



Progetto sperimentale

FORMAZIONE E PRATICA EDUCATIVA DELLA METROLOGIA

A cura di Anita Calcatelli, Marina Sardi, Laura Tomatis, Nadia Carpi

INDICE

Introduzione.....	4
1 Relazione sul primo anno di corso “FORMAZIONE E PRATICA EDUCATIVA DELLA METROLOGIA”	5
1.1 Analisi del programma del corso.....	5
1.1.1 Autoverifica. Lezione introduttiva: Costruzione di un linguaggio comune.....	5
1.1.2 Momento collettivo di apprendimento di base (lezioni frontali).....	6
1.1.3 Esperienza pratica di laboratorio.....	6
1.1.4 Progetti di trasferimento in classe – All.6.....	7
1.1.5 Valutazione del livello di apprendimento – All. 7.....	7
1.1.6 Questionario di valutazione del corso.....	8
1.1.7 Evento Conclusivo.....	8
2 Relazione sul secondo anno di corso: gli sviluppi nell’anno scolastico 2011/2012.....	9
2.1 Esperienza pratica di laboratorio.....	9
2.1.1 All. 1 Il Protocollo d’Intesa.....	12
2.1.2 All. 2 Il Progetto.....	15
2.1.3 All. 3 Il Programma anno scolastico 2010/2011.....	21
2.1.4 All. 4 - Schede dei termini metrologici.....	22
2.1.5 All. 5 - Attività di laboratorio.....	27
2.1.6 All. 6 - I lavori di gruppo.....	30
2.1.7 6.a - Trasferimento in classe per la scuola primaria e secondaria di 1° grado.....	30
2.1.8 6.b - Trasferimento in classe per la secondaria di 2° grado.....	37
2.1.9 6.c - Trasferimento in classe per la secondaria di 2° grado.....	43
2.1.10 All. 7 – Esempi di domande presenti nei questionari di valutazione degli apprendimenti a.s. 2010-2011 e 2011-12	54
2.1.11 All. 8 – Questionario di valutazione corso.....	55
2.1.12 All. 9 – Attestato di partecipazione.....	57
2.1.13 All. 10 – Programma anno scolastico 2011-2012.....	58
2.1.14 All. 11 – Attività di laboratorio - Trasformazioni di energia meccanica in energia termica.	59

Introduzione

A cura di Anita Calcatelli, Marina Sardi, Laura Tomatis

Il progetto FORMAZIONE E PRATICA EDUCATIVA DELLA METROLOGIA è stato proposto a seguito di un'indagine svolta, sia in ambito scolastico che aziendale, sul livello di conoscenza della metrologia e delle sue applicazioni pratiche. Ne è emersa la necessità di approfondire la scienza della misura, che viene spesso interpretata in modo approssimativo e non corretto nel linguaggio comune e di accompagnare i docenti, delle scuole di ogni ordine e grado, allo studio e progettazione di percorsi sperimentali da proporre agli studenti.

Ogni giorno infatti ci confrontiamo con le *misure*, ossia con risultati di processi più o meno complessi di misurazioni. Le etichette di cibi e medicine, i risultati di analisi cliniche, la velocità degli autoveicoli costituiscono esperienza acquisita di continua applicazione di risultati di misurazioni e di utilizzo delle unità di misura. Spesso manca una conoscenza di che cosa comporti la pratica della misurazione, perché fin dalla prima età manca la consuetudine ai concetti della scienza della misura. Pertanto, fin dall'inizio della propria attività scolastica, occorre che ciascuno sia messo a contatto con la *metrologia*, in modo da avere tale formazione scientifica consapevole e di uso pratico.

Con il presente progetto si intende offrire agli insegnanti:

- mezzi per poter adeguatamente fornire informazioni e metodologie didattiche per l'insegnamento delle scienze e, in particolare, delle unità di misura e delle loro implicazioni (saper classificare, catalogare, misurare, riconoscere le unità di misura, sapersi muovere nel mondo delle misure) in conformità sia agli standard scientifici adottati universalmente o quasi, sia ai diversi gradi ed ordini di scuola ed età evolutiva;
- la possibilità di fare semplici ma efficaci esperimenti, in cui poter essere protagonisti e fruitori non passivi. Sulla base di questi esperimenti gli insegnanti potranno progettare attività laboratoriali da svolgere in classe.

La realizzazione del progetto descritto in questo documento è stata resa possibile dalla collaborazione tra Ufficio Scolastico Regionale del Piemonte, ricercatori dell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica e membri dell'Associazione di Misuristi "Gruppo Misure Elettriche ed Elettroniche", con il sostegno economico dell'Associazione per lo Sviluppo del Piemonte e del piano ISS (Insegnare Scienze Sperimentali).

Il progetto è stato sviluppato nell'anno scolastico 2010/2011 a livello sperimentale per i docenti delle scuole di ogni ordine e grado di Torino e Provincia e nell'anno scolastico 2011/2012, a seguito della validazione della sperimentazione, per le scuole di tutto il territorio regionale. Durante la seconda edizione, considerato il diverso numero per eterogeneità degli insegnanti partecipanti, sono stati apportati alcuni piccoli aggiustamenti.

1 Relazione sul primo anno di corso “FORMAZIONE E PRATICA EDUCATIVA DELLA METROLOGIA”

Anita Calcatelli, Marina Sardi, Laura Tomatis

(Riferimento Protocollo d'intesa USR-INRIM-GMEE siglato il 28 ottobre 2010)

Secondo il protocollo d'intesa siglato il 28 ottobre 2010 (all. 1) e sulla base del progetto di formazione la cui bozza è riportata nell'all. 2, nel periodo dal 15/02/2011 al 25/05/2011 (all. 3) si sono tenuti gli incontri con gli insegnanti dei vari livelli scolastici.

Le lezioni frontali sono state condotte dalla Dottoressa Anita Calcatelli e dal Professor Sergio Sartori, per la parte sperimentale hanno collaborato Andrea Merlone, Andrea Malengo e Marina Sardi dell'INRIM; il coordinamento da Silvana Mosca e da Laura Tomatis dell'Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte.

Hanno inoltre collaborato alcuni insegnanti tutor provenienti dalle scuole primarie, secondarie di primo e di secondo grado.

Al termine del corso è stato pubblicato (su chiavette USB) il materiale didattico utilizzato dai docenti Calcatelli e Sartori, le esercitazioni predisposte dai docenti partecipanti e dai rispettivi tutor e tutta la documentazione del corso.

Al corso hanno partecipato 25 insegnanti.

Il progetto è stato governato da un comitato tecnico scientifico con compiti operativi costituito, tra gli altri, da Anita Calcatelli – *INRIM*; Silvana Mosca – *Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte*; Laura Tomatis – *Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte*.

Il programma del corso è stato il seguente:

1. Autoverifica
2. Momento collettivo di apprendimento di base
3. Pratica di laboratorio
4. Valutazione del risultato delle misurazioni
5. Trasferimento nella pratica scientifica in classe
6. Valutazione del livello di preparazione raggiunto
7. Verifica del gradimento da parte dei partecipanti al corso

1.1 Analisi del programma del corso.

1.1.1 Autoverifica. Lezione introduttiva: Costruzione di un linguaggio comune

Considerata la durata del corso, limitata a 21 ore, il contenuto del corso (per la prima lezione) ha subito una modifica rispetto a quanto previsto in prima stesura del progetto (All.2). Infatti invece di far emergere, da parte dei partecipanti, le conoscenze di termini metrologici, sono stati forniti loro due documenti contenenti la spiegazione e il modo di utilizzo del Vocabolario Internazionale di Metrologia (VIM) ed una lista di 20 termini di cui i partecipanti dovevano indicare il significato. A questa attività sono state dedicate le prime tre ore di incontro con lo scopo di verificare il *bagaglio* metrologico nei partecipanti, mantenendo fissi gli obiettivi di :

- definire e acquisire un linguaggio comune, costituito da termini e loro definizioni, indispensabile per comunicare informazioni quantitative sui risultati da misurazioni;
- confrontare le definizioni del linguaggio costruito con quelle ufficiali del VIM, in modo da riconoscere la necessità di definizioni univoche, universalmente accettate, come base per la comunicazione metrologica.

La modalità di attuazione è stata la seguente:

- I partecipanti sono stati suddivisi in gruppi eterogenei , cioè composti ciascuno da docenti dei diversi ordini e gradi di scuola;
- A ciascun partecipante è stato distribuito un elenco di termini, ritenuti tra i più importanti per affrontare nella scuola percorsi didattici orientati all'apprendimento delle misure;
- I gruppi interdisciplinari hanno cercato di associare a ciascun termine una definizione che meglio rispondesse, a loro parere, all'obiettivo di trasformare il singolo termine in uno strumento comunicativo concettualmente ben definito;
- Al termine di questo lavoro sui concetti associabili ai termini proposti e definizioni possibilmente largamente condivise nel gruppo, il gruppo dei tutor sotto la guida della Prof.ssa Miranda Mosca ha sintetizzato in un unico documento il materiale prodotto (all.4);

Nella discussione per ogni termine è stata presentata la spiegazione secondo la versione italiana del Vocabolario internazionale di metrologia.

1.1.2 Momento collettivo di apprendimento di base (lezioni frontali)

Le lezioni sono state suddivise in due gruppi in base agli argomenti:

1) Sistema Internazionale di unità di misura (SI) e i suoi futuri sviluppi: struttura e regole di scrittura del SI come linguaggio universale, errori più comuni; organizzazione internazionale e nazionale della metrologia, con particolare attenzione alla situazione italiana; presentazione dell'attività dell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica.

Docente: Prof Sergio Sartori.

Destinatari: docenti di ogni ordine e grado.

