

SCENEGGIATURA

Il movimento ed alcune sue rappresentazioni

Premessa

Questo percorso è dedicato allo studio della cinematica rettilinea. L'argomento si presta, come è noto, ad introdurre e/o a dare significato a operazioni matematiche fondamentali non solo in fisica. Nelle attività si utilizzano in modo mirato esperimenti MBL che permettono di esplorare in modo inedito il rapporto esistente tra fisica-matematica-tecnologia legando la percezione alla rappresentazione grafica e algebrica.

Quando svolgere questo percorso

Lo studente ha una esperienza ricca con il movimento di persone, animali, veicoli e ha familiarità con il tachimetro e il contachilometri dell'automobile (anche se a volte non distinti correttamente nella terminologia corrente) e quindi con chilometri percorsi (spazio percorso, lunghezza del cammino percorso, ecc.) e velocità massima, minima, costante, che aumenta (velocità istantanea, in un dato momento, e velocità media adoperata ad esempio per capire quanto tempo si impiega per raggiungere una meta, ecc.). Le due grandezze (spazio percorso e velocità) sono sempre positive e la traiettoria è in generale curvilinea con curve, tratti rettilinei, cambiamenti di quota. Sembra quindi ragionevole partire valorizzando le esperienze fatte analizzando moti molto generali con traiettorie qualsiasi nello spazio adoperando le grandezze scalari per velocità e spazio che possono essere definite ad esempio *velocità intensiva* (o andatura) e *spazio (cammino) percorso*. Un moto sarà quindi specificato dalla traiettoria (in generale curvilinea che potrà anche avere forme particolari, circonferenza, parabola, retta, ecc.), dalla *velocità intensiva* e dalla *lunghezza del cammino percorso*. Cartine geografiche e ferroviarie, tabelle e diagrammi orari (costruiti ad esempio da tabelle dell'orario ferroviario) possono costituire materiale per esercitazioni sullo studio del moto.

Lo sviluppo di questa parte che può richiedere interessanti esperienze sull'orientamento nello spazio, la scelta di sistemi di riferimenti assoluti e relativi a cui riferire il moto non viene sviluppata in questo percorso. Per il moto in due dimensioni e la scelta di sistemi di riferimento "locali" e assoluti possono essere rievocate e riesaminate eventuali esperienze fatte con la tartaruga del Logo.

Il percorso ha una sua autoconsistenza e può essere quindi inserito con aggiustamenti e modifiche in diverse parti del programma di fisica. Un possibile schema può essere quello indicato nel seguito. Nello schema non si fa esplicito riferimento alla forza e all'energia che potrebbero essere introdotti subito dopo il punto 1. e costituire concetti guida nella descrizione del moto.

1. Studio dello spazio, costruzione di sistemi di riferimento, studio di moti nello spazio con traiettoria curvilinea adoperando velocità (scalare) e spazio percorso (scalare).
2. Introduzione a: forza (anche come vettore), forza e movimento, energia.
3. Percorso di cinematica rettilinea del LES. Studio del moto in una dimensione adoperando distanza dal sonar (posizione rispetto al sonar), velocità e accelerazione con segno.
4. Definizione dei vettori spostamento, velocità, accelerazione.
5. Studio di moti in più dimensioni e scomposizione sugli assi coordinati.

Lo sviluppo del percorso

Durante questo percorso didattico dedicato alla cinematica rettilinea si procede ad una ripetizione-riconsiderazione dei concetti già presentati in classe, al fine di mettere in luce e risolvere quelli che mostrano essere resistenti all'apprendimento quando affrontati con un insegnamento di tipo tradizionale. In particolare vengono affrontati quegli argomenti che per problemi di tipo matematico e/o per la confusione di attribuzione di significato, causata dall'utilizzo di queste parole sia nel linguaggio naturale sia in quello scientifico, mostrano difficoltà di comprensione duratura. Si lavora, ad esempio:

- sulla confusione fra traiettoria e legge oraria, tra velocità istantanea e velocità media (in generale c'è confusione tra le grandezze istantanee e quelle medie), tra proporzionalità diretta e relazione lineare;
- sulla difficoltà nel focalizzare le variabili per descrivere correttamente un fenomeno;
- nell'individuare la relazione esistente tra i grafici $s(t)$, $v(t)$ che descrivono uno stesso moto;
- sull'errata attribuzione di significato a termini come moto, traiettoria, e velocità.

L'obiettivo di questo percorso didattico dedicato alla cinematica è la costruzione e lo sviluppo di modelli mentali complessi con i quali sia possibile interpretare il moto di oggetti nel mondo reale.

In questo percorso le attività sono quasi sempre di grande gruppo e si può utilizzare un solo sistema MBL con un sistema di proiezione su grande schermo. La scheda studente ha una diversa funzione: essa non costituisce il filo conduttore dell'attività (come accade per gli altri percorsi) ma, utilizzata nell'ultima parte di ogni incontro, serve a soffermarsi sugli argomenti affrontati, a meglio puntualizzare i concetti costruiti nel corso delle esperienze, ed esercizi sperimentali svolti durante la prima parte dell'attività. Ovviamente, come per gli altri percorsi, il docente può modificare anche sostanzialmente le modalità di svolgimento delle attività e utilizzare ad esempio la scheda per orientare attività di piccolo gruppo con compiti assegnati.

