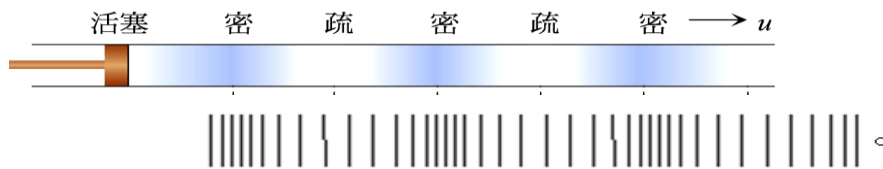


看電影學物理-鋼鐵人

聲波

一、觀念剖析：

1. 聲音是一種縱波，藉由空氣分子的振動，將能量及訊號以平行空氣振動方向的方式傳遞出去，又稱為疏密波。



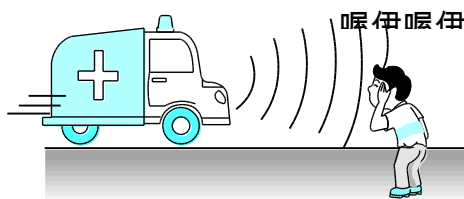
2. 聲音傳遞的速度會因空氣的溫度和溼度而改變，在 0°C 的乾燥空氣中，可大約推算聲音的速度與溫度的關係為： $v(t) = 331 + 0.6t$ (2.1)

v ：聲速，單位為 m/s； t 為攝氏溫度，單位為 °C。

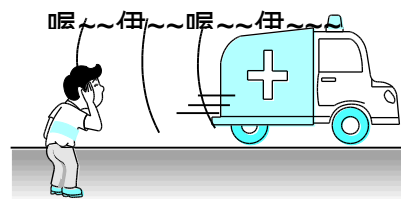
ex：15°C 時的空氣中聲音傳播速度為 340 (m/s)

3. 都卜勒效應：

當一輛救護車經過我們身邊時，「喔~伊~喔~伊~」的音調會有明顯的變化，這是由奧地利科學家都卜勒首先提出的現象。當波源 S 與觀察者 O 的連線上，彼此發生靠近或遠離的相對運動時，觀察者觀測到的頻率將會升高或者降低。



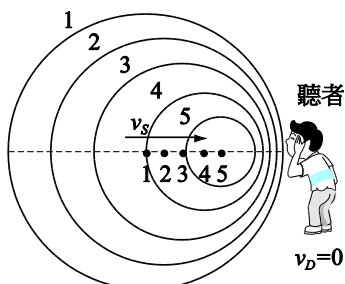
(a) 救護車接近聽者時，音調會變高



(b) 救護車遠離聽者時，音調會變低

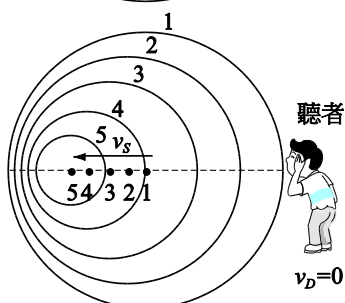
(1) 觀察者不動，波源者向波源靠近或遠離：

想像有隻水黽(俗稱水蜘蛛)，在水面上踏步並向我們靠近或遠離，則我們看到的水波會有下列兩種情形：**(把聽者兩字改成觀察者，人變成用看的)**



(a) 我們感覺，水波的波紋變得密集，經過觀察者的波長變短，而水波波速不變，所以每秒接收到的波紋數目變多，即頻率變高了。

$$f_{\text{測}} = \frac{V_{\text{測}}}{\lambda_{\text{測}}} = \frac{V}{\lambda - v_s T} = \frac{V}{V - v_s} f$$

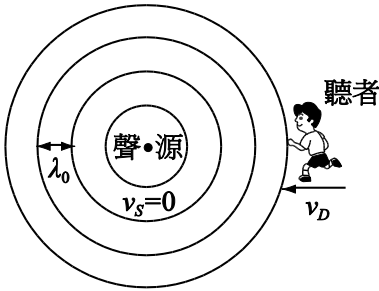


(b) 我們感覺，水波的波紋變得稀疏，經過觀察者的波長變長，而水波波速不變，所以每秒接收到的波紋數目變少，即頻率變低了。

$$f_{\text{測}} = \frac{V_{\text{測}}}{\lambda_{\text{測}}} = \frac{V}{\lambda + V_s T} = \frac{V}{V + V_s} f$$