2) Cenni sulla valutazione dell'incertezza di misura.

Docente Prof Sergio Sartori).

Destinatari: docenti della scuola primaria e secondaria di primo grado.

Docente: Dott.ssa Anita Calcatelli

Destinatari: docenti della scuola secondaria di secondo grado.

1.1.3 Esperienza pratica di laboratorio

Si è partiti dalla considerazione che ciò che interessa non è la grandezza da misurare ma una definizione corretta dei motivi della scelta, della strumentazione

disponibile, della procedura di misurazione, l'elaborazione dei risultati e la loro presentazione.

Si è scelto di lavorare sulla densità di corpi solidi di vario materiale e forma (All.5) e sono state approntate tre stazioni di lavoro nell'aula didattica allestita nella sede dell'INRIM di Corso Massimo D'Azeglio 42. Ciascuna stazione è stata dotata di tre campioni metallici di forma cilindrica, prismatica e irregolare rispettivamente, di una bilancia, di due volumi tarati di diversa risoluzione e di un calibro. Gli insegnanti sono stati suddivisi in tre gruppi: uno costituito da insegnanti di scuola primaria e secondaria di primo grado e due gruppi costituiti da insegnanti di scuola secondaria di secondo grado.

1.1.4 Progetti di trasferimento in classe – All.6

Gli insegnanti sono stati suddivisi in tre gruppi (rispettivamente uno per la scuola primaria, uno per la scuola secondaria di primo grado e uno per la scuola secondaria di secondo grado). I docenti dei rispettivi gruppi hanno elaborato tre progetti di trasferimento nelle rispettive classi tenendo conto di quanto acquisito nelle esperienze eseguite durante il percorso formativo, soprattutto dal punto di vista dell'impostazione dell'esperimento e della elaborazione dei dati. La priorità strategica di tali progetti consiste nel fatto che tutti gli insegnanti hanno cercato di definire una valutazione dell'incertezza di misura.

I titoli dei suddetti tre progetti sono:

- **Misuriamo le foglie**, percorso destinato alla scuola primaria e secondaria di 1° grado (All.6a)
- **Verifica della resistenza elettrica di un resistore con il metodo voltamperometrico** (1° gruppo Scuole secondarie di 2° grado, All. 6b)
- **Considerazioni didattiche sull'esperimento di misura dell'accelerazione di gravità g e della sua incertezza** (2° gruppo Scuole secondarie di 2° grado, All. 6c).

Come osservazione generale si può dire che non si è arrivati a impostare un esperimento di misurazione nuovo, sul quale poi applicare un discorso metrologicamente corretto fin dal principio. Utilizzando un esperimento noto l'aspetto più difficile è stato quello di costruire una intelaiatura metrologica; il che ha richiesto un po' di tempo. Comunque, il risultato finale si può considerare soddisfacente, anche per l'esperimento di misurazione con le foglie la cui idea nasce dalla considerazione di fornire ai giovanissimi un procedimento sperimentale multidisciplinare.

1.1.5 Valutazione del livello di apprendimento – All. 7

Sono stati somministrati due questionari per i due diversi livelli scolastici (All.7) Ventiquattro insegnanti hanno sostenuto la prova di apprendimento (prova strutturata di venti quesiti a risposta multipla), di questi diciannove hanno risposto correttamente a quindici o più domande su venti e un solo insegnante ha risposto correttamente a tutte domande.

1.1.6 Questionario di valutazione del corso

Alla fine del corso l'Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte ha inviato a tutti i partecipanti un questionario per la valutazione del corso (All. 8) con lo scopo di ricavare suggerimenti per l'eventuale prosecuzione con un secondo corso o anche con un corso di "secondo" livello per quanti hanno partecipato al primo con lo scopo di conseguire un miglioramento.

Hanno restituito i questionari compilati quattordici partecipanti (inclusi quattro tutor).

Dall'analisi delle risposte è emerso che:

- nessuna delle tredici domande ha avuto come risposta un giudizio negativo e scarso (corrispondenti alle risposte 3=poco, 4=per nulla);
- le relazioni espositive sono state considerate chiare da tutti;
- le conoscenze preliminari possedute non sempre sono state considerate sufficienti per la comprensione degli argomenti;
- l'esperienza di laboratorio, le attrezzature e gli spazi da alcuni sono stati considerati solo in parte soddisfacenti;
- complessivamente la maggioranza considera che il corso ha corrisposto alle aspettative;
- otto insegnanti dichiarano il loro interesse ad un corso successivo, i restanti sono in parte interessati e nessuno è contrario.

In generale si può concludere che il corso ha interessato la quasi totalità dei partecipanti. Le principali criticità sono emerse nell'elaborazione dei risultati delle misurazioni in modo completo, inclusa la valutazione dell'incertezza di misura.

1.1.7 Evento Conclusivo

Il Corso si è concluso con la consegna degli attestati ai partecipanti nel corso di un Seminario che si è svolto presso le Officine Grandi riparazioni di Torino, nell'ambito delle celebrazioni per i 150 anni dell'Unità Italiana (All. 9).

2 Relazione sul secondo anno di corso: gli sviluppi nell'anno scolastico 2011/2012

FORMAZIONE E PRATICA EDUCATIVA DELLA METROLOGIA

Anita Calcatelli, Nadia Carpi, Marina Sardi, Laura Tomatis

Il secondo anno formativo, previsto nel protocollo d'intesa del 28 ottobre 2010, si è svolto con le stesse modalità metodologiche del primo anno; anche i contenuti formativi sono stati ripetuti (All.10) e le esperienze di laboratorio si sono arricchite di un ulteriore lavoro calibrato per la scuola secondaria di secondo grado (All. 11). Pur essendo estesa la chiamata a tutte le scuole della regione, il numero degli iscritti si è ridotto da 25 a 12 per cui le giornate di lavoro, programmate inizialmente, sono diminuite avendo accorpato i docenti provenienti dalle Scuole primarie e secondarie di primo grado con quelli provenienti dalle Scuole secondarie di secondo grado. Il numero di ore complessive è stato di 18.

Il percorso di apprendimento è stato il seguente:

1. Autoverifica
2. Momento collettivo di apprendimento di base
3. Pratica di laboratorio
4. Valutazione del risultato delle misurazioni
5. Trasferimento nella pratica scientifica in classe
6. Valutazione del livello di preparazione raggiunto
7. Verifica del gradimento da parte dei partecipanti al corso

Le azioni sono state strutturate come descritto nei paragrafi 1.1, 1.2; si riprende invece il paragrafo 1.3 come sotto descritto.

Al momento della stesura del presente documento non sono ancora stati validati gli elaborati prodotti dai corsisti in merito al punto 5 "*Trasferimento nella pratica scientifica in classe*" per cui non sono riportate in allegato le esperienze dei gruppi, così come non sono stati somministrati i test per la valutazione degli apprendimenti e per il gradimento da parte dei partecipanti al corso. I test rimangono comunque quelli in All.7 e in All.8.

2.1 Esperienza pratica di laboratorio

Si è partiti dalla considerazione che ciò che interessa non è la grandezza da misurare ma una definizione corretta dei motivi della scelta, della strumentazione disponibile, della procedura di misurazione, l'elaborazione dei risultati e la loro presentazione.

Oltre al lavoro sulla densità di corpi solidi di vario materiale e forma (All.5) di cui sono state approntate due stazioni di lavoro, nell'aula didattica allestita nella sede dell'INRIM di Corso Massimo D'Azeglio 42 si è aggiunta una terza stazione per effettuare un rilievo di "*Trasformazioni di energia meccanica in energia termica*", e più precisamente per le misurazioni di temperatura, massa, lunghezza e tempo.

Gli insegnanti sono stati suddivisi in tre gruppi, uno per ogni postazione di misura: il primo costituito da insegnanti di scuola primaria, il secondo costituito da insegnanti di scuola secondaria di primo grado e il terzo costituito da insegnanti di scuola secondaria di secondo grado.

Ciascuna delle due posizioni di misura di densità è stata dotata di tre campioni metallici di forma cilindrica, prismatica e irregolare rispettivamente, di una bilancia, di due volumi tarati di diversa risoluzione e di un calibro.

La stazione per il rilievo della trasformazione di energia, invece, è costituita da un apparato che è possibile realizzare con una semplice tavoletta di legno sulla quale è praticato un foro in cui può essere infilata la parte inferiore (chiusa) di un ditale metallico (il ditale deve rimanere ben fissato nella tavoletta ma emergere dalla tavoletta stessa per metà circa della sua altezza); il ditale deve essere riempito di sabbia fin quasi al bordo ed in esso si deve inserire il puntale del termometro.

Con una bilancia, un regolo graduato, un termometro a resistenza interfacciato al computer e software di acquisizione, un termometro di riferimento tarato, un blocco in rame, l'orologio interno del computer si procede alla misurazione. Si misurano inizialmente la massa della sabbia e la lunghezza del tratto di nastro coinvolto e si sistemano in loco. Quindi si lascia stabilizzare e nel frattempo si procede alla taratura del termometro a resistenza per confronto con un termometro tarato, entrambi inseriti nel blocco di rame e lasciati stabilizzare per molte ore. Si registrano i dati e si confronta il risultato con l'incertezza di misura fornita dal costruttore (0,3 °C).

Si lancia il programma di acquisizione ed al segnale di avvio si incomincia a strisciare il nastro contro la superficie del ditale e si procede finché l'unità di controllo e misura del termometro usato indica l'arresto dell'acquisizione.

Per il lancio del programma si utilizza la "escort console" ed il file "programma", scegliendo intervallo di tempo e numero delle misure. Si apre una finestra con le istruzioni da eseguire sullo strumento. Si calcola l'energia termica sviluppata.

