

Preparazione Prova Pratica, concorso ordinario (A027, A020)

Antonio Principe

17 giugno 2022

Pensato per chi debba svolgere la prova pratica, ma soprattutto **per chi è entrato poco (o mai) in un laboratorio di fisica**: non dovrebbe essere così, ma tant'è. I consigli sono frutto di esperienza personale (lavoro di ricerca e scolastico), confronto con docenti (di scuola ed universitari) ed altri candidati in differenti regioni che hanno già sostenuto con successo la prova pratica di fisica.

Indice

1	Bibliografia minima	2
2	Esperimenti scolastici (per effettuare misure quantitative)	2
2.1	Strumenti ed attrezzatura da saper utilizzare: il "minimo sperimentale"	2
2.2	Lista possibili prove pratiche	3
2.2.1	Grandezze	3
2.2.2	Cinematica e dinamica	3
2.2.3	Termodinamica	3
2.2.4	Fluidi	3
2.2.5	Onde	4
2.2.6	Elettricità	4
2.2.7	Corrente non continua: transitori ed alternata	4
2.2.8	Fisica Moderna	4
3	Consigli sparsi...	4
4	Schema minimo di una relazione di laboratorio (scolastica)	6
4.1	Titolo	6
4.2	Scopo e descrizione	6
4.3	Strumentazione	7
4.4	Presentazione dati	7
4.5	Analisi dati	7
4.6	Conclusioni	7
5	Formule esatte e semplificate per la regressione lineare	7
5.1	Con modello lineare $y = mx + q$	8
5.2	Con intercetta nulla: proporzionalità diretta $y = kx$	8

1 Bibliografia minima

- J.R. Taylor, "Analisi degli errori", Zanichelli: [download!](#) (testo universitario: è il riferimento per poter parlare, con una qualche competenza, di analisi dei dati).
- "Il laboratorio di fisica", Zanichelli: semplice e schematico (analisi dati scolastica)
- Palladino Bosia, "Fisica: metodi e modelli per interpretare la realtà": vecchio testo per il biennio, ricco di prove sperimentali (analisi dati molto elementare).
- Walker, "Corso di fisica (laboratorio)": si trova una versione in pdf online di parte del libro (credo fuori commercio).

Iniziate basandovi sul Taylor e sul primo testo della Zanichelli ed utilizzando il web, YouTube in particolare.

2 Esperimenti scolastici (per effettuare misure quantitative)

Molte delle prove seguenti sono effettivamente uscite nei concorsi ordinari STEM 2021 e 2022, con più o meno frequenza. Alcune sono invece più particolari ed andrebbero considerate in seconda o terza battuta: capitano raramente, ma in caso avvenga c'è il rischio di consegnare la relazione in bianco, se non si sa proprio come muoversi: è capitato ad una percentuale minima di candidati. Non spaventatevi dal numero di prove, quelle più gettonate sono non più di 10-15 (potete leggere subito la sezione 3). Si tratta in ogni caso di prove che si prestano a misure quantitative e non semplicemente "dimostrative", come quelle sul magnetismo, ad esempio, che non compaiono nella lista.

I punti su cui prepararsi sono in sostanza 3:

- pianificazione e presa dei dati;
- analisi dei dati;
- presentazione dei risultati (la "relazione di laboratorio").

2.1 Strumenti ed attrezzatura da saper utilizzare: il "minimo sperimentale"

Uso di: calibro, dinamometro, piattelli portamasse, cronometro, bilancia analogica a piatti, multimetro digitale (tester per misure di resistenza, tensione, corrente), breadboard per misure elettriche, generatore di tensione, rotaia a cuscino d'aria con fotocellule, calorimetro, manometro ad U, banco ottico con lenti e laser. Esperienza nella lettura di scale analogiche e nella loro eventuale interpolazione: termometri, cilindri graduati, calibri.

2.2 Lista possibili prove pratiche

2.2.1 Grandezze

Misure di aree e volumi di figure irregolari, trovare il baricentro di figure irregolari, stimare i chicchi di riso in 1 kg, peso del pigreco, verifica regola parallelogramma, composizione vettoriale delle forze sul tavolo di Varignon, misura densità con misure dirette di massa e volume o per immersione.

