

第十三章

P.16

進階挑戰

- 15dB(分貝)的能量強度是 10dB 的_3_(**3.16**)__倍。
- 13dB(分貝)的能量強度是 10dB 的_2_(**1.99**)__倍。
- 25dB 是 10dB 的__30_(**31.62**)__倍
- 28dB 是 10dB 的__60_(**63.09**)__倍

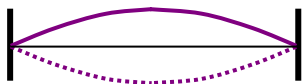
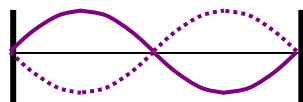
• $\log_{10} 2 = 0.3010 \text{貝爾} \div 3\text{dB}$

• $\log_{10} 3 = 0.4771 \text{貝爾} \div 5\text{dB}$

P.23

130204 

駐波(一)➡固定端、固定端

	圖形分析	波長與弦長之關係	頻率	音名
1		$L = \frac{\lambda}{2}$	$f_1 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2L}$	基音
2		$L = 2 \cdot \frac{\lambda}{2}$	$f_2 = \frac{2v}{2L}$	第二諧音 或 第一泛音
3		$L = 3 \cdot \frac{\lambda}{2}$	$f_3 = \frac{3v}{2L}$	第三諧音 或 第二泛音
n		$L = n \cdot \frac{\lambda}{2}$	$f_n = \frac{nv}{2L}$	第 n 諧音 (頻率為基音的 n 倍) 或 第 n-1 泛音 (第 n 個產生的音稱為第 n-1 泛音)

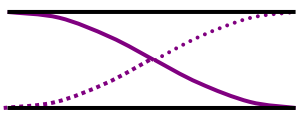
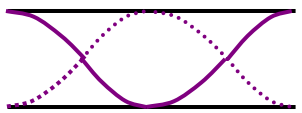
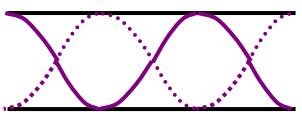
【諧音與泛音的記法】：諧音是看倍數、泛音是看順序

【舉一反三】：氫原子能階 $n=1$ ，稱為基態； $n=2$ ，稱為第一受激態；……
類似於泛音的命名

P.24

130205 

駐波(二) ➡開管駐波(自由端、自由端)

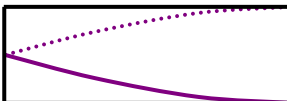
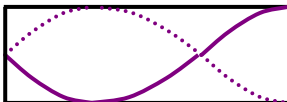
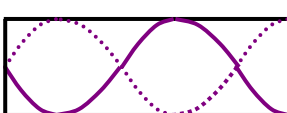
	圖 形 分 析	波長與管長 之關係	頻率	音 名
1		$L = \frac{\lambda}{2}$	$f_1 = \frac{V}{\lambda} = \frac{V}{2L}$	基音
2		$L = \frac{2\lambda}{2}$	$f_2 = \frac{V}{\lambda} = \frac{2V}{2L}$	第二諧音 或 第一泛音
3		$L = \frac{3}{2}\lambda$	$f_3 = \frac{3V}{2L}$	第三諧音 或 第二泛音
n		$L = \frac{n}{2}\lambda$	$f_n = \frac{nV}{2L}$	第 n 諧音 或 第 n-1 泛音

P.24

130206 

駐波(三) ➡閉管駐波(固定端、自由端)：

(無__偶__數諧音)

	圖	波長與管長之 關係	頻率	音 名
1		$L = \frac{1}{4}\lambda$	$f_1 = \frac{V}{\lambda} = \frac{V}{4L}$	基音
2		$L = \frac{3}{4}\lambda$	$f_2 = \frac{3V}{4L}$	第三諧音 或 第一泛音
3		$L = \frac{5}{4}\lambda$	$f_3 = \frac{5V}{4L}$	第五諧音 或 第二泛音
n		$L = \frac{(2n-1)}{4}\lambda$	$f_n = \frac{(2n-1)V}{4L}$	第(2n-1)諧音 或 第 n-1 泛音

