

6 力與壓力

6-1 力與平衡

6-2 摩擦力

6-3 壓力

6-4 浮力

阿翰說自己「力大無窮」什麼都能搬得動；琳琳說她費了「九牛二虎之力」才把書搬上樓，藉由這樣的語句，你認為誰的力氣大呢？力存在於我們的身邊，雖然摸不到也看不見，但藉由力作用所產生的現象，我們便可以描述力。

探究提問

校外教學時，阿翰看到表面用「人工草皮」、「不鏽鋼」和「木板」三種不同材質所製成的溜滑梯，若要比賽誰溜得比較快，阿翰該溜哪一道、該穿著怎樣的褲子？為什麼呢？





好可怕，我不要再玩了

6-1 力與平衡

科學 tell me why

拔河比賽時，雙方僵持不下，阿翰用盡全力，也無法拉動繩子，這是為什麼呢？

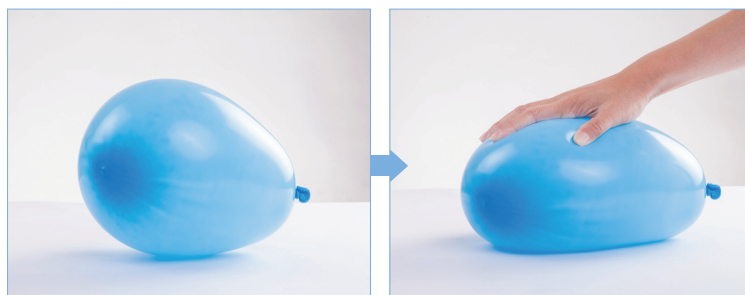


1 力的效應

透過觀察物體受力後的現象，可以察覺到力的存在，這些現象稱為**力的效應**。力的效應分為形狀改變與運動狀態改變。

形狀改變

用手施力擠壓氣球，氣球的形狀改變，代表手有對氣球施力。



運動狀態改變

投手投球，棒球從手中快速飛出，運動狀態由靜止到移動，代表手有對棒球施力。



2 力的形式

力在作用時，我們可以根據施力者是否必須與物體接觸，將力分為**接觸力**與**超距力**（圖6-1）。需要與物體接觸才能作用的力，稱為接觸力，例如：球棒擊球的推力、
5 船浮於水上的浮力。不需與物體接觸就能作用的力，稱為超距力，例如：摩擦後的氣球吸引髮絲的靜電力、使物體從高處落下的重力、磁鐵吸引物體的磁力。

接觸力

揮動球棒擊球



船浮於水上

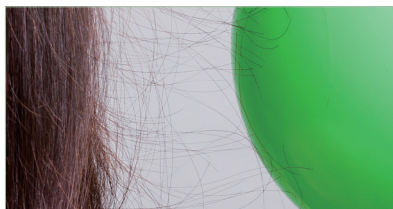


手拿著磁鐵



超距力

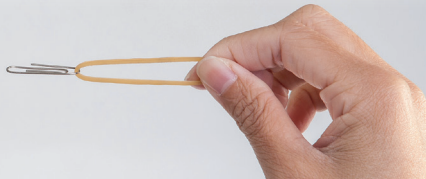
摩擦後的氣球吸引髮絲



物體從空中落下



磁鐵吸引迴紋針



▲ 圖6-1 接觸力與超距力

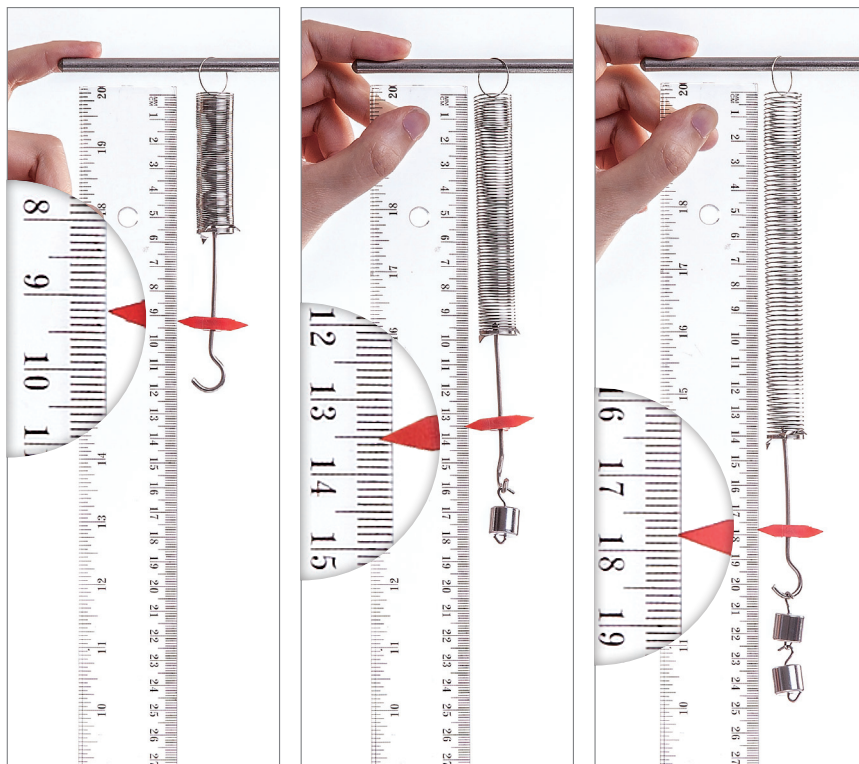
例題 6-1

下列生活現象中，若造成現象的作用力為超距力，在前方空格中填入「○」。

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1. 【 】 丟出飛盤 | 2. 【 】 燒杯沒拿穩向下掉落 |
| 3. 【 】 磁針的指針指向北方 | 4. 【 】 燒杯摔破 |
| 5. 【 】 拉動桌椅 | 6. 【 】 摩擦後的墊板使頭髮豎起 |
| 7. 【 】 滾動的球緩緩停下 | 8. 【 】 漂浮在水面上的樹葉 |

3 力的測量

物體若發生形狀或運動狀態改變的現象，代表有受力，而從物體形狀的改變量可以得知受力的大小。彈簧是一種具有彈性，且受力後長度會具規律性改變的物體（圖 5 6-2），利用此特性，可以將彈簧製成彈簧秤來測量力的大小。



▲ 圖6-2 一定限度內，掛上的砝碼數量愈多，彈簧拉伸的長度愈長

4 力的單位

具有質量的物體在地球附近時，會受到一股指向地心的作用力，質量愈大的物體，所受到的作用力愈大，此作用力稱為物體的**重量**或所受的**重力**。我們常使用**公斤重**（kgw）或**公克重**（gw）作為力的單位，質量1公克的物體所受到的重力為1公克重，質量1公斤的物體所受到的重力為1公斤重。

探究提問

已知物體在月球表面所受的重力約是地球表面的六分之一，在地球上12公克的砝碼，在月球上的質量與重量分別是多少呢？

5 力的圖示

在描述力如何作用時，需包含力的大小、方向與作用點，我們可以運用箭頭「→」表示作用方向、線段長度「—」代表力的大小、以實心點「•」表示力的作用點。若對一作用點施以向右200公克重的力，並以1公分的線段長度代表50公克重，所畫出的力圖如圖6-3。

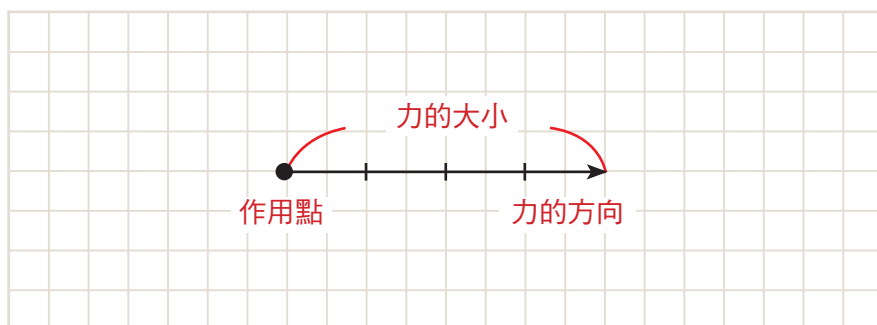


圖6-3 使用力圖表示向右施200公克重的力

探究提問

請在圖6-3的方格紙上，畫出一向左施150公克重的力。

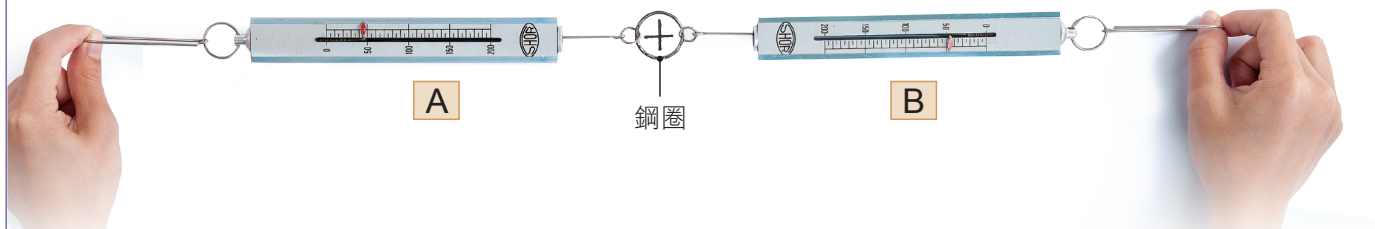
6 力的平衡

探討活動

6-1 力的平衡



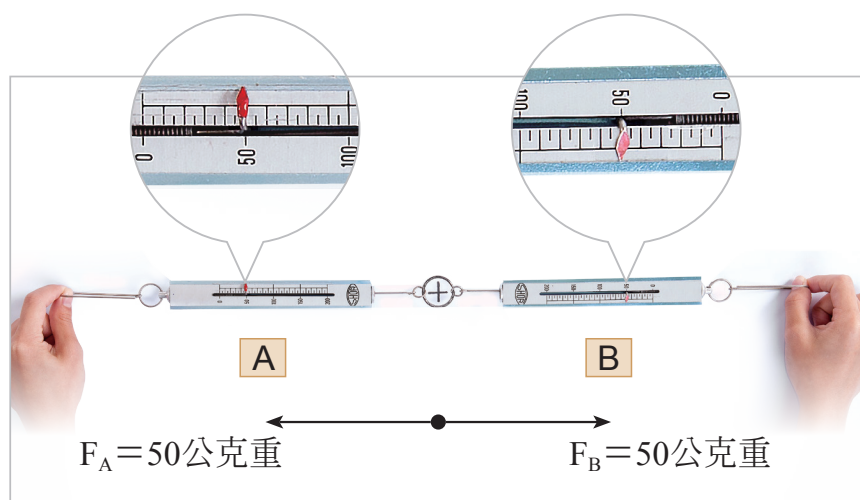
1. 將鋼圈放在紙上，取A、B兩個彈簧秤勾住鋼圈的左右兩側，在鋼圈的中心畫上十字記號。
2. 雙手同時拉A、B兩彈簧秤，調整兩側的施力，使鋼圈維持在十字記號的範圍。



想一想

平衡後，當增加左手的施力時，右手應該如何因應，才能將鋼圈維持在原本的位置呢？

從探討活動6-1中可以發現，當左右兩彈簧的讀數相同，鋼圈會維持靜止不動，我們可用圖6-4來說明 $F_A = F_B$ 。若左手的施力增加到50公克重，右手也需要增加施力到50公克重，才能使鋼圈保持在原本的位置。