2.2.2 Cinematica e dinamica

- Rotaia a cuscino d'aria: verifica moto uniforme, moto uniformemente accelerato, verifica del teorema dell'impulso, urti elastici in una dimensione.
- Macchine semplici: leve di prima, seconda e terza specie, sistemi di carrucole (paranchi).
- Cinematica sparsa: moto circolare uniforme e misura delle principali grandezze che lo caratterizzano.
- Piano inclinato e guida parabolica: cinematica del piano inclinato, verifica della seconda legge di Newton, conservazione dell'energia con piano inclinato, moto parabolico con guida curvilinea, misura della gittata con guida curvilinea e verifica principio di conservazione dell'energia, conservazione quantità di moto con guida parabolica, moto parabolico: verifica legge di composizione di due moti piani, moto di una sferetta su piano inclinato.
- Molle: taratura di un dinamometro, legge di Hooke, molle in serie e parallelo, moto armonico (misura di g con massa e molla), legge di conservazione dell'energia con una molla.
- Pendolo: misura di lunghezza, misura di periodo, dipendenza dalla lunghezza, indipendenza dall'angolo per piccole oscillazioni o studio della dipendenza dall'angolo, indipendenza dalla massa e moto armonico (misura di g con massa e pendolo), legge di conservazione dell'energia con un pendolo.
- Attrito: dipendenza della forza di attrito statico dalla forza normale, misura della forza d'attrito radente su piano orizzontale e piano inclinato con carrello di massa nota, misura della forza di attrito volvente su piano orizzontale, misura del coefficiente d'attrito radente su piano orizzontale, misura della forza di attrito volvente su piano inclinato con carrello di massa nota.

2.2.3 Termodinamica

Calorimetro (massa equivalente) e calore specifico incognito, misura della temperatura di un corpo (data massa e calore specifico) con metodo calorimetrico, determinazione massa di un corpo di dato calore specifico, misura del calore latente di fusione del ghiaccio. Verifica della legge fondamentale della calorimetria.

2.2.4 Fluidi

Principio di Archimede (peso in aria, peso in acqua), barometro di Torricelli, legge di Boyle, trasformazioni isocore ed isobare, manometro a U: legge di Stevin e per misure di pressione e di densità incognite.

2.2.5 Onde

Riflessione e rifrazione della luce, con lenti e prismi. Ottica: legge di Snell, legge dei punti coniugati dato un sistema di lenti, interferenza con cuneo sottile (una chicca), esperimento di Young (doppia fenditura con laser), misura focale lente convergente o sistema di lenti, determinazione dell'angolo limite (banco ottico laser).

2.2.6 Eletticità

Leggi di Ohm: prima legge e seconda legge (verifica relazione tra lunghezza e resistenza, tra sezione e resistenza), resistenza equivalente di un dato sistema di resistori, resistività dei materiali, ponte di Wheatstone, verifica risoluzione di circuiti con breadboard, determinazione dell'intensità di corrente che attraversa un elemento riscaldante con metodo calorimetrico, misura della resistività di un conduttore metallico, misura dell'effetto Joule.

2.2.7 Corrente non continua: transistori ed alternata

Carica e scarica di un condensatore (RC), apertura e chiusura di un circuito RL con tempi lunghi (uso di un multimetro) o con tempi brevi (uso dell'oscilloscopio). Studio di un circuito RLC con oscilloscopio: qui siamo ad esperimenti di "alto livello". Analisi del trasformatore.

2.2.8 Fisica Moderna

Misura della costante di Planck (con effetto fotoelettrico): il laboratorio dovrebbe essere al top in questo caso, come per il punto precedente, e la commissione piuttosto insana o in vena di bocciare.

3 Consigli sparsi...

- **Le prove più comuni:** piano inclinato (misure di cinematica e dinamica), molle, pendoli, lenti e punti coniugati, calorimetria, leggi di Ohm. Non c'è uniformità, conta solo la fortuna: potreste passare da prove semplici, da scuola elementare, a prove più complesse ed articolate, con misure elettriche o ottiche. Dunque partite da quelle più gettonate, ma non trascurate quelle "meno comuni" (ma comunque scolastiche), come ad esempio seconda legge di Ohm, esperimento di Young, manometro ad U e così via: sono capitate nello STEM 2022 e 2021.
- Internet e YouTube sono pieni di prove pratiche: da relazioni già svolte alla visione di esperimenti. Non è come eseguirli per proprio conto, ma è un buon inizio, se avete poca o nessuna esperienza di laboratorio.
- **Consiglio migliore di questo pdf:** inutile studiare gli esperimenti in teoria: bisogna fare delle prove! Costruite un pendolo, procuratevi una molla o un dinamometro, un puntatore laser (stessa potenza dei laser da laboratorio didattico!), usate una borraccia termica come calorimetro, acquistate un multimetro ed una breadboard e qualche componente elettrico (resistenze, etc.), ed impostate gli esperimenti più comuni. Eventualmente si trova tutto a poco prezzo su internet.