I termini e i simboli usati

$s(t)$, $v(t)$, $a(t)$ rappresentano rispettivamente le funzioni spazio-tempo (o legge oraria), velocità-tempo, accelerazione-tempo. Distanza dal sonar e posizione rispetto al sonar sono usati come sinonimi e quindi $p(t)$, $d(t)$, $s(t)$ acquistano lo stesso significato. Nonostante si tratti di moti rettilinei occorre fare attenzione all'uso dei termini usati. Per una riflessione sulle difficoltà legate ad ambiguità nel linguaggio del moto si veda ad esempio

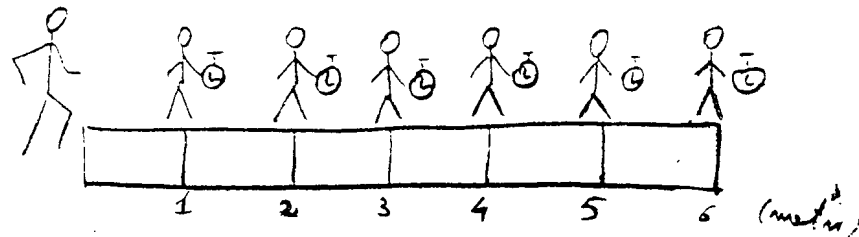
Arons, Guida all'insegnamento della fisica, pg 25, Zanichelli

PRELIMINARI

Si imposta una discussione preliminare su come si possa descrivere il moto di una persona che cammina: "Cosa si può misurare? Con cosa? Quante informazioni è necessario acquisire?" ecc.. In questa fase le idee e i punti di vista degli studenti sono appuntati su un grande foglio di carta senza commentarli. Lo scopo di questo primo momento è di portare lo studente ad esplicitare, motivandole, le proprie idee iniziali, mettendole inoltre a confronto con quelle dei suoi compagni. Dalla discussione si cerca di arrivare ad una scelta di alcuni strumenti utili presi dal materiale messo a disposizione: cronometri per il tempo, righelli e nastro adesivo per le distanze, fogli per tabelle.

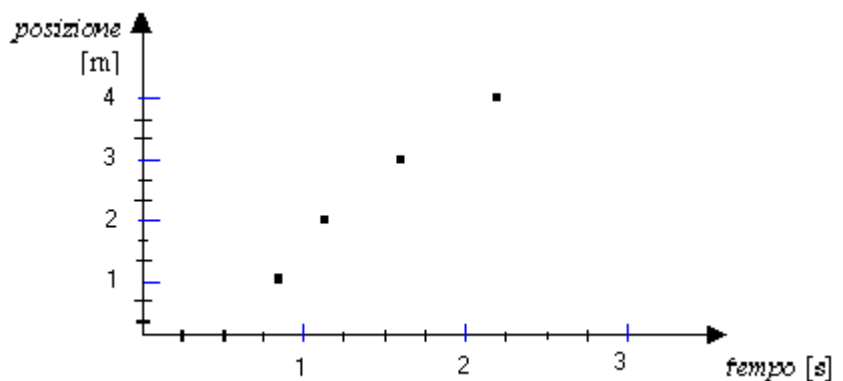
Ad alcuni studenti si danno cronometri e si lascia per alcuni minuti carta bianca sulle misure da prendere relativamente al moto di altri studenti che camminano, con l'unica richiesta di costruire tabelle posizione-tempo.

Si dispongono alcuni osservatori e un "camminatore" A come nella figura seguente.



Si discute brevemente la procedura di misura che si intende utilizzare e si cerca di fare emergere quella descritta di seguito. Al via gli osservatori fanno partire i cronometri (START) e *A* comincia a muoversi, quando *A* arriva in corrispondenza di un osservatore questo preme STOP. In questo modo si ricavano alcune coppie posizione-tempo. Preliminarmente occorre aver definito l'origine per la posizione e il tempo. Questa scelta è in qualche modo implicita nella scelta della procedura adottata ma occorre far riflettere sulle sue conseguenze. Si chiede di disporre le coppie misurate in un sistema di assi cartesiani. Sono di seguito riportate delle misure effettuate da un gruppo di ragazzi durante un'attività svolta nella nostra aula-laboratorio. I tempi sono al centesimo di secondo così come da lettura diretta con gli usuali cronometri digitali in commercio. L'insegnante può far notare che può essere opportuno arrotondare i valori al decimo in considerazione dei tempi di risposta (di reazione allo stimolo) dell'osservatore (nell'ordine del decimo di secondo).

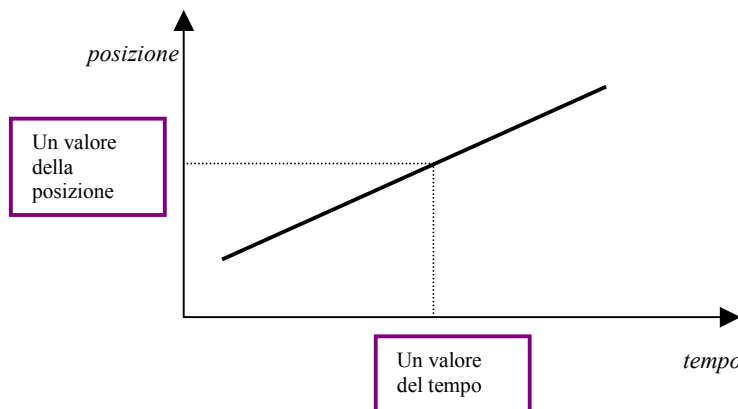
posizione [m]	tempo[s]
1	0,81
2	1,19
3	1,67
4	2,18



