氣（通常稱為碳酸氣）、乙炔氣、氨氣、氫氣、以及許多其他大多數用化學方法製造出來的氣體。空氣本身是一種混合氣體，主要是由氧和氮兩種氣體組成，並且在100份容積的空氣中含有21份的氧，78份的氮，還有些微量的氣體如：我們呼出的碳酸氣、水蒸氣以及不太久遠以前才發現的稀有氣體如氦、氖、氬、氪、氙等等。氧與氮在容積上的比例差不多是1：4。日常的煤氣也是一種混合氣體，主要是由很輕的氫氣組成。

〔44〕**氣體的不可侵入性與重量** 首先，我們要回答一個決定性的問題；氣體是否可以當作物體看待？很明顯的，物體所佔有的那塊地方，不能同時有另一物體存在的。固體和液體都具備這種不可侵入的特性。各位從第95圖的實驗可以看到，氣體也是不可侵入的。圖上的瓶子是用鑽有兩個穿孔的軟木塞蓋緊的，一個孔裏導入一個漏斗，另一孔裏插進一根玻璃管，管上接有軟管夾子。當管夾閉緊時，起初還可以將少許的水，由漏斗注入瓶中，然後水就停住進不去了，因為瓶子裏的空氣此時將水阻擋住了。直到開啓管夾使空氣有了出路時，才能將水繼續注入。由此看來，空氣乃是不可侵入的，所有其他的氣體也都如此。

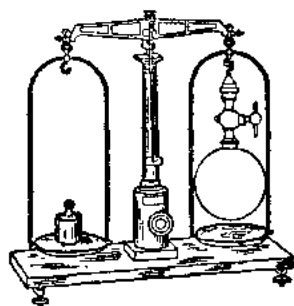


第95圖 氣體不可侵入性的證明

那麼關於氣體尤其是空氣的重量，又是如何呢？各位也許會同意于空氣無重量可言的見解，因為各位一定尚未習慣于將日常生活中的許多現象歸因于空氣之重量。在整個中古與上古時期，一般人都認為空氣是無重量的。一個很簡單的實驗就可以向各位證實：空氣和任何

一種液體或固體一樣，莫不有其重量，而且，也許要費很多壯漢的力氣，才能夠將一個相當于你居室裏的空氣質量舉將起來。

爲了證實空氣的重量，我們可以使用一個玻璃球，球上有一個可以緊閉的旋塞。讓我們先來用嘴巴把球裡的空氣吸出少許，並在繼續吸出空氣的時候，關緊玻璃球，然後將此一密閉的玻璃球用天秤稱出其重量(第96圖)。接着讓我們再將旋塞打開，此時即有空氣絲絲作響，自外界侵入球中，而載着玻璃球的天秤右端也就變得較重，於此可見侵入的空氣顯然是有重量的。



。經過精確的量度，空氣的比重爲0.001293，第96圖 空氣具有重量之證明所以1立方毫米的空氣重0.001293毫克，1立方厘米重0.001293克，1立方分米（亦即1公升）空氣重0.001293仟克或1.293克，1立方米空氣重0.001293公噸或1.293仟克。因此，空氣的重量是4°C時同體積水的0.001293倍，也就是比水輕 $1/0.001293=773.4$ 倍。如果讓煤氣代替空氣流入玻璃球內，則天秤的右端亦會下沉，祇不過所增加的重量沒有空氣流入玻璃球時那樣大而已。這是因爲煤氣要比空氣來得輕的原故。一切氣體的比重雖屬微小，但它們在地心引力所影響之下，都會顯出重力的特性來。

借助于老式的真空管，也可測定空氣的比重。其法係先將真空管放在天秤上，使其取得平衡，然後細心地將管端尖嘴折斷，使所有的玻璃碎屑都留在秤盤裏。空氣流入真空管以後，其增加之重量假設爲0.2165克，這就是現在存于真空管內空氣的絕對重量。爲了測定體積，我們可將真空管灌水後重稱一次，現在所增加之重量假設爲181.625克，亦即相當于181.625立方厘米的真空管體積。結果得到空氣的比重爲 $0.2165/181.625=0.001192$ ，此一數值跟前面提到的0.001293稍有出入，這是因爲各處的空氣並非經常具有同一比重之故。空氣的比重與空氣壓力（氣壓計中的高度）及溫度具有極大的關係。我們的實驗是在773毫米的氣壓計高度及18.2°C下進行的，而0.001293的數值却是以760毫米的氣壓計高度及0°C的溫度爲根據的。

現在，讓我們來計算一下，一間 6 米×5 米×4 米居室裏空氣的絕對重量是多少。體積是 $6 \times 5 \times 4 = 120$ 立方米，所以絕對重量是 $120 \times 0.001293 = 0.15516$ 公噸 = 155.16 千克。各位一定沒有料到比重微小的空氣會有如此絕大的重量吧。

〔45〕**氣體的密度與空氣相比較** 各種氣體的比重像其他固體和液體一樣，各不相同。我們知道，物體的比重，都是根據 4°C 之水的重量計算出來的。（參閱第一講第 7 節）。但氣體的比重，則通常都是將空氣作為計算標準的，因此氣體比重的數值也就是某一定體積的氣體重量，在相同的溫度與氣壓的條件之下，大於或小於同體積的空氣重量之倍數。下表所列的一些這種新比重，都是依據 0°C 及 760 毫米水銀壓下之空氣的空氣重量計算得來的。

以空氣為依據求出之氣體比重

空氣.....1.0	氮.....0.9674
氫氣.....2.4905	乙炔氣...0.9096
碳酸氣.....1.5291	煤氣.....0.5032
氫.....1.3776	氫.....0.137
氧.....1.1056	氫.....0.0695

因此，氫氣比空氣重 2.4905 倍，碳酸氣比空氣重 1.5291 倍等等，煤氣比空氣輕 $1/0.5032 = 1.98$ ，氫氣比空氣輕 $1/0.0695 = 14.39$ 倍等等，所有這些都要合乎相同壓力與相同溫度的先決條件才行。在地球上所有已經知道的氣體中，以氫氣為最輕。

引用這些新數值時，務請注意一點：例如就氫氣而言，0.0695 這一數值，與我們以前所習知的比重意義是有所出入的。1 立方厘米氫氣稱起來是 1 立方厘米空氣的 0.0695 倍。如果你要知道 1 立方厘米氫氣的實際重量，還得將 0.0695 乘以空氣對水的比重 0.001293，或者乘以 1 立方厘米空氣的重量克數。所以 1 立方厘米氫氣重 $0.0695 \times 0.001293 = 0.0000898635$ （約為 0.00009）克。由此又得到一個數值，那就是氫氣對水的比重。依照同樣的方式也可以算出，100 公升氫的絕對重量為 $100 \times 0.137 \times 0.001293 = 0.0177141$ 千克，80 立方米碳酸氣重 $80 \times 1.5291 \times 0.001293 = 0.158170$ （約數）公噸或 158.17 千克。