- Prendete il Taylor (Analisi degli errori, Zanichelli) e studiate i primi capitoli, dedicandovi anche a qualche problema pratico di fine capitolo.
- Fate tutta l'analisi per determinare l'accelerazione di gravità g tramite 1) le piccole oscillazioni di un pendolo e 2) le oscillazioni di una molla in verticale: c'è tutto ciò che serve per l'analisi dei dati. Misure ripetute di una stessa grandezza in differenti condizioni, semidispersioni e deviazioni standard, propagazione degli errori (errori massimi ed errori in quadratura), medie aritmetiche e pesate, stima della retta di best fit (con metodo grafico) ed eventuale regressione lineare (sezione 5).
- Linearizzate le eventuali relazioni non lineari, come ad esempio il legame tra periodo delle oscillazioni di una molla e costante elastica.
- Consiglio su cui meditare: proponete analisi dati semplici, facendo capire che sapreste fare anche altro, poiché probabilmente la relazione verrà corretta da gente poco competente in materia, cioè che ne sa meno di voi (fateglielo capire, ma senza sbatterlo troppo in faccia). Curate la relazione: è l'unica cosa che verrà valutata.
- Se siete nei casini durante la prova pratica (cioè i dati "non escono" o non sapete come ottenerli), cercate di inventarli, sapendo il risultato che volete ottenere: l'obiettivo è portare a casa la prova. Dunque per esercizio (**questo è il secondo miglior consiglio**), con foglio di calcolo: simulate una presa dati di una o più prove "comuni" e simulate l'analisi dei dati dall'inizio alla fine.
- Se la relazione è al pc, cercate di capire il software che utilizzerete. La calcolatrice scientifica è ammessa: sono presenti le principali funzioni statistiche per l'analisi dati: medie, somme, errori standard, regressioni lineari e non. Alcune commissioni consentono l'uso del foglio di calcolo, molte altre no, non c'è uniformità, dunque cercate di informarvi sulla vostra. NON basatevi sui pareri di candidati di altre regioni.
- Create uno schema di relazione: scopo, materiale, procedura sperimentale, presentazione dati, analisi, osservazioni e conclusioni (sezione successiva!). Siate chiari: i dati vanno raccolti in tabelle e grafici. Non lanciatevi in voli pindarici, se non siete certi di ciò che state scrivendo. Siete comunque docenti e non studenti e la relazione dovrebbe essere un lavoro scientifico, pronto per essere calato in una realtà didattica. Chiedete alla commissione presente durante la prova: potrebbe essere opportuno, anche se non richiesto nella traccia, inserire delle note didattiche, cioè fornire elementi per contestualizzare la relazione. Nella traccia che vi verrà fornita non ci sarà scritto praticamente nulla, se non il titolo della prova.
- Abbiate pazienza, sono disorganizzati (ed in laboratorio capita sempre qualcosa che non torna): durante la prova potrebbe accadere che non ci sia materiale o che sia di 40 anni fa, dunque non funzioni come vi aspettate, siate pronti ad "aggiustare" i dati, come detto prima. Potrebbe anche capitare di dover redigere la relazione al pc e che quest'ultimo vi faccia bestemmiare.
- Cercate di capire subito reazioni e prontezza degli strumenti: termometri analogici o digitali, tester digitali con misurazioni che oscillano e così via. Prestate attenzione agli errori sistematici più comuni: trascurare la massa equivalente

di un calorimetro, non azzerare un dinamometro prima dell'uso, trascurare il momento di inerzia di una sferetta che rotola giù per un piano inclinato, lettura errata della scala di un calibro o introduzione di un errore di parallasse, trascurare le dimensioni dell'oggetto che oscilla attaccato al filo (prove con il pendolo), trascurare la massa di una molla che funge da oscillatore armonico, trascurare le dimensioni del porta lenti in una prova con il banco ottico, non contare un adeguato tempo di attesa per leggere le temperature di equilibrio in una prova di calorimetria... e così via.

