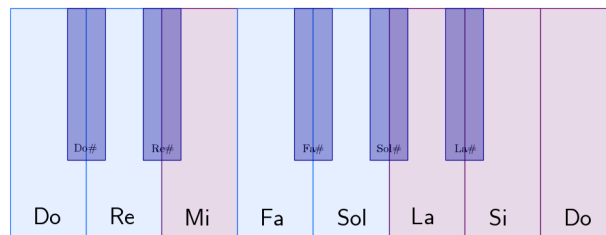


# Verifica del 06/12/23 - Soluzioni



**Esercizio 1.** (10pt) Un noto brano comincia con le note **Mi-La-Si-Do-La** dell'ottava centrale.

- Se la frequenza del **La** è, come di consueto, 440 Hz, quali sono le frequenze delle altre note?
- Quali note dobbiamo suonare se vogliamo trasportare la melodia di due toni verso il basso?

**Soluzione.** Prendendo come origine il **La** dell'ottava centrale, la sequenza espressa in semitoni è  $(-5, 0, 2, 3, 0)$ , a cui corrispondono le frequenze

$$(2^{-5/12}, 1, 2^{2/12}, 2^{3/12}, 1) \cdot 440 \text{ Hz} \approx (329.6, 440, 493.9, 523.2, 440) \text{ Hz}.$$

Trasponendo la sequenza di 2 toni (ossia 4 semitoni) verso il basso si ottiene **Do-Fa-Sol-Sol#-Fa**.

**Esercizio 2.** (12pt) La melodia dell'esercizio precedente sta venendo riprodotta da uno speaker e le persone ad 1 m dallo speaker la percepiscono ad un volume di 50 db. A quale distanza dallo speaker l'orecchio umano non è più in grado di percepire la melodia?

**Soluzione.** Affinché la melodia non sia più udibile, la sua intensità percepita deve ridursi di 50 db, dunque la sua intensità reale deve ridursi di un fattore  $10^5$ . Poiché l'intensità reale è inversamente proporzionale al quadrato della distanza dalla sorgente, la risposta è data da  $10^{5/2} \text{ m} \approx 316.23 \text{ m}$ .

**Esercizio 3.** (16pt) Lungo un rettilineo si trovano inizialmente un'utilitaria e una volante della polizia a sirene spiegate, 100 m alle spalle dell'utilitaria. Entrambe le vetture hanno velocità costanti: l'utilitaria viaggia a 100 Km/h mentre la volante a 140 Km/h. La sirena della volante produce due suoni alternati con frequenze 466 Hz (La#) e 622 Hz (Re#). Nell'arco temporale che va dall'istante iniziale a quello in cui la volante si trova 100 m davanti all'utilitaria, si tracci un grafico accurato delle frequenze percepite dal conducente dell'utilitaria. Se nel momento del sorpasso l'orecchio sinistro del conducente si trova a 2 m dalla sirena e ne avverte il suono a 100 db, a quale volume lo percepiva inizialmente?

**Soluzione.** Assumendo che la velocità di propagazione del suono nell'aria sia  $v = 1234 \text{ Km/h}$ , le frequenze percepite in fase di avvicinamento della volante sono più alte di quelle emesse di un fattore

$$\frac{v - 100 \text{ Km/h}}{v - 140 \text{ Km/h}} = \frac{567}{547},$$

corrispondente a circa due terzi di semitono. Nella fase di avvicinamento della volante, che dura esattamente 9 s, le frequenze percepite sono dunque circa **483 Hz** e **644.7 Hz**. Nella fase di allontanamento della volante le frequenze percepite sono invece ridotte di un fattore

$$\frac{v + 100 \text{ Km/h}}{v + 140 \text{ Km/h}} = \frac{667}{687}$$

---

corrispondente a circa mezzo semitono. Nella fase di allontanamento della volante, che simmetricamente dura 9 s, le frequenze percepite sono dunque circa 452.4 Hz e 603.9 Hz. La transizione dalle frequenze alte a quelle basse è rapida ma continua, visto che la volante non passa attraverso l'utilitaria. La distanza tra il ricevitore e la sorgente all'istante iniziale è 50 volte la distanza nel momento del sorpasso. Ciò comporta che l'intensità reale del suono nella situazione iniziale sia 2500 volte inferiore a quella nel momento del sorpasso. Poiché  $10 \log_{10}(2500) \approx 34$ , il conducente dell'utilitaria avverte inizialmente il suono della sirena a circa 66 db.

---