

RELAZIONE ESPERIENZA DI LABORATORIO SULL'EFFETTO DOPPLER

Introduzione

L'obiettivo di questo esperimento è l'osservazione dell'effetto doppler tramite l'analisi della variazione di frequenza percepita da un osservatore fisso mentre una sorgente acustica è in movimento.

Materiali e strumenti

Materiali

- Altoparlante (cassa bluetooth)
- Bicicletta
- Nastro Adesivo

Strumenti

Tabella 1: Strumenti utilizzati

Strumento	Sensibilità	Note
Rilevatori di frequenze	$1Hz$	Il rilevatore di frequenza è impostato a 4096 samples per $170ms$
Metro	$1cm$	La sensibilità del metro equivarrebbe a 1mm tuttavia si aumenta a 1cm a causa dell'errore umano
Videocamera	$16.7ms$	La telecamera opera a 60Hz, per la sensibilità spaziale si considera quella del metro

Descrizione dell'esperimento

Si posizionano strisce di nastro adesivo ad una distanza di un metro tra loro formando un percorso rettilineo lungo 9 metri. All'inizio e alla fine del percorso si posizionano due rilevatori di frequenza. Si posiziona poi un altoparlante emittente un suono a una certa frequenza su una bicicletta rendendola dunque una sorgente acustica in movimento come rappresentato nella Figura 1. Si fa quindi partire la bicicletta, che dovrà percorrere il tratto compreso tra il primo e l'ultimo rilevatore proseguendo con un moto rettilineo uniforme. Si effettua una videoregistrazione del passaggio della bici assicurandosi di inquadrare la ruota anteriore del mezzo e le strisce di nastro adesivo, questa registrazione servirà per calcolare la velocità della sorgente. Durante ogni passaggio della Bicicletta si registrano le frequenze in avvicinamento e in allontanamento rispettivamente con i registratori posti alla fine (B) e all'inizio (A) del percorso (la differenza di percezione è rappresentata nella Figura 2).

L'esperimento si ripete poi variando di volta in volta la frequenza emessa, ma mantenendo la stessa velocità della sorgente per ogni passaggio della stessa.

Nella seconda fase dell'esperimento, invece, si mantiene la stessa frequenza per ogni passaggio e si va invece a variare la velocità della bicicletta, fornendo più o meno accelerazione nel tratto esterno ai rilevatori, ma assicurandosi di mantenere sempre un moto rettilineo uniforme tra i due rilevatori.



Figura 1: rappresentazione schematica dell'esperimento

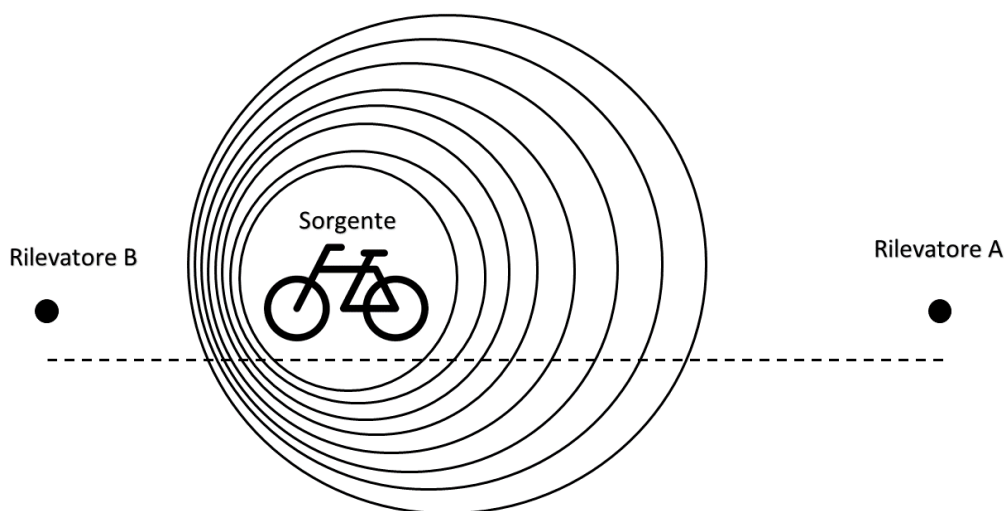


Figura 2: rappresentazione dell'effetto Doppler

Dati

Per le tabelle 2 e 3 considerare la seguente legenda.

#	Numero della misurazione
$f(Hz)$	Frequenza emessa dalla sorgente
$f_{all}(Hz)$	Frequenza percepita dall'osservatore in allontanamento
$f_{avv}(Hz)$	Frequenza percepita dall'osservatore in avvicinamento
$v_{sor}(m/s)$	Velocità della sorgente

Fase 1

Tabella 2: Dati della prima fase dell'esperimento.