ALLEGATI

2.1.1 All. 1 Il Protocollo d'Intesa

29/2010

PROTOCOLLO D'INTESA

in tema di
FORMAZIONE E PRATICA EDUCATIVA DELLA METROLOGIA

tra

UFFICIO SCOLASTICO REGIONALE PER IL PIEMONTE (USR Piemonte) - Direzione Generale, con sede in Torino, Via Pietro Micca 20, qui rappresentato dal Dott. Francesco de Sanctis, Direttore Generale

e

ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA (INRIM), con sede in Torino, Strada delle Cacce 91, qui rappresentato dal Prof. Elio Bava, Presidente

e

ASSOCIAZIONE ITALIANA "GRUPPO DI MISURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE" (GMEE), con sede in Milano, Piazza Leonardo da Vinci 32, qui rappresentato dal Prof. Franco Ferraris, su delega del Presidente Prof. Giovanni Betta

di seguito indicati come "le Parti"

PREMESSO CHE:

- l'USR Piemonte considera con attenzione le iniziative volte alla promozione dell'educazione scientifica nelle scuole e alla qualificazione del personale scolastico attraverso vari interventi;
- l'INRIM e l'Associazione GMEE hanno trasmesso all'USR una proposta (allegata al presente protocollo d'intesa) formulata sul tema della cultura metrologica, in cui operano da anni rispettivamente come ente di ricerca nazionale afferente al MIUR e come associazione nazionale di ricercatori sulle misure;
- le Parti ritengono che l'iniziativa di formazione nell'ambito della Metrologia sia di primario interesse sotto l'aspetto tanto culturale quanto economico per la regione Piemonte;

VISTE:

- le indicazioni per i Curricula scolastici nel primo e nel secondo ciclo, nelle quali sono sottolineate le competenze scientifico-tecnologiche nei vari indirizzi di studi e nell'indicazione dei prerequisiti e delle motivazioni allo studio delle discipline scientifiche fin dai primi anni della scolarità;

CONSIDERATE:

- la rilevanza del tema nella società contemporanea e, in particolare, nell'evoluzione scientifico-tecnologica della cultura e del mondo produttivo e commerciale, per il quale la scuola è chiamata a preparare competenze aggiornate e diffuse anche in relazione a una cittadinanza consapevole e attiva;

- la rilevanza anche storica della Metrologia, che ha avuto uno sviluppo particolare in Italia in relazione all'unificazione del nuovo Stato;

LE PARTI CONVENGONO QUANTO SEGUE:

ART. 1

L'USR Piemonte, l'INRIM e il GMEE collaboreranno per l'attuazione di un Progetto di formazione del personale scolastico e di sperimentazione didattica nelle scuole primarie e secondarie di primo e di secondo grado in materia di "Educazione metrologica".

ART. 2

Sarà istituito un Comitato Tecnico Scientifico (CTS), formato da tre componenti, di cui due designati dall'USR e uno designato dall'INRIM-GMEE, con il compito di elaborare il progetto di formazione-sperimentazione, il quadro di riferimento e gli aspetti operativi, nonché di effettuare le eventuali revisioni che dovessero rendersi necessarie.

Il CTS formerà gruppi di lavoro costituiti da metrologi e docenti, corrispondenti ai vari livelli scolastici.

Il CTS curerà la verifica dell'efficacia e della qualità del progetto, la relativa documentazione ed elaborerà opportune proposte di pubblicizzazione e di diffusione.

La presidenza del CTS sarà affidata all'USR, che fornirà anche il supporto amministrativo.

Al CTS si affiancherà un referente per i laboratori didattici, appartenente all'INRIM.

ART. 3

L'USR Piemonte, al fine di favorire il presente protocollo d'intesa, si impegna a:

- mettere a disposizione le competenze professionali presenti, anche attraverso i docenti tutor e le scuole-polo delle reti operanti in materia ;
- diffondere l'informazione e promuovere la partecipazione ai corsi di formazione;
- curare, in collaborazione con l'INRIM e il GMEE, l'individuazione e la formazione di docenti esperti da impegnare nelle successive azioni formative rivolte al personale delle scuole primarie e secondarie di primo e di secondo grado;
- coordinare la contestualizzazione delle attività formative e di sperimentazione, ai fini del miglioramento della qualità dell'insegnamento in funzione dell'incremento delle competenze degli allievi;
- individuare le sedi, d'intesa con l'INRIM e il GMEE, nelle quali attuare i corsi di formazione.

ART. 4

L'INRIM, al fine di favorire il presente protocollo d'intesa, si impegna a:

- sviluppare la divulgazione della cultura metrologica tenendo conto delle richieste specifiche del mondo della scuola;

- individuare i metrologi da affiancare ai docenti esperti in relazione alle attività di divulgazione-formazione e alle attività di laboratorio;
- allestire nei locali dell'Istituto appositi laboratori didattici di Metrologia per lo svolgimento delle attività previste dal progetto.

Il GMEE collaborerà con l'INRIM nelle attività formative e sperimentali sopra descritte e previste dal progetto.

ART. 5

Le parti si impegnano a sostenere, di comune accordo, le attività previste dal presente protocollo, anche con eventuali risorse finanziarie che si rendessero disponibili.

ART. 6

Al presente protocollo d'intesa potranno aderire altri soggetti ed enti operanti in materia, che siano disponibili a collaborare fattivamente e che ne condividano le finalità. L'avvenuta accettazione della richiesta sarà formalizzata con una integrazione al presente protocollo.

ART. 7

Il presente protocollo d'intesa ha validità di due anni dalla data della sottoscrizione, con facoltà di rinnovo per un periodo di uguale durata.

Torino, 28 ottobre 2010

USR Piemonte
IL DIRETTORE GENERALE
Dott. Francesco de Sanctis

INRIM
IL PRESIDENTE
Prof. Elio Bava

Associazione GMEE
per IL PRESIDENTE
Prof. Franco Ferraris

Francesco de Sanctis

Elio Bava

Franco Ferraris

2.1.2 All. 2 Il Progetto



Progetto FORMAZIONE E PRATICA EDUCATIVA DELLA METROLOGIA

(Riferimento Protocollo d'intesa USR-INRIM-GMME siglato il 28 ottobre 2010)

Fase di pilotaggio

Introduzione

Nel mondo contemporaneo siamo ormai consapevoli di essere costantemente messi in contatto con le misure, ossia con risultati di processi più o meno complessi di misurazioni. Le nostre quotidiane fonti come i mezzi di informazione, le etichette di cibi e medicine, i risultati di analisi cliniche costituiscono esperienza acquisita di continua applicazione di risultati di misurazioni e di utilizzo delle unità di misura.

Manca però, in molti casi, una conoscenza di che cosa comportino i concetti sottesi in tali documenti e cioè manca, nella formazione scientifica fin dalla prima età, la consuetudine ai concetti della scienza e alla pratica della misurazione.

Pertanto, fin dall'inizio della propria attività scolastica, occorre che ciascuno sia messo a contatto con la metrologia, in modo da avere tale formazione scientifica consapevole e di uso pratico.

Con il presente progetto si intende instaurare una proficua collaborazione tra insegnanti e ricercatori nella scienza della misura (nel seguito, per brevità, metrologi), cioè con coloro che hanno, per loro formazione, vocazione e preparazione, la scienza della misura come fondamento e al tempo stesso scopo della propria attività lavorativa.

In questo modo, sarà possibile cogliere due obiettivi, di diversa ma intrecciata natura:

- a. Dare agli insegnanti mezzi per poter adeguatamente fornire informazioni e metodologie didattiche per l'insegnamento delle scienze e in particolare delle unità di misura e delle loro implicazioni (saper classificare, catalogare, misurare, riconoscere le unità di misura, sapersi muovere nel mondo delle misure) in conformità sia agli standard scientifici adottati universalmente o quasi, sia ai diversi gradi ed ordini di scuola ed età evolutiva.
- b. Dare agli insegnanti la possibilità di fare semplici ma efficaci esperimenti, in cui poter essere protagonisti e fruitori non passivi. Sulla base di questi esperimenti gli insegnanti potranno progettare attività laboratoriali da svolgere in classe.
- c. *A ciascun partecipante al corso verrà rilasciato un attestato che documenti la frequenza e le conoscenze acquisite. Toglierei; sembrano tre obiettivi*

Questo progetto viene presentato nel 2010 per essere messo in pratica, una prima volta, nell'anno scolastico 2010-2011 e quindi concludersi nell'anno in cui si celebra il 150° anniversario dell'unità d'Italia che ha rappresentato anche l'inizio dell'unificazione delle misure in tutta la giovane Nazione come è attestato, tra l'altro, dal fatto che il nostro

Paese, attraverso il suo rappresentante a Parigi, Costantino Nigra, fu tra le prime diciassette Nazioni a firmare la Convenzione del Metro nel 1875.

1. Destinatari

I destinatari della presente proposta sono insegnanti dei vari ordini e gradi di scuola che desiderino approfondire le loro conoscenze nel settore della metrologia per trasferirle nei loro programmi educativi.

I partecipanti saranno suddivisi in gruppi in base al livello scolastico in cui è inserita la loro attività e alla loro formazione professionale. Il corso è modulato in base alle indicazioni curriculari ministeriali e ai progetti educativi delle scuole.

In via preliminare si prevedono tre gruppi di insegnanti per i tre livelli scolastici (scuola primaria, scuola secondaria di I e scuola secondaria di II grado) ciascuno avente al massimo trenta partecipanti..

2. Caratteristiche ed obiettivi delle azioni di formazione

Il corso prevede che gli insegnanti acquisiscano, al termine dell'erogazione delle ore di formazione concordate ed effettivamente svolte, le competenze necessarie all'insegnamento e all'utilizzo di metodologie di misurazione all'interno delle ore curriculari.