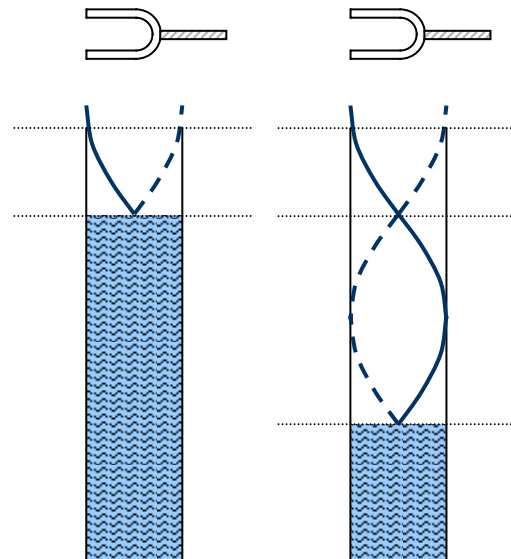
P.31

130217 

共鳴空氣柱實驗

1.音叉與共振：音叉本身發出的聲音極小，但透過空氣柱的共鳴可以把聲音的強度累積放大。

2.共鳴空氣柱實驗--本質上為閉管，利用水柱的高度調整管子的有效長度。



P.35

【牛刀小試】：

$$\frac{T}{\frac{1}{8}} - \frac{T}{\frac{1}{6}} = 1$$

$$\Rightarrow (8-6)T = 1$$

$$\Rightarrow T = \frac{1}{8-6}$$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{T} = 8-6 = 2$$

【牛刀小試】：

(1)500Hz 與 501Hz 同時放，每秒鐘會聽到___**1**___次強弱起伏的變化

(2)500Hz 與 502Hz 同時放，每秒鐘會聽到___**2**___次強弱起伏的變化

(3)500Hz 與 503Hz 同時放，每秒鐘會聽到___**3**___次強弱起伏的變化

(4)500Hz 與 504Hz 同時放，每秒鐘會聽到___**4**___次強弱起伏的變化

第十三章 詳解

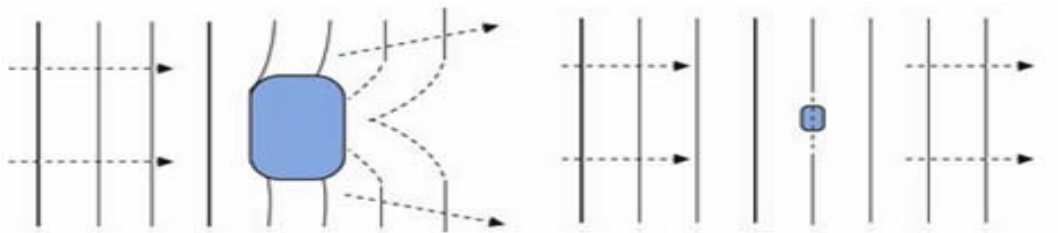
範例01：

【解答】：(1)小於1.5 cm的魚不會被海豚發現 (2)小於0.24cm的蛾不會被蝙蝠發現

【解析】：

繞射明顯時，反射不明顯

繞射不明顯時，反射明顯



(1)

$$f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow 100\text{kHz} = \frac{1500}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1500 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{10^5 \frac{1}{\text{s}}} = 1.5\text{cm}$$

小於1.5 cm之魚不會被海豚發現，因為會繞射過去

(2)

$$f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow 150\text{kHz} = \frac{340}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1.5 \times 10^5 \frac{1}{\text{s}}} = 0.24\text{cm}$$

小於0.24cm的蛾不會被蝙蝠發現，因為會繞射過去

範例02：

【解答】：2

【解析】：(略，見講義)

範例03：

【解答】：1. (D) 2. (D) 3. (D) 4. (D) 5. (B)

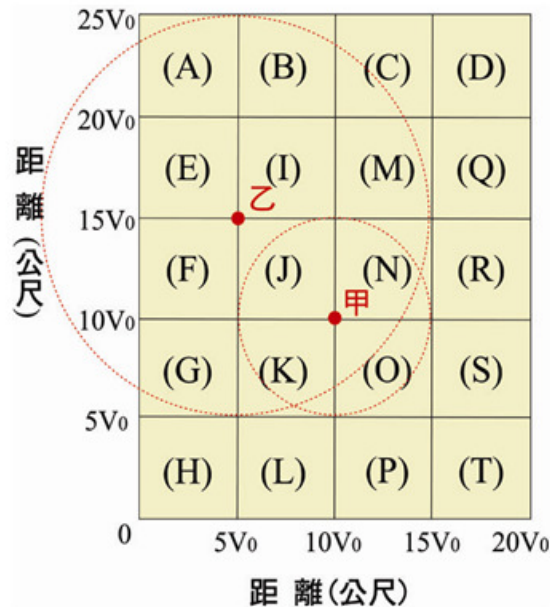
【解析】：(略)

