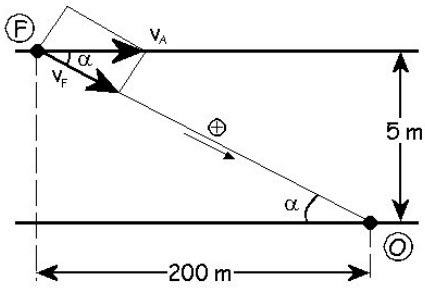



a) En esquema tendremos lo que aparece en la figura. El observador está en reposo, mientras que la fuente, que es la ambulancia, se desplaza a 40 km/h, es decir:

$$v_A=40 \text{ km/h}=11.11 \text{ m/s}$$

Como tenemos que proyectar las velocidades sobre la recta que une el observador y la fuente, necesitamos determinar el ángulo $\alpha$, que será:

$$\text{tg}\alpha = \frac{5}{200} \Rightarrow \alpha = 1.432^o$$

A través del efecto Doppler tendremos:

$$\nu' = \nu \frac{v - v_{O/m}}{v - v_{F/m}}$$

Consideramos que no hay aire, de modo que el medio está en reposo y la velocidad absoluta y relativa coinciden. Así pues:

$$\nu' = \nu \frac{v - v_{O/m}}{v - v_{F/m}} = \nu \frac{v - v_O}{v - v_F}$$

Ahora hay que proyectar todo sobre la recta que une el observador y la fuente, y además considerar como sentido positivo el que va de la fuente al observador. Tendremos entonces:

$$\nu' = \nu \frac{v - v_O}{v - v_F} = \nu \frac{v}{v - v_A \cos\alpha} = 4000 \frac{340}{340 - 11.11\cos 1.432^o} = 4134.95 \text{ s}^{-1}$$

$$\underline{\nu' = 4134.95 \text{ s}^{-1}}$$

b) La ecuación del efecto Doppler teniendo en cuenta que en este problema el observador está en reposo será:

$$\nu' = \nu \frac{v - v_O}{v - v_F} = \nu \frac{v}{v - v_F} = \nu \frac{v}{v \pm v_A \cos\alpha}$$

donde el signo ± proviene de que la ambulancia se aleje o se acerque al observador. Si queremos que la frecuencia sea máxima, el denominador tiene que ser mínimo, con lo cual el signo será negativo, tal como lo tenemos inicialmente. Esto implica que la ambulancia estará a la izquierda del peatón y acercándose a él. Para que el denominador ($v-v_A\cos\alpha$) sea mínimo el sustraendo tendrá que ser máximo, es decir, $\cos\alpha=1$, lo cual implica que $\alpha=0$. Esto quiere decir que la ambulancia estará muy lejos del observador y el ángulo $\alpha$ es muy próximo a cero. En ese instante:

$$\nu' = \nu'_{\text{máx}} = \nu \frac{v}{v \pm v_A \cos\alpha} = \nu \frac{v}{v - v_A} = 4000 \frac{340}{340 - 11.11} = 4135.14 \text{ s}^{-1}$$

Para que la frecuencia sea mínima debe ocurrir lo contrario, el denominador será máximo, con lo cual tendremos signo positivo, es decir, la ambulancia se aleja del observador

(estará a la derecha del peatón). Además, si queremos que el denominador ($v+v_A\cos\alpha$) sea máximo el segundo sumando tendrá que ser máximo, es decir, como antes, $\cos\alpha=1$ lo que implica que $\alpha=0$, la ambulancia estará muy alejada del peatón. En este supuesto:

$$\nu' = \nu'_{mín} = \nu\frac{v}{v \pm v_A\cos\alpha} = \nu\frac{v}{v+v_A} = 4000\frac{340}{340+11.11} = 3873.42\ s^{-1}$$

Por tanto el rango de posibles frecuencias será:

$$\underline{3873.42\ s^{-1} \le \nu' \le 4135.14\ s^{-1}}$$

Para que la frecuencia del observador y la emitida coincidan tiene que ocurrir que:

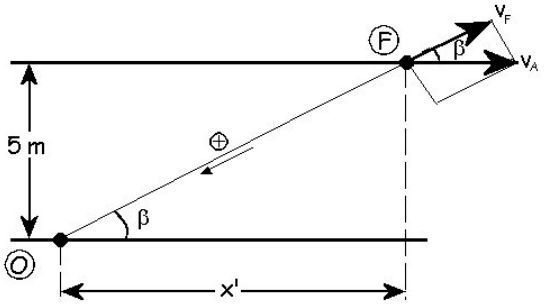
$$\nu = \nu' \Rightarrow \nu = \nu\frac{v}{v \pm v_A\cos\alpha} \Rightarrow \frac{v}{v \pm v_A\cos\alpha} = 1 \Rightarrow v = v \pm v_A\cos\alpha \Rightarrow v_A\cos\alpha = 0$$

$$\cos\alpha=0 \Rightarrow \alpha=90^o$$

Para que $\alpha=90^o$ el observador y la fuente tienen que estar enfrentados, es decir, la ambulancia tiene que recorrer 200 m. Puesto que su movimiento es rectilíneo y uniforme tendremos:

$$v_A = \frac{x}{t} \Rightarrow t = \frac{x}{v_A} = \frac{200}{11.11} = 18\ s$$

$$\underline{t=18\ s}$$




c) Como la frecuencia percibida es menor de 4000 $s^{-1}$ la ambulancia estaría alejándose del peatón, es decir, a la derecha del mismo. Aplicamos en ese instante el efecto Doppler, teniendo en cuenta que lo que no conocemos es el ángulo β:

$$\nu' = \nu\frac{v - v_O}{v - v_F} \Rightarrow \nu' = \nu\frac{v}{v + v_A\cos\beta}$$

$$3900 = 4000\frac{340}{340+11.11\cos\beta}$$

$$\cos\beta=0.785 \Rightarrow \beta=38.31^o$$

Por tanto, a través de la tangente:

$$tg\beta = \frac{5}{x'} \Rightarrow x' = \frac{5}{tg\beta} = \frac{5}{tg38.31^o} = 6.328\ m$$

Y en recorrer esta distancia la ambulancia invierte:

$$v_A = \frac{x'}{t'} \Rightarrow t' = \frac{x'}{v_A} = \frac{6.328}{11.11} = 0.569\ s$$

Que sumados a los 18 s que tardaba la ambulancia en llegar al peatón nos da el tiempo total:

$$t_{total} = t + t' = 18 + 0.569 = 18.569\ s$$

$$\underline{t_{total} = 18.569\ s}$$