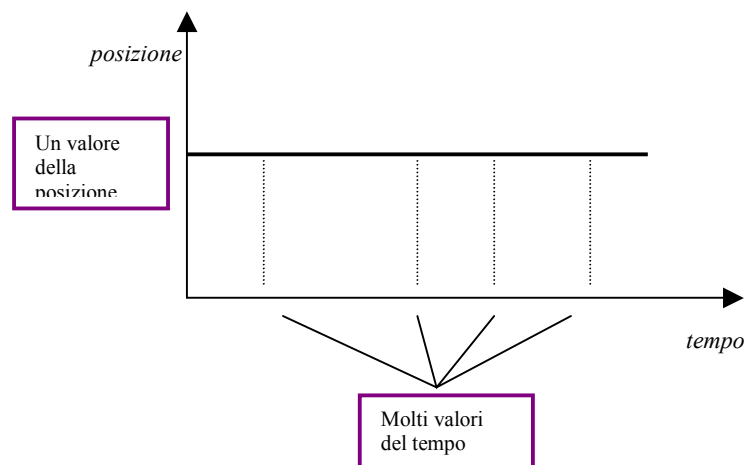
Una volta costruito il grafico per punti si può intavolare una discussione per ritrovare in esso il moto rilevato. Eventualmente si può ripetere il procedimento con altri osservatori e "camminatori" in modo da costruire altri grafici per punti.

CORRISPONDENZE

In questa occasione si introduce un primo "momento matematico" volto a caratterizzare le **corrispondenze**. Si fa notare che nel grafico per punti posizione-tempo costruito, per ogni valore del tempo (variabile indipendente) c'è un solo valore per la posizione (variabile dipendente): pertanto il grafico rappresenta una corrispondenza **uno a uno** (un valore del tempo - un solo valore della posizione).

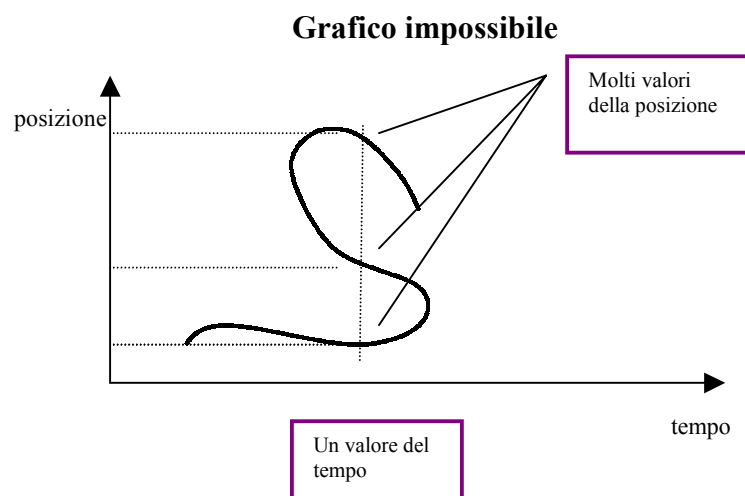


Nel caso in cui per ogni valore del tempo ci fosse sempre lo stesso valore della posizione, per esempio nel caso in cui la persona fosse ferma e un osservatore ne misurasse la posizione "ogni tanto" ricavandone un grafico posizione-tempo del tipo seguente:



si parlerebbe di corrispondenza **molti a uno**: molti valori del tempo – un valore, sempre lo stesso, per la posizione.

Un terzo tipo di corrispondenza (**uno a molti**) equivale al caso in cui per un solo valore di una variabile vi sono molti valori dell'altra variabile come nel grafico impossibile seguente:



Quest'ultimo caso non si può verificare quando la variabile sulle ascisse è il tempo in quanto il tempo è una grandezza che cresce sempre, quindi non può tornare "indietro".

Può essere interessante far lavorare sulla invertibilità delle funzioni posizione-tempo per arrivare alla conclusione che una funzione ammette un'inversa solo se è monotona (crescente o decrescente).

INTERPOLAZIONE E RISOLUZIONE

Tornando al grafico per punti costruito con le misure prese in precedenza, con i cronometri e il metro, si può osservare che da esso non si può risalire al valore della posizione corrispondente a un istante di tempo compreso tra due valori del tempo misurati. Come fare allora per conoscere i valori intermedi della posizione? E' semplice rendersi conto che è necessario aumentare il numero degli osservatori in modo da ottenere un numero maggiore di coppie posizione-tempo. Naturalmente esiste un limite al numero di persone che possono disporsi lungo il metro e, inoltre, aumentando il numero di osservatori aumenta verosimilmente il tempo che si impiega per costruire il grafico per

punti, per rifare le misure, se necessario, e così via. Disponendo di molti cronometri può essere istruttivo infittire il più possibile il numero di osservatori (che si dispongono molto stretti sui due lati). Oltre quale limite le misure di tempo risultano crescenti con l'allontanarsi del camminatore dall'origine?

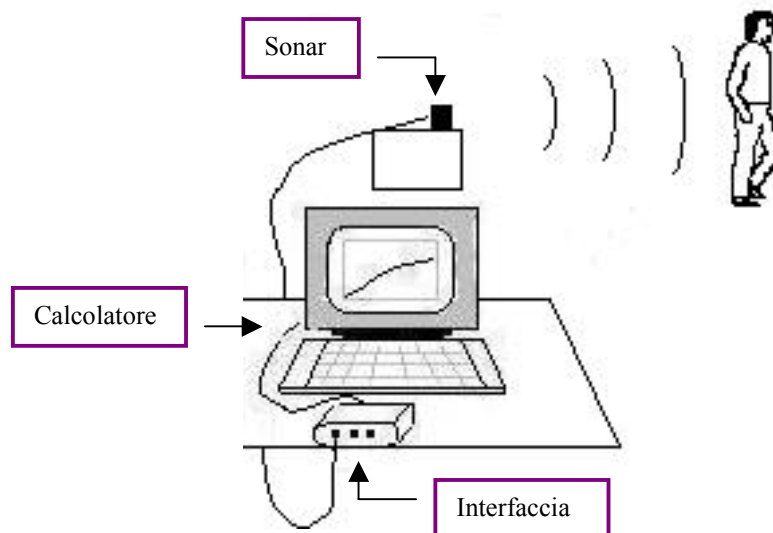
Risulta allora molto conveniente utilizzare un apparato di misura collegato a un computer che svolga il compito di rilevare un gran numero di coppie posizione-tempo. L'elemento fondamentale per la misura è il SONAR (SOund NAVigation and Ranging). Con l'utilizzo del sonar collegato al computer si ottiene la rappresentazione grafica in tempo reale del moto di un oggetto o di una persona. Partendo dal moto delle persone davanti al sonar si connette la percezione del moto alla sua rappresentazione astratta.