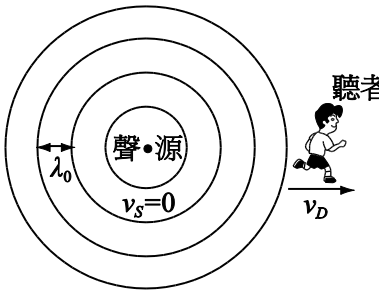
(2)波源不動，觀察者向波源靠近或遠離：

若水電只在水面上原地踏步，而是我們靠近或遠離，則我們看到的水波會有下列兩種情形：
(把聽者兩字改成觀察者，人變成用看的)



(a)我們感覺，水波的波紋間隔不變，但是觀察到的水波波速變快了，所以每秒接收到的波紋數目變多，即頻率變高了。

$$f_{\text{測}} = \frac{V_{\text{測}}}{\lambda_{\text{測}}} = \frac{V + V_o}{\lambda} = \frac{V + V_o}{V} f$$

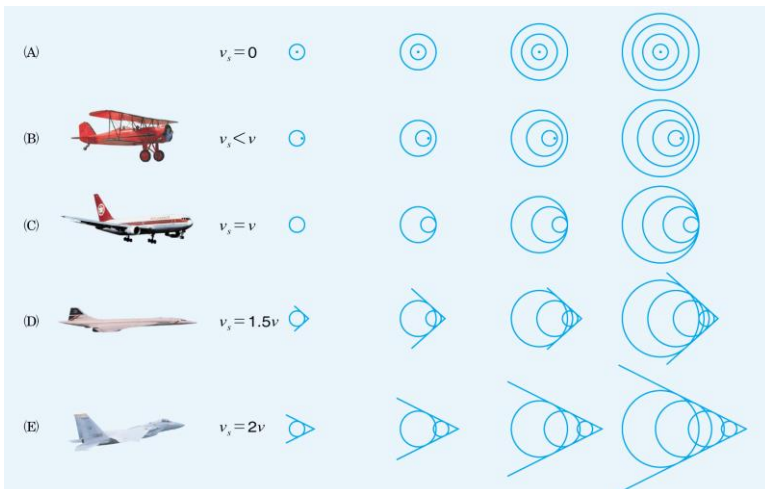


(b)我們感覺，水波的波紋間隔不變，但是觀察到的水波波速變慢了，所以每秒接收到的波紋數目變多，即頻率變高了。

$$f_{\text{測}} = \frac{V_{\text{測}}}{\lambda_{\text{測}}} = \frac{V - V_o}{\lambda} = \frac{V - V_o}{V} f$$

(3)無論是聲波、水波或是光波都會有都卜勒效應。天文學就是用光波的都卜勒效應來判斷恆星與其他天體間彼此互相遠離(紅移)，對宇宙膨脹的理論提供了有利的證據。

4.音爆：當聲源的速度小於聲速時會有都卜勒效應，但若聲源的速率大於聲速時，會發生什麼現象呢？我們發現，聲波的波前互相疊加，會在聲源的後方形形成圓錐狀的震波，造成極大的聲壓，此現象稱為音爆。如同汽車經過路面積水一樣，會有水花濺起。



(1)圖(A)波源不動，則頻率不變

(2)圖(B)輕航機的速度小於音速，會產生都卜勒效應。

(3)圖(C)飛機的速度接近音速時，聲波的波前會推積在波源前方，形成一股很大的壓力，對飛機的加速產生障礙，稱為「音障」。

(4)圖(D)(E)超音速飛機的速度大於音速時，則會產生「音爆」的現象。

5.共振：盪鞦韆時，後方幫忙推的人如果按照鞦韆擺盪的週期規律的施力，那麼鞦韆就能越盪越高，於是我們知道當外加擾動的頻率與物體的自然振動頻率相同時，能使原來靜止的物