- Le 3 ore non sono poche, ma nemmeno tante: non c'è tempo per cazzeggiare, il materiale (sperando ci sia) sarà lì a vostra disposizione e dovrete sapere voi cosa farci e come farlo. Preparandosi sulle prove più gettonate, si avrà un po' di esperienza anche per affrontare anche le altre.
- Il tema sperimentale è una variabile aleatoria, così come la valutazione della relazione presentata: sarà arbitraria, poiché sottoposta al giudizio della commissione. Quest'ultima dovrebbe seguire la griglia di valutazione ministeriale (consultate il sito del MIUR) per la prova orale, ma sappiamo come funzionano le cose. La stessa relazione potrebbe essere valutata 70 da una commissione e 90 da un'altra, dunque cercate di fare il meglio possibile ed amen.
- Infine, di questo pdf fatene quello che volete: distribuzione libera. Il mio obiettivo è che possiate fottare il sistema, prima che esso fotta voi. E che possiate poi anche traslare queste competenze nella professione e nella pratica didattica di laboratorio.

4 Schema minimo di una relazione di laboratorio (scolastica)

Una relazione di laboratorio ha la stessa struttura di un articolo scientifico: serve per comunicare i risultati del nostro lavoro, affinché altri possano controllarli e poterli utilizzare o replicare. Richiede dunque rigore e chiarezza. I punti che seguono sono tutti necessari, ma potrebbe variare la loro complessità a seconda dell'esperimento. Consultate le griglie di valutazione della prova orale (prova pratica+colloquio), sul sito del MIUR!

4.1 Titolo

A scelta, dovrebbe descrivere sommariamente l'argomento.

4.2 Scopo e descrizione

Risponde alle domande: perché questa prova? Come è stata svolta, in che modo?

Si tratta degli obiettivi dell'esperimento e delle procedure utilizzate per ottenerli. Si può descrivere brevemente il fenomeno fisico osservato, da cui ha origine l'esperimento oggetto della prova. A questo punto (o nel successivo) è possibile inserire un semplice schema dell'apparato sperimentale, se possibile.

4.3 Strumentazione

Risponde alla domanda: con quali strumenti?

Descrivere schematicamente tutti gli strumenti usati e le loro caratteristiche principali (sensibilità/risoluzione e portata/fondo scala).

4.4 Presentazione dati

Risponde alla domanda: quali sono i dati *raw* (grezzi)? Quale la loro precisione o distribuzione?

Qui si mostrano i risultati della presa dati: si possono raccogliere le misurazioni in tabelle a singola o doppia entrata ed in grafici, se necessario, prestando attenzione alle unità di misura, agli errori assoluti ed al corretto numero di cifre significative. E' possibile inserire anche qualche commento su eventuali difficoltà nella raccolta dei dati.

4.5 Analisi dati

Risponde alle domande: come sono stati elaborati i dati? Come sono stati trattati gli errori di misura?

A questo punto si deve presentare l'analisi dei dati, ad esempio mostrando i calcoli necessari per ottenere misure indirette e per analizzare eventuali misurazioni ripetute. Qui è necessario discutere la propagazione degli errori e commentare la precisione delle misure ottenute, tramite il calcolo degli errori relativi.

Inoltre bisogna raccogliere i risultati in tabelle e, se necessario, in grafici cartesiani (di correlazione tra le variabili). Inoltre occorre commentare gli eventuali grafici ottenuti: solitamente una delle parti fondamentali di una relazione sono le tabelle ed i grafici finali.

4.6 Conclusioni

Risponde alle domande: cosa impariamo dai risultati? Cosa potremmo fare per migliorare le misure o progettarne delle altre?

Si tratta di richiamare, in maniera molto sintetica, i risultati ottenuti. Inoltre è auspicabile inserire qualche riflessione sulla loro precisione generale e su possibili miglioramenti dell'apparato sperimentale.

5 Formule esatte e semplificate per la regressione lineare

Alcune delle seguenti formule sono semplificate, rispetto alla trattazione solita, facilmente memorizzabili e dal significato più "chiaro" rispetto a quelle che si incontrano solitamente. Tutti i seguenti valori possono essere forniti in automatico da un foglio di calcolo (controllate!) o determinati tramite una calcolatrice scientifica dotata di funzioni statistiche.

