

看電影學物理-即刻救援 2

聲波

簡介：【即刻救援】中，地球上最強的老爸—布萊恩，從阿爾巴尼亞綁架犯手中救回女兒小琴，並將一千綁匪殺死。而續集【即刻救援 2】沿續了第一集的故事，綁架犯之一的父親為了報仇，率領阿爾巴尼亞黑幫不自量力地回頭尋仇。向在伊斯坦堡度假時的布萊恩（連恩尼遜飾演）、前妻（芬柯珍森飾演）及女兒小琴（瑪姬葛瑞絲飾演），伸出魔爪。由於這集布萊恩自己也被囚禁變成人質，因此向未被綁票的女兒求救。布萊恩先利用手榴彈的爆炸聲預估被囚禁的地點，在女兒協助下成功脫困，並救出前妻，再使出渾身解數殲滅黑幫份子。

片中一段關鍵畫面就是布萊恩被囚禁，他的女兒如何找出位置呢？布萊恩利用手榴彈爆炸的聲音，算出囚禁地點與飯店的距離，並以風向修正正確位置，這是聲音的傳播教材中，很經典的橋段。以此段故事的架構，我們來學習聲波的內容。

一、觀念剖析：

聲音一定需要介質才可以傳遞，因此聲音屬於力學波；然而其振盪方式屬於疏密波。聲音在固態、液態及氣態介質中皆可傳遞，而在固態中的傳遞速率最快。由於人類都在空氣中生活，因此針對空氣中的聲速來做討論。

影響空氣中聲速的因素：

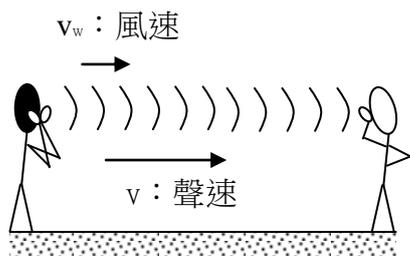
1.溫度：在乾燥、無風的空氣中，氣溫每升高 1°C ，聲速約增加 0.6m/s ，因此聲速與溫度的關係式可寫為： $v=331+0.6t$ ， v 為聲速，單位是 m/s ； t 為當時的溫度，單位是 $^{\circ}\text{C}$ 。

一般飛機的飛行速率都以馬赫數（**Mach Number**）表示，所謂馬赫數是指物體在流體中（水或空氣）移動速率與音速的比值。當物體移動的速率與音速相等時，就稱為 **1 馬赫數**（**Mach 1**），其他速率以此類推。

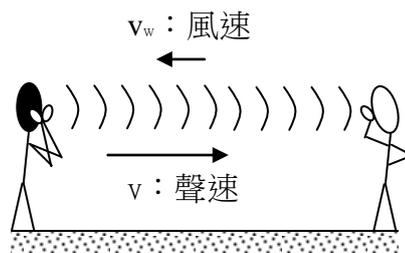
馬赫數是紀念奧地利研究聲波的物理學家 **Ernst Mach**（**1838~1916**）而命名的。由於音速在不同高度、溫度等狀態下又有不同數值，因此無法將馬赫數的數值訂定為固定的單位。馬赫數如果作為速率單位來使用，則必須同時標示出高度和大氣條件。而一般所謂的音速（**Speed of Sound**）通常是聲音在無風空氣中、 20°C 時的速率，這個速度被測定為每秒鐘 **343 公尺**（約時速 **1,236 公里**）。

2.風向：由於空氣中的聲音必須靠空氣分子來傳遞，空氣流動就形成了風，而空氣的流動方向自然會影響聲音的傳遞速率。風向與聲速的相對關係，與數學中的向量一樣，可互相加成。

