

PERCORSO DIDATTICO DI	FISICA
PER	PER UN APPROCCIO SPERIMENTALE ALLE EQUAZIONI DEI GAS
Ambito disciplinare	<p>Il laboratorio è un luogo di apprendimento unico ed insostituibile, soprattutto perché insegna quanto il comportamento del mondo reale sia caotico, imprevedibile, lontano dalla semplicità dei modelli proposti nel corso delle lezioni teoriche di fisica, chimica o biologia. Proprio questa ricchezza risulta a volte di ostacolo al docente, che in una certa fase ha magari poco tempo a disposizione, o scarsa disponibilità di collaborazione tecnica e didattica.</p> <p>Possono risultare utili, in queste circostanze, approcci basati su sistemi di acquisizione in linea o su programmi di modellizzazione.</p> <h3>Software di acquisizione in linea</h3> <p>Un sistema di acquisizione in linea è costituito in genere da questi elementi: uno o più sensori, un'interfaccia collegata ad un PC, un programma per la gestione dei sensori e dei dati che da essi provengono. Le operazioni che tipicamente si compiono da programma spaziano in un ambito vasto:</p> <ul style="list-style-type: none">• definire i sensori collegati,• calibrarli quando è necessario,• scegliere le modalità di visualizzazione (display analogici o digitali, tabelle, grafici),• scegliere le modalità di campionamento (la frequenza, le condizioni di avvio e di arresto),• salvare i dati acquisiti in un formato opportuno,• manipolare i dati ottenuti (calcolare parametri statistici, interpolare con funzioni, derivare ed integrare) <p>Per il sistema di acquisizione dati della Pasco vedi: http://www.elitalia.it</p> <p>Per un analogo sistema della Paravia vedi: http://www.paravia.it/sussidi/sp-online.htm</p> <p>Per il sistema CoachLab-Vernier vedi: http://www.campustore.it/</p> <h3>Software di modellazione</h3> <p>Un programma di modellizzazione consente di costruire modelli di</p>
<ul style="list-style-type: none">• Fisica	
Contesto	
<ul style="list-style-type: none">• Scuola media superiore	
Prerequisiti	
<ul style="list-style-type: none">• Conoscenza delle grandezze meccaniche: massa, velocità, quantità di moto. Conoscenza delle grandezze termodinamiche: pressione e temperatura. Un'idea, anche rudimentale, del fatto che la materia è fatta di particelle microscopiche	
Contenuti	
<ul style="list-style-type: none">• Trasformazioni dei gas: isoterme, isobare, isocore	
Strumenti	
<ul style="list-style-type: none">• Laboratorio di fisica• Sistema di acquisizione on line• Foglio elettronico• Software di modellizzazione	
Metodologie	
<ul style="list-style-type: none">• Misure• Elaborazione di dati sperimentali• Modellizzazione	
Tempi	
<ul style="list-style-type: none">• Il percorso può essere completato in cinque/sei sessioni di laboratorio da due ore ciascuna.	



sistemi fisici la cui evoluzione temporale è regolata dalle equazioni di Newton e di Maxwell. A seconda del tipo di software che si usa gli oggetti che si manipolano possono essere:

- oggetti grafici che vivono e si muovono sullo schermo, quindi veri e propri modelli bidimensionali dell'oggetto reale: l'evoluzione temporale è descritta dalla sequenza di immagini che si succedono sullo schermo
- sistemi di equazioni alle differenze finite che dicono come evolvono nel tempo le grandezze caratteristiche del sistema reale

"Interactive Physics" è un software di modellizzazione: informazioni all'indirizzo:

<http://www.campustore.it/>

Allo stesso indirizzo informazioni su "Coach 5": un software che integra gli aspetti di acquisizione con quelli di modellizzazione.

La seguente proposta di lavoro, più che a suggerire un approccio metodologico, mira a fornire un esempio concreto, sia pure rapido e schematico.