Non pensate siano solo "cose universitarie" (un tempo lo erano!): probabilità e statistica sono introdotte e vengono sviluppate compiutamente al liceo scientifico o scientifico scienze applicate, al giorno d'oggi. Certo non nel biennio, dunque prestate attenzione all'eventuale inserimento didattico della vostra prova pratica, se richiesto dalla commissione, come detto in precedenza. Nel biennio, si può sostituire la ricerca

analitica della retta di best fit, con il metodo grafico (che, con una esperienza minima, dà risultati ottimi compatibili con quelli analitici): questo è l'indirizzo dei nuovi testi scolastici di fisica per il biennio dei licei scientifici o scientifici scienze applicate, affinché gli studenti prendano confidenza con l'analisi dei dati e la stima dei parametri (una importante competenza soprattutto per i candidati della cdc A27).

5.1 Con modello lineare $y = mx + q$

Covarianza e varianza formale (della popolazione):

$$Cov(x, y) = \langle xy \rangle - \langle x \rangle \langle y \rangle \quad (1)$$

$$Var(x) = \frac{\sum_i (x_i - \langle x \rangle)^2}{N} \quad (2)$$

Parametri del modello:

$$m = \frac{Cov(x, y)}{Var(x)} \quad (3)$$

$$q = \langle y \rangle - m \cdot \langle x \rangle \quad (4)$$

Errore standard (a posteriori) sui dati della variabile dipendente:

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum_i (y_i - (mx_i + q))^2}{N - 2} \quad (5)$$

Errori standard sui parametri del modello (per "standard" si intende che ad essi si possono associare le usuali considerazioni probabilistiche, vedi il Taylor, come ad esempio il significato di intervalli di confidenza o credibilità):

$$\sigma_m^2 = \frac{\sigma_y^2/N}{Var(x)}; \quad \sigma_q^2 = \frac{\sigma_m^2}{N} \cdot \sum_i x_i^2 \quad (6)$$

Coefficiente di correlazione lineare:

$$\rho^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - (mx_i + q))^2}{\sum_i (y_i - \langle y \rangle)^2} = 1 - \frac{\sigma_y^2(N - 2)}{Var(y)N} \rightarrow \rho = \frac{Cov(x, y)}{\sqrt{Var(x)Var(y)}}; \quad (7)$$

La variabile " χ^2 ", per avere una stima ragionevole dell'adattamento del modello ai dati (anche qui il riferimento è il Taylor):

$$\chi^2 = \frac{\sum_i (y_i - (mx_i + q))^2}{\delta_y^2}, \quad (8)$$

con δ_y errore sperimentale (a priori) sulle y ipotizzato uniforme, da NON confondere con il precedente σ_y (errore standard a posteriori dai dati).

5.2 Con intercetta nulla: proporzionalità diretta $y = kx$

Parametro del modello (l'intercetta è stata imposta come nulla):

$$k = \frac{\langle xy \rangle}{\langle x^2 \rangle} \quad (9)$$

Errore standard (a posteriori) sui dati della variabile dipendente:

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum_i (y_i - kx_i)^2}{N - 1} \quad (10)$$

Errore standard sul parametro del modello (come in precedenza):

$$\sigma_k^2 = \frac{\sigma_y^2}{\sum_i x_i^2} \quad (11)$$

Coefficiente di correlazione lineare:

$$\rho^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - kx_i)^2}{\sum_i (y_i - \langle y \rangle)^2} = 1 - \frac{\sigma_y^2(N - 1)}{\sum_i y_i^2}. \quad (12)$$

La variabile " χ^2 " (come nel punto precedente):

$$\chi^2 = \frac{\sum_i (y_i - kx_i)^2}{\delta_y^2}, \quad (13)$$

con δ_y errore sperimentale (a priori) sulle y , sempre da NON confondere con il precedente σ_y (errore standard a posteriori).

N.B. le formule precedenti valgono **se l'incertezza sulla variabile x è trascurabile**. Finezza: sotto consiglio del Taylor, se δ_x non lo fosse, rispetto a δ_y , si possono ancora utilizzare le formule precedenti, "scaricando" in quadratura l'errore sulla x su quello relativo alla y , ipotizzando indipendenza tra le due variabili:

$$\delta_y \rightarrow \delta'_y = \sqrt{\delta_y^2 + m^2 \delta_x^2}.$$