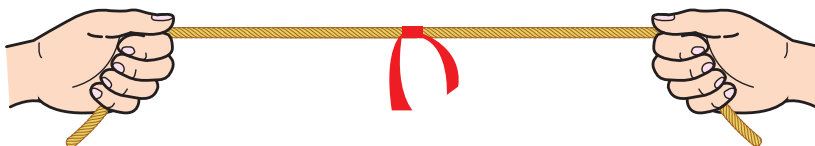


▲ 圖6-4 向左的力要與向右的力相等，才會使鋼圈靜止不動

- 5 當我們在靜止的鋼圈上同時施加大小相等、方向相反且沿著同一直線作用的兩力，可以發現鋼圈仍然保持靜止的狀態，稱此兩力互為平衡力，鋼圈處於**力平衡**狀態。

例題 6-2

琳琳與阿翰各自拉住繩子的一端，準備進行手上拔河，請回答下列問題。



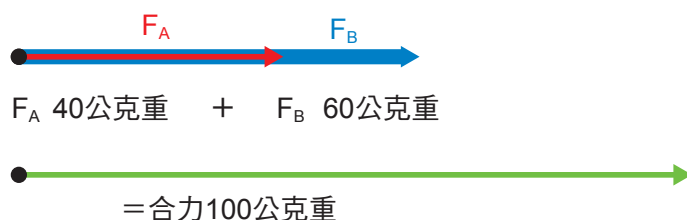
1. 若右邊那方以2公斤重的力向右拉動繩子，請將力圖繪製於圖中。
2. 承上題，若繩子不動，請畫出左邊那方對繩子的作用力圖。

7 力的合成

當同時有兩個以上的力作用在同一個物體上時，這些力合起來的作用效果，可以相當於一個力作用產生的效果，此力就稱為這些力的**合力**。例如：力氣大的人一個人就可以抬著一張桌子，力氣小的人兩個人出力才能抬著同一張桌子，因此力氣大的人抬桌子所出的力，等於兩個力氣小的人一起抬著桌子的合力。

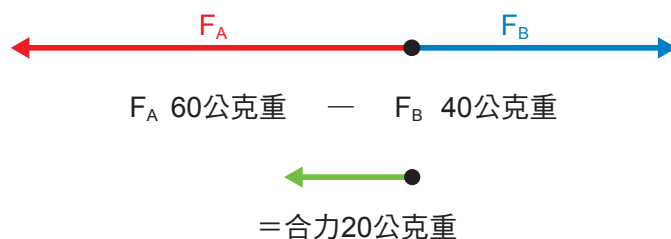
方向相同的合力

若同時作用於同一物體的兩力，方向相同，則合力等於兩力相加，方向指向它們的共同方向。

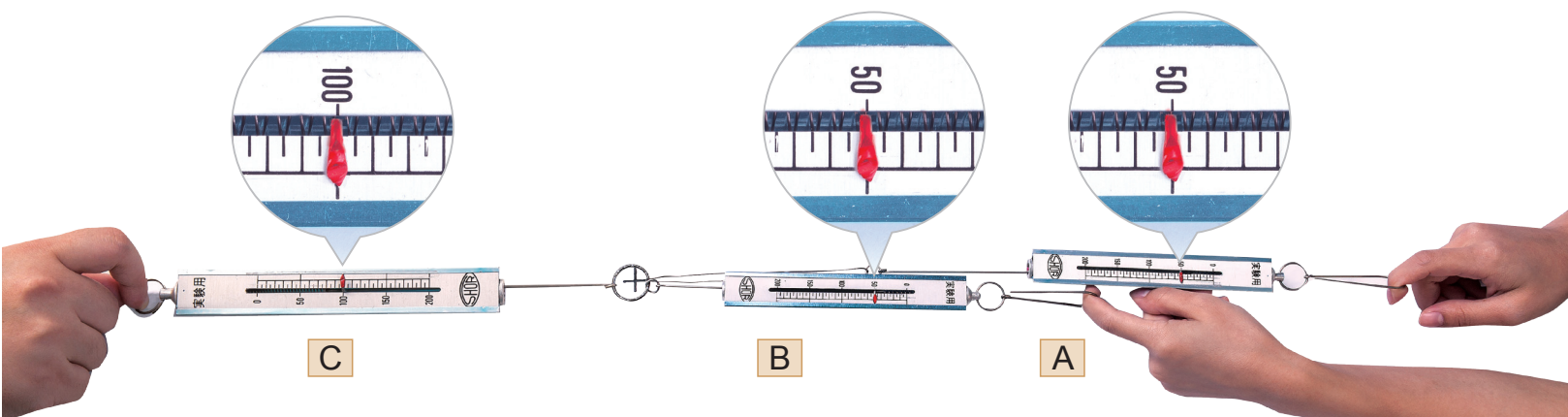


方向相反的合力

若同時作用於同一物體的兩力，方向相反，則合力等於兩力相減，方向沿著力較大的方向。



如圖6-5所示，鋼圈兩側以彈簧秤勾住，施於彈簧秤A與B的合力等於施於彈簧秤C的力，因此整體合力為零，達到力平衡的狀態。



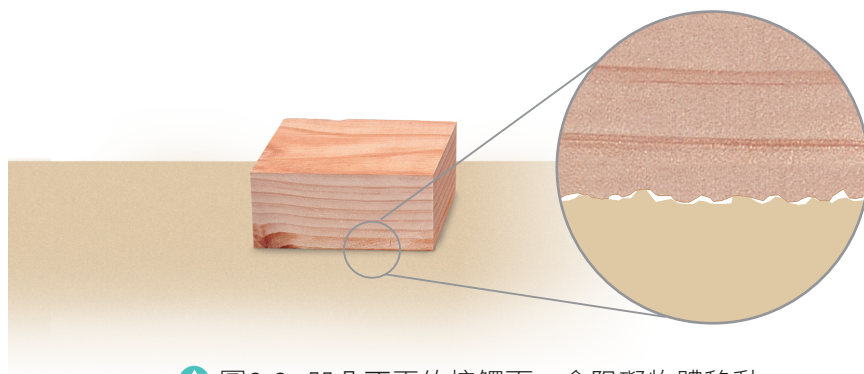
▲ 圖6-5 向左施的力與兩個向右施的力加起來相同

科學 tell me why

阿翰看到滑冰比賽的選手在冰上高速的旋轉，但他在房間裡嘗試的時候卻大失敗，請問阿翰為什麼轉不動呢？



摩擦力為存在於兩物體的接觸面，阻礙物體運動的力。從微觀的角度來看，多數物體表面都不是平整光滑的（圖6-6），當物體在運動的時候，這些凹凸的表面就會阻礙物體運動，使物體變慢或者是停下來。影響摩擦力的因素有哪些呢？我們可以透過下面的實驗來了解。



▲ 圖6-6 凹凸不平的接觸面，會阻礙物體移動

實驗 6-1

影響摩擦力的因素



目的

物體與接觸面之間的摩擦力，受到哪些因素的影響呢？

器材

- ① 彈簧秤1個
- ② 50g、100g的砝碼各1個
- ③ 有掛勾的木塊1個
- ④ 砂紙1張
- ⑤ 待測物1組（玻璃板1片、泡棉1片、透明軟桌墊1張）

步驟

一、摩擦力與垂直作用力大小的關係

- 1** 取一有掛勾的木塊，平放在桌面上，使用彈簧秤輕拉木塊，慢慢增加拉力，觀察木塊被拉動瞬間，彈簧秤的讀數變化，記錄木塊移動時的讀數，再重複進行2次，記錄讀數並求平均值。



- 2** 在木塊上分別放上50g、100g的砝碼，重複步驟**1**。



- 3** 記錄放置不同重量的砝碼時，拉動木塊所需的拉力大小。

二、摩擦力與接觸面性質的關係

- 1** 將木塊改置於砂紙上，使用彈簧秤輕拉木塊，記錄木塊開始移動的讀數大小，再重複進行2次，記錄讀數並求平均值。



- 2** 將木塊改置於其他接觸面上，重複步驟**1**。



問題與討論

1. 在實驗一中，木塊放上砝碼的重量，對摩擦力的大小有什麼影響？
2. 在實驗一中，木塊被拉動前，彈簧秤讀數是如何變化？
3. 在實驗二中，接觸面性質的改變，對木塊的摩擦力有什麼影響？

探究提問

若要討論接觸面積大小與摩擦力的關係，該如何設計實驗呢？

相關實驗重點，請見 P169



1 靜摩擦力與動摩擦力

由實驗6-1的結果，我們可以依照物體的運動狀態分為下面兩個階段。

物體靜止

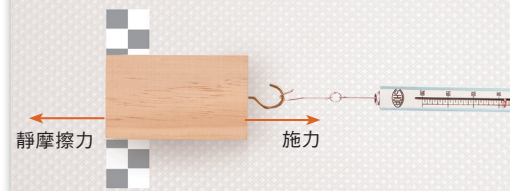
1 木塊被拉動前，木塊所受的合力為零。施加的拉力為0時，木塊與接觸面沒有產生摩擦力。

1 施力=0



2 木塊與接觸面之間的摩擦力，與施加的拉力達成平衡，稱為**靜摩擦力**。施加的外力與靜摩擦力大小相等，方向相反，此時木塊保持靜止的狀態。

2 施力=靜摩擦力



3 當施加的拉力增加到某一大小時，木塊將開始移動，在木塊移動瞬間所克服的摩擦力稱為**最大靜摩擦力**。

3 施力=最大靜摩擦力



圖6-7 物體靜止時的受力圖

物體移動

4 木塊被拉動後，在沒有拉力的作用下，木塊會逐漸停下來，代表在運動中的木塊，仍然受到摩擦力的作用，稱為**動摩擦力**，與木塊運動的方向相反。科學家發現，動摩擦力為一定值，比最大靜摩擦力小，且不受拉力大小、運動快慢等因素影響。

4 運動中的物體，無論施力大小，動摩擦力均為定值

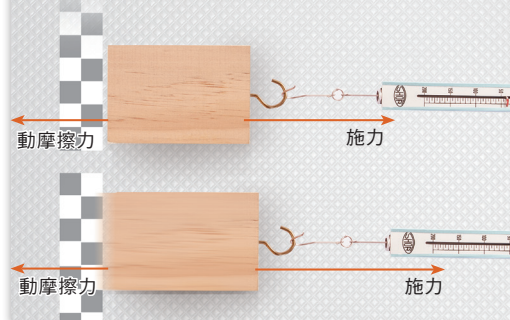
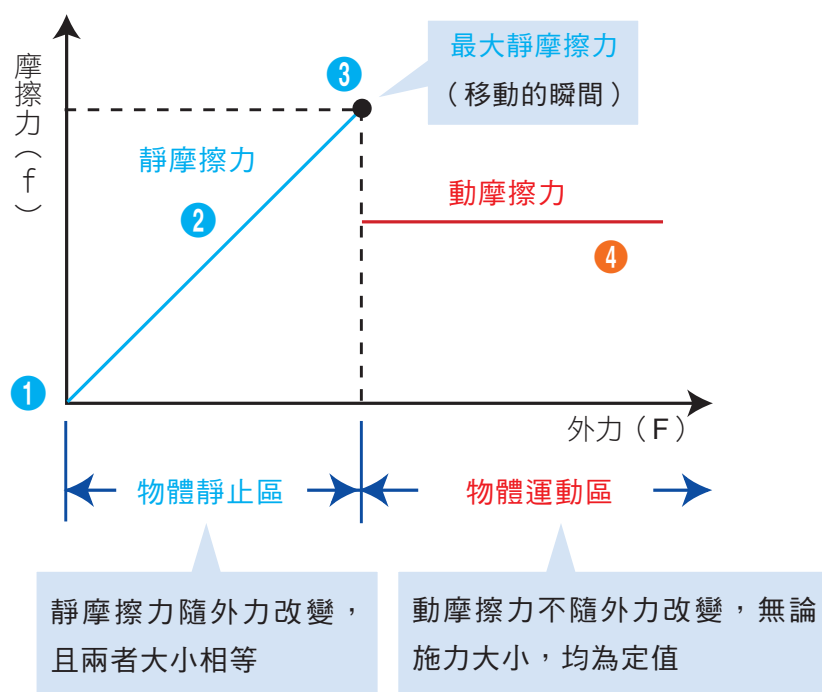