[Entra nel Percorso Didattico](#)

Percorso didattico di	Fisica
Per	Studiare le trasformazioni dei gas da un punto di vista sperimentale
Obiettivi	<h2>Esegui il percorso</h2> <p><u>Obiettivo 1</u> Studiare le trasformazioni dei gas da un punto di vista sperimentale</p> <p><u>Attività 1</u> Una trasformazione a temperatura costante.</p> <p><u>Attività 2</u> Una trasformazione a volume costante.</p> <p><u>Attività 3</u> Una trasformazione a pressione costante.</p>

Obiettivo 1 →
Studiare le trasformazioni dei gas da un punto di vista sperimentale

↓

Obiettivo 2
Elaborare i dati sperimentali ottenuti nel corso delle tre trasformazioni analizzate.

↓

Obiettivo 3
Esplorare i rudimenti del modello particellare di un gas, utilizzando un [software di modellizzazione](#).

PERCORSO DIDATTICO DI	Fisica
OBIETTIVO 1	Studiare le trasformazioni dei gas da un punto di vista sperimentale
ATTIVITÀ 1	Una trasformazione a temperatura costante

Per questa attività serve il [sistema di acquisizione in linea](#), in particolare ci serviremo di un sensore differenziale di pressione. Si tratta di un sensore a due ingressi: il primo sottoposto alla pressione atmosferica, il secondo alla pressione che si vuole misurare. L'uscita verso l'interfaccia è la differenza tra le pressioni registrate dai due ingressi. La pressione che vogliamo misurare è quella che c'è dentro una siringa (di quelle grandi che si comprano in farmacia, da 60ml) a mano a mano che il pistone avanza, comprimendo l'aria dentro alla siringa. L'acquisizione è comandata da tastiera, quindi avviene in 3 fasi:

1. si immette da tastiera il valore del volume voluto (ad esempio 25ml),
2. si regola il pistone in modo che l'aria abbia quel volume,
3. si legge il valore della pressione.

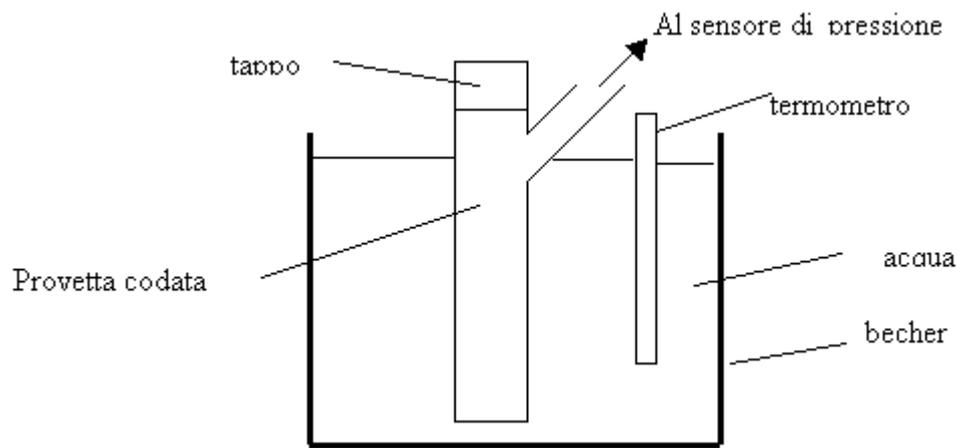
PERCORSO DIDATTICO DI	Fisica
OBIETTIVO 1	Studiare le trasformazioni dei gas da un punto di vista sperimentale
ATTIVITÀ 2	Una trasformazione a volume costante

Anche qui usiamo il [sistema di acquisizione](#), utilizzando come sonde un sensore di pressione ed uno di temperatura. Ecco un esempio di come si opera con il programma Coach 5 Junior che pilota l'interfaccia CoachLab II.

The screenshot displays the Coach 5 Junior software interface. The title bar reads "Coach 5 Junior - CoachLab II - 3.The Laboratory - Physics Lab". The menu bar includes "File", "Start", "Display", "Options", "Window", and "Help". The toolbar contains various icons for file operations and data acquisition. Two windows are open: "Analog In 1 : Baro sensor" and "Analog In 2 : Temperature sensor". The "Baro sensor" window shows a reading of "1003 mbar". The "Temperature sensor" window shows a reading of "27.6 °C". Below these windows is a virtual lab interface with a central panel labeled "Coach Lab II" and a grid of sensor icons on the left. The sensor icons include "temp", "force", "counter", "wind", "bero", "gm", "angle", "sound", "pressure", and "light". The "temp" and "pressure" icons are highlighted, indicating they are selected for data acquisition. The bottom status bar reads "Coach 5 V2.0 Copyright © 2000 CMA".