#	$f(Hz)$	$f_{all}(Hz)$	$f_{avv}(Hz)$	$v_{sor}(m/s)$
1	2500 ± 1	2484 ± 1	2531 ± 1	4.17 ± 0.06
2	3000 ± 1	2976 ± 1	3046 ± 1	4.20 ± 0.06
3	3500 ± 1	3468 ± 1	3539 ± 1	4.26 ± 0.06
4	4000 ± 1	3960 ± 1	4054 ± 1	4.06 ± 0.06
5	4500 ± 1	4453 ± 1	4546 ± 1	4.36 ± 0.06
6	5000 ± 1	4945 ± 1	5062 ± 1	4.36 ± 0.06
7	5500 ± 1	5437 ± 1	5578 ± 1	4.03 ± 0.06
8	6000 ± 1	5929 ± 1	6070 ± 1	4.07 ± 0.06
9	6500 ± 1	6421 ± 1	6585 ± 1	4.12 ± 0.06
10	7000 ± 1	6914 ± 1	7101 ± 1	3.83 ± 0.06

Fase 2

In questa fase dell'esperimento la frequenza emessa dall'altoparlante è costante e pari a $5000Hz$

Tabella 3: Dati della seconda fase dell'esperimento.

#	$f_{all}(Hz)$	$f_{avv}(Hz)$	$v_{sor}(m/s)$
1	4934 ± 1	5076 ± 1	5.31 ± 0.06
2	4972 ± 1	5039 ± 1	2.77 ± 0.06
3	4945 ± 1	5069 ± 1	4.79 ± 0.06
4	4940 ± 1	5072 ± 1	5.07 ± 0.06
5	4943 ± 1	5065 ± 1	4.79 ± 0.06
6	4938 ± 1	5075 ± 1	5.16 ± 0.06

Elaborazione matematica

Per l'effetto doppler si ha:

$$f_1 = \frac{c}{c \pm v} f \quad [1]$$

dove il simbolo \pm assume la valenza di $+$ quando la sorgente è in allontanamento e di $-$ in avvicinamento

Fase 1

Calcolando la regressione lineare tra f_1 e f , tenendo in considerazione [1], si avrà:

$$m = \frac{c}{c \pm v} \quad [2]$$

in cui m rappresenta il coefficiente angolare della retta di regressione e dalla quale si può ricavare la velocità tramite la seguente formula:

$$v = c \left(\pm \frac{1}{m} \mp 1 \right) \quad [3]$$

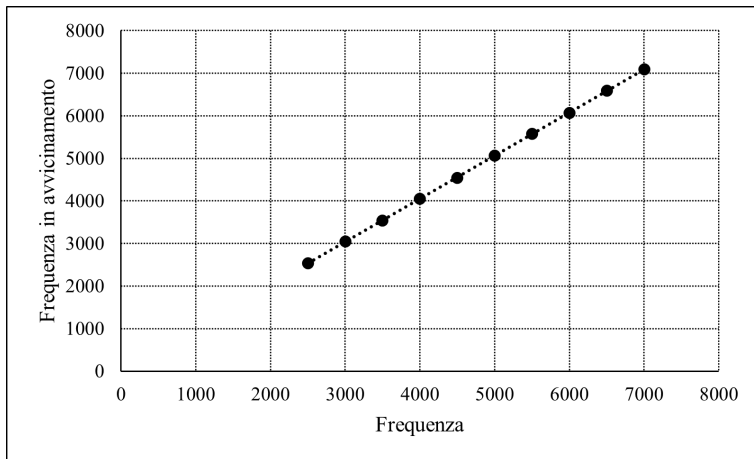


Grafico 1: avvicinamento

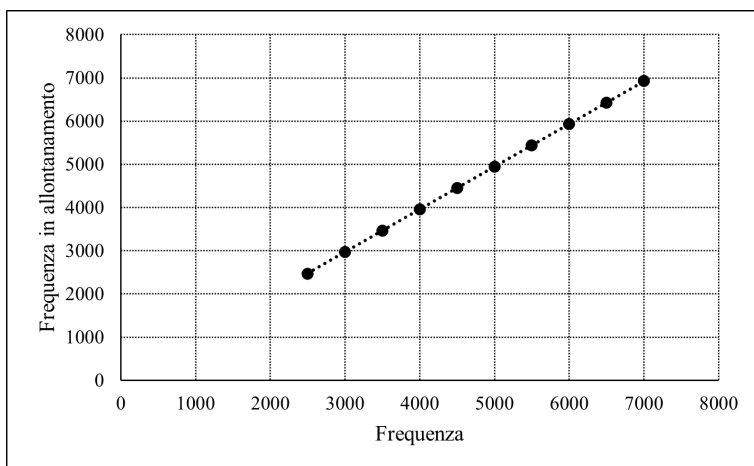


Grafico 2: allontanamento

Individuando la retta di regressione tra la frequenza percepita in avvicinamento e quella emessa dalla sorgente, rappresentata nel grafico 1, si ottiene $m = 1.012 \pm 0.0015$ dal quale si ricava $v = 4.3 \pm 0.3 \text{ m/s}$ utilizzando la formula [3]. Analogamente individuando la retta di regressione tra la frequenza percepita in allontanamento e quella emessa dall'altoparlante (rappresentata nel grafico 2) si ottengono $m = 0.9878 \pm 0.0009$ e $v = 4.1 \pm 0.5 \text{ m/s}$. Queste velocità rientrano nel margine di errore della media aritmetica delle velocità calcolate analizzando le videoregistrazioni ovvero $4.1 \pm 0.3 \text{ m/s}$.