圖6-8 物體移動時的受力圖

依照上述觀念，我們可以將外力（ F ）與摩擦力（ f ）畫成圖6-9的關係圖。



▲ 圖6-9 外力與摩擦力關係圖

由此可知，影響木塊最大靜摩擦力與動摩擦力大小的因素有兩個：

5 垂直作用力大小

木塊上放置砝碼愈多，拉動木塊所需克服的最大靜摩擦力與動摩擦力也隨之增加。

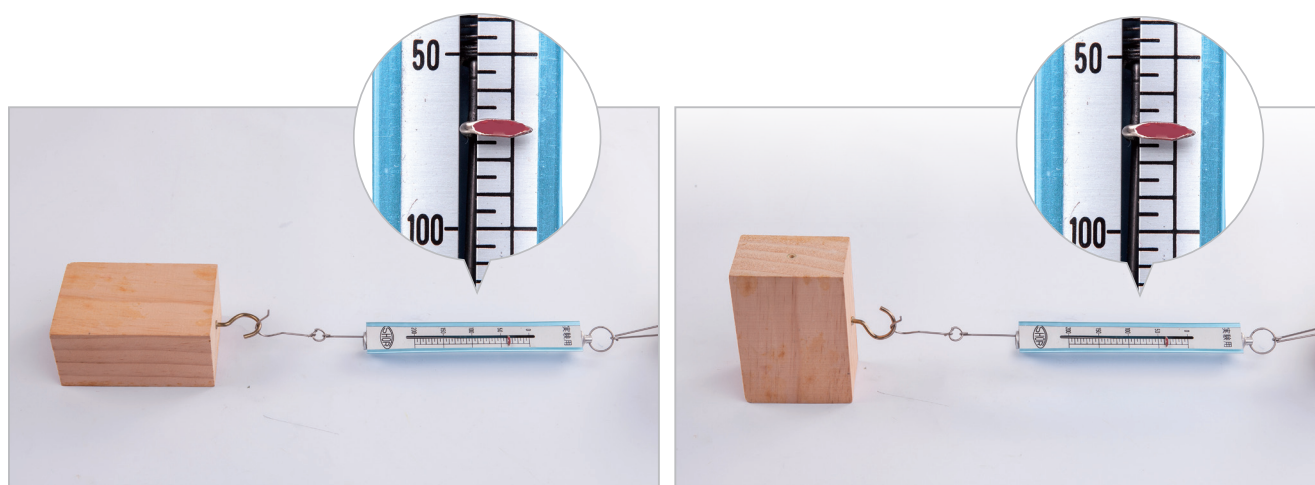
接觸面性質

木塊放在不同性質的接觸面上時，拉動木塊所需克服的最大靜摩擦力與動摩擦力均不同。接觸面間愈光滑，所需施加的拉力愈小，代表接觸面性質會影響最大靜摩擦力與動摩擦力的大小。

如果要推動長形紙箱，直立著推還是平放著推會比較省力呢？其實相同的物體與接觸面，即使接觸面積不同，也不會影響最大靜摩擦力及動摩擦力的大小（圖6-10）。

探究提問

若是這個世界上沒有摩擦力的話，會發生什麼事？又會對生活產生什麼影響呢？

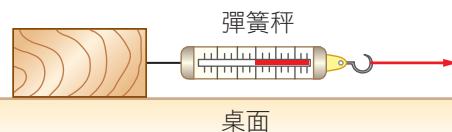
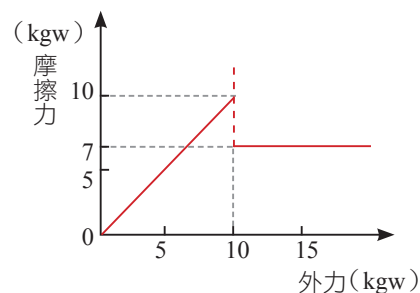


▲ 圖6-10 不論使用木塊的任一面測量，最大靜摩擦力大小皆不改變

例題 6-3

附圖為某物體所受外力與摩擦力之關係圖，請問：

- (1) 當外力為6kgw時，物體處於什麼狀態？
- (2) 欲將物體拉動，至少需施多少外力？
- (3) 若物體處於運動狀態，使用10kgw的力拉動物體，物體所受的合力大小為多少？



2 摩擦力的應用

增加摩擦力

走在溼滑的地面時，為什麼會容易摔跤呢？人走路時，腳會向後施力，地面給予人的摩擦力與施力方向相反，而使人往前走，當此摩擦力不夠時，前進會變得困難、容易滑倒。汽車在行駛的時候，轉動的車輪與地面之間會產生摩擦力；若是沒有摩擦力的存在，車輪就會在原地打轉，就像在結冰地面上空轉的車輪一樣。因此在鞋底與輪胎的表面，都會有凹陷的紋路，用來增加摩擦力，以免發生危險（圖6-11）。

a 鞋底的紋路可以增加鞋子與地面的摩擦力



b 輪胎裝上雪鍊，增加摩擦力避免在雪地打滑

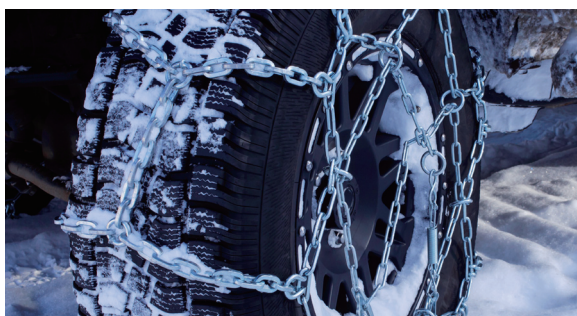


圖6-11 生活中增加摩擦力的方式

減少摩擦力

當機械在作用時，摩擦力的存在會降低機械運轉的效率，因此在運作過程中，常會在機械轉動的地方添加潤滑油，降低摩擦力使機械轉動得更順暢。此外，若將櫃子下方增加輪子，以滾動代替滑動，可輕鬆推動櫃子；若將輪子鎖住，便難以推動櫃子。而推動櫃子前，先將擺放在上面的物品取下，減少重量，也可以更容易推動櫃子（圖6-12）。

a 添加潤滑油可以使鐵鍊動得更順暢



b 裝設輪子可以使物體更容易推動



圖6-12 生活中減少摩擦力的方式

6-3 壓力

科學 tell me why

在喝手搖杯飲料時，如果杯膜與吸管緊密貼合的話，吸入飲料時，杯子會凹陷變形，為何會有這種情況發生呢？



1 壓力

炎炎夏日裡，常想喝一杯清涼的珍珠奶茶來消暑，但為什麼吸管的一端要削尖才能順利刺穿杯口的膠膜呢？如果5 果使用平頭的一端，往往不容易刺穿且會造成吸管彎曲變形。是什麼原因造成這樣的差異呢？

探討活動

◆ 6-2 影響壓力的因素

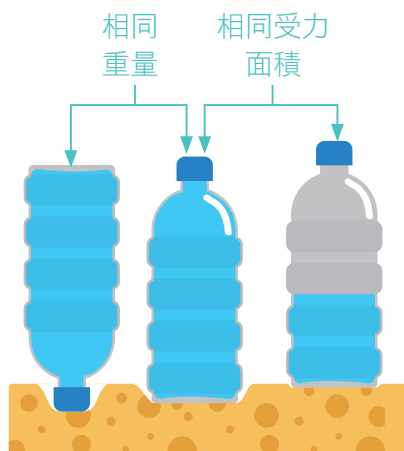


1. 將兩個相同的寶特瓶裝滿水。
2. 一瓶正立，另一瓶倒立，放在相同的海綿墊上。
3. 將其中一瓶的水倒掉一半，兩瓶都正立放在海綿墊上。



◆ 想一想

1. 步驟 2 中，可以觀察到兩塊海綿墊的狀態有何不同？
.....
2. 步驟 3 中，可以觀察到兩塊海綿墊的狀態有何不同？
.....



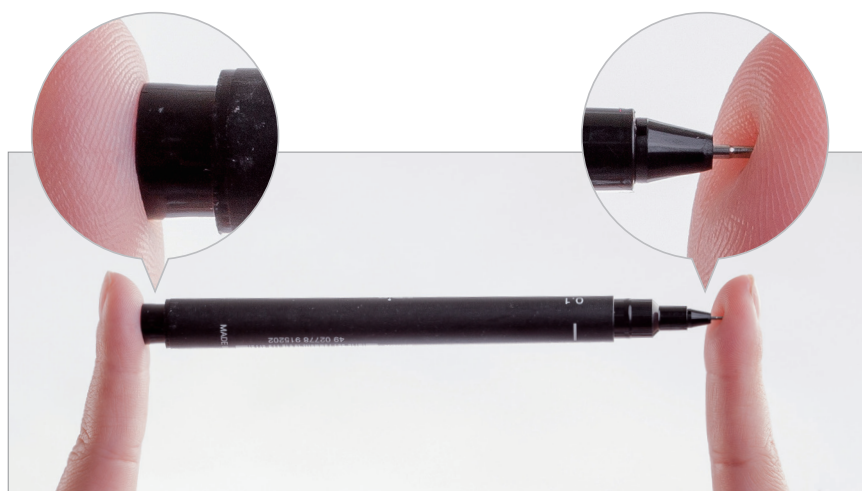
▲ 圖6-13 海綿受力面積愈小，凹陷愈深；物體重量愈輕，凹陷愈淺

探討活動6-2中，可以觀察到裝滿水的寶特瓶放置於海綿墊上，倒立的寶特瓶造成海綿凹陷較深，可知寶特瓶向下作用力相同時，受力面積變小，海綿凹陷較深。而裝10 滿水的寶特瓶造成海綿凹陷程度比半滿水的寶特瓶明顯，可知受力面積相同時，寶特瓶向下作用力大，海綿凹陷較深（圖6-13）。

從海綿墊凹陷的變化來看，海綿受壓迫的程度與所受向下作用力和受力面積有關，我們將作用力與受力面積的比值稱為**壓力**（式6-2）。

$$\text{壓力 (P)} = \frac{\text{垂直作用於接觸面的力 (F)}}{\text{受力面積 (A)}} \quad (\text{式6-2})$$

- 5 使用兩隻手指分別抵住筆的兩端，可以看見觸碰筆尖端的手指凹陷較深，且感覺較為疼痛，筆尾端的手指凹陷較淺，則不會感到疼痛（圖6-14）。筆沒有移動代表兩隻手指施力相同達到力平衡，但是手指卻會產生不同的凹陷程度，可知壓力和力是兩種不同的物理量，其單位也不同。



▲ 圖6-14 抵住筆尖端的手指因受力面積小會較凹陷，所受壓力較大

例題 6-4

以不同的姿勢a與b維持靜止不動，腳掌對地面的作用力大小分別為 F_a 、 F_b ，對地面的壓力大小分別為 P_a 、 P_b ，請問作用力間與壓力間的大小關係為何？