La parte bassa dello schermo riporta l'immagine dell'interfaccia, sulla sinistra ci sono le icone dei sensori disponibili. Nel caso mostrato due icone, corrispondenti ai sensori di pressione e di temperatura, sono state trascinate sulle immagini che rappresentano gli input analogici dell'interfaccia (è importante che l'azione corrispondente sia stata prima effettuata sugli oggetti reali!).

Le due finestre nella parte alta dello schermo visualizzano i valori letti dai due sensori, il bottone verde permette di avviare l'acquisizione, quindi la registrazione dei dati. Ci serve poi una provetta codata, ben tappata in modo che l'aria non sfugga.

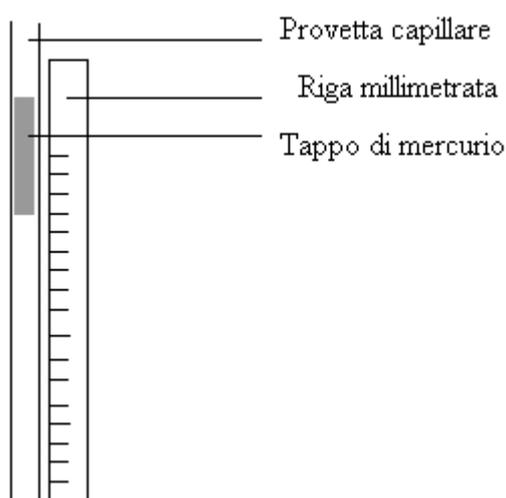


Accendiamo la fiamma sotto il becher ed avviamo l'acquisizione: ad intervalli di 10 - 20 secondi registriamo coppie di valori (temperatura, pressione).

--	--

PERCORSO DIDATTICO DI	Fisica
OBIETTIVO 1	Studiare le trasformazioni dei gas da un punto di vista sperimentale
ATTIVITÀ 3	Una trasformazione a pressione costante.

E' un'attività difficile da realizzare con strumentazione in linea. Una buona alternativa è quella di utilizzare una provetta capillare, nella quale viene inserita, tramite una siringa, una goccia di mercurio. Serve poi una riga millimetrata, da affiancare alla provetta come mostrato in figura:



Come prima, provetta e riga (è bene che sia metallica!) vengono immerse nell'acqua contenuta in un becher: un termometro ne misura la temperatura. Il gas del quale studiamo il comportamento è l'aria intrappolata tra il fondo della provetta ed il tappo di mercurio. Accendendo la fiamma sotto al becher la temperatura dell'aria sale, la sua pressione non cambia perché il tappo si solleva, e si tratta quindi di misurare, a intervalli di 30 secondi, coppie (temperatura, volume).

Percorso didattico di	Fisica
Per	Studiare le trasformazioni dei gas da un punto di vista sperimentale
Obiettivi	Esegui il percorso
<p><u>Obiettivo 1</u> <i>Studiare le trasformazioni dei gas da un punto di vista sperimentale</i></p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p><u>Obiettivo 2</u> →</p> <p><i>Elaborare i dati sperimentali ottenuti nel corso delle tre trasformazioni analizzate.</i></p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p><u>Obiettivo 3</u> <i>Esplorare i rudimenti del modello particellare di un gas, utilizzando un software di modellizzazione.</i></p>	<p><u>Obiettivo 2</u> Elaborare i dati sperimentali ottenuti nel corso delle tre trasformazioni analizzate.</p> <p><u>Attività 1</u> Elaborazione dei dati ottenuti in una trasformazione a temperatura costante</p> <p><u>Attività 2</u> Elaborazione dei dati ottenuti in una trasformazione a volume costante.</p> <p><u>Attività 3</u> Elaborazione dei dati ottenuti in una trasformazione a pressione costante.</p> <p><u>Attività 4</u> Costruire l'equazione dei gas rarefatti.</p>