範例04：

【解答】：1. (C) 2. (K) (N)

【解析】：1. $200 \text{ km} \div 30 \text{ S} = 6.7 \text{ km/s}$

2. 畫出以小美為中心之爆炸可能所在半徑之圓(以甲為圓心)；再畫出以小明為中心之爆炸可能所在半徑之圓(以乙為圓心)。兩圓相交之處就可能是爆炸地點。



結論： 2個人尚不能測出明確的爆炸地點，若有第3人則可測得

範例05：

【解答】：1. (1) AEIM (2) CGK

2. (1) EM (2) AI (3) AEIM (4) CGK (5) DEFLM (6) ABHIJ

【解析】：

1.(1)平衡點 AEIM (2)端點 CGK

2.(1)向右 $V_{\max}$ EM

(2)向左 $V_{\max}$ AI

(3)密疏部之中點為平衡點 AEIM

(4)端點 CGK

(5)向上 DEFLM

(6)向下 ABHIJ

範例06：

【解答】：(1) 17 (2) 182

【解析】：

$$(1) \frac{x}{340} = 0.05 \Rightarrow x = 17$$

$$(2) \frac{x}{340} - \frac{x}{5100} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{28x}{10200} = \frac{1}{2}$$
$$\Rightarrow x = \frac{10200}{56} = 182$$

範例07：

【解答】：(1) 10 (2) 10^2 (3) 10^3 (4) 10^4 (5) 10 (6) 10^2 (7) 10^3

【解析】：(略)

範例08：

【解答】：(1) 3 (2) $1/3$ (3) 100

【解析】：(1)

$$\log \frac{1}{2} = -0.3010$$

$$0.5 = \log x \Rightarrow x \cong 3$$

(2)

$$\frac{1}{3}$$

(3)

$$20 \div 10 = 2$$

$$2 = \log x \Rightarrow x = 100$$

範例09：

【解答】：(1) $10^{-3} \text{ W} \cdot \text{m}^2$ (2) 90 dB (3) 84 dB

【解析】：(1)

$$I = \frac{1.2 \text{ J/S}}{4\pi R^2} = 10^{-3} \text{ J/S} \cdot \text{m}^2$$

(2)

$$\text{分貝數} = 10 \log \frac{10^{-3}}{10^{-12}} = 90 \text{ dB}$$

(3)

$$I' = \frac{1}{4} I$$

$$\text{分貝數} = 10 \cdot \log \frac{\frac{1}{4} \times 10^{-3}}{10^{-12}} = 90 + 10 \log \frac{1}{4} = 90 - 6 = 84 \text{dB}$$

範例10：

【解答】：約要100000年

【解析】：

$$\Delta H = m \cdot s \cdot \Delta T = 100 \times 1 \times 80 \times 4.2 \cong 32000 \text{J}$$

$$60 \text{dB} = 10^{-6} \text{ J} / \text{S} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{設杯口面積 } A = 100 \text{cm}^2 = 0.01 \text{m}^2$$

$$10^{-6} \times t \times 0.01 = 32000 \Rightarrow t = 3.2 \times 10^{12} \text{s}$$

$$1 \text{年} = 10^5 \times \frac{1}{3} \times 10^3 = \frac{1}{3} \times 10^8 \text{s}$$

$$\frac{3.2 \times 10^{12}}{\frac{1}{3} \times 10^8} = 9.6 \times 10^4 \text{年}$$

範例11：

【解答】：3400 Hz

【解析】：

$$L = 2.5 \text{cm} = \frac{\lambda}{4}, \lambda = 0.1 \text{m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = 3400 \text{ Hz}$$

牛刀小試

(1)

$$L = 0.85 \text{m}$$

$$\lambda = 3.4 \text{m} \quad f = \frac{v}{4L}$$

$$f = \frac{340}{3.4} = 100 \text{ Hz}$$

(2)

$$L=0.85\text{m}$$

$$\lambda=1.7\text{m} \quad f=\frac{v}{2L} \Rightarrow f'=2f$$

$$f=\frac{340}{1.7}=200 \text{ Hz}$$

範例12：

【解答】：(1) 172 Hz (2) 688 Hz (3) 2:1

【解析】：(1)

$$f=\frac{344}{2}=172$$

(2)

$$f=\frac{344 \times 2}{1}=688$$

(3)

$$f_1=\frac{v}{4L_1} \quad f_2=\frac{v}{2L_2}$$

$$\Rightarrow L_1:L_2=2:1$$

基頻同 $\Rightarrow \lambda$ 同

範例13：

【解答】：(1)開管 (2)294Hz

範例14：

【解答】：17/30 m

【解析】：

$$200 \times 3 = \frac{680}{2L} \Rightarrow L = \frac{34}{60} = \frac{17}{30}$$

$$\text{or } f_{\text{閉}1}=200, f_{\text{閉}3}=600=f_{\text{開}2}, f_{\text{開}1}=300$$