以相同的施力使吸管的尖端作用在飲料杯的膠膜上，可以產生較大的壓力，便容易刺穿膠膜，順利的喝到飲料。我們可以透過減少受力面積的大小，即便是施很小的作用力，也可以得到很大的壓力，例如：圖釘的尖端可以
5 刺入木板（圖6-15a）、注射針頭可以刺穿皮膚（圖6-15b）、銳利的刀鋒可以輕鬆切開紙張（圖6-15c）。

同樣的，我們也可以增加受力面積，減少產生的壓力，例如：以履帶包覆輪子，可使車輛在沙地或雪地中行駛（圖6-16a），或是穿著底面積大的滑雪板，可以在雪地
10 上輕鬆地滑行（圖6-16b）。

a 圖釘



b 針頭



c 刀鋒



▲ 圖6-15 減少受力面積來增加壓力

a 雪地車



b 滑雪板



▲ 圖6-16 增加受力面積來減少壓力

2 液體壓力

我們在泳池中往下潛的時候，身體會感覺到有股壓迫感，潛得愈深，這股壓迫感就會愈明顯。液體的重量會造成向下的作用力，愈深的地方，上方液體對下方的液體或容器底部造成壓力也愈大。

圖6-17的儀器稱為水壓觀測器，觀測器前方為橡皮薄膜，將觀測器放入水中後，可以看到薄膜向內凹陷，代表水中有力作用於薄膜上，薄膜單位面積上所承受的力，稱為水的壓力或**水壓**。愈往深處，薄膜被壓縮得更凹陷，代表此時水壓增加，事實上水壓大小與深度成正比關係。在同一深度時，不論薄膜轉向任何方向，凹陷的程度均保持不變，代表水壓大小相同，沒有特定的方向性（圖6-18），但與接觸面保持垂直。

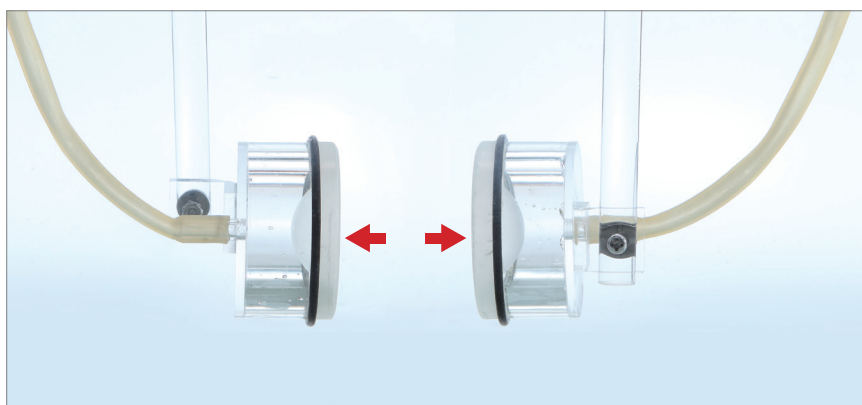


圖6-18 在水中同樣深度，不論橡皮膜朝向何方，凹陷程度均相同

觀察小氣泡自水底深處上浮，一開始氣泡較小；而在上浮過程中，氣泡的體積會逐漸增大。於深處時，氣泡受到來自四面八方的水壓，均與氣泡表面垂直，被壓縮的效果明顯；上浮時，外界的水壓減小，氣泡的體積便會增大（圖6-19）。

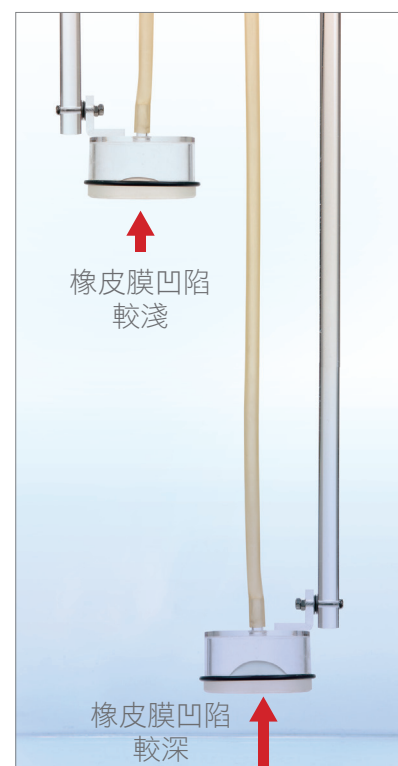


圖6-17 在水中不同深度，橡皮膜凹陷程度也不同

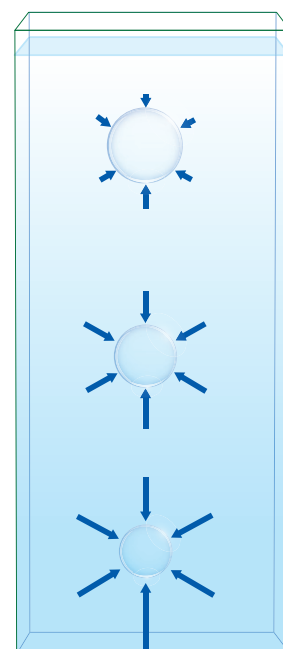


圖6-19 氣泡愈往上浮，體積因為壓力減小的關係會逐漸變大

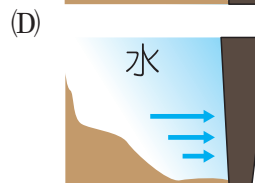
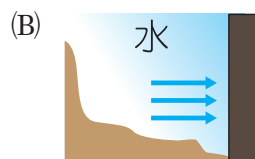
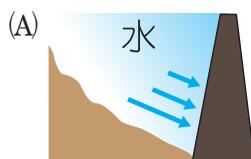
水壩或河堤會將底部設計得較厚，也是為了抵抗深水處的強大水壓，以免因水壓過大而導致潰壩（圖6-20）。



圖6-20 水壩結構與示意圖

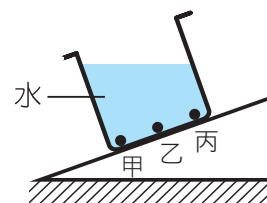
例題 6-5

1. 如果你是一位土木工程師，要設計一座水壩時，下列四種水壩剖面圖，何者較恰當？



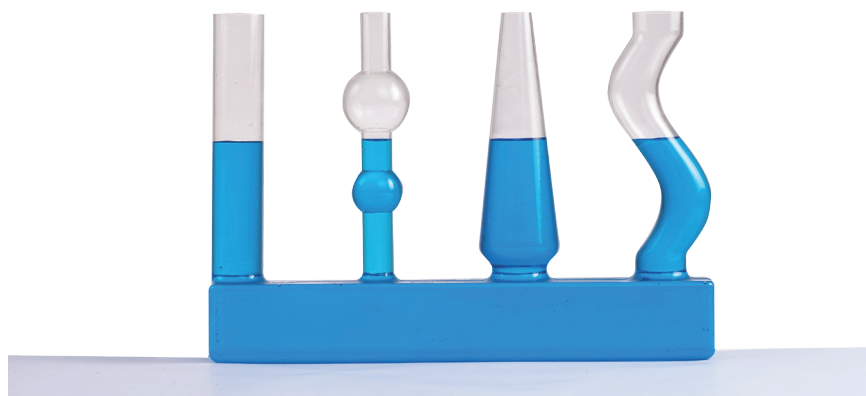
2. 附圖中甲、乙、丙三點所受的水壓依序以 $P_{\text{甲}}$ 、 $P_{\text{乙}}$ 、 $P_{\text{丙}}$ 表示，則下列何者正確？

- (A) $P_{\text{甲}} > P_{\text{乙}} > P_{\text{丙}}$
 (B) $P_{\text{甲}} = P_{\text{乙}} = P_{\text{丙}}$
 (C) $P_{\text{甲}} < P_{\text{乙}} < P_{\text{丙}}$
 (D) $P_{\text{甲}} > P_{\text{丙}} > P_{\text{乙}}$



連通管原理

我們取管徑粗細不同的連通管，從任何一管上方倒入液體，當液體靜止時，各管的液面都維持在同一個水平面上（圖6-21），這種現象稱為**連通管原理**。這是由於水壓與深度成正比，液體會在這些管中流動，直到各管柱中水到達同一水平面時才會靜止，此現象不受管柱的大小、粗細及形狀影響。



▲ 圖6-21 不論容器形狀大小，平衡時液面都同高

生活中，像是水壺的壺嘴較壺身略高，以免水溢出（圖6-22）、自來水廠將蓄水池設在高處以利輸水、水槽下方設計彎管防止臭氣等，都是連通管原理的運用。



▲ 圖6-22 水壺壺嘴須高於壺身，避免水流出

探究提問

想想看生活中還有哪些事物運用了連通管原理呢？

學習Check

- ☐ 我能說出壓力的定義(P150)
- ☐ 我能了解帕斯卡原理的概念

帕斯卡原理

若靜止液體受到外界施予壓力會如何呢？使用橡皮管連接大小兩個充滿水的注射針筒，將針筒的活塞朝上，調整兩針筒內的水面，使其等高。在小針筒活塞上放置砝碼，可看到小針筒的水面下降，而大針筒的水面上升（圖6-23），代表液體受到外界施予壓力時，會將此壓力傳遞出去。法國科學家帕斯卡（Blaise Pascal，1623～1662）發現，當外在壓力作用在密閉容器內的液體時，此壓力會以相同大小傳遞到液體內的任何一處，以及容器的器壁上。

a 大、小針筒水面等高

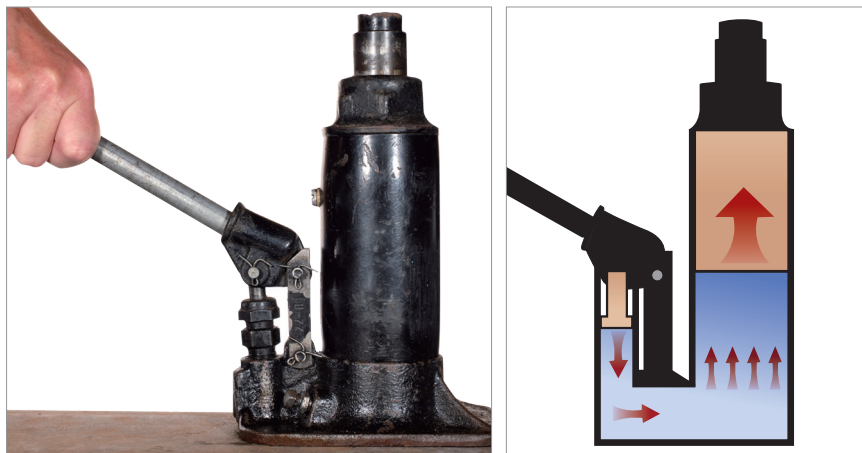


b 小針筒施加壓力，大針筒水面上升



▲ 圖6-23 小針筒活塞上放置砝碼後，可看到小針筒水面下降，而大針筒水面上升

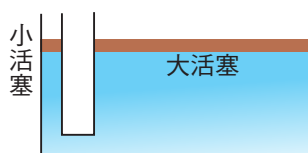
小針筒的活塞受力，產生的壓力經液體傳遞到大針筒的活塞上，由於大針筒的活塞面積大，可以產生較大的上推力，像是汽車的油壓煞車器、油壓千斤頂（圖6-24）、液壓起重機等，都是利用此原理設計的機械。