體開始振動，並且可使原本在振動的物體振幅變大，此種現象稱為共振。

二、物理來找碴：第二部影片 33 分 04 秒–34 分 01 秒及第三部 3 分 25 秒–4 分 03 秒

1. 影片中我們看到鋼鐵人飛行時，在加速後身體四周圍出現了圓錐狀的雲霧，你認為那是什麼呢？為什麼會出現這樣的現象？



2. 影片中我們看到光頭壞人施奧比使用一個隨身碟大小的武器，發出嗡嗡的聲音後就可以把人癱瘓，你覺得可能嗎？它運用了什麼原理呢？



3. 鋼鐵人的外型像飛機嗎？他水平飛行時的昇力從哪裡來呢？

4. 影片中鋼鐵人可以飛的比戰鬥機還快，當他快速轉彎時，會感覺到離心力，我們稱為 G 力，此時腦部的血液可能會往某方向集中，造成異常流動，你覺得主角東尼受的了嗎？

三、導演我最大：

- 具週期性的聲波在靜止空氣中傳播，下列有關其性質的敘述，哪些正確？(應選兩項) [100 學測]
 - 此聲波為波動，不能傳播介質與能量
 - 空氣分子會隨此聲波傳播的方向一直前進
 - 空氣分子在原來的位罝，與此聲速相同方向來回振動
 - 空氣分子在原來的位罝，與此聲速垂直方向來回振動
 - 此聲波所到之處，空氣的壓力與密度均會呈現週期性變化
- 高處工地不慎掉落物件，施工人員以擴音器大聲通知下方人員閃躲。若不考慮空氣阻力，則下列敘述哪一項正確？ [97學測]
 - 音調愈高，聲音傳播速率愈大
 - 音量愈大，聲音傳播速率愈大
 - 聲音傳播速率與音調及音量均無關
 - 物體自 100 層(每層高 3.3 公尺)樓處，由靜止自由落下，到達地面時的速率，已快過聲速
- 根據都卜勒定律，我們觀測到的天體運動可以顯現光譜的藍移或紅移現象。由觀察知道遙遠的星系光譜都呈現紅移，這些星系是如何運動的？ [87推甄]

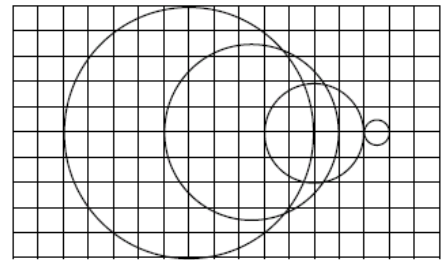
(A) 靜止不動 (B) 向我們接近 (C) 離我們遠去 (D) 無常規可循。

4. 已知無風時，空氣中的聲速是 v_0 。而某日風速為 w ，一輛警車以速度 u ($w < u < v_0$) 在筆直的公路上前進。假設 u 、 w 方向相同，在某一時間，車上的警笛開始響起，這時在它正前方距離 L 處的靜止聽者，過了多少時間後才會開始聽到警笛聲？ [97 指考]

(A) $\frac{L}{v_0}$ (B) $\frac{L}{v_0+w}$ (C) $\frac{L}{v_0+u-w}$ (D) $\frac{L}{v_0+u}$ (E) $\frac{L}{v_0-u+w}$ 。

5. 右圖所示為頻率 1000 Hz 的聲源以等速度移動時，所發出的球面波分布情形，每個球面波相隔一個週期，圖中相鄰兩格線的間距都相等。已知聲速為 340 m/s，則此聲源移動的速率約為多少 m/s？ [94.指定科考]

(A) 100 (B) 272 (C) 350 (D) 428 (E) 567。



物理來找碴參考答案：

1. 當時鋼鐵人應以超音速的方式飛行，導致四周圍的波前重疊，形成壓力較大的圓錐面，此處因為壓力大，空氣中的水蒸氣受擠壓而凝結成小水滴，經過光線照射後形成雲霧狀。

2. 人耳的聽覺範圍在 20 赫茲到 20000 赫茲之間，頻率超過 20000 赫茲稱為超音波，小於 20 赫茲則稱為聲下波或是次聲波。我們知道，聲音會引起物體的共振，當聲源的頻率與物體的自然頻率相同時，則會使物體開始振動，或是加強原有振動的振幅。

影片「流言終結者」<http://www.youtube.com/watch?v=UXTZdF6Ipt0> 曾經做過高音實驗，發現振幅夠大時，適當的高音頻可使玻璃杯共振而破裂；而法國科學家加夫雷奧發明了次聲波武器，它是利用和人體器官固有頻率相近的次聲波與人體器官發生共振，導致器官變形、移位、甚至破裂，以達到殺傷目的的。目前次聲波武器大體可分為兩類：