Tali competenze riguardano:

- la comprensione di che cosa significa e produce una misurazione,
- il concetto di dato scientifico,
- il concetto di incertezza metodologica e strumentale,
- il significato della quantità e della qualità dell'informazione in termini di numeri, unità di misura, incertezza,
- la pregnanza della scienza della misura come scienza interdisciplinare.

Inoltre, il corso si pone come obiettivo che gli insegnanti possano progettare in autonomia, dopo un adeguato tutoraggio, percorsi di insegnamento della scienza delle misure in relazione alle capacità cognitive specifiche degli allievi e delle condizioni di contesto delle classi.

Per questo occorre una adeguata preparazione della fase di valutazione dei progetti-pilota a fine corso, redatti dai sottogruppi in apprendimento degli insegnanti. Tali progetti pilota sono il prodotto finale e esito del corso, e dovranno poter essere utilizzati con gli allievi nello stesso anno scolastico, o nell'anno immediatamente successivo.

3. Gruppo misto dei conduttori

Il Comitato Tecnico Scientifico elaborerà il progetto di formazione-sperimentazione, il quadro di riferimento e gli aspetti operativi ed effettuerà le eventuali revisioni che dovessero rendersi necessarie.

Il CTS formerà gruppi di lavoro costituiti da metrologi e docenti, corrispondenti ai vari livelli scolastici.

Il CTS curerà la verifica dell'efficacia e della qualità del progetto, la relativa documentazione ed elaborerà opportune proposte di pubblicizzazione e di diffusione.

La presidenza del CTS sarà affidata all'USR, che fornirà anche il supporto amministrativo.

Al CTS si affiancherà un referente per i laboratori didattici, appartenente all'IN-RIM.

Le attività di formazione saranno coordinate da almeno un metrologo e da almeno un insegnante esperto che avranno il compito di seguire tutto lo svolgimento del progetto fin dalla fase iniziale e fino alla sua conclusione.

Verrà costituito un gruppo misto di conduttori, composto, in modo ottimale, da due metrologi e due insegnanti, per ciascun livello scolastico. Il gruppo opererà collegialmente o per sottogruppi, secondo le linee del CTS.

4. Caratteristiche metodologiche generali

Si indicano alcune indicazioni metodologiche da tenere presente da parte del gruppo misto dei conduttori in funzione della definizione operativa del programma dei corsi anche a seguito delle adesioni pervenute.

Nella fase iniziale è prevista una valutazione della preparazione di base di ciascun partecipante, onde arrivare, mediante considerazioni individuali e collettive, ad una sorta di autovalutazione atta a definire il punto di partenza e ad acquisire alcuni concetti di base, con l'aiuto degli esperti metrologi e di insegnanti già esperti in corsi di formazione. I partecipanti verranno distribuiti in sottogruppi composti al massimo da dieci insegnanti.

a- Autoverifica

La prima azione, in una fase iniziale, è costituita da una verifica della formazione di base di ciascuno dei partecipanti mediante autoverifica per sottogruppi con metodologie affini al "cooperative learning" ed operazioni di "brainstorming", con raccolta e messa a punto di dati in plenaria.

Nello specifico, sarà richiesto ad ogni insegnante di scrivere un certo numero di parole (venti) attinenti alla scienza della misura e di condividerle dapprima nei sottogruppi, in modo da arrivare a ad una unica lista per ognuno dei tre sottogruppi. Mediante la lettura a turno dei vari termini in sequenza si valuterà quali e quante parole sono condivise da tutti e nel contempo si esamineranno anche i termini non condivisi dal punto di vista del loro significato e si faranno indicare le ragioni della loro scelta.

Ciascun gruppo dovrà arrivare a stilare una unica lista condivisa di termini specificando per ognuno il significato. Le liste fornite dai vari gruppi verranno messe a confronto analizzando similitudini e differenze per arrivare ad un'unica lista di termini, condivisi anche con i termini della lista stilata dal gruppo degli esperti, e in accordo con il dizionario di metrologia.

b- Momento collettivo di apprendimento di base

dall'esercizio in a- si fa discendere una presentazione dettagliata dell'impianto della metrologia costituito da:

- Sistema Internazionale di unità di misura (SI) e i suoi futuri sviluppi: struttura e regole di scrittura del SI come linguaggio universale, errori più comuni
- necessità di garantire la riferibilità delle misure al SI e metodologia
- organizzazione internazionale e nazionale della metrologia, con particolare attenzione alla situazione italiana; presentazione dell'attività dell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica
- cenni alla valutazione dell'incertezza di misura

Questi temi saranno comuni a tutti gruppi.

c- Pratica di laboratorio

L'attività di laboratorio sarà preceduta da una breve introduzione sull'immenso mondo delle misure (ambiente, salute, alimentazione, ...) e sulle tecniche di misurazione dirette e indirette.

Quindi i partecipanti, costituiti in piccoli gruppi di non più di dieci, dovranno eseguire, in tempi diversi, una stessa esperienza di laboratorio volta a mettere in pratica le nozioni di tipo teorico acquisite nella fase precedente. Si potrà scegliere di eseguire misurazioni di un'unica grandezza di tipo qualsiasi non necessariamente di base del SI. A ciascun gruppo viene richiesto di presentare il risultato in base alla considerazione che il risultato di una misurazione è rappresentato da una quaterna di informazioni: numero, unità di misura, incertezza e livello di confidenza.

d- valutazione del risultato delle misurazioni

Si discutono insieme i risultati delle misurazioni dal punto di vista di:

1. strumentazione utilizzata
2. procedura di misurazione
3. calcolo del valore (o dei valori) delle misure
4. incertezza di misura e le sue varie componenti
5. livello di probabilità

5. Valutazione del livello di preparazione raggiunto

Il livello di preparazione raggiunto verrà valutato in base alle risposte fornite da ciascun partecipante a un questionario appositamente allestito dal gruppo misto di metrologi e insegnanti esperti, cui farà seguito una discussione collettiva.

Infine, a ciascun gruppo di insegnanti verrà richiesto di formulare una breve proposta di applicazione di quanto appreso, presentando un progetto didattico relativo a un'esperienza semplice di laboratorio che sarà analizzato con gli esperti.

6. Prodotti forniti e realizzati

Durante lo svolgimento del corso verranno prodotti:

- la scheda finale con la lista dei termini essenziali e condivisi con le spiegazioni stilate dai partecipanti e revisionate dagli esperti
- i testi delle lezioni
- la lista delle domande finali utilizzate per la valutazione del livello raggiunto con le relative risposte ragionate Credo che non abbiamo le risposte ragionate, pertanto si potrebbe togliere il tutto
- l'impostazione dell'esperimento con:
 - Descrizione della strumentazione usata
 - Metodologia di prova
 - Valutazione dei risultati rappresentativi
 - Schema e valutazione numerica dell'incertezza associata al valore attribuito alla grandezza da misurare
- Sintesi descrittive dei percorsi didattici elaborati dai partecipanti

7. Risorse, strumenti, logistica, tempi

In base all'art. 2 del Protocollo d'intesa il Comitato Tecnico Scientifico è costituito da rappresentanti dell'Ufficio Scolastico Regionale e da un metrologo.

Tutor/Esperti: 4 metrologi (INRIM), 6-8 insegnanti per seguire i tre gruppi (due insegnanti e due metrologi che possano anche alternarsi durante lo svolgimento del corso).

Laboratorio: si intende attrezzare un laboratorio appositamente per le scuole dotato di almeno due tavoli adeguati ad alloggiare alcuni semplici esperimenti e due calcolatori.

Strumenti: verranno allestite esperienze semplici e facilmente riproducibili in classe acquisendo le letture da strumenti (esempio sensori di temperatura, pressione, umidità ecc), che verranno esclusivamente riservati all'attività di divulgazione e di didattica.

Monitoraggio (cura del gruppo di coordinamento): Valutazione qualitativa sulla soddisfazione dei soggetti coinvolti tramite questionario di gradimento consegnato agli insegnanti al termine dell'attività, con indicazione degli elementi che l'hanno caratterizzata e delle strategie di miglioramento.

Tabella 1. Tempi necessari ai partecipanti al corso

Parte	
generale comune a tutti	
<i>Tematiche</i>	<i>Tempi dedicati/h</i>
Costruzione di basi comuni <ul style="list-style-type: none"> - Preparazione liste dei termini - Condivisione dei termini e preparazione di una lista di gruppo - Spiegazione scritta dei termini condivisi da tutto il gruppo - Formazione di una lista unica da parte di tutti i partecipanti 	3
Parte specifica per ogni gruppo	
<i>Tematiche</i>	
- Sistema Internazionale di unità di misura (SI) e i suoi futuri sviluppi: struttura e regole di scrittura del SI come linguaggio universale, errori più comuni - Organizzazione internazionale e nazionale della metrologia, con particolare attenzione alla situazione italiana; presentazione dell'attività dell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica Cenni alla valutazione dell'incertezza di misura	6
- Spiegazione dell'esperimento - Esecuzione dell'esperimento (ogni gruppo) - Elaborazione dei dati ricavati dall'esperimento - Analisi e discussione dei risultati dell'esperimento	3
Progettazione dei percorsi didattici	3
Test finale, Discussione, presentazione dei progetti didattici	3
Incontro finale (evento finale e consegna attestati di frequenza)	3
Totale /h	21

9. Note conclusive

Il presente progetto nell'anno scolastico 2010/2011, nella prima fase di pilotaggio, sarà rivolto alle scuole del Piemonte. In un secondo momento, e dopo attenta valutazione, a termine della suddetta tratterà essere esteso ad altre regioni, con gli opportuni adeguamenti legati al contesto e alle diverse condizioni operative.