COME FUNZIONA IL SONAR? ESEMPI DI GRAFICI DI MOTI

Si imposta una discussione semi-qualitativa sulle caratteristiche del suono (in particolare far riferimento alla frequenza di un suono, alla massima frequenza udibile, e quindi agli ultrasuoni). Può essere utile integrare la discussione con l'uso di un software in grado di emettere suoni a diverse altezze in modo da avere una dimostrazione qualitativa dell'esistenza di una soglia di udibilità e una stima della massima altezza udibile. Si continua quindi con una breve discussione, con domande sull'eco ("Come è prodotta?") e sulla velocità del suono ("Quanto rapidamente un suono viaggia nell'aria?").

Con il sonar collegato al computer i calcoli vengono eseguiti molto in fretta, ed è così possibile risalire alla posizione dell'ostacolo mentre esso si muove.

L'apparato che si usa per studiare tali moti è costituito da un calcolatore collegato, mediante una apposita interfaccia, a un sensore di moto.



L'interfaccia è costituita da un circuito elettronico che trasforma le informazioni raccolte dal sensore in modo che esse possano essere elaborate dal calcolatore. Il sensore utilizzato è un **sonar ad ultrasuoni**, cioè un apparecchio che emette onde ultrasoniche di frequenza pari a circa 50kHz le quali viaggiano nell'aria con velocità nota (la stessa velocità del suono, circa 340 metri al secondo) e vengono riflesse da eventuali ostacoli incontrati lungo il loro percorso. Una volta riflesse esse tornano verso il sonar che le rileva.

Nella vita reale esistono numerosi esempi di rilevazione di ostacoli mediante ultrasuoni: gli scandagli elettronici lo usano per l'esplorazione delle profondità marine; alcuni apparecchi fotografici si servono degli ultrasuoni per la messa a fuoco automatica, in generale per misure di

distanze in varie situazioni. I pipistrelli, inoltre, che hanno una vista poco acuta, utilizzano questo sistema per individuare la preda. Le onde di ritorno permettono al pipistrello di localizzare la preda con l'accuratezza di qualche decimo di millimetro: al momento dell'attacco, gli impulsi ultrasonici diventano più frequenti, fino a cento al secondo in tal modo, quella che prima era una fotografia sonora, diventa una sorta di film a base di echi.

L'Eco

Il fenomeno della riflessione delle onde sonore e ultrasoniche è all'origine di una grande varietà di fenomeni naturali e di applicazioni tecnologiche. Il fenomeno dell'eco, altro non è che la riflessione di queste onde sonore ad opera di ostacoli rigidi (ad esempio una parete rocciosa).

Si basano sul fenomeno della riflessione le ecosonde, o sonar; così come gli apparecchi per indagini ecografiche nella diagnostica medica. Misurando oltre all'intensità del segnale riflesso, anche il tempo che esso impiega per compiere il cammino di andata e ritorno, si ricava con questi apparecchi la distanza dalla sonda (oltre che il disegno del contorno) dell'ostacolo o degli ostacoli responsabili della riflessione. Per ridurre al minimo le indeterminazioni dovute al fenomeno della diffrazione conviene usare in queste applicazioni onde elastiche di lunghezza d'onda quanto più breve possibile; e si ricorre infatti, nella pratica agli ultrasuoni

da *Focus* n°95 - Settembre 2000.

Le onde, che costituiscono il suono, quando incontrano un ostacolo vengono in parte assorbite e in parte riflesse: il massimo assorbimento c'è con le schiume mentre il minimo si presenta con le pareti rigide e lisce, come quelle di roccia.

Gli echi vengono uditi come suoni distinti solo se il ritardo dell'onda riflessa è superiore ad un ventesimo di secondo, cioè il tempo che il suono impiega per coprire circa 17 metri. Se il ritardo è inferiore si parla di riverbero, come quello che si avverte nelle stanze vuote, prive di tende e mobili. Il riverbero è il prolungamento del suono dopo che la sorgente ha smesso di produrlo. E se non è eccessivo può addirittura migliorare l'acustica di un locale. In alcune chiese il riverbero è volutamente più elevato del normale, perché si riteneva conferisse calore e corralità al suono.

Già i greci e i romani sapevano che un folto pubblico migliora l'acustica perché la folla assorbe i suoni quasi quanto le più tecnologiche schiume fonoassorbenti. Essi sapevano infatti che nei teatri gli scalini riflettono la voce uno dopo l'altro, e l'eco ritorna agli attori con un ritardo proporzionale alla distanza.

I Maya spinsero questo trucco più in là. Di fronte alla piramide di Kukulcan battendo due pietre l'una contro l'altra, l'eco che ritorna, è un discendente ee-oo¹, poiché negli strati alti gli spigoli degli scalini sono più lontani tra loro e la frequenza dell'eco si abbassa. Secondo alcune leggende questo ee-oo riproduce il verso di un animale sacro: il Quetzal uccello sacro dei Maya.

