



Scheda esperimento per studente-guida

Illusione della “ruota del carro”
MATERIALE
<ul style="list-style-type: none">- Giradischi- Luce stroboscopica (2-20 Hz)- Disco stampato in 3D
FINALITÀ
Capire perché le ruote delle auto a volte sembrano girare al contrario.
INDICAZIONI OPERATIVE
<ol style="list-style-type: none">1. Controllare che l'interruttore sia spento e collegare alla corrente il giradischi e la luce stroboscopica;2. Posizionare il disco 3D sul piatto del giradischi;3. Spostare di poco la puntina del giradischi dalla sua sede verso il piatto (N.B. la puntina deve essere sollevata, la velocità impostata su 45 giri e il tasto power premuto);4. ATTENZIONE: <u>accertarsi che fra i presenti non ci sia nessuno che soffra di epilessia, avvisare che se qualcuno avvertisse dei disturbi, deve chiudere gli occhi o distogliere lo sguardo e segnalarlo immediatamente alle guide, che devono prontamente spegnere l'interruttore al bancone;</u>5. Accendere l'interruttore al bancone per azionare entrambi gli strumenti;6. Fare vedere che con la luce naturale il disco gira normalmente;7. Avvicinare la luce per illuminare il disco e fare notare che alcune colonnine rimangono più illuminate;8. Regolare la frequenza della luce con la manopola fino a che la rotazione sembra rallentare e poi fermarsi;9. Aumentare la frequenza per farlo girare in senso inverso alla rotazione del giradischi;10. Spegnere tutto con l'interruttore generale (N.B. la resistenza bianca e la lampada della luce stroboscopica si scaldano molto, quindi non la si deve lasciare accesa per troppo tempo).
DOMANDE & RISPOSTE
<ul style="list-style-type: none">- <i>Perché si utilizza una luce stroboscopica?</i> La luce stroboscopica permette che la visione del disco in rotazione non sia continua, ma è alternata a brevi momenti di “buio” dovuti allo spegnimento della luce. Ciò permette di non vedere il disco in ogni sua posizione durante la rotazione, ma solo in quegli istanti in

cui la luce è accesa. È comunque visibile una scia poco definita a causa dell'illuminazione naturale che non permette un buio completo.

- *Perché il disco sembra fermarsi?*

Quando la frequenza della luce è sincronizzata con quella del susseguirsi delle colonnine, la luce illumina una colonna nell'esatta posizione in cui si trovava quella prima al flash precedente, senza vederne le posizioni intermedie. Ci sembra perciò che il disco rimanga fermo, ma in realtà continua a girare e noi vediamo solo le colonnine nel momento esatto in cui occupano le stesse posizioni.

Spiegazione avanzata: il giradischi ruota con una frequenza di 45 rpm , che equivale a $0,75 \text{ Hz}$. Ci sono 16 colonnine, perciò la frequenza con cui esse passano per un dato punto fisso è $f_c = 0,75 \text{ Hz} \cdot 16 = 12 \text{ Hz}$, ovvero 12 colonnine al secondo. Se sincronizziamo la luce stroboscopica con quella delle colonnine ($f_l = f_c = 12 \text{ Hz}$), il tempo Δt che una colonnina impiega per compiere $\frac{1}{16}$ di giro, ovvero un angolo $\theta = \pi/8 \text{ rad}$, è lo stesso tempo T_l che intercorre fra un flash e l'altro, ed è pari a $\Delta t = T_l = \frac{1}{12 \text{ Hz}} = 0,083 \text{ s}$. La frequenza della luce è quindi legata al numero di colonne, fissata la frequenza del giradischi, secondo la formula $f_l = n \cdot f_g$.

- *Perché il disco sembra girare al contrario?*

Quando la frequenza della luce supera quella delle colonnine, la luce illumina una colonna quando ancora non è arrivata nella posizione in cui si trovava la precedente, perciò la si vede poco più indietro di quella che l'ha preceduta. Lo stesso avviene se la frequenza della luce è più lenta: la colonnina quando viene illuminata ha superato di poco la posizione occupata dalla precedente, quindi si vede girare il disco più lentamente.

- *Perché noi vediamo questo fenomeno?*

L'illusione è percepibile grazie al fenomeno della persistenza delle immagini sulla retina, per il quale i fotorecettori (coni e bastoncelli) presenti in questa parte dell'occhio umano hanno la capacità di trattenere l'immagine per qualche frazione di secondo anche dopo che l'immagine stessa non è più visibile, in quanto mantengono un leggero stato di eccitazione. Ciò ci permette di vedere i movimenti fluidi e uniformi, e non spezzati o intermittenti.

- *Perché anche le ruote delle auto si comportano così?*

Questo effetto ha un nome specifico e si chiama wagon-wheel effect (effetto ruota di carro, dovuto alla massiccia presenza dell'effetto nei film western in cui le ruote dei carri in pellicola subivano l'effetto). Il funzionamento è simile a quello dell'esperimento, ma qui al posto della luce stroboscopica, è l'occhio umano o una macchina da presa che ricevono le immagini con una certa frequenza definita (circa 30 Hz nel primo caso e 24 Hz nel secondo). Se la ruota gira ad una velocità tale da superare la metà della frequenza di campionamento dell'occhio o della videocamera, si verifica il fenomeno dell'aliasing (distorsione da campionamento lento), ovvero alcuni segnali visivi si sovrappongono e vengono interpretati in maniera erranea.

ESEMPIO DI ESPOSIZIONE

1. "Avete presente quando per strada o nei film vediamo che le ruote di una macchina cominciano a ruotare al contrario? Vi siete mai chiesti il perché?";
2. "Per capire meglio il fenomeno vi facciamo vedere questo esperimento composto da..." breve spiegazione dei componenti e introduzione dell'esperimento;

3. Accendere e mostrare come funziona, prima senza illuminare il disco e poi con la luce;
4. Spiegare le “domande e risposte” sopra citate, facendo vedere il funzionamento fissando le posizioni della colonne con le dita.