Il rilascio ai partecipanti degli attestati di partecipazione alla prima fase del corso, avrà luogo nell'ambito di una cerimonia dedicata all'Unità d'Italia dal punto di vista della storia delle misure.

Potrà, inoltre, essere prevista una fase di sviluppo e approfondimento (di secondo livello) rivolto ai partecipanti alla prima fase.

2.1.3 All. 3 Il Programma anno scolastico 2010/2011



IN-FORMAZIONE E PRATICA EDUCATIVA DELLA METROLOGIA (Riferimento Protocollo d'intesa USR-INRIM-GMEE siglato il 28 ottobre 2010)

PROGRAMMA

- **PRIMO INCONTRO**
Presentazione del corso
MODULO 1 (per tutti i partecipanti)
Costruzione di basi comuni.
Somministrazione di una lista di lemmi, suddivisione dei partecipanti in piccoli gruppi, spiegazione e condivisione dei significati dei termini. In plenaria discussione finale delle definizioni fornite, e verifica tramite il Vocabolario Internazionale di Metrologia
- **SECONDO INCONTRO**
MODULO 2 (per tutti i partecipanti)
1. Sistema Internazionale di unità di misura (SI) e i suoi futuri sviluppi: struttura e regole di scrittura del SI come linguaggio universale, errori più comuni;
2. Organizzazione internazionale e nazionale della metrologia, presentazione dell'attività dell'INRIM
- **TERZO INCONTRO**
Valutazione dell'incertezza di misura
Gruppo di misura per insegnanti delle scuole secondarie di primo e di secondo grado
Gruppo di misura per insegnanti delle scuole primarie
- **QUARTO INCONTRO**
Attività di laboratorio
- **QUINTO INCONTRO**
Progettazione dei percorsi didattici rivolti agli studenti (comprensivi delle attività laboratoriali)
- **SESTO INCONTRO**
Test finale, discussione
Presentazione dei percorsi realizzati
- **SETTIMO INCONTRO** c/o le Officine Grandi Riparazioni corso Castelfidardo, 18
Evento finale con consegna attestati di frequenza .
Diffusione dei materiali didattici.

2.1.4 All. 4 - Schede dei termini metrologici

Formazione e pratica educativa della Metrologia

Torino, 15 febbraio 2011

LAVORI DI GRUPPO SUI TERMINI DELLA METROLOGIA

1 GRANDEZZE E UNITÀ

1.1 GRANDEZZA

Proprietà di un corpo, di un fenomeno che possa essere rappresentato attraverso un modello convenzionale, condiviso.
Proprietà di un corpo, fenomeno o materiale misurabile
Concetto primitivo non facilmente definibile. Individua proprietà di oggetti e fenomeni che possono essere confrontati o misurati
Tutto ciò che può essere misurato
Proprietà di un corpo [<i>fenomeno o sostanza</i>] misurabile, confrontabile con un campione, mediante un numero esprimendone un multiplo o sottomultiplo

1.9 UNITÀ DI MISURA

Grandezza omogenea con la grandezza da misurare a cui si dà convenzionalmente valore unitario e un'etichetta
Riferimento unitario relativo a una grandezza
Riferimento che mi permette di confrontare grandezze in modo quantitativo Grandezze cumulative, intensive, estensive Unità base, derivata, coerenti → legami fra unità di misura
Grandezza fisica dello stesso tipo di quella da misurare (su cui bisogna essere tutti d'accordo) assunta come riferimento
(grandezze della stessa specie) Campione di riferimento (grandezza scalare e reale)

1.19 VALORE DI UNA GRANDEZZA

Valore di una grandezza espressa con un valore numerico e una unità di misura
Confronto tra l'entità della grandezza e l'unità di misura (valore scalare) Valore numerico con unità di misura. Quantità
Il numero che esprime quante volte l'unità di misura è contenuta nella grandezza che vogliamo misurare
Valore numerico e unità di misura

1.20 VALORE NUMERICO DI UNA GRANDEZZA

Numero di volte che l'unità di misura sta nella grandezza da misurare
Numero che indica il valore della grandezza

Il valore di una grandezza senza unità di misura
Il numero che esprime il valore della grandezza accompagnato dall'unità di misura
Rapporto tra grandezza e campione

2-MISURAZIONE

2.1 MISURAZIONE

Confronto tra l'unità di misura e la grandezza da misurare tramite uno strumento e un metodo (<i>è un processo</i>)
Operazione che consente di determinare valore numerico e incertezza della grandezza
Procedura che permette di ottenere il valore di una grandezza
Operazione di confronto tra la grandezza da misurare e l'unità di misura
Insieme di operazioni che ci permette di ottenere il valore della grandezza

2.3 MISURANDO

Grandezza che deve essere misurata
L'oggetto della misurazione
Grandezza specifica che deve essere misurata . Si sa a che cosa serve misurarlo .
Grandezza che deve essere misurata
La proprietà del corpo che è oggetto della misura

2.5 METODO DI MISURA

Procedura da seguire per effettuare una misurazione, dipendente dalla grandezza oggetto di misura
Insieme delle tecniche, strategie e strumenti utilizzati per effettuare una misura
Sequenza logica, operazioni e/o procedure volte a determinare il valore di una grandezza
Scelta del percorso (strategie) per raggiungere il valore della misura (es. metodo diretto o indiretto)
Procedura che ci permette di ottenere la misura

2.9 RISULTATO DI MISURA

Valore di una grandezza
Intervallo di valori all'interno dei quali ricade il valore "vero" di una misura
Valore medio con incertezza di misura e unità di misura. Intervallo di valori

Valore numerico accompagnato dall'unità di misura che si raggiunge alla fine del percorso di misura della grandezza

Valore numerico con unità di misura e incertezza (Valori attribuiti a un misurando)

2.13 ACCURATEZZA DI MISURA

Rispetto rigoroso del metodo di misura

Confronto tra un risultato ottenuto e un risultato condiviso

Quanto il risultato della misura si avvicina a un valore noto della grandezza (valore tabellato)

Qualità positiva e bontà della misura

Quanto il valore misurato è vicino al valore vero

2.15 PRECISIONE DI MISURA

Grado di "bontà" di una misurazione; quanto più si avvicina al valore "reale" del misurando

Proprietà di una misura legata all'incertezza (intervallo di valori stretto → misura più precisa)

Rapporto tra il valore della misura e l'errore della misura

2.16 ERRORE DI MISURA

Scostamento (differenza) dal valore ritenuto reale

Incetezza di misura. Differenza fra valore misurato e valore di riferimento

Differenza tra valore misurato e valore più probabile

2.17 ERRORE SISTEMATICO DI MISURA

Errore che si ripete allo stesso modo ogni volta che si ripete la misurazione con le stesse condizioni

Difetto di misura legato allo strumento ; può essere corretto

Errore che si ripete sempre allo stesso modo in tutte le misure

2.20 CONDIZIONE DI RIPETIBILITÀ DI MISURA

Ripetibilità legate da misure ripetute in tempi brevi

Invarianza delle condizioni ambientali che possono influenzare la misura (stesse condizioni in intervalli di tempo brevi)

2.21 RIPETIBILITÀ DI MISURA

Possibilità di poter ripetere la misurazione

2.25 RIPRODUCIBILITÀ DI MISURA

Diversi metodi e persone

Possibilità di ricreare il contesto ambientale e procedurale in tempi e luoghi diversi

2.26 INCERTEZZA DI MISURA

Parametro della dispersione dei valori attribuibili a un misurando

Differenza tra misura effettuata e valore più probabile

Parametro non negativo caratterizzante la dispersione dei valori che sono attribuiti a un misurando

2.34 INCERTEZZA DI MISURA OBIETTIVO

Valore limite superiore dell'incertezza

Valore di incertezza accettabile per gli scopi delle misure

2.39 TARATURA

Confronto di uno strumento con dei campioni Processo che consente di collegare tra loro diversi strumenti

2.41 RIFERIBILITÀ METROLOGICA

Possibilità di riferimento della misurazione di una grandezza a un'altra

2.52 GRANDEZZA DI INFLUENZA

Grandezza che non è oggetto della misurazione che può influenzarla (influisce sull'incertezza)

3-DISPOSITIVI DI MISURA

3.1 STRUMENTO DI MISURA

Strumento che ci permette di ottenere il valore della misura

3.6 CAMPIONE MATERIALE

Oggetto utilizzato come riferimento campione

3.8 SENSORE

Dispositivo sensibile a una grandezza

3.9 RIVELATORE

strumento che visualizza eventi

4-PROPRIETÀ DEI DISPOSITIVI DI MISURA

4.7 INTERVALLO DI MISURA

L'insieme dei valori che lo strumento può misurare

4.12 SENSIBILITÀ

La minima variazione della grandezza che il dispositivo può apprezzare

4.14 RISOLUZIONE

vedi sensibilità

4.19 STABILITÀ

Possibilità di ottenere gli stessi risultati in tempi diversi

4.21 DERIVA STRUMENTALE

Influenza di una misura sulle successive

4.26 ERRORE MASSIMO AMMESSO

Massima incertezza accettabile

5-CAMPIONI DI MISURA

5.1 CAMPIONE DI MISURA

Campione depositato ufficialmente

5.13 MATERIALE DI RIFERIMENTO (MR)

Materiale che permette di riprodurre in modo accettabile il campione

5.14 MATERIALE DI RIFERIMENTO CERTIFICATO (MRC)

Materiale di riferimento certificato da un ente ufficiale

2.1.5 All. 5 - Attività di laboratorio

A cura di Anita Calcatelli e Marina Sardi

Formazione e pratica educativa della METROLOGIA Riferimento Protocollo d'intesa USR-INRiM- GMEE (siglato il 28 ottobre 2010)

Attività di laboratorio
Presso INRiM
Corso M. D'Azeglio 42, Torino

Scopo della prova: Determinazione della densità di alcuni oggetti di forma e materiale vari.