範例15：

【解答】：(B)

【解析】：

$$(258, 430, 602) = 86$$

$$f_1=86 \text{ Hz}$$

$$\lambda=\frac{v}{f}=4\text{m}, L=\frac{\lambda}{4}=1\text{m}$$

基頻為86Hz

258為第三諧音；430為第五諧音；602為第七諧音

範例16：

【解答】：42.5 cm

【解析】：

$$f = \frac{nv}{2L} = 800, f = \frac{(2m-1)v}{4L} = 200$$

$$\Rightarrow \frac{2n}{2m-1} = 4 \Rightarrow (n,m) \text{的min} = (2,1)$$

$$\Rightarrow 800 = \frac{680}{2L} \Rightarrow L = \frac{17}{40} \text{ m}$$

範例16：

【解答】：(1)節點 (2)3400 Hz

【解析】：(1)(略)

(2)

兩節點相距 $\frac{\lambda}{2}$

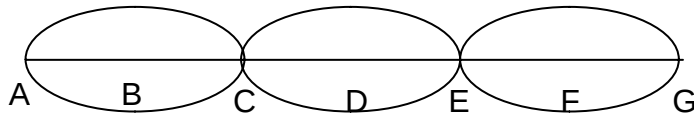
$$\frac{\lambda}{2} = 5\text{cm} \Rightarrow \lambda = 10\text{cm}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0.1} = 3400\text{Hz}$$

範例17：

【解答】：(D)(F)

【解析】：



範例18：

【解答】：(A)(B)(C)(E)

【解析】：

(A)將蓄水器放在最高點會發生什麼事？水溢出

(B)音叉接觸管口，可能使管口破裂

(C)判斷共鳴的方法是聽聲音

(D)「一定」增多嗎？還是可能增多？可能增多，但並非一定

(E) $v=331+0.6t = f \times \lambda$

範例19：

【解答】：(1) 和空氣平行 (2) 70Hz

【解析】：(1)和空氣平行∴聲波屬於縱波

(2)

最大波長 最小頻率

$$\lambda = 1.2 \times 4 = 4.8$$

$$f = \frac{336}{4.8} = 70\text{Hz}$$

範例20：

【解答】：3/5

【解析】：

$$\frac{1}{4}\lambda_A = 0.5 \Rightarrow \lambda_A = 2$$

$$\frac{1}{4}\lambda_B = 0.3 \Rightarrow \lambda_B = 1.2$$

$$f_A : f_B = \lambda_B : \lambda_A = 3:5$$

範例21：

【解答】：500 Hz

【解析】：

$$\frac{\lambda}{4} = 14\text{cm} \Rightarrow \lambda = 56\text{cm} (\times)$$

$$\frac{\lambda}{2} = 34\text{cm} = 0.34\text{m} \Rightarrow \lambda = 0.68\text{m}$$

$$f = \frac{340}{0.68} = 500\text{ Hz}$$

範例22：

【解答】：(1) 445 或 435Hz (2) 445 Hz (3) 435 Hz (4) 435 Hz (5) 445 Hz

【解析】：(1)445 Hz 或 435Hz

(2)

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = f\lambda \Rightarrow f \uparrow$$

則445Hz和440Hz之差↑

435Hz與440Hz之差↓

(3) $F \downarrow \Rightarrow f \downarrow$

範例23：

【解答】B：247Hz；C：245Hz

【解析】：

B:247 C:245

$$f_A = 250$$

$$f_B \begin{cases} 253 \\ 247 \end{cases}$$

$$\text{又 } f_B > f_C$$

$$f_C \begin{cases} 255 \\ 245 \end{cases}$$

範例24：

【解答】436 Hz

【解析】：

$$T = \frac{1}{4}$$

$$f_{\text{beat}} = 4 \Rightarrow f' = 444 \vee 436$$

又 $T \uparrow \Rightarrow f \downarrow \Rightarrow f' = 436$ (與440的差會逐漸縮小)