Le tecniche di visualizzazione sonora si applicano anche al corpo umano, per controllare organi come cuore, cervello e utero. Il principio è semplice: una sorgente che emette ultrasuoni viene posta a contatto del paziente; le onde si propagano nel corpo e vengono debolmente riflesse dalle zone in cui la densità cambia. Le ossa, per esempio riflettono meglio degli altri tessuti, mentre il sangue, che si muove, modifica leggermente la frequenza riflessa, fenomeno noto come effetto Doppler. Lo strumento capta le variazioni e, per mezzo di un computer, ricostruisce l'anatomia interna.

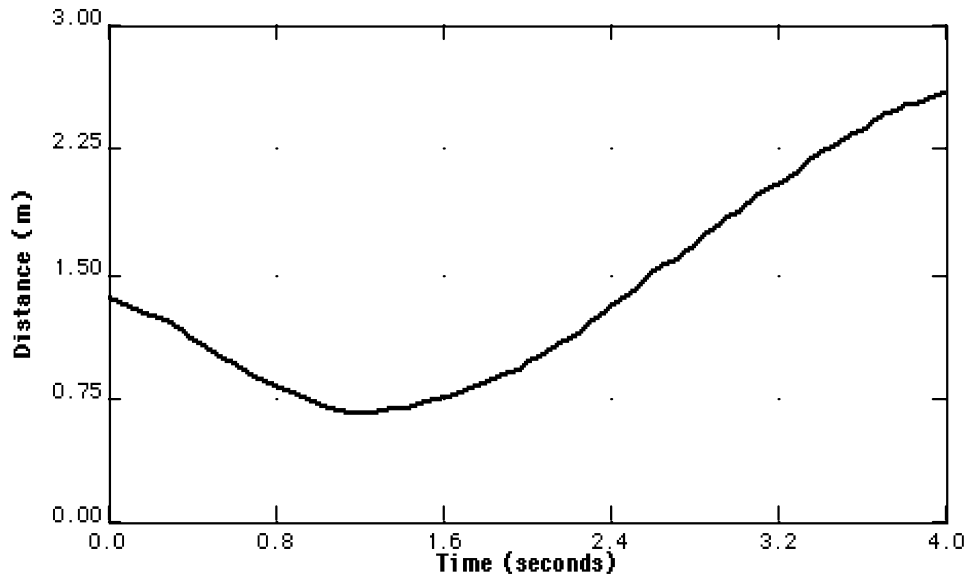
L'apparato sonar+interfaccia+calcolatore permette di fare queste misure e questi calcoli molto velocemente, in modo che è possibile misurare la posizione rispetto al sonar di un ostacolo mentre esso si muove. Il software di gestione dei dati, che scambia informazioni con l'interfaccia ed elabora, in tempo reale, quelle ricevute, ha diverse funzioni di interesse didattico: dall'analisi dei dati con operazioni statistiche, alle rappresentazioni grafiche, ecc. Il calcolatore raccoglie un gran numero di coppie di dati posizione-tempo e costruisce, mentre il fenomeno avviene, una tabella ordinata di dati e un grafico che rappresenta nel tempo la posizione dell'oggetto o della persona in

¹ <http://www.sciam.com/explorations/1998/122198sound/bird.html>

movimento. Di default la posizione del sonar è scelta come origine e il verso è tale che le distanze (positive) crescono durante il moto di allontanamento dal sonar, mentre le distanze (positive) decrescono nel tempo quando si eseguono moti di avvicinamento al sonar. In un tale grafico ad ogni valore del tempo corrisponde uno ed un solo valore della posizione.

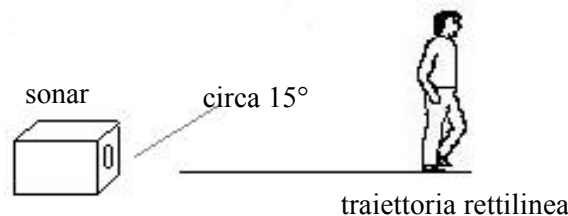
Per studiare la sensibilità dell'apparato si possono proporre diversi esperimenti:

- Si può far muovere in modo libero una persona davanti al sonar mostrando che il movimento delle mani può produrre irregolarità nel grafico;
- Si può far notare che il muoversi dei vestiti, anche da fermi, è rivelato dal sistema;
- Si può leggere con il cursore grafico il valore della posizione e discutere sul significato delle cifre decimali.



Alcune caratteristiche del sistema possono essere “scoperte” con esperimenti mirati altre devono essere presentate dal docente. La presentazione delle funzioni del software e le diverse modalità con cui i dati possono essere rivelati (ad esempio il numero di dati da rivelare in un secondo) ed elaborati (ad esempio le operazioni di media sui dati della velocità) può essere l’occasione per introdurre importanti concetti legati alla fisica del suono, alla tecnologia delle trasduzioni, alla matematica del discreto e al passaggio al continuo. Si consiglia di trattare questi argomenti nello sviluppo dell’intero percorso a commento dei grafici che si ottengono nel corso degli esperimenti.