Procedimento:

- * esecuzione di una serie di misurazioni
- * elaborazione dei dati ottenuti
- * presentazione dei risultati

Nota: non è importante su quale grandezza operare; è importante l'impostazione "metrologica" della prova e, in modo particolare, l'elaborazione dei risultati e l'analisi di essi da tutti i punti di vista compresa la valutazione delle componenti dell'incertezza relativa alle singole stime di ingresso. E, infine, la valutazione dell'incertezza tipo composta.

I partecipanti sono suddivisi in tre gruppi ognuno dei quali esegue le misurazioni su tre degli oggetti disponibili.

In totale si tratta di tre insiemi di oggetti assegnati ciascuno ad uno dei tre gruppi di partecipanti.

Ogni gruppo di partecipanti dispone di una bilancia, di un calibro e di un volume tarato.

Una pesiera tarata dall'INRiM sarà utilizzata per il controllo iniziale di tutte e tre le bilance e un termometro fornirà il valore della temperatura del laboratorio.

Chiameremo i gruppi di insegnanti A, B e C mentre i tre insiemi di oggetti sono:

O1: un cilindro ed un prisma a sezione esagonale entrambe di ottone

O2: un parallelepipedo di sezione quadrata in alluminio, un oggetto di geometria composita in rame.

O3: un cilindro composito di alluminio e un pesino probabilmente di vetro

Densità = massa/ volume

$$\rho = M/V$$

Massa: va misurata con bilance (ne sono disponibili tre con diversi fondo scala e risoluzione).

Volume: se si ricava dalla geometria sarà determinabile da misurazioni di lunghezza con un calibro di cui si deve valutare la risoluzione (ne sono disponibili tre).

Se l'oggetto è di geometria non determinabile da misurazioni di lunghezza se ne misura il volume con un contenitore tarato contenente acqua. In tal caso si deve fare una stima della risoluzione in volume.

Dalla relazione

$$\rho = M/V$$

Si valuta la varianza composta dalla formula di composizione

$$u_c^2(\rho) = \left(\frac{1}{V} u(M) \right)^2 + \left[- \frac{1}{V^2} M u(V) \right]^2$$

E quindi l'incertezza tipo composta sarà:

$$u_c(\rho) = \sqrt{u_c^2(\rho)}$$

O in relativo:

$$u_r^2(\rho) = \frac{u_c^2(\rho)}{\rho^2} = \frac{u^2(M)}{M^2} + \frac{u^2(V)}{V^2}$$

Da cui si ricava l'incertezza tipo composta relativa data, estraendo la radice quadrata della precedente relazione radice quadrata della u.

Ma la $u(M)$ e la $u(V)$ sono a loro volta il risultato della combinazione di componenti dovute alla strumentazione (soprattutto risoluzione) e alla esecuzione delle misurazioni (ripetibilità) combinate in quadratura.

Esempio: Cilindro di cui si determinano diametro e altezza con un calibro

$$u^2(V) = \left(\frac{\delta V}{\delta d} \right)^2 u^2(d) + \left(\frac{\delta V}{\delta h} \right)^2 u^2(h) + 2 \frac{\delta V}{\delta h} \frac{\delta V}{\delta d} u(d)u(h)r(d, h)$$

[1]

essendo d ed h misurati con uno stesso strumento vi sarà completa correlazione tra i due per cui si può considerare $r(d, h) = 1$

Si rilevino per il diametro d (o il lato se si tratta di parallelepipedo) dieci valori a tre livelli diversi e si eseguano anche dieci misurazioni dell'altezza h. In questo modo si possono calcolare i valori medi e la varianza sia di d sia di h, quindi si valuta la componente della varianza composta considerando sia la componente di tipo A (varianza di dieci misure) sia di tipo B (0,5 x risoluzione).

Quindi

$$u^2(d) = s^2(d) + (0,5xrisol)^2$$

$$u^2(h) = s^2(h) + (0,5xrisol)^2$$

Per proseguire con l'esempio supponiamo che da misurazioni ripetute di diametro si ricavi un valore medio $\mu(d)$ di 4 cm con una varianza $s^2(d) = 3 \text{ mm}^2$ e, analogamente per l'altezza si abbia $\mu(h) = 10 \text{ cm}$ e $s^2(h) = 3 \text{ mm}^2$ e la risoluzione del calibro sia di 1 mm. Si vede che in questo caso la componente dovuta alla risoluzione è trascurabile: Perciò potremo scrivere

$$u^2(d) = s^2(d)$$

$$u^2(h) = s^2(h)$$

esplicitando le singole componenti, fattori di sensibilità, nella [1] si ha:

$$c_1 = \frac{\delta V}{\delta d} = \frac{\pi}{4} 2dh$$

$$c_2 = \frac{\delta V}{\delta h} = \pi \frac{d^2}{4} =$$

$$c_{1,2} = \frac{\delta V}{\delta d} \cdot \frac{\delta V}{\delta h} = \left(\frac{\pi}{4} 2dh \right) \left(\pi \frac{d^2}{4} \right)$$

E combinando i termini in quadratura:

$$u^2(V) = c_1^2 \cdot u^2(d) + c_2^2 \cdot u^2(h) + c_{1,2} \cdot u(h) \cdot u(d)$$

Quindi si procede al calcolo dell'incertezza tipo composta della densità.

Esempio di scheda per compilazione dei dati

Data: Temperatura: Operatore:

Misurazioni eseguite su cilindro metallico

	M/kg	h/m	d/m	$(m_i - \mu(M))/\text{kg}$	$\mu(M) - (m_i)^2/\text{kg}^2$	$h_i - \mu(h)/\text{m}$	$(h_i - (\mu(h))^2)/\text{m}^2$	$(d_i - \mu(d))/\text{m}$	$(d_i - \mu(d))^2/\text{m}^2$
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
media									
media -x _i									
s ²									
s									

2.1.6 All. 6 - I lavori di gruppo

A cura di Anita Calcatelli e Marina Sardi

2.1.7 6.a - Trasferimento in classe per la scuola primaria e secondaria di 1° grado

ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA
Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca
Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte
Direzione Generale

GME
Gruppo Misure Elettriche ed Elettrotecniche

**FORMAZIONE E PRATICA EDUCATIVA
DELLA METROLOGIA**

MISURIAMO CON LE FOGLIE!

PERCORSO DESTINATO ALLA
SCUOLA PRIMARIA e SECONDARIA DI 1° GRADO

COMPONENTI DEL GRUPPO DI LAVORO

CANE ANGELA	Ins.te sc. primaria c/o IV circolo Moncalieri - tutor ISS
CAPISANI LORENZO	Insegnante IC Regio Parco UTS Stranieri
CIGNETTI LUCIANO	Insegnante scuola primaria c/o Azeglio - tutor ISS
FERRETTI ALBERTA	Docente in pensione - tutor ISS
GILARDINI GIANFRANCO	Insegnante c/o ITIS Avogadro - Torino
MORANDO MARA	Docente in pensione - tutor ISS
PETITI ROSANNA	Insegnante scuola primaria c/o I.C Vinovo - tutor ISS
RAGONA RICCARDO	Laureato in Fisica
RIMONDI ATTILIA	Ins.te sc. secondaria 1° grado c/o 'I.C "M della Benedicta" sez di Cassano Spinola
ZANINI ELISABETTA	Ins.te scuola primaria c/o 1° Circolo Rivoli

RIFLESSIONI INIZIALI...

- ◆ L'attività dovrebbe essere proposta una volta introdotta l'idea di misura/ misurare anche a livelli intuitivi, non necessariamente con unità di misura convenzionali.



- ◆ Generalmente le prime esperienze di misura sia nella primaria che nella secondaria di primo grado riguardano la misura di lunghezze e hanno come oggetto lunghezze di corpi non "deformabili" (lunghezza del banco, larghezza dell'aula...).

- ◆ Misurare la lunghezza della foglia comporta più difficoltà operative e più incertezza (gli alunni posizionano nello stesso punto della foglia il righello, la foglia potrebbe muoversi, scivolare ...).



- ◆ Gli alunni spesso pensano che misurare sia facile e che un buon righello risolva tutti i problemi; questa attività può far riflettere, a tutti i livelli scolari, che qualsiasi operazione di misura è un fatto complesso che non porta a risultati assolutamente certi.

OBIETTIVI

- ◆ Acquisire consapevolezza della necessità di "regolamentare" il processo e il linguaggio della misura, in relazione alle problematiche che emergono nella misurazione di lunghezze di foglie di una stessa pianta, o di piante della stessa specie.
- ◆ Riflettere sull'utilizzo e sulla elaborazione dei dati sperimentali, a cominciare dalla stima dell'incertezza da attribuire a ogni singola misura, ricercando modalità adeguate di rappresentazione e interpretazione.
- ◆ Saper utilizzare in contesti simili e/o diversi abilità e conoscenze acquisite in precedenza.
- ◆ Saper cogliere costanti e variabili nelle esperienze effettuate.
- ◆ Saper prevedere gli scenari delle esperienze da effettuare.
- ◆ Sapere predisporre gli scenari delle esperienze da effettuare.



TEMPI DI ESECUZIONE: 6 /8 ORE

VERTICALITA' e TRASVERSALITA'

La scelta di effettuare misurazioni di "foglie" è stata anche determinata dalla consapevolezza che tale "materiale" risulta facilmente reperibile dagli alunni, vicino alla loro realtà quotidiana, collegabile alle attività ricorrenti nelle programmazioni didattiche ed in assenza di costi.