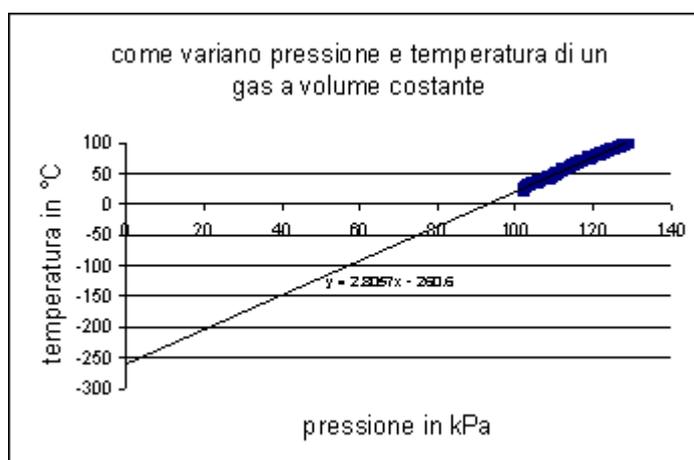
Servizio Documentazione Software Didattico

PERCORSO DIDATTICO DI	Fisica
OBIETTIVO 2	Elaborare i dati sperimentali ottenuti nel corso delle tre trasformazioni analizzate.
ATTIVITÀ 1	Elaborazione dei dati ottenuti in una trasformazione a temperatura costante.
<p>La tabella che si ottiene, ed il relativo grafico, descrivono il tipico andamento di una proporzionalità inversa. Operando con un foglio elettronico si può, ad esempio, mostrare l'andamento della pressione in funzione del reciproco del volume: la proporzionalità diretta che si ottiene può aiutare gli studenti a capire meglio cosa significhi proporzionalità inversa.</p>	

PERCORSO DIDATTICO DI	Fisica
OBIETTIVO 2	Elaborare i dati sperimentali ottenuti nel corso delle tre trasformazioni analizzate.
ATTIVITÀ 2	Elaborazione dei dati ottenuti in una trasformazione a volume costante.

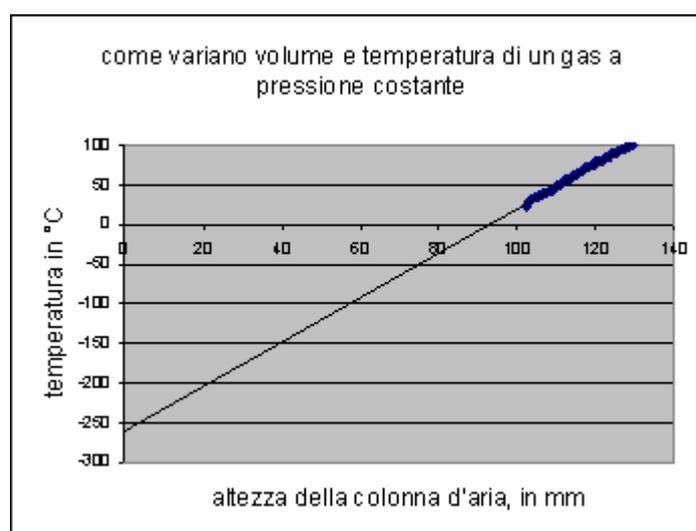
Nella figura che segue sono riportati i dati ottenuti in un tipico esperimento. I dati ricavati dal sistema di acquisizione sono stati esportati su un foglio elettronico, poi sono stati estrapolati alle basse temperature. Il risultato è sorprendente: estrapolando ad una temperatura che si colloca tra -250°C e -300°C la pressione si dovrebbe ridurre a zero, al di sotto di tale temperatura la pressione dovrebbe assumere addirittura un valore negativo.

Ma cosa potrebbe mai essere una pressione negativa?



PERCORSO DIDATTICO DI	Fisica
OBIETTIVO 2	Elaborare i dati sperimentali ottenuti nel corso delle tre trasformazioni analizzate.
ATTIVITÀ 3	Elaborazione dei dati ottenuti in una trasformazione a pressione costante.

Ecco i dati che si ottengono in un tipico esperimento:



Ancora una volta, estrapolando alle basse temperature, il volume del gas dovrebbe ridursi a zero per una temperatura compresa tra -250°C e -300°C .