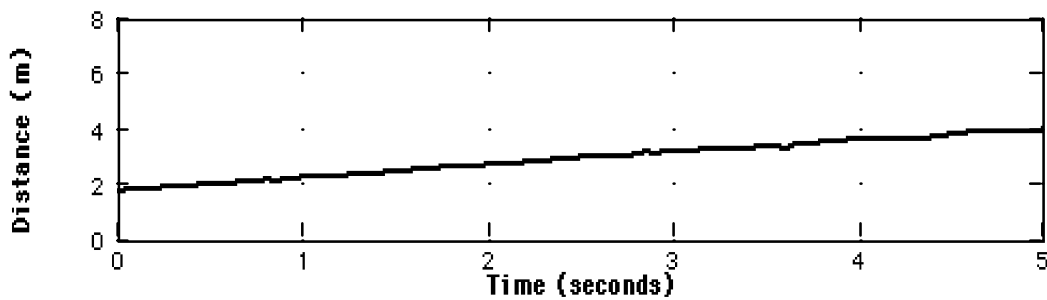
Muovendosi davanti al sonar, affinché esso possa rivelare la posizione, bisogna spostarsi all’interno di un cono con vertice nel sonar. L’angolo di apertura del cono è di circa 30°.



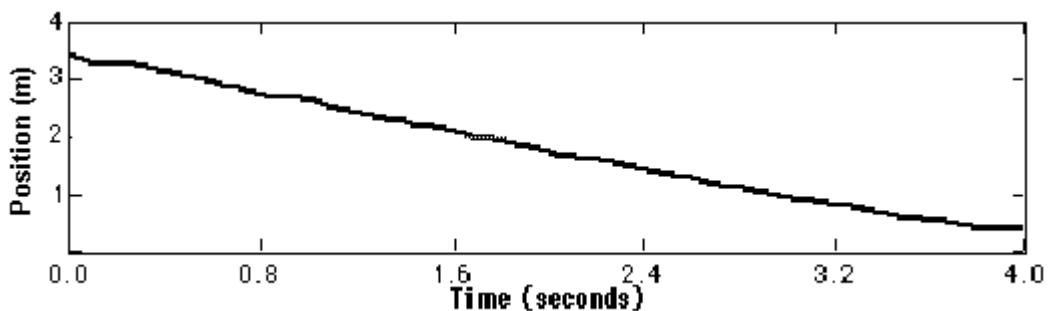
Dopo la presentazione delle caratteristiche del sistema si possono svolgere ulteriori esperimenti e raccogliere le impressioni degli studenti sul significato dei grafici ottenuti.

Si chiede poi di eseguire movimenti regolari (con andatura regolare) davanti al sonar.

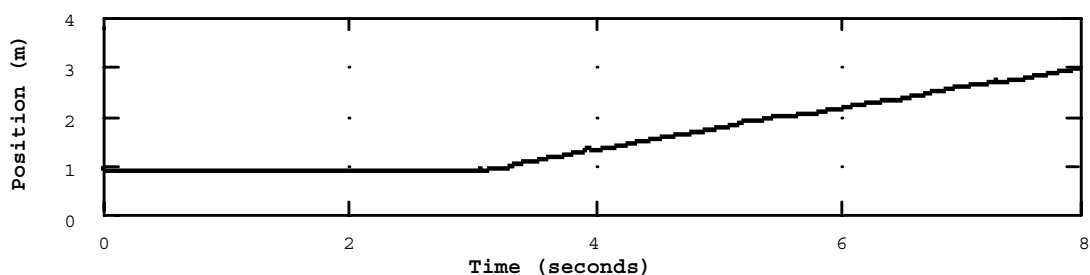
Grafici tipici



Il grafico, sopra riportato, descrive una passeggiata eseguita a passo regolare durante un moto di allontanamento dal sonar. La registrazione è durata 5 secondi ed ha avuto inizio ad una distanza della persona dal sonar di poco minore di 2 metri ed è terminata a 4 metri dal sonar. In 5 secondi il cammino (o lo spazio percorso) è quindi di 2 metri, non coincidente ovviamente con la posizione finale (o distanza dal sonar) pari a 4 metri. E' importante far notare che il tempo iniziale e finale sono relativi alla registrazione e non all'inizio-fine della passeggiata (avvio-arresto) su cui non abbiamo informazioni. Queste informazioni come del resto quella riguardante la traiettoria sono invece associate all'osservazione diretta del movimento e non sono contenute nel grafico mostrato.



Il grafico, sopra riportato, descrive una passeggiata eseguita sempre a passo regolare ma questa volta in avvicinamento al sonar. All'inizio della registrazione la posizione rispetto al sonar è di circa 3,5 metri, dopo 4 secondi, la posizione è pari a circa 0,5 metri.



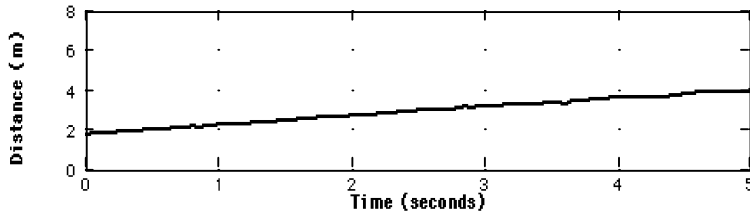
Il grafico in alto descrive un moto che può essere descritto in due intervalli: (0;3s) (circa) il "camminatore" è fermo ad 1 metro di distanza dal sonar; (3s;8s) il "camminatore" si allontana portandosi a t=8s a 3 metri dal sonar. Nell'intero intervallo (0;8s) lo spazio percorso è di 2 metri.

Dall'analisi dei moti e dei relativi grafici si instaura una discussione su di essi sulle loro caratteristiche. In particolare si può mirare a riconoscere sul grafico il moto effettuato (Il grafico che si vede sullo schermo contiene l'informazione relativa al moto effettuato? Che tipo di informazione?).

L'analisi dei grafici ha come obiettivo il far acquisire o rinforzare la capacità dei ragazzi:

- di leggere un grafico distanza-tempo tramite l'andamento globale;
- di leggere puntualmente un grafico distanza-tempo, individuando le coppie (istante di tempo, posizione corrispondente);
- di calcolare distanze percorse dalla lettura di grafici distanza-tempo, con individuazione della distanza percorsa in un dato intervallo di tempo.