L'intento è il coinvolgimento degli allievi nella ricerca di relazioni tra grandezze, con la possibilità di effettuare collegamenti interdisciplinari con la Lingua Italiana, le Scienze, la Matematica, la Geometria e la Statistica, l'Educazione ambientale e l'Educazione artistica.

VERTICALITA' e TRASVERSALITA'

Il gruppo di lavoro è stato incaricato di trasferire nella didattica i principi della metrologia appresi, mediante la progettazione di un percorso adattabile ai diversi livelli scolari e comprensivo di attività laboratoriali.

Ha ritenuto pertanto che l'attività di misurazione delle foglie si presti bene alla realizzazione di un percorso che, senza soluzioni preconfezionate, possa essere facilmente sperimentato, semplificato, esteso, interrotto a differenti livelli di abilità e competenza.

DIDATTICA LABORATORIALE: FASI

FASI DI LAVORO PER IL GRUPPO CLASSE:

- ◆ raccolta di un campione significativo di foglie (30/50 foglie) di uno stesso albero
- ◆ decisione condivisa di **cosa** misurare della foglia (lunghezza della foglia nel senso della nervatura centrale, con o senza picciolo ...; larghezza della foglia, determinazione della dimensione massima.....)
- ◆ etichettatura dei campioni
- ◆ riflessione sulle modalità di utilizzo dei campioni (come disporle per limitare al massimo l'accartocciamento ...)
- ◆ scelta condivisa dello strumento di misura più congeniale fra quelli a disposizione (righello, squadra, carta a quadretti, carta centimetrata, millimetrata...) e dell'unità di misura
- ◆ decisione condivisa di **come** misurare (uso dello strumento scelto).



DIDATTICA LABORATORIALE: FASI

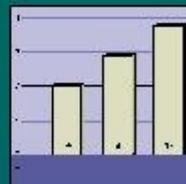
FASI DI LAVORO PER IL GRUPPO CLASSE:

- ◆ raccolta di un campione significativo di foglie (30/50 foglie) di uno stesso albero
- ◆ decisione condivisa di **cosa** misurare della foglia (lunghezza della foglia nel senso della nervatura centrale, con o senza picciolo ...; larghezza della foglia, determinazione della dimensione massima.....)
- ◆ etichettatura dei campioni
- ◆ riflessione sulle modalità di utilizzo dei campioni (come disporle per limitare al massimo l'accartocciamento ...)
- ◆ scelta condivisa dello strumento di misura più congeniale fra quelli a disposizione (righello, squadra, carta a quadretti, carta centimetrata, millimetrata...) e dell'unità di misura
- ◆ decisione condivisa di **come** misurare (uso dello strumento scelto).



FASI DI LAVORO PER IL GRUPPO CLASSE:

- ◆ raccolta dei dati tabulati da ciascun gruppo (valori medi di lunghezza e di larghezza e/ o valore medio di lunghezza e di larghezza di ogni foglia)
- ◆ considerazioni sui valori ottenuti (ad es. la misura esatta non esiste, ma il valore medio è quello più "buono" e che si avvicina al valore vero)
- ◆ scelta condivisa della rappresentazione dei dati:
- ◆ grafico lunghezza (mm) – larghezza (mm)
- ◆ istogramma per classi di grandezze
- ◆ altro.....
- ◆ ricerca di correlazioni
- ◆ eventuale calcolo del rapporto
- ◆ eventuale previsione della misura della seconda dimensione della foglia (es. larghezza) a partire da una dimensione data (es. lunghezza), contemplando uno scarto tipo.



MISURARE, RIFLETTERE, VALUTARE...

SE AD ESEMPIO alcuni alunni misurano la stessa foglia e ottengono 12 cm, mentre altri 13,5 cm o 10,6 cm ... Quanto sono credibili le misure ottenute? Qual differenza tra le varie misure è accettabile?

E' NECESSARIO
riflettere sui possibili "errori di misura" ...



- ◆ E' stato usato correttamente lo strumento?
- ◆ È stato letto correttamente lo strumento? (può succedere che i ragazzi leggano la misura non partendo dallo zero o partendo dall'inizio dello strumento..)
- ◆ E' stato posizionato correttamente lo strumento sulla foglia?
- ◆ La foglia si è sciupata nel passaggio da un alunno all'altro?
- ◆ La foglia è stata distesa bene ?

Può essere allora necessario fissare uno "scarto" entro cui accettare il dato relativo alla misurazione.

Questo aspetto dovrebbe aiutare gli alunni ad associare la misura di un oggetto ad un numero che sia "credibile" rispetto al contesto dell'oggetto e nello stesso tempo fissare un limite entro cui accettare tale misura: se si ha uno scarto di 5 cm sulla lunghezza di una strada, è possibile trascurare i 5 cm, ma se lo stesso scarto è relativo alla misura di una mensola non è accettabile.



POSSIBILI COLLEGAMENTI:

- ◆ Esecuzione dell'attività con foglie della stessa specie recuperate da alberi diversi.
- ◆ Misurazione dell'area della foglia attraverso il conteggio dei quadretti su cui viene collocata ($\text{cm}^2 - \text{mm}^2$), con conseguente discussione sui modelli di rappresentazione, sulle approssimazioni nella misura di aree di figure a contorno irregolare (a seconda dei livelli scolari).
- ◆ *La misura della superficie della lamina della foglia può essere effettuata anche con misure indirette ricercando forme geometriche, di cui si possa calcolare l'area, che approssimino la forma della foglia (l'ellisse è, per esempio, assimilabile alla forma di una foglia di lauro ceraso ...).*
- ◆ *L'incertezza della misura con il conteggio dei quadretti potrebbe essere confrontata con l'incertezza stimata con la misura in forma indiretta (forme che approssimano per eccesso, per difetto ..., quanta parte di un quadretto deve essere ricoperta dalla foglia perché il quadretto possa essere conteggiato ..., diminuzione dell'approssimazione in relazione all'unità di misura ...).*

- ◆ Ricerca delle caratteristiche che vengono considerate nella classificazione delle foglie.
- ◆ Ricerca di similitudini, regolarità, geometrie in elementi naturali.
- ◆ Applicazione delle procedure utilizzate su specie diverse per stabilire se esistono e quali sono le caratteristiche distintive per le foglie di ogni specie e/o il range entro cui si possono avere le variabilità di specie.
- ◆ *Lo stesso percorso si potrebbe utilizzare per ricercare la correlazione tra altezza di un alunno e apertura delle braccia, verificando se l'eventuale relazione dipende dall'età o è una caratteristica del corpo umano.*
- ◆ Misurazione della lunghezza e dell'area.
- ◆ Stima della superficie fogliare di una pianta.
- ◆ Osservazioni ed esperienze laboratoriali sulla fotosintesi clorofilliana.
- ◆ Considerazioni sulla produzione di energia da parte della foglia e sulla ricerca condotta a livello europeo relativamente alla produzione di energia da parte delle biomasse.

GRUPPO 1

FOGLIO DI LAVORO RACCOLTA DATI

PER LA MISURA DELLE FOGLIE (in mm)

L U N G H E Z Z A	N°MISURE	FOGLIA 1 ALUNNO A	FOGLIA 2 ALUNNO B	FOGLIA 3 ALUNNO C	FOGLIA 4 ALUNNO D	FOGLIA 5 ALUNNO E
	1a					
	2a					
	3a					
	4a					
	4a					
	6a					
	7a					
	8a					
	9a					
10a						
MEDIA						

L A R G H E Z Z A	N°MISURE	FOGLIA 1 ALUNNO A	FOGLIA 2 ALUNNO B	FOGLIA 3 ALUNNO C	FOGLIA 4 ALUNNO D	FOGLIA 5 ALUNNO E
	1a					
	2a					
	3a					
	4a					
	4a					
	6a					
	7a					
	8a					
	9a					
10a						
MEDIA						

2.1.8 6.b - Trasferimento in classe per la secondaria di 2° grado

VERIFICA DELLA RESISTENZA ELETTRICA DI UN RESISTORE CON IL METODO VOLTAMPEROMETRICO

Tutor: Graziella Vecco

Anna Botti - Salvatore Pileggi - Michele Rella - Maria Rita Rizzo - Chiara Soragna - Ines Villa -

Scopo della prova

Verificare la resistenza elettrica di un conduttore ohmico (resistore), attraverso le misure dirette della differenza di potenziale e dell'intensità di corrente elettrica.

Materiali

- Un resistore valore nominale $24\ \Omega$ con tolleranza del 5% (ved. Figura 1)

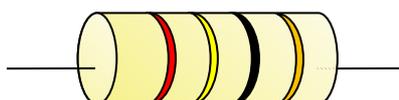


Figura 1

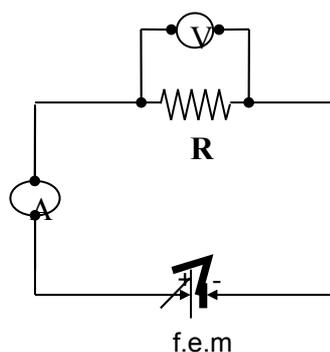
- Un generatore di forza elettromotrice variabile (potenziometro) di portata massima 24 V
- Cavi e morsetti elettrici
- Una piastra porta resistori

Strumenti di misura

- Un multimetro digitale per la misura di tensione in continua:
 - portata 20 V;
 - precisione 0,5% della lettura + 1DIGIT;
 - risoluzione 10 mV
- Un amperometro analogico per la misura di corrente in continua:
 - portata 1 A;
 - classe 1,5

Schema elettrico

Figura 2



Si costruisce un circuito elettrico semplice, con generatore di forza elettromotrice *f.e.m.* variabile, resistore inserito nella piastra portaresistori e un multimetro digitale in funzione di voltmetro e un amperometro analogico.