PERCORSO DIDATTICO DI	Fisica
OBIETTIVO 2	Elaborare i dati sperimentali ottenuti nel corso delle tre trasformazioni analizzate.
ATTIVITÀ 4	Costruire l'equazione dei gas rarefatti.

Per prima cosa chiediamo agli studenti un atto di fede: esperimenti a volume costante e a pressione costante, condotti con mezzi più raffinati di quelli a noi accessibili, rivelano che la retta estrapolata incontra l'asse delle temperature nel punto -273°C .

Poi un'osservazione di carattere metodologico: se in entrambi i grafici si trasla l'asse delle ascisse in corrispondenza del valore -273°C , allora il legame tra pressione e temperatura (a volume costante) e il legame tra volume e temperatura (a pressione costante) sono descritti da rette che passano per l'origine.

Traslare l'asse delle ascisse significa, in entrambi i casi, usare una nuova scala per le temperature, in cui il valore 0 corrisponde al valore -273 della scala centigrada.

Se chiamiamo t la temperatura espressa in $^{\circ}\text{C}$, e T la temperatura espressa in questa nuova scala, abbiamo la semplice relazione:

$$T = t + 273$$

Chiameremo T temperatura assoluta. Se reinterpretiamo i risultati dei tre esperimenti in termini della temperatura assoluta T abbiamo questo risultato, semplice ed elegante:

quando T è costante: P è inversamente proporzionale a V

quando V è costante: P è direttamente proporzionale a T

quando P è costante: V è direttamente proporzionale a T

Un altro atto di fede: le stesse conclusioni si raggiungono qualunque sia il gas utilizzato, con l'unica condizione che il gas sia sufficientemente rarefatto. I risultati ottenuti nei tre esperimenti si possono raccogliere in un'unica equazione, che si chiama perciò equazione dei gas rarefatti:

$$P \times V = \text{costante} \times T$$

Percorso didattico di	Fisica
Per	Studiare le trasformazioni dei gas da un punto di vista sperimentale
Obiettivi	Esegui il percorso
<p><u>Obiettivo 1</u> <i>Studiare le trasformazioni dei gas da un punto di vista sperimentale</i></p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p><u>Obiettivo 2</u> <i>Elaborare i dati sperimentali ottenuti nel corso delle tre trasformazioni analizzate.</i></p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p><u>Obiettivo 3</u> → <i>Esplorare i rudimenti del modello particellare di un gas, utilizzando un software di modellizzazione.</i></p>	<p><u>Obiettivo 3</u> Esplorare i rudimenti del modello particellare di un gas, utilizzando un software di modellizzazione.</p> <p><u>Attività 1</u> Se la materia è fatta di particelle elementari, cosa distingue il comportamento di un gas da quello di un solido?</p> <p><u>Attività 2</u> Si può cominciare a complicare il modello: cosa succede se le palle sono due o più?</p> <p><u>Attività 3</u> Da proporre nel caso la classe fosse più interessata al biliardo che ai gas rarefatti: come funzionano i colpi ad effetto?</p>

Servizio Documentazione Software Didattico

PERCORSO DIDATTICO DI	Fisica
OBIETTIVO 3	Esplorare i rudimenti del modello particellare di un gas, utilizzando un software di modellizzazione.
ATTIVITÀ 2	Si può cominciare a complicare il modello: cosa succede se le palle sono due o più?
<p>Prima osservazione, banale ma importante: le palle urtano l'una con l'altra. Ci aiuta a ricordare che, a volte, chiediamo ad un modello di fare quello che gli oggetti reali non possono assolutamente fare, ad esempio evitare gli urti. Fissando l'attenzione su una di esse, si può osservare come il comportamento ordinato descritto nell'attività precedente si complichino in modo catastrofico nel momento in cui urta un'altra palla invece che una parete: il modulo della velocità, ad esempio, cambia in modo difficile da prevedere. E' un'utile premessa ad attività ben più complesse dal punto di vista concettuale, come ad esempio una discussione del concetto di distribuzione statistica delle velocità.</p>	

PERCORSO DIDATTICO DI	Fisica
OBIETTIVO 3	Esplorare i rudimenti del modello particellare di un gas, utilizzando un software di modellizzazione.
ATTIVITÀ 1	Se la materia è fatta di particelle elementari, cosa distingue il comportamento di un gas da quello di un solido?