(1) 神經破壞型：次聲頻率和人腦 α 波 (8-12Hz) 很接近，所以次聲波作用於人體時會刺激引起人腦共振，輕微者感覺注意力下降，心神不寧，會頭昏、噁心；嚴重時使人神經錯亂，休克昏迷，甚至喪失思維能力。

(2) 器官破壞型：當次聲波頻率和人體內臟器官的自然頻率 (4-18Hz) 接近時，會引起內臟產生強烈共振。輕微者全身痙攣且呼吸困難；嚴重者血管破裂，內臟損傷，甚至導致死亡。故影片中所發出的聲音聽起來分貝數又不很大，如果要造成受害者突然癱瘓的話，應該就是頻率共振造成的。但是人耳聽不見，不屬於聲下波，猜測是為了戲劇效果故意製造出來的音效，我們可以看見影片中，光頭壞蛋戴著耳塞，就是為了阻止次聲波影響自己。

參考資料：東森電視台－關鍵時刻 <http://www.youtube.com/watch?v=YvYZAwsGKqE>

流言終結者 <http://www.youtube.com/watch?v=UXTZdF6Ipt0>

北方網－知識講 <http://tech.big5.enorth.com.cn/system/2003/11/06/000663912.shtml>

3. 飛機在空中飛行時，運用到的是流體力學中的白努利定律，其原理和飛機的外型造成空氣在上方的流速較快因而壓力較小，而下方流速較慢因而壓力大，故造成向上的昇力，若上下流速差異越大，則昇力越大。以鋼鐵人的外型構造而言，並不容易造成上下空氣流速的差異，

所以難以產生昇力，必需有類似機翼的構成才合理。

4. 劍湖山世界的垂直俯衝型颯風機械巨獸「飛天潛艇(Diving Machine) G5」，號稱能讓人體驗五倍重力加速度的快感。一般而言，人體所能承受的最大 G 力為正 9G 到負 3G 之間，當 G 力為正數時即向上衝刺，血液則會感到向下的假想力而從頭部流向腿部促使腦部血液銳減，導致二氧化碳濃度會急遽增加，造成缺血缺氧並影響視覺器官，俗稱的「黑視症」(Blackout)。反之，當負 G 力過大時，身體的血液會由腿部往腦集中，造成腦部充血及微血管爆裂，同時眼球會因過度充血而使得進入的光線都呈現血液色，稱為「紅視症」(Redout)。所以鋼鐵人以超音速飛行，又在空中盤旋自如，我想除非主角東尼的肉體真的是鋼鐵做的才辦的到。
參考資料：微基百科 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/G%E5%8A%9B>

導演我最大參考答案：

1. 答案： CE

解析：(A) 聲波可以傳播能量，不能傳播介質

(B) 空氣分子會在原地與聲波方向平行地來回振動，不會隨聲波前進

(D) 空氣中傳播的聲波為縱波，分子來回振動的方向與聲波前進的方向平行。

2. 答案： C

解析：(C) 聲音傳播速率決定於如溫度、溼度，與音調及音量均無關。

(D) 設物體下落 100 層之末速為 v

則： $v^2 = 0^2 + 2 \times 9.8 \times 330 \Rightarrow v \approx 80$ 公尺 / 秒小於常溫下空氣中的聲速。

3. 答案： C

解析：星球遠離時，地球上觀察者測得頻率變小，波長增加，若是可見光則較接近紅光，故稱為紅移。

4. 答案： B

解析：與聲源（警車）速度 u 無關，故 $(v_0 + w) t = L$

$$\therefore t = \frac{L}{v_0 + w}$$

5. 答案： E

解析：圖形中第一個波發出的圓比第三個波發出的圓多擴散兩個週期，其格數相差三格。

波源從第一個圓心跑到第三個圓心經過兩個週期，走了五格。

$$\frac{\text{波速} \times 2T}{\text{波源速率} \times 2T} = \frac{5-2}{5} = \frac{3}{5}$$

$$\therefore \text{波源速率} = \text{波速} \times \frac{5}{3} = 340 \times \frac{5}{3} = 567 \text{ (m/s)}。$$