Lettura del grafico:



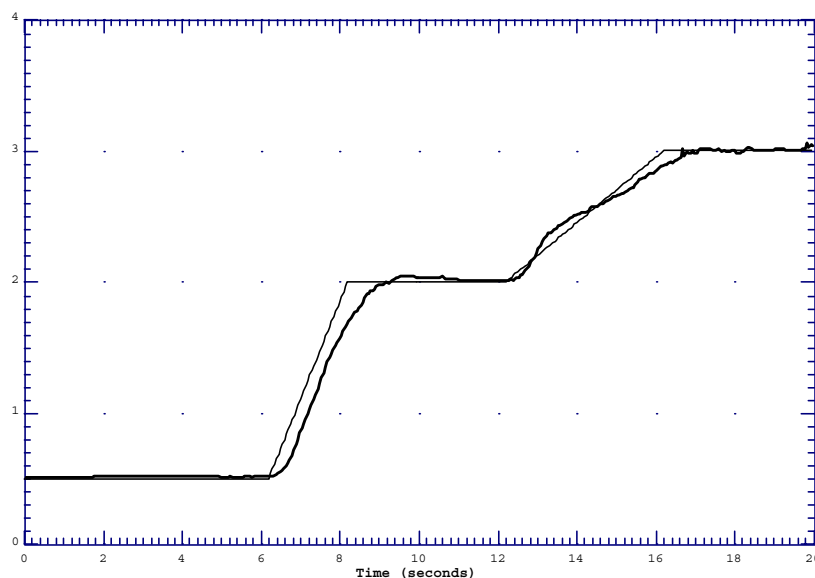
- linea retta con pendenza positiva,
- allontanamento dal sonar;
- pendenza costante, passo regolare;
- a 0 secondi 2 metri, .. , a 5 secondi 4 metri;
- in 5 secondi sono stati percorsi 2 metri
- ...

Un grafico posizione-tempo mostra la posizione dell'ostacolo nei vari istanti di tempo in cui essa è stata calcolata dall'apparato sonar + calcolatore, cioè mostra la storia del moto prodotto anche chiamata **legge del moto**. Dal grafico è infatti possibile ricavare una informazione su **dove** e **quando** si trovava l'oggetto o la persona che si è mossa davanti al sonar. Questo tipo di informazione (dove e quando) è anche contenuta nella funzione matematica $s(t)$ che è chiamata legge oraria e che rappresenta, allo stesso modo del grafico, come varia rispetto al tempo la posizione di chi si muove.

La descrizione del moto in una varietà di modi correlati: a parole, con disegni schematici, con un'equazione, con un grafico, con un video, con una foto stroboscopica, ecc. è un'attività ricca che va guidata e sostenuta con esercizi mirati.

Si introduce poi un esercizio sperimentale (distance match) che coinvolge l'intera classe.

distance (m)



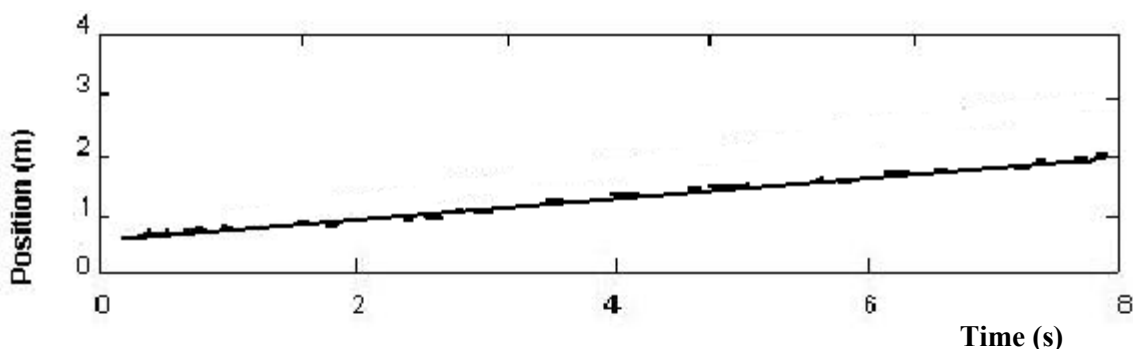
L'esercizio sperimentale fa riferimento alla figura in alto nella quale sono presenti due grafici di leggi orarie: uno a tratto sottile costituita da tratti rettilinei (orizzontale-obliquo-orizzontale-obliquo) l'altro a tratto marcato che si sovrappone al primo. Su grande schermo viene proposto il grafico a tratti rettilinei e tutti i ragazzi sono chiamati a riprodurre nel migliore dei modi il grafico iniziale muovendosi davanti al sonar. Nella nostra esperienza il gioco è coinvolgente ed emozionante e

permette di introdurre concetti che si rivelano essenziali per ottenere buone performances e riflettere sui grafici ottenuti.