▲ 圖6-24 油壓千斤頂是利用帕斯卡原理來撐起重物

例題 6-6

有一盛裝液體的容器如圖所示，此容器有大小兩個活塞，若想要花較小的力量舉起較重的物體，則該把重物放在哪邊呢？



5 3 大氣壓力

氣象報告常可看到熱帶性低氣壓、高氣壓等名詞，氣體的壓力有多大？對我們的生活有什麼影響呢？

探討活動

◆ 6-3 薄塑膠板杯蓋



1. 取一裝滿水的玻璃杯，杯口用一片薄塑膠板覆蓋。
2. 以手輕按薄塑膠板並將杯子倒轉成杯口朝下，並把手移開。

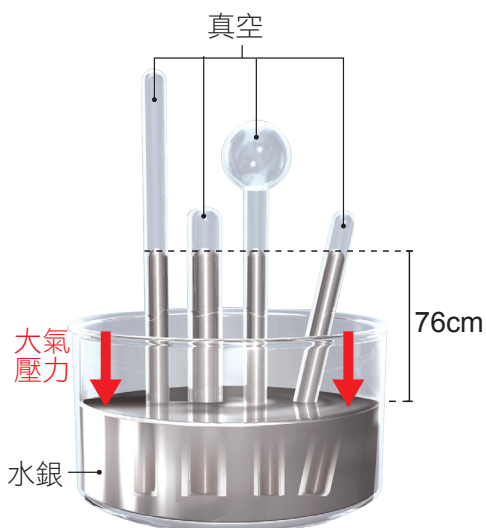
◆ 想一想

將杯子倒轉後，可以觀察到什麼現象？





▲ 圖6-25 覆蓋薄塑膠板的滿水玻璃杯，翻轉後薄塑膠板亦不會掉落

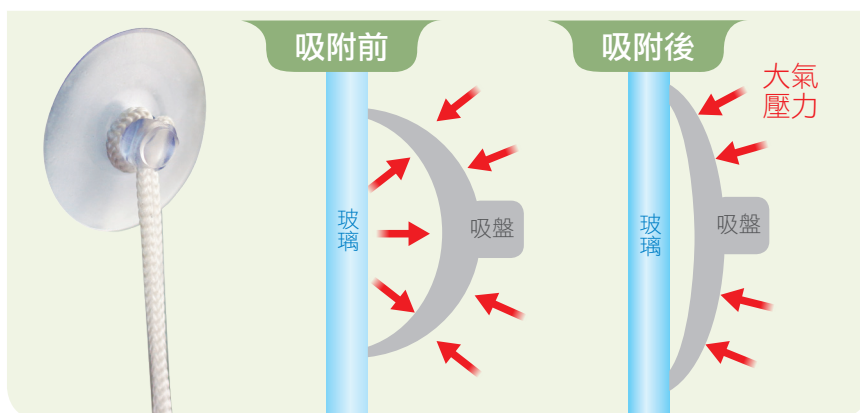


▲ 圖6-26 一大氣壓為76公分水銀柱

在探討活動6-3中，覆蓋薄塑膠板的水杯，即使杯口朝下，水也不會流出（圖6-25），正是因為有大氣壓力，這是由大氣層中空氣的重量所造成的。西元1643年，義大利科學家托里切利（Evangelista Torricelli，1608～1647）使用一端封閉的玻璃管，裝滿水銀再倒插入水銀槽中，發現不論管子如何傾斜，水銀柱高度皆相同（圖6-26）。他測量發現玻璃管內可以支撐起約76公分高水銀柱的高度，藉此得知大氣壓力的大小，即相當於每平方公分上承受約10公斤重的垂直力（式6-3）。

$$1\text{大氣壓} = 76\text{公分水銀柱} = \frac{1\text{公斤重}}{\text{平方公分}} \quad (\text{式6-3})$$

大氣壓力會隨時間地點不同而改變，我們將在緯度45°、溫度0℃的海平面上的平均大氣壓力定義為標準氣壓，稱為**一大氣壓（atm）**。生活中有許多應用大氣壓力的產品，如吸盤（圖6-27）、吸塵器、吸管喝飲料等（圖6-28）。



▲ 圖6-27 吸盤能貼於平滑玻璃上，是靠大氣壓力的作用（→大氣壓力）

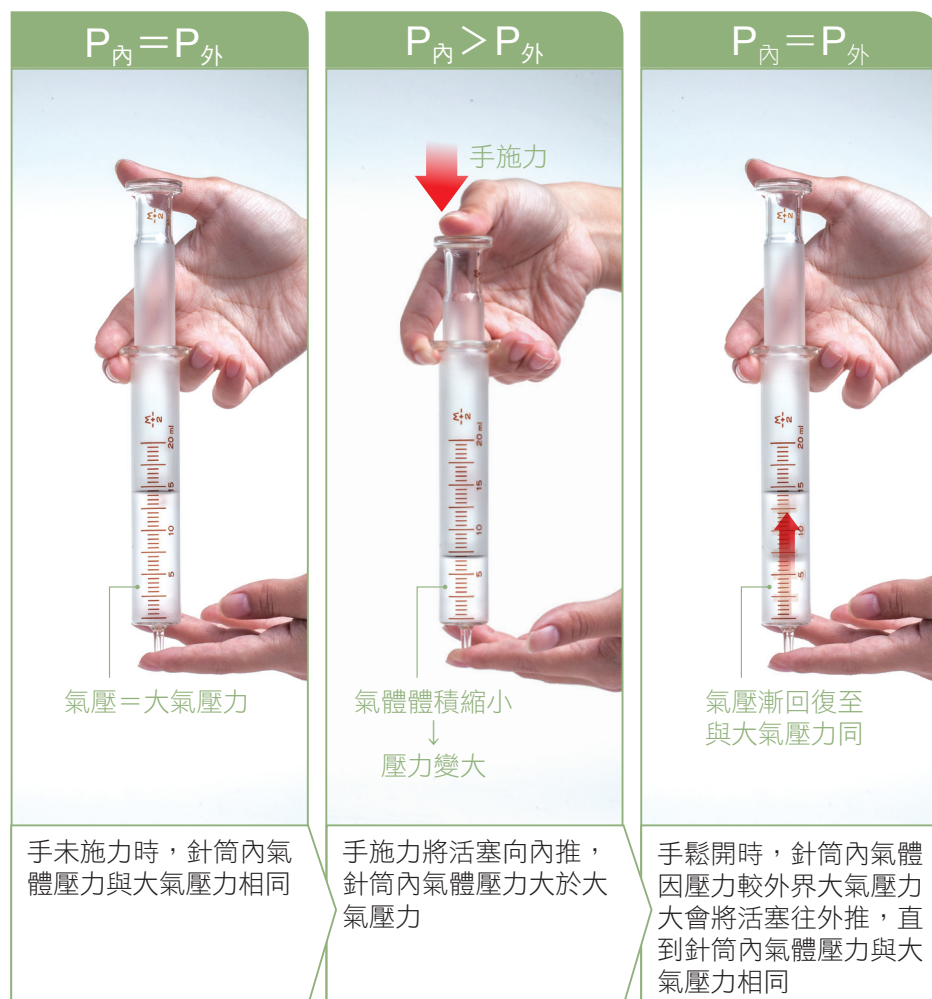


▲ 圖6-28 吸管能吸起飲料，是靠大氣壓力作用，產生推力將液面往吸管内移動

學習Check

- ☐ 我能說出大氣壓力的成因
- ☐ 我能了解氣體在密閉容器內壓力與體積的關係

若將針筒前端開口用手封住，再將推桿向內推，放手後可看到推桿自動回復原位置（圖6-29）。這是因為如封口針筒這類密閉容器內的氣體，在定溫及定量氣體的情況下，若體積縮小則內部壓力增加，體積增大則內部壓力減小。推桿向內推減少內部體積，使內部壓力大於大氣壓力而將推桿推回；推桿向外拉時情況則相反，針筒內部壓力會小於大氣壓力，外部較大的大氣壓力會將推桿推回。人類的呼吸運動也是利用相同的機制使氣體順利地進出肺部，達到交換氣體的效果。



▲ 圖6-29 改變針筒內空氣的體積，氣體壓力也會隨之改變

6-4 浮力

科學 tell me why

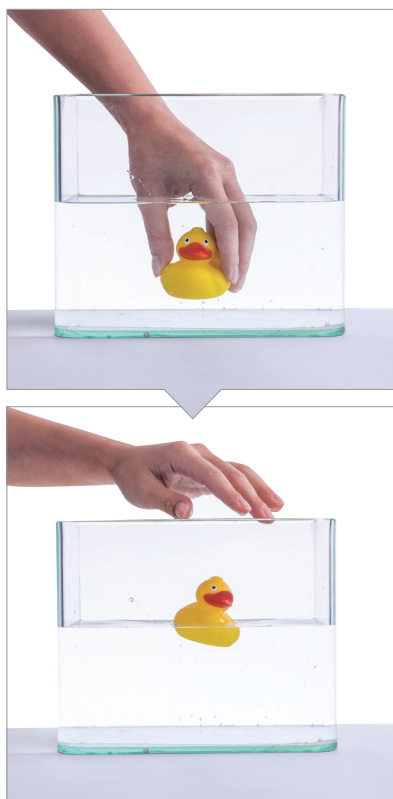
人體的密度略小於海水，因此在海水中，要以什麼姿勢漂浮才比較容易呼吸到空氣呢？



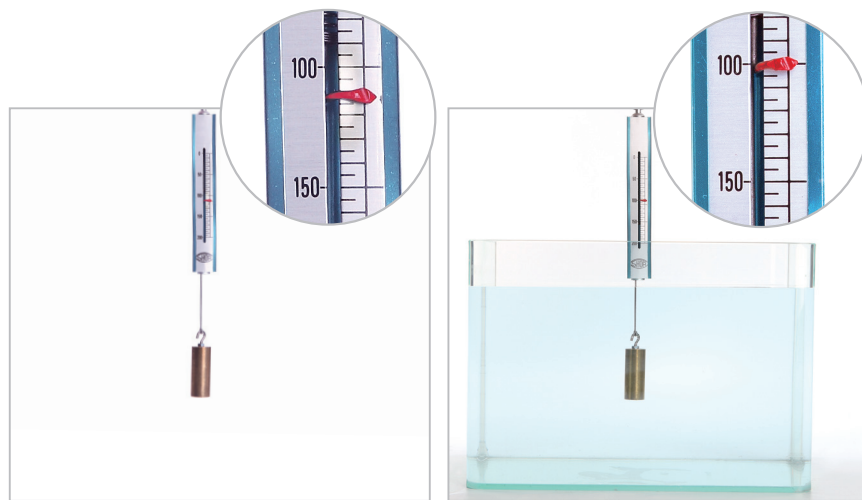
1 浮力

橡皮做的黃色小鴨，可以輕易的浮在水面上，得用手向下壓，才能將小鴨浸入水中；放手後，小鴨又會浮出水面（圖6-30）。當我們將小鴨壓入水中的時候，可以感受到有一股向上的力，這種力稱為**浮力**。

將一金屬塊掛在彈簧秤下端，當金屬塊沒入水中時，浮力支撐住部分重量，使彈簧秤讀數減少。浮力就是物體在水中所減輕的重量（圖6-31），此關係可用式6-4表示。



▲ 圖6-30 小鴨受浮力浮回水面



▲ 圖6-31 將金屬塊掛在彈簧秤下方，放入水中後讀數會變小

$$\begin{aligned}
 \text{浮力 (B)} &= \text{物體在水中所受向上的力} \\
 &= \text{物體在空氣中的重量 (W}_{\text{空氣中}}) - \text{物體在水中的重量 (W}_{\text{水中}}) \quad (\text{式6-4}) \\
 &= \text{物體在水中所減輕的重量}
 \end{aligned}$$