3.風速：由於空氣中的聲音必須靠空氣分子來傳遞，而空氣的流動速率當然會影響聲音的傳遞速率。風速與聲速的相對關係，與數學中的向量一樣，可互相加成。



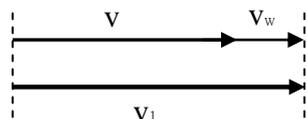
圖一



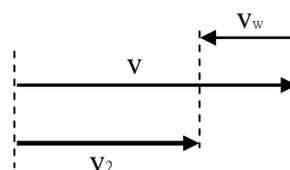
圖二

如圖一所示，小黑站在小白左邊，朝向小白大喊一聲，如果此時風從左吹向右，則小白測得的聲速為 v_1 。由圖三的向量圖可知 v_1 的大小。

而圖二所示，小黑站在小白左邊，朝向小白大喊一聲，如果此時風從右吹向左，則小白測得的聲速為 v_2 。由圖四的向量圖可知 v_2 的大小。

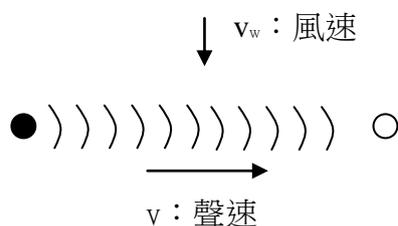


圖三

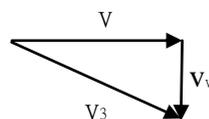


圖四

但若聲速及風速方向並未在同一直線上(如圖五所示)，則觀察者測得的聲速 v_3 就如圖六所示。



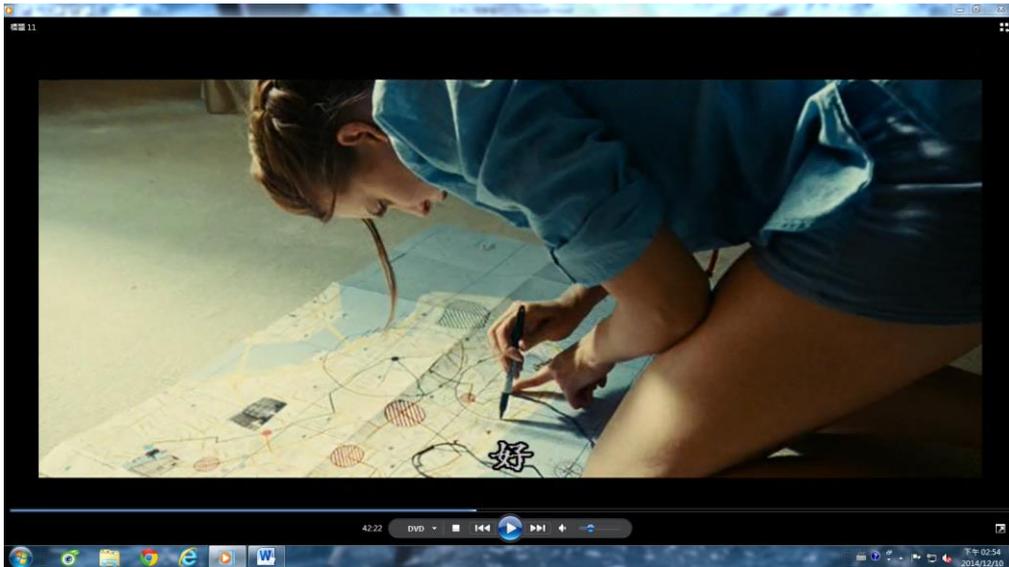
圖五



圖六

二、物理來找碴：時間：39 分 30 秒~44 分 18 秒、51 分 45 秒~53 分 38 秒

1. 第一次布萊恩(主角)要小琴(他女兒)拿出地圖，以鞋帶先量地圖上的比例尺，再畫圓於地圖上的用意是什麼？小琴畫圓時，你發現了什麼疑問嗎？



2.布萊恩要小琴第一次丟出手榴彈時，曾說要讓手機也能聽見爆炸聲，主要原因是什麼？隨後又要小琴馬上畫圓在地圖上，是希望能夠找到什麼地點？



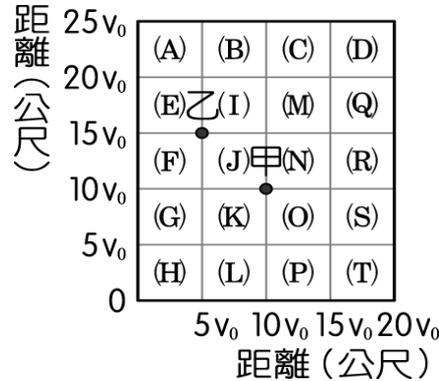


3. 為何布萊恩要小琴看四周旗子的風向?

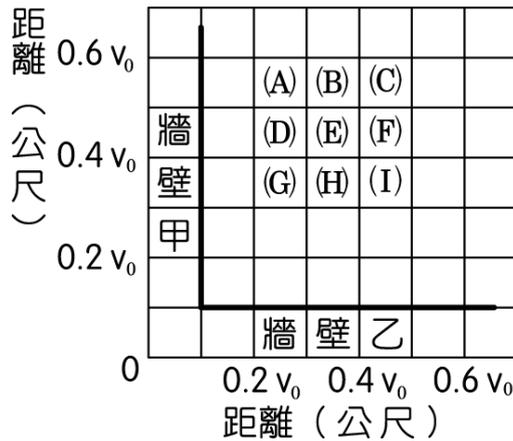


三、導演我最大：

1、一儲氣槽不慎爆炸，小美位於圖中的甲地，先看到發出的火花，5 秒後才聽到爆炸聲，小明於乙地則是在看到火光後 10 秒才聽到爆炸聲。若聲速為 v_0 公尺 / 秒，則爆炸的儲氣槽可能位於圖中的哪些方塊區？答：【 】。[89推甄]