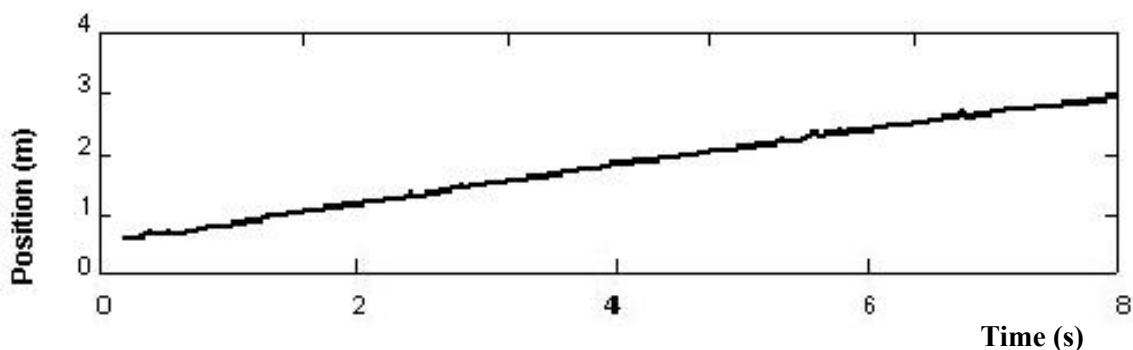
Schematicamente le sequenze del gioco sono:

- Si presenta il grafico da riprodurre e si invitano i ragazzi a riflettere individualmente su come muoversi per riprodurlo.
- Si invitano i ragazzi a provare: c'è sempre qualcuno che si sente più sicuro e inizia.
- Si apre naturalmente una sfida con l'insegnante che cerca di far partecipare anche i più insicuri.
- In pochi tentativi si ottengono buoni risultati grazie al fatto che si impara collettivamente con aggiustamenti che diventano oggetto di discussioni che coinvolgono l'intera classe. Il grafico in figura mostra una buona riproduzione che permette di vedere come una delle difficoltà persistenti consista nell'allontanarsi (la seconda volta) con una velocità minore della prima. La persona che ha realizzato l'esercizio ha corretto nello stesso allontanamento l'"errore" con una diminuzione della velocità.
- Alla fine dell'esercizio-gioco la lettura puntuale del grafico può aiutare ad introdurre i concetti chiave relativi al moto rettilineo (velocità diverse, velocità costante, velocità media...). Ma il gioco può essere anche l'occasione per approfondire aspetti che riguardano la percezione motoria.

A questo punto si chiede di realizzare diversi moti "regolari" di allontanamento (a velocità approssimativamente costanti).



Allontanamento regolare.



Allontanamento regolare con velocità maggiore dell'allontanamento precedente.

Questa parte può concludersi con la constatazione che allontanamenti con velocità maggiore sono rappresentati da rette con maggiore inclinazione.

SISTEMI DI RIFERIMENTO

Per introdurre la necessità di esplicitare il sistema di riferimento rispetto a cui viene descritto il moto e distinguere tra ciò che resta invariato e ciò che cambia al variare del sistema di riferimento si propongono alcune esperienze stimolo:

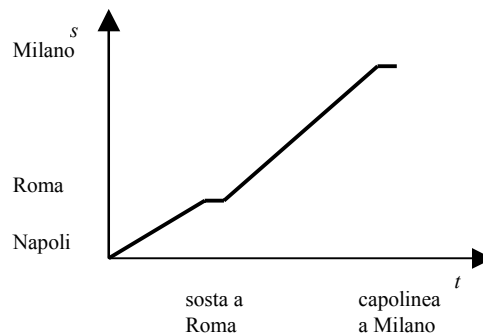
- si allontana con velocità costante il sonar dalla parete e si chiede di interpretare il grafico distanza tempo;
- si fa traslare a velocità costante il sistema sonar-oggetto rivelato in modo che tra questi ultimi due sia costante la distanza,
- si fa muovere il sonar mentre un ragazzo che viene rivelato gli viene incontro;
- si modifica la configurazione del sistema in modo da traslare l'origine della posizione;
- si inverte il senso allontanamento/avvicinamento, aumento/diminuzione della posizione.

TRAIETTORIA E STORIA DEL MOTO

Facendo realizzare diversi moti vari (quindi grafici orari diversi) aventi la stessa traiettoria si può riprendere la discussione sulla distinzione tra traiettoria e legge oraria.



Traiettoria percorsa da un treno che parte da Napoli per Milano, con un'unica fermata a Roma.



Legge oraria $s(t)$ del moto di un treno sulla tratta Milano - Napoli con un'unica fermata Roma; nella tratta Napoli - Roma e Roma - Milano si è supposto che il convoglio viaggiasse in modo regolare.

Nella legge del moto c'è una informazione temporale che non è presente nella traiettoria di quel moto.

Per aiutare a visualizzare traiettorie si possono fare diversi esempi:

- immaginiamo un ciclista che percorre un tratto di strada su una bicicletta dietro alla quale è attaccato un pennello, che traccia una scia durante il moto. Anche in questo caso le informazioni su come "il ciclista si muove" (se rallenta, se si ferma, ecc.) sono contenute nella legge del moto, mentre la traiettoria del moto è rappresentata dalla traccia lasciata dal pennello.
- un tratto di autostrada è la traiettoria per migliaia di veicoli che la percorrono giornalmente; la legge del moto può fornire le informazioni sulla relazione posizione (a che chilometro dall'origine-casello) - tempo (con tempo 0 passaggio casello-origine) di un'auto.

Poiché lungo lo stesso percorso è possibile muoversi in tantissimi modi, **alla stessa traiettoria corrispondono moltissime (infinite)** leggi orarie $s(t)$, a seconda di come ci si muove (andando avanti, andando indietro, andando piano, correndo, fermandosi ogni tanto, ecc..).

BIBLIOGRAFIA

"Cinematica " Progetto di ricerca FISISS - Esperimento B, *E. Balzano - G. Giberti - G. Monroy - E. Sassi*, Dipartimento di Scienze Fisiche - Napoli.

SITI CONSIGLIATI

<http://www.sciam.com/explorations/1998/122198sound/bird.html>

<http://www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/Class/1DKin/1DKinTOC.html>