實驗
6-2

浮力的大小



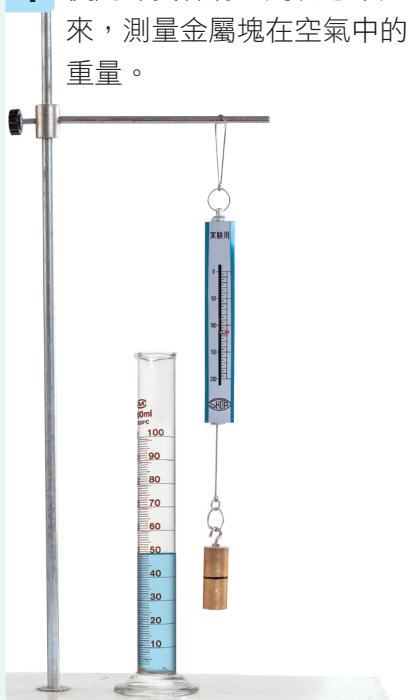
目的 物體在水中所受浮力大小，與其排開的水量有何關係？

器材

- ① 彈簧秤1個 ② 金屬塊1個 ③ 木塊1個 ④ 100mL量筒1個 ⑤ 蒸餾水50mL

步驟

- 1** 使用彈簧秤將金屬塊懸吊起來，測量金屬塊在空氣中的重量。



- 2** 在100mL量筒中裝一半的水，並將金屬塊的一半浸入水中，記錄此時彈簧秤的讀數，以及量筒中水面的刻度。



- 3** 繼續將金屬塊浸入，直到完全沒入水中，但不要碰觸至量筒底部，每間隔一段距離記錄一次彈簧秤的讀數，以及量筒中水面的刻度，記錄兩次。

- 4** 將金屬塊換成木塊，使用彈簧秤將木塊懸吊起來，測量木塊在空氣中的重量。

- 5** 將木塊慢慢浸入水中，觀察彈簧秤的讀數變化，記錄彈簧秤讀數為0的水面刻度。

木塊與金屬塊浸入水中的瞬間，有什麼差異呢？



問題與討論

- 金屬塊浸入水面下不同體積時，彈簧秤的讀數與量筒內的水位有何變化？
- 當金屬塊剛好完全沒入水中與沉入更深時，彈簧秤的讀數與量筒內的水位有何變化？
- 根據實驗結果，說明金屬塊在水中減少的重量與排開水重的關係。
- 木塊可以完全沒入水中嗎？在浸入水中的過程，彈簧秤的讀數有什麼變化？
- 當懸掛木塊的彈簧秤讀數為0時，代表什麼意思？

探究提問

若要討論材質、體積相同的封閉空心金屬塊對於浮力的影響，請寫出操作變因及控制變因。

相關實驗重點，請見 P169



2 阿基米德浮力原理

沉體

由實驗6-2的結果可以發現，當金屬塊浸入水中時，占去了原本水的空間，使量筒內的水位上升，且金屬塊排開的水重與減輕的重量相等。

- 5 將金屬塊浸入水中愈多，排開的水重量愈大，受到的浮力就愈大，當金屬塊完全沒入水中，排開的水重不會再增加，所受的浮力也不再增加（圖6-32）。

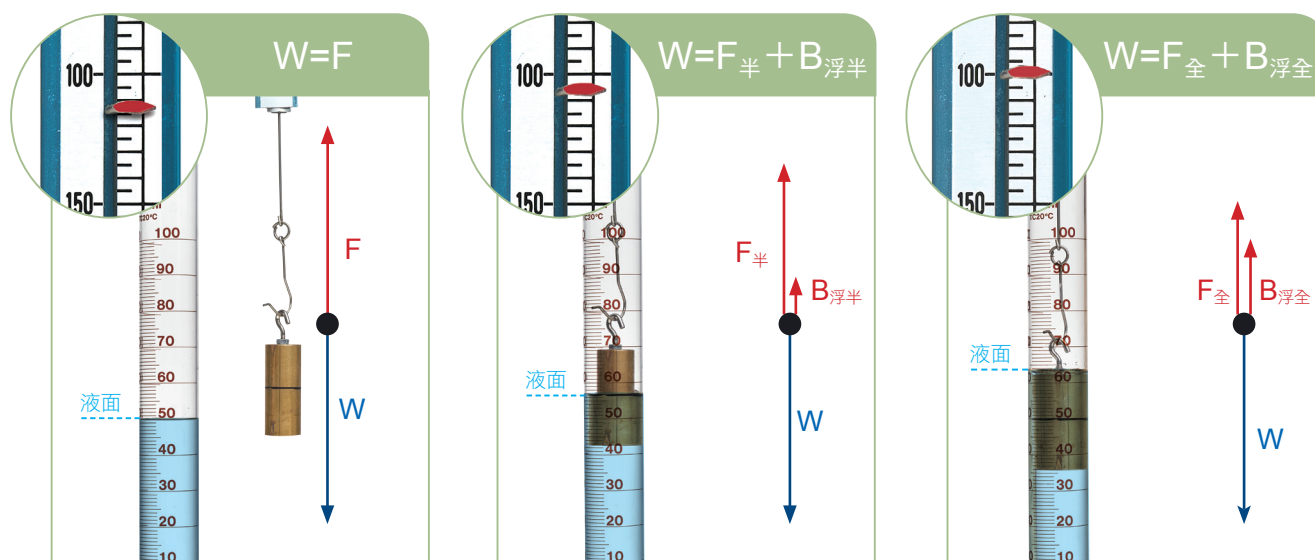


圖6-32 物體在水中受到的浮力示意圖

浮力＝沉體在水中所減輕的重量
＝沉體所排開的水重

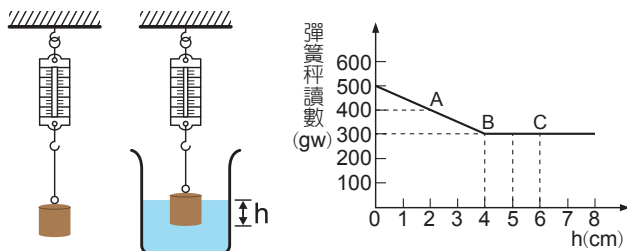
例題 6-7

將一均勻的實心圓柱掛在彈簧秤下端，使其逐漸沒入水中，測得其底部沒入水中的深度（ h ）與彈簧秤讀數，結果繪製如圖。

- (1) 從實驗結果關係圖中，判斷此實心圓柱的重量是多少gw？

- (2) 請問此實心圓柱浸入水中，在幾公分後為完全沒入？

- (3) 當實心圓柱完全浸入水中後，所受到的浮力大小是多少gw？



浮體

木塊的密度比水小，無法完全沒入水中，當木塊浮在水面，此時彈簧秤的讀數為0，代表浮力可以完全支撐木塊的重量，浸在水面下的木塊，排開的水重剛好等於木塊的重量（圖6-33）。因此浮在水面上的物體，物體所受的浮力等於物體重量，亦等於被物體排開的水重。

學習Check

☐ 我能了解阿基米德浮力原理

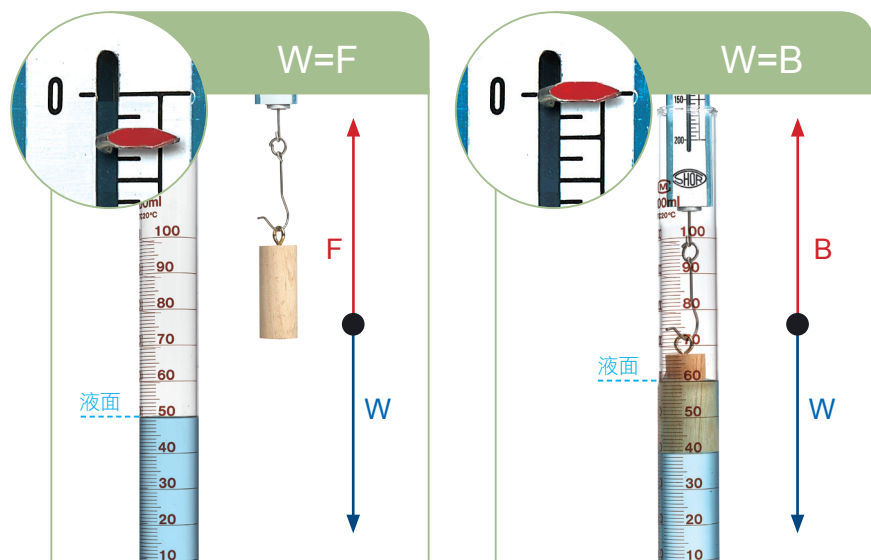


圖6-33 木塊浮在水面上所受的浮力等於其重量

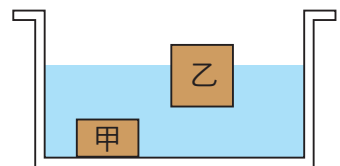
$$\begin{aligned} \text{浮體所受浮力} &= \text{浮體的重量} \\ &= \text{浮體所排開的水重} \end{aligned}$$

根據實驗結果，物體所排開的水重等於物體所受的浮力；而排開水的體積，也就是物體浸在水面下的體積，故物體在水中所受的浮力也可寫成：

$$\begin{aligned} \text{浮力} &= \text{物體浸沒在水面下的體積所排開的水重} \\ &= \text{物體在水面下的體積} \times \text{水的密度} \end{aligned}$$

例題 6-8

有甲、乙兩個重量均為 W 的物體，放入水中沉浮情況如圖所示，若甲、乙所受浮力分別為 $B_{\text{甲}}$ 與 $B_{\text{乙}}$ ，則 $B_{\text{甲}}$ 、 $B_{\text{乙}}$ 和 W 的大小關係為何？



在中亞有一座死海，人們可以輕易的漂浮在海面上，但是在淡水中卻很容易下沉，為什麼會有這樣的差異呢？

探討活動

◆ 6-4 不同液體中的浮力大小



現有三杯不同的透明水溶液，分別為清水、未飽和食鹽水和飽和食鹽水，將一顆雞蛋分別放入水中，觀察雞蛋的沉浮情形。



◆ 想一想

1. 雞蛋在三杯水溶液中的沉浮情形如何呢？可以判斷出三杯水溶液的種類嗎？

.....

2. 雞蛋在哪一杯水溶液中，浮出液面的程度最明顯？為什麼？

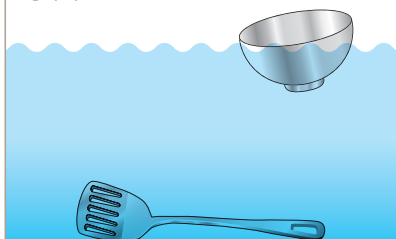
.....