A:436

範例25：

【解答】：E

【解析】：波源與觀察者之間無相對運動

範例26：

【解答】：E

【解析】：波源與觀察者之間無相對運動

範例27：

【解答】：B

【解析】：(B)波速取決於介質，不被波源之運動所影響。

範例28：

【解答】：(C)

【解析】：

$$f' = \frac{V + V_0}{V} f$$

$$\Rightarrow 480 = \frac{330 + V_0}{330} \times 440$$

$$\Rightarrow V_0 = 30$$

$$V = V_0 + at$$

$$\Rightarrow 30 = a \times 3$$

$$\Rightarrow a = 10$$

範例29：

【解答】：680, 10

【解析】：

$$f' = \frac{V + V_0}{340} f$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 700 = \frac{340 + V_0}{340} f \\ 660 = \frac{340 - V_0}{340} f \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_0 = 10 \\ f = 680 \end{cases}$$

範例30：

【解答】：1530, 1360

【解析】：

$$\text{靠近：} f' = \frac{340}{340 - 20} \times 1440 = 1530$$

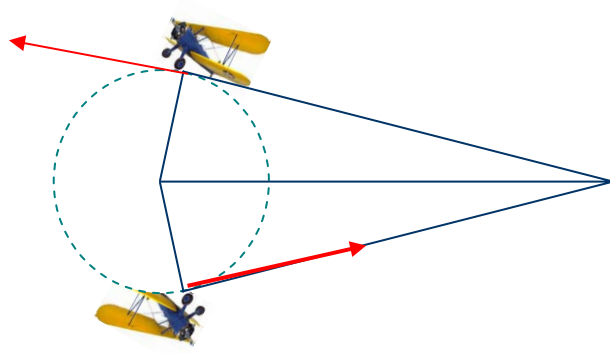
$$\text{遠離：} f' = \frac{340}{340 + 20} \times 1440 = 1360$$

範例31：

【解答】：(B)

【解析】：

$$\frac{340}{340 - 20} \times 4000 = 4250$$



範例32：

【解答】：4

【解析】：

$$f_{\text{甲}}' = 2f = \frac{V+v}{V-v} f \Rightarrow \frac{V+v}{V-v} = 2$$

$$f_{\text{乙}}' = \frac{V+v}{V-v} 2f \Rightarrow f_{\text{乙}}' = 4f$$

$$2V - 2v = V + v$$

$$V = 3v$$

範例33：

【解答】：600

【解析】：Step1 反射器先收到：

$$f' = \frac{345+15}{345} \times 550$$

Step2 反射器再發出：

$$f'' = \frac{345}{345-15} \times f' = 600$$

範例34：

【解答】：1800

【解析】：

$$f = \frac{340+20}{340-20} \times 1600 = 1800\text{Hz}$$

範例35：

【解答】：700k

【解析】：

$$f' = \frac{330+20}{330-20} \times 620\text{k} = 700\text{k}$$

範例36：

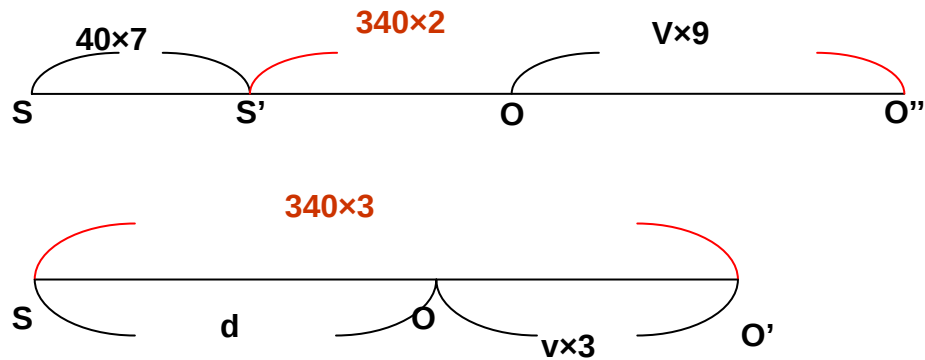
【解答】：(D)

【解析】：兩車無相對運動故無都卜勒效應

範例37：

【解答】：(C)