Si sceglie la configurazione “amperometro a monte” perché il valore nominale del resistore è tale da introdurre una incertezza trascurabile sulle misure di tensione, di sicuro inferiore a 0,01%.

Ponendo U la tensione misurata e V quella teorica misurabile, nell’ipotesi di autoconsumo nullo del voltmetro, si ha :

$$U = V \frac{r_v}{r_v + R}$$

dove r_v è la resistenza interna del voltmetro; quindi, se r_v è “molto” maggiore di R , non c’è una perturbazione apprezzabile nei valori misurati e la configurazione “amperometro a monte” è preferibile.

Sia la configurazione a monte sia quella a valle introducono un effetto sistematico sulla misura, che si può stimare come segue, ponendo:

R = valore nominale della resistenza

R_m = valore misurato della resistenza

r_v = resistenza interna del voltmetro

r_A = resistenza interna dell’amperometro

- nella configurazione con l’amperometro “a monte”: $R_m = R \cdot r_v / (r_v + R)$, con una variazione relativa pari a $R / (R + r_v) \approx R / r_v$
- nella configurazione con amperometro “a valle”: $R_m = R + r_A$, con una variazione relativa pari a r_A / R

Le due configurazioni portano a una variazione relativa di pari entità per R tale che $R / r_v = r_A / R$, cioè per $R = \sqrt{r_A \cdot r_v}$. Stimando, in base ai dati forniti dai costruttori, r_v

dell’ordine di 10 M Ω e r_A dell’ordine dei 10 Ω , si ottiene $R = 10^4 \Omega$.

La scelta tra le due configurazioni si basa quindi sulla previsione dell’ordine di grandezza del risultato della misura.

Esecuzione

Si varia la tensione del potenziometro per (almeno) dieci valori e si eseguono le relative letture di differenza di potenziale elettrico ΔV con il voltmetro e intensità di corrente elettrica i con l’amperometro.

Elaborazione dei dati

La prima legge di Ohm permetterà, per ogni coppia di ΔV e i , di calcolare la resistenza R del resistore esaminato con

$$R_i = \frac{\Delta V_i}{i_i}$$

Si può, quindi, calcolare il valore medio μ_R delle resistenze.

La varianza $u^2(R)$ sarà data da

$$u^2(R) = u_{sta}^2(R) + u_{str}^2(R)$$

intendendo con u_{sta}^2 la varianza statistica della resistenza ricavata dalle misure riportate in tabella 1 e con u_{str}^2 la più grande tra le n incertezze composte strumentali.

Dati i seguenti fattori di sensibilità:

$$c(i) = \frac{\partial R}{\partial i} = -\frac{1}{i^2} \cdot \Delta V$$

$$c(\Delta V) = \frac{\partial R}{\partial \Delta V} = \frac{1}{i}$$

e le seguenti varianze di tipo B

$$u(i) = 0,5 \cdot 0,015 A$$

$$u(\Delta V) = 0,5 \cdot (0,5\% \Delta V + 1 \text{ digit})$$

la varianza composta è data da

$$u_{str}^2(R) = c(i)^2 \cdot u(i)^2 + c(\Delta V)^2 \cdot u(\Delta V)^2$$

L'incertezza quindi diventa:

$$u(R) = \sqrt{u^2(R)}$$

Tablelle dei dati e grafico

I dati acquisiti e la relativa elaborazione sono riportati nella tabella 1.

N°	ΔV	i	R	$u_{str}(\Delta V)$	$c(\Delta V)$	$u_{str}(i)$	$c(i)$	u_{str}^2
prova	V	A	Ω	V	A^{-1}	A	V/A^2	Ω^2
	0,00	0,00						
1	0,30	0,01	30,00	0,006	100	0,008	3000	506,58
2	0,83	0,04	20,75	0,007	25	0,008	519	15,17
3	1,56	0,06	26,00	0,009	17	0,008	433	10,58
4	2,05	0,08	25,63	0,010	13	0,008	320	5,79
5	2,58	0,10	25,80	0,011	10	0,008	258	3,76
6	2,90	0,12	24,17	0,012	8	0,008	201	2,29
7	3,77	0,16	23,56	0,014	6	0,008	147	1,23
8	4,03	0,17	23,71	0,015	6	0,008	139	1,10
9	4,41	0,18	24,50	0,016	6	0,008	136	1,05
10	5,01	0,22	22,77	0,018	5	0,008	104	0,61
11	5,54	0,24	23,08	0,019	4	0,008	96	0,53
12	6,24	0,26	24,00	0,021	4	0,008	92	0,49
13	6,73	0,28	24,04	0,022	4	0,008	86	0,42

Tabella 1

Come si può notare dalla tabella 1, le prime tre misure sono caratterizzate da un'incertezza strumentale molto alta. Si è reso quindi opportuno, non utilizzare le prime tre coppie di

valori per il calcolo statistico. E' buona norma nelle misurazioni utilizzare gli strumenti per misure di valori verso il fondo scala.

Nella tabella 2 sono riportati i risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati.

$\mu (R) (\Omega)=$	24,13
$u_{str}^2 (R) (\Omega^2)=$	5,8
$u_{sta}^2 (R) (\Omega^2)=$	0,96
$u^2 (R) (\Omega^2)=$	6,75
$u(R) (\Omega)=$	2,60

Tabella 2

Il grafico tensione verso corrente per i dati sperimentali è riportato in figura 3.

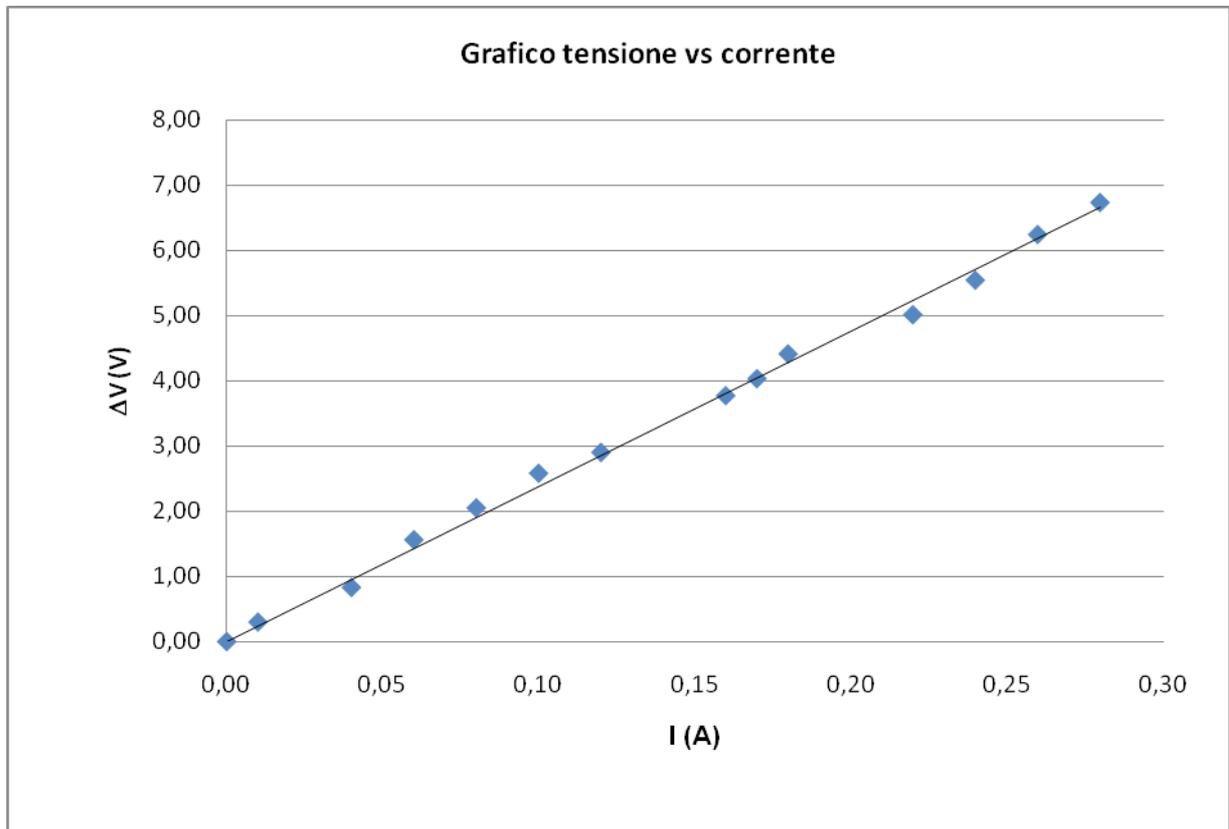


Figura 3

Conclusioni

Come riportato nella tabella 2 il risultato delle misure della resistenza del resistore è :

$$R = 24,13 \Omega$$

con un'incertezza

$$u(R) = 2,60 \Omega.$$

Poiché lo scopo dell'esperimento era di verificare il valore della resistenza fornito dal costruttore si possono confrontare i due dati e relative incertezze come in figura 4 e calcolare un indice di accettazione (errore normalizzato), cioè un valore assoluto della differenza tra il valore dato dal costruttore e quello misurato pesato sulla combinazione delle incertezze trattando la tolleranza come un valore di incertezza.

$$E_{err.normal.} = \frac{\|dato\ costruito - valore\ calc\|}{\sqrt{(tolleranza^2 - incert^2)}} \leq 1$$