由探討活動6-4可知，液體的密度會影響物體所受的浮力大小。當雞蛋浸泡在不同液體中，由於液體的密度不同，排開的液體重量也不相同，即相同物體沒入不同液體中時，所受的浮力不同。

浮體在密度大的液體中，在液面下的體積會變少，就像船從淡水駛向海水的過程中，船身浮在水面上的部分會逐漸增加一樣。總結上述內容，在任何密度的液體中，不論浮體或沉體所受的浮力皆可用式6-5來表示，此關係式即是著名的**阿基米德浮力原理**。

探究提問

將同質量同材質的不鏽鋼鍋鏟和鋼碗放入水中，為何鍋鏟會沉入水中，鋼碗卻浮在水面上？



$$\begin{aligned}
 \text{浮力} &= \text{物體所排開的液體重} \\
 &= \text{物體在液面下的體積} \times \text{液體的密度 (式6-5)} \\
 B &= V_{(\text{浸沒})} \times D_{(\text{液})}
 \end{aligned}$$



理化 In my life



- ❶ 圖中的浮球是否有可能提供500公斤重的浮力？
- ❷ 如果阿翰在深海海底，浮球所提供的浮力會與在淺海時一樣嗎？為什麼？

例題 6-9

阿翰與同學一起到海邊玩，下面是他們聊天的內容，哪個人的觀念是錯誤的？

- (A) 阿翰：我在海裡可以浮得起來，代表我體重比較輕
- (B) 琳琳：我雖然不敢下水，但是我把腳泡在海水中也會有浮力
- (C) 小生：當我靜止浮在海面上時，所受的合力為零
- (D) 花花：當我雙手抱膝維持水母漂時，所受到的浮力等於我的體重

力與平衡

| 力的效應 | 物體受力後，會使物體形狀改變或運動狀態改變

| 力的單位 | 公斤重 (kgw) 或公克重 (gw)

| 力的形式 |

	接觸力	超距力
定義	施力者需要接觸物體	施力者不需要接觸物體
例子	浮力	靜電力、磁力

| 力的平衡 | 兩力大小相等，方向相反，作用於同一直線上



$$F_1 = F_2, \text{ 合力} = 0$$

| 力的描述 | 需包含力的大小「」、力的作用方向「」、作用點「」

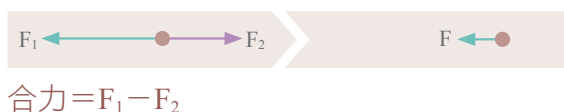


| 力的合成 | 有兩個以上的力作用同一物體上，可用一個產生相同效果的力取代

1. 方向相同



2. 方向相反

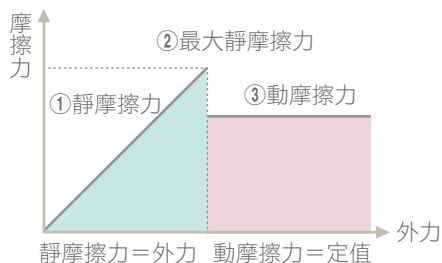


摩擦力

| 摩擦力 | 接觸面上阻礙物體運動的力

| 影響摩擦力的因素 | 垂直作用力大小和接觸面性質

| 外力與摩擦力關係圖 |



①靜摩擦力：受到拉力但物體仍保持靜止時，施力 = 靜摩擦力

②最大靜摩擦力：物體移動瞬間的力 = 最大靜摩擦力

③動摩擦力：動摩擦力 = 定值，不受拉力大小、運動快慢影響

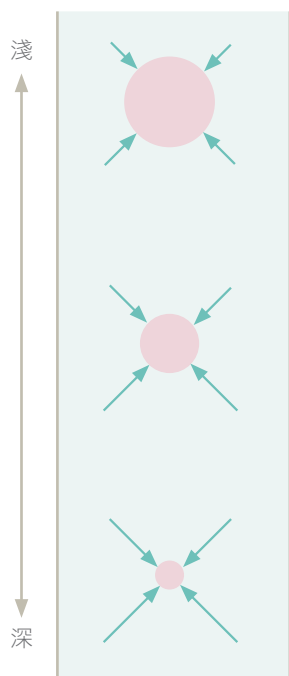
| 摩擦力的應用 |

1. 增加摩擦力，例如：鞋底紋路避免滑倒
2. 減少摩擦力，例如：添加潤滑油使機械轉動順暢

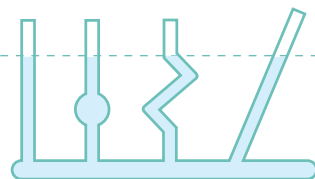
壓力

$$| \text{壓力 (P)} | = \frac{\text{垂直作用面的力 (F)}}{\text{受力面積 (A)}}$$

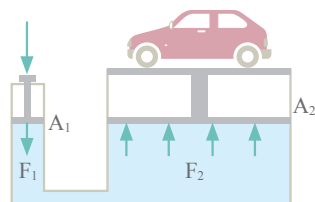
| 液體壓力 | 水壓大小與深度成正比



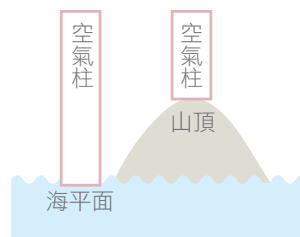
| 連通管原理 | 液體倒入至管徑粗細不同的連通管，各管液面維持在同一水平面上



| 帕斯卡原理 | 當外在壓力作用在密閉容器內的液體時，此壓力會以相同大小傳遞到液體內的任何一處



| 大氣壓力 | 空氣重量所產生的壓力1大氣壓 (1atm)
= 76公分水銀柱高
≡ 1公斤重 / 平方公分



浮力

| 浮力 | 物體在液體中所受到向上的力

| 阿基米德浮力原理 | 物體所受浮力等於物體排開液體重

$$\begin{aligned} | \text{浮力 (B)} | &= \text{物體在液體中減輕重量} \\ &= \text{物體排開液重} \\ &= \text{物體液面下體積 (V)} \times \text{液體密度 (D)} \end{aligned}$$



實驗一點靈

第五章

實驗5-1 有機化合物的重要特徵

1. 糖粉、麵粉以及食鹽經過乾餾後的狀態不同。

	糖粉	麵粉	食鹽
乾餾前	白色	白色	白色
乾餾後	黑色	黑色	白色

2. 糖粉與麵粉產生的黑色物質為碳，由此可知為有機化合物，而食鹽乾餾過後並未改變，由此可知其為無機化合物。

探討活動5-1 是油？不是油？

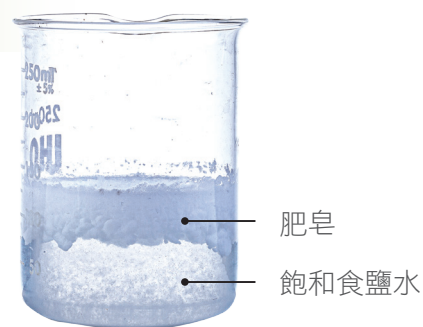
1. 汽油、甘油和香蕉油皆為中性且可燃，但甘油可與水均勻混合，與其他兩者不同。
2. 甘油為醇類、香蕉油為酯類、汽油則為烴類，三者皆可以燃燒且具有碳原子。

探討活動5-2 酯化反應

1. 乙酸與乙醇反應過後會形成乙酸乙酯，有香味產生。
2. 由於過程速率緩慢，因此加入濃硫酸及升高溫度，以提高反應速率。

實驗5-2 肥皂的製造與性質

1. 椰子油為有機化合物，而氫氧化鈉為無機化合物，需要加入酒精使其互溶，加熱的過程中會生成肥皂及甘油。
2. 肥皂難溶於飽和食鹽水中，且密度較小而與甘油分離浮於水面。



第六章

探討活動6-1 力的平衡

1. 不論哪一隻手改變施力的大小，另外一隻手皆要施相同大小的力，才能使鋼圈維持在原本的位置。代表物體要維持靜止，施予的力要在同一直線上，且大小相等，方向相反。

實驗6-1 影響摩擦力的因素

1. 當物體重量愈重時，其最大靜摩擦力就愈大。
2. 當與物體的接觸面愈粗糙時，其最大靜摩擦力也愈大。

探討活動6-2 影響壓力的因素

1. 當重量相同，接觸面積較小時海綿凹陷較深，代表壓力較大。
2. 當接觸面積相同，重量較重時海綿凹陷較深，代表壓力較大。



探討活動6-3 薄塑膠板杯蓋

1. 當玻璃杯反轉時，薄塑膠板不會掉落，是因為大氣壓力將塑膠板頂住了。

實驗6-2 浮力的大小

1. 放入金屬塊時，排開水的重量等於金屬塊減輕的重量。
2. 放入木塊時，木塊浮在水面上，彈簧秤的讀數為0，代表木塊所受的浮力等於木塊的重量。

探討活動6-4 不同液體中的浮力大小

1. 在清水中，雞蛋會下沉，而在濃度愈高的食鹽水中，雞蛋上浮的情況愈明顯。
2. 雞蛋下沉代表所受浮力小於其重量，液體密度小於雞蛋密度；雞蛋上浮則代表所受浮力等於其重量，且液體密度大於雞蛋密度。



歷史的「冰山」一角

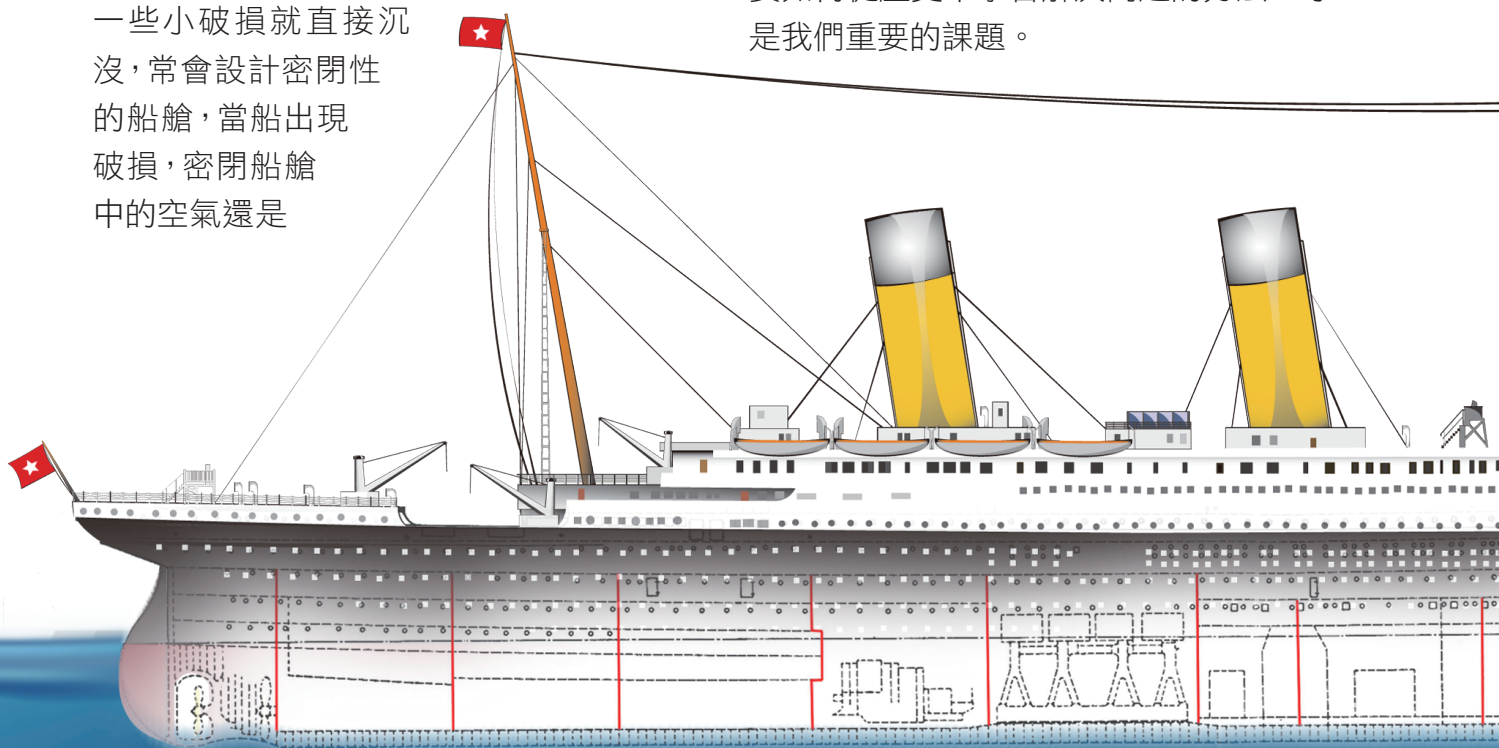
冰山是漂浮在海上的巨大冰塊，是由冰川或是冰棚斷裂所形成的。冰山通常是由淡水結冰而成，密度大約為 0.9g/cm^3 ，漂浮在海中時，大約只有10%的體積會露出海面，完全看不出底下的形狀，因此常用冰山一角來形容事情只顯露出其中的一小部分。冰山常會造成海上運輸安全問題，最有名的事件為發生在西元1912年的鐵達尼號沉船事件，因為天氣及人為因素，鐵達尼號來不及閃避而擦撞到迎面而來的冰山，造成船身破損而沉沒。