【解析】：



$$340 \times 3 = d + v \times 3$$

$$40 \times 7 + 340 \times 2 = d + v \times 9$$

$$v = -10 \text{ m/s}$$

$$f' = \frac{340 + 10}{340 - 40} \times 60 = 70 \text{ Hz}$$

範例38：

【解答】：(1) 1.2 cm (2) 2.0 cm (3) 80/3 Hz (4) 16 Hz

【解析】：

$$\lambda' = \frac{V - V_s}{f} = \frac{32 - 8}{20} = 1.2 \text{ cm}$$

$$\lambda' = \frac{V + V_s}{f} = \frac{32 + 8}{20} = 2 \text{ cm}$$

$$\lambda' = \frac{32}{32 - 8} \times 20 = \frac{80}{3} \text{ Hz}$$

$$\lambda' = \frac{32}{32 + 8} \times 20 = 16 \text{ Hz}$$

範例39：

【解答】：(1) 1000 Hz ; 7100/7 Hz ; 6900/7 Hz (2) 1000 Hz ; 8125/8 Hz ; 7875/8 Hz

【解析】：

(1) 觀察者不動：

$$f' = 1000 \text{ Hz} \quad \lambda' = \frac{v'}{f'} = \frac{335 + 15}{1000}$$

觀察者逆風接近波源：

$$f' = \frac{335+15+5}{335+15} \times 1000 \text{Hz} \quad \lambda' = \frac{335+15+5}{\frac{335+15+5}{335+15} \times 1000} = \frac{335+15}{1000}$$

觀察者順風遠離波源：

$$f' = \frac{335+15-5}{335+15} \times 1000 \text{Hz} \quad \lambda' = \frac{335+15-5}{\frac{335+15-5}{335+15} \times 1000} = \frac{335+15}{1000}$$

(2) 觀察者不動：

$$f' = 1000 \text{Hz} \quad \lambda' = \frac{v'}{f'} = \frac{335-15}{1000}$$

觀察者順風接近波源：

$$f' = \frac{335-15+5}{335-15} \times 1000 \text{Hz} \quad \lambda' = \frac{335-15+5}{\frac{335-15+5}{335-15} \times 1000} = \frac{335-15}{1000}$$

觀察者逆風遠離波源：

$$f' = \frac{335-15-5}{335-15} \times 1000 \text{Hz} \quad \lambda' = \frac{335-15-5}{\frac{335-15-5}{335-15} \times 1000} = \frac{335-15}{1000}$$

範例40：

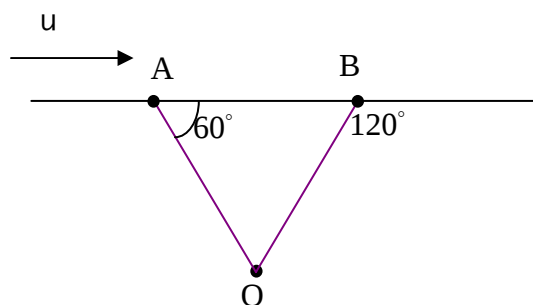
【解答】：u=20、f=1155Hz

【解析】：

$$f' = \frac{340}{340 - u \cos 60^\circ} \times f = 1190$$

$$f'' = \frac{340}{340 + u \cos 60^\circ} \times f = 1122$$

u=20、f=1155Hz



範例41：

【解答】：(1) 30度 (2) 60度 (3) 6度

【解析】：

$$1. \sin \theta = \frac{v}{v_s} = \frac{1}{2} \quad \theta = 30^\circ$$

$$2. \sin \theta_s = \frac{v}{v_s} = \frac{30}{60}$$

$$\theta_s = 30^\circ$$

$$\theta = 60^\circ$$

$$3. \sin \theta = \frac{30}{600} = \frac{1}{20}$$

$$\theta_s = 3^\circ$$

$$\theta = 6^\circ$$

範例42：

【解答】：(略，見解析)

【解析】：超音速飛機的特色：

1.機頭尖 2.翼薄 3.翼連身

範例43：

【解答】：120/17 秒

【解析】：

$$\sin \theta = \frac{3}{5}$$

$$\theta = 37^\circ$$

$$t = \frac{3000 \times \cos 37^\circ}{340}$$

範例44：

【解答】（1）37度 （2）5/3

【解析】：

$$\tan \theta_s = \frac{1.5}{2} = \frac{3}{4}$$

$$\theta_s = 37^\circ$$

$$\sin 37^\circ = \frac{3}{5}$$

$$M = \frac{5}{3}$$