2、王老師站立在學校操場上，為百公尺賽跑鳴槍。她於槍響後 0.3 秒聽到槍聲經牆壁甲反射的回聲，再經 0.4 秒聽到經牆壁乙反射的回聲。若聲速為 v_0 公尺 / 秒，則王老師站立於圖中 (A) 至 (I) 的哪一方塊區？答：【 】。[92. 學測補考]



3、小豪將耳朵貼在沙漠輸油管上(不考慮燙到與否)，笙哥從遠方敲了一下管子，小豪聽到了兩次傳來的敲擊聲，測出兩次敲擊聲相隔 1.50 s，若聲音在鐵管及當時空氣中傳播的速率分別為 5760 m / s 及 360 m / s，則

- (1) 為何會聽到二次敲擊聲？
- (2) 笙哥敲擊的位置與小豪的距離是多少公尺？

※物理來找碴解答：

1. **解析**：(1)由於被抓走時，以默數車行距離及路程方向的方式，粗估被囚禁的地點距離。
(2)小琴並未將鞋帶貼著地圖畫圓，會造成估計的距離與真實距離誤差增大。

2. **解析**：(1)由於手機通話是以電磁波的形式傳遞，速率遠大於聲速，因此爆炸聲藉由手機傳到布萊恩耳朵就比直接由空氣傳到布萊恩耳朵快多了，這個概念跟「看到閃電後再聽見雷聲而來預估發聲閃電的地點」理論類似。但是電影忽略了手機通話必須由電信公司的交換機轉接，因此誤差更大了。

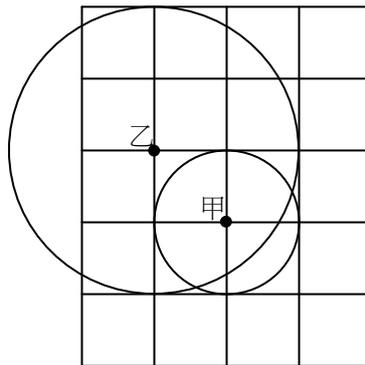
(2)先前布萊恩被蒙上眼睛帶走時，預估與飯店距離有誤，因此利用爆炸聲來修正距離

3. **解析**：由於風速與風向影響聲速，所以至少要知道風向才能確認地點

導演我最大解答：

1、答案：(K)(N)

解析：由於在相同條件的環境下，因此聲速為定值。因此以圓規分別如圖的甲、乙二點為圓心； $5v_0$ 及 $10v_0$ 為半徑做二個圓，此二圓的交點處就是爆炸的儲氣槽位置。



2、答案：(D)

解析：距甲牆 $0.15v_0$ ，距乙牆 $0.35v_0$ ，故王老師應站於圖中(D)區。

3、答案：(1)見解析；(2)576公尺

解析：(1)聲音可在固體及氣體中均可傳播，因此敲擊聲是藉由鐵管及空氣傳過來的。

(2)由於聲音在鐵管中傳播速率較快，因此第一次聽到敲擊聲是由鐵管傳來；第二聲為空氣傳來。設笙哥敲擊的位置與小豪相距為 x ，則

$$\frac{x}{360} - \frac{x}{5760} = 1.5 \Rightarrow x = 576(m)$$

F-16 超音速戰鬥機之結構設計，集當今航空動力學之精華於一體，其最高時速超過 2 馬赫，60 秒內可由 0.9 馬赫加速至 1.6 馬赫以上，幻象 2000 在 1 萬公尺高空，1 馬赫至 1.2 馬赫的加速時間要比殲 8 多 5 秒，1.5 馬赫增至 1.7 馬赫要比殲 8 長 19 秒。台灣 IDF 戰機，全長:14.02 公尺 全 寬: 9.45 公尺 全 高: 4.57 公尺 引 擎:TFE-1042-70 推 力:4500 公斤 x 2(開啟後燃器=? x 2) 最大速度:1.8 馬赫

1947 年 10 月 14 日美國試飛飛行員 Chuck Yeager 在試飛 Bell X-1 飛機時在 13,700 公尺 (45,000 英尺) 的高度超越音速，成為有史以來有明確紀錄飛行速度首次超越 1 馬赫數的飛行員。從此以後包括飛機、飛彈等高速飛行物體，都以馬赫數做