船能漂浮在海中是利用了浮力原理，船身排開海水的重量等於船的重量，因此船底若破洞，海水滲入船身中，船所排開的海水體積將會下降，所受浮力變小，船便可能沉沒了。為了能讓船不會因為出現一些小破損就直接沉沒，常會設計密閉性的船艙，當船出現破損，密閉船艙中的空氣還是

可以提供船身浮力。鐵達尼號也有類似的設計，但是撞擊力過強，造成的損害過大，使密閉船艙的功能失效，因此發生了悲劇。

冰山並非只會造成船難，冰山的融化狀態也能觀察到全球暖化的程度，近年來，溫室效應增強使全球暖化現象加劇，導致海平面上升，許多低於海平面的島嶼被淹沒。究竟是什麼原因造成海平面上升呢？陸地上的冰，如南極大陸或格陵蘭島，冰融化後流入海中，是造成海平面上升的主要原因，而漂浮在海面上的浮冰，融化後也會造成海平面微幅上升。

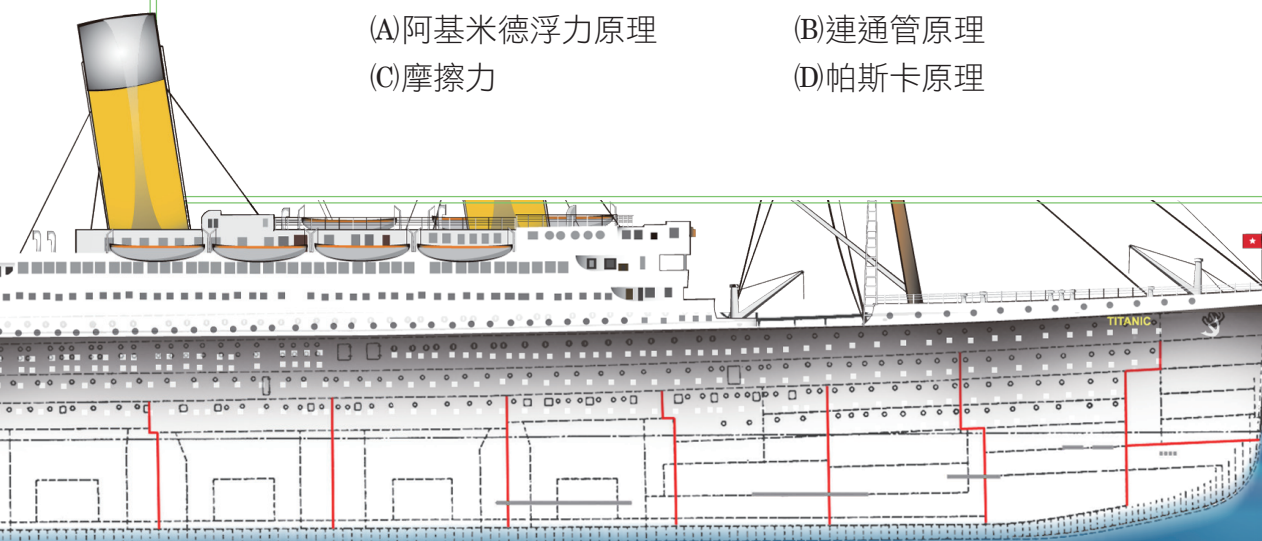
不論是鐵達尼號事件或是全球暖化現象，都只是地球悠久歷史中的冰山一角，要如何從歷史中學習解決問題的方法，才是我們重要的課題。

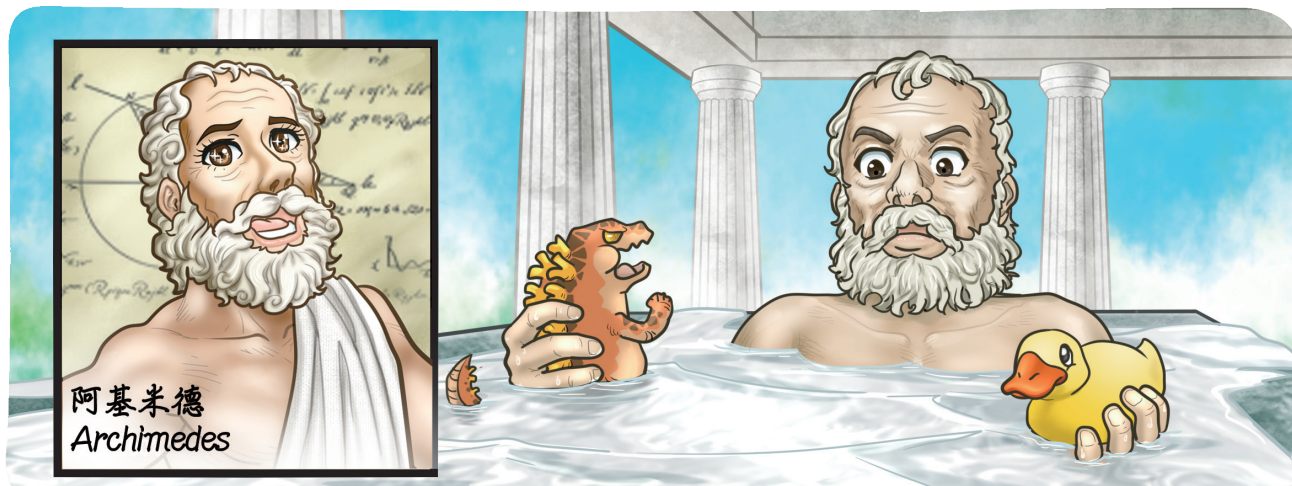




請同學們依上述內容，回答下列問題：

- () 1. 發生撞擊冰山的海上事故時，常是因為船員認為冰山與船還有一段距離而疏於注意，請問下列何者可能是船員會誤判的原因？
- (A) 冰山會隨著海浪移動，船員沒有計算冰山移動的速率
 (B) 冰山漂浮在水面上的只有總體積的10%，因此船會撞擊到水面下看不見的部分
 (C) 因為海面上蒸氣造成光線折射，使冰山看起來比實際距離遠
 (D) 一般船員遇到冰山的機率小，因此經驗不足，容易誤判
- () 2. 根據文章，下列敘述何者正確？
- (A) 溫室效應使冰山融化，導致海平面大幅上升
 (B) 冰山在海中所受的浮力等於冰山的重量
 (C) 鐵達尼號沉沒後所受的浮力等於船的重量
 (D) 格陵蘭島在海中所受的浮力等於格陵蘭島的重量
- () 3. 下圖中的紅線為鐵達尼號的防沉船船艙的設計，是將船底用大量水密材料做隔間，隔間的高度須高於海平面，而隔間的頂是開放的，請問這種設計是利用了什麼方式來防止小破損可能造成的沉船危機？
- (A) 阿基米德浮力原理 (B) 連通管原理
 (C) 摩擦力 (D) 帕斯卡原理





關於

📅 B.C.287 ~ B.C.212

🏠 出生：西西里島

📍 成就：



阿基米德

- ❶ 發明阿基米德螺旋式抽水機
- ❷ 提出阿基米德浮力論
- ❸ 證明圓周率至正 96 邊形
- ❹ 證明球體與圓柱的表面積關係



阿基米德——覺得心情低落

B.C.212

城門被攻破了！

不知道以後還能不能好好的算數學？

喂！！有個人在踩壞我畫的圖形！



士兵 我警告過你了！竟然還敢反抗我！#生氣

讚 · 回覆 · B.C.212



阿基米德——覺得困擾

B.C.230

國王讓我檢驗他新的皇冠是不是純金做的…

我回家想了好幾天都沒想出來…

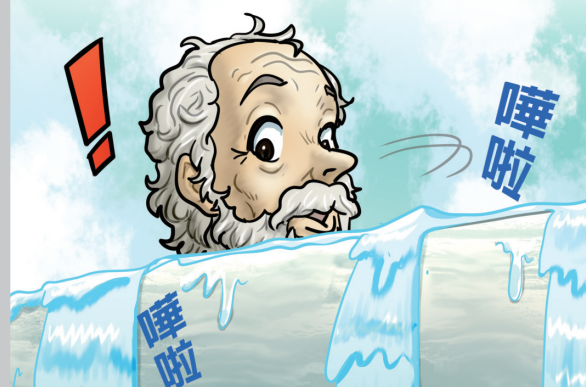


你幫我查查看，這皇冠到底是不是純金的。

阿基米德是除了牛頓以外，世上最偉大的科學家之一。有天國王要求金匠用純金打造了一頂皇冠，國王懷疑金匠在皇冠摻了「銀」，所以他把這難題丟給阿基米德，讓他找出辦法檢驗皇冠是不是純金的呢？

想不出來，先去洗澡好了！

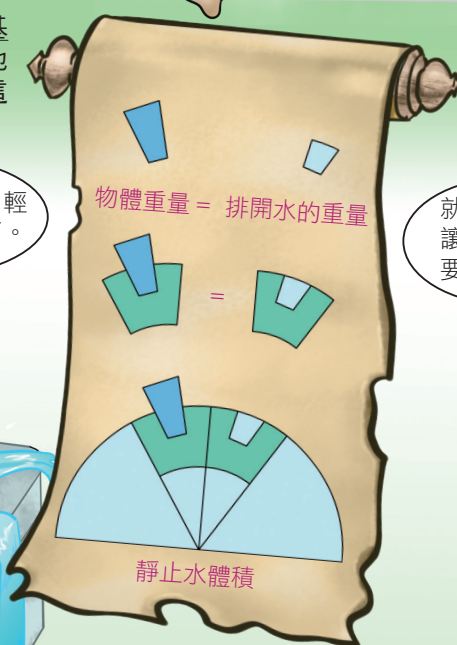
當他坐進澡盆裡時，看到水往外溢，同時感到身體和皇冠被輕輕托起。他突然領悟到，可以用測定固體在水中排水量的辦法。



他興奮地跳出澡盆，還來不及穿衣服就跑回家實驗去了！



阿基米德雖然解開了皇冠之謎，但是阿基米德腦海裡還有未解之謎，回想洗澡時他的身體受到一股向上托的力，為什麼有這股力呢？跟溢出來的水量有關嗎？



阿基米德將計算結果寫成《論浮體》，即是我們現在學到的浮力理論。



除了浮力原理，阿基米德許多發明及理論流傳於世，至今都還在使用。