Fase 2

Sempre tenendo in considerazione [1] si individua la retta di regressione tra f_1 e $\frac{c}{c \pm v}$ ottenendo come coefficiente angolare la frequenza emessa dalla sorgente (f).

Tabella 4: valori asse x dei grafici fase 2

#	$v_{sor}(m/s)$	$\frac{c}{c-v}(m/s)$	$\frac{c}{c+v}(m/s)$
1	5.31 ± 0.06	1.0155 ± 0.0002	0.9849 ± 0.0002
2	2.77 ± 0.06	1.0080 ± 0.0002	0.9921 ± 0.0002
3	4.79 ± 0.06	1.0140 ± 0.0002	0.9864 ± 0.0002
4	5.07 ± 0.06	1.0148 ± 0.0002	0.9856 ± 0.0002
5	4.79 ± 0.06	1.0140 ± 0.0002	0.9864 ± 0.0002
6	5.16 ± 0.06	1.0151 ± 0.0002	0.9854 ± 0.0002

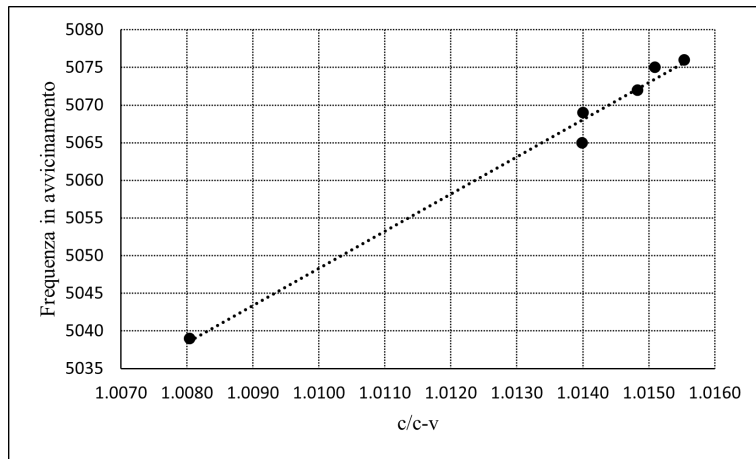


Grafico 3: avvicinamento

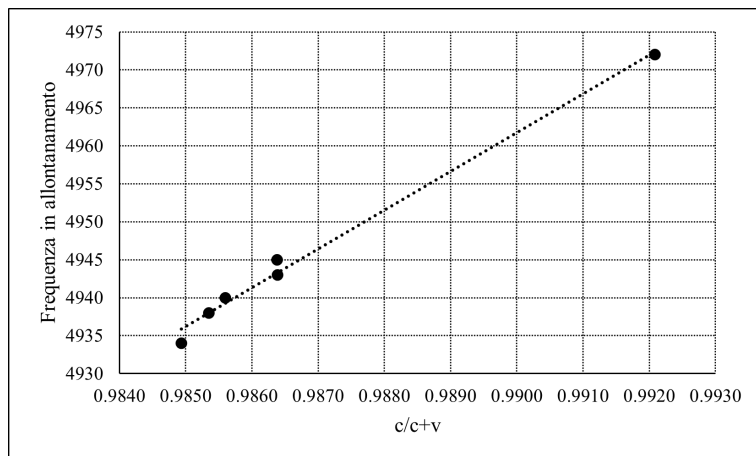


Grafico 4: allontanamento

Individuando la retta di regressione tra f_{avv} e $\frac{c}{c-v}$, rappresentata nel grafico 3, si ottiene $f = 5100Hz \pm 200Hz$ ripetendo lo stesso processo nella condizione di allontanamento (i cui dati sono rappresentati nel grafico 4) invece si ottiene $4900Hz \pm 300Hz$.

Conclusioni

Osservando i dati raccolti nelle tabelle 2 e 3 si nota una variazione della frequenza percepita dai due registratori causata dall'effetto doppler. Nonostante ciò, analizzando gli stessi dati, non si riescono ad ottenere valori precisi. Nella prima fase dell'esperimento la velocità calcolata in avvicinamento è di $4.3 \pm 0.3 \text{ m/s}$ mentre in allontanamento $4.1 \pm 0.5 \text{ m/s}$ entrambe coerenti con la media aritmetica delle velocità misurate tramite le registrazioni che equivale a $4.1 \pm 0.3 \text{ m/s}$ (l'errore equivale alla semidispersione tra i valori della tabella 2).

Nella seconda fase invece la frequenza emessa dall'altoparlante risulta essere di $5100 \text{ Hz} \pm 200 \text{ Hz}$ se calcolata in base alle misurazioni in avvicinamento e $4900 \text{ Hz} \pm 300 \text{ Hz}$ in base a quelle in allontanamento. In questi due valori rientra la frequenza impostata pari a $5000 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$.

In entrambe le fasi i risultati hanno errori relativi molto elevati a causa della scarsità di misurazioni e la difficoltà di registrazione della frequenza causata dall'ambiente non isolato acusticamente.