E' facile azzardare un'ipotesi: mentre in un solido le particelle sono, più o meno rigidamente, legate tra di loro, in un gas esse sono libere di muoversi, almeno nei limiti del recipiente nel quale il gas è contenuto. Potremmo insomma paragonare il loro comportamento a quello di palle che si muovono su di un biliardo. Già: ma come si muovono le palle su di un biliardo? E' uno di quei casi in cui, costretti a malincuore a rinunciare ad una sperimentazione sul campo, ci accorgiamo dell'utilità di un software di modellizzazione. La figura mostra quel che si può fare, ad esempio, con Interactive Physics 2000: sono ben visibili le pareti del biliardo, ed una palla di cui sono visualizzate le componenti della velocità (nella finestra intitolata velocità di cerchio 9).

Il modello descritto nella figura 5 è stato ottenuto così:

- per prima cosa si sono costruite le pareti del biliardo, che sono oggetti bidimensionali di massa infinita: le ancore su ciascuna di esse dicono proprio che esse non possono spostarsi in seguito ad un urto
- poi si è costruita la palla: è un oggetto bidimensionale la cui caratteristiche (massa, velocità iniziale, attrito con la superficie...) possono essere regolate a piacere
- infine si è per così dire spenta la forza di gravità (se ci si dimentica di farlo la forza agisce verso il basso della figura, come se il biliardo fosse poggiato su di una sponda invece di stare dritto sulle gambe)

Il pulsante avvia permette di simulare l'evoluzione temporale del sistema: il suo effetto è perciò quello di mostrare il moto della palla.

The screenshot shows the 'Interactive Physics' software window. The title bar reads 'Interactive Physics - [SenzaTitolo1]'. The menu bar includes 'File', 'Modifica', 'Sistema', 'Visualizza', 'Oggetto', 'Definisci', 'Misura', 'Script', and 'Finestra ?'. The toolbar contains icons for file operations (new, open, save, print, help), navigation (arrow, undo, redo), and simulation control ('Avvia', 'Stop II', 'Reset'). A vertical toolbar on the left offers various drawing tools (circle, square, rectangle, line, arc, ellipse, text, image, etc.) and options like 'Unisci' and 'Dividi'. The main workspace shows a rectangular container with a ball inside. A data panel for 'Cerchio 9' is open, showing the following values:

Velocità di Cerchio 9	
V _x	1.000 m/s
V _y	-1.000 m/s
M	1.414 m/s
V _ω	0.000 rad/s

Il risultato che si ottiene dipende naturalmente dalle condizioni che abbiamo fissato, per esempio: i coefficienti di attrito statico e dinamico, il grado di elasticità degli urti che si verificano tra palla e pareti, il fatto che la palla abbia oppure no un moto di rotazione oltre che di traslazione (nel caso in figura, il fatto che $V_{\omega} = 0.000 \text{ rad/s}$ significa che il moto della palla è di sola traslazione).

Semplificando via via le condizioni, giungiamo a comprendere il significato del più semplice modello microscopico di un gas: un insieme di molecole, poco numerose in rapporto al volume disponibile, soggette quindi ad urti contro le pareti ma non ad urti tra di loro, animate di solo moto traslatorio, che ad ogni urto contro una parete mantengono inalterato il modulo della velocità, cambiando però il segno della componente perpendicolare alla parete urtata.

Servizio Documentazione Software Didattico

PERCORSO DIDATTICO DI	Fisica
OBIETTIVO 3	Esplorare i rudimenti del modello particellare di un gas, utilizzando un software di modellizzazione.
ATTIVITÀ 3	Da proporre nel caso la classe fosse più interessata al biliardo che ai gas rarefatti: come funzionano i colpi ad effetto?

Per rispondere basta avviare una simulazione in cui la palla è animata di moto rotatorio (intorno ad un asse perpendicolare al piano in cui si muove). Al di là del contesto ludico, è una buona occasione per riflettere su come la descrizione si complica nel momento in cui viene immagazzinata energia in gradi di libertà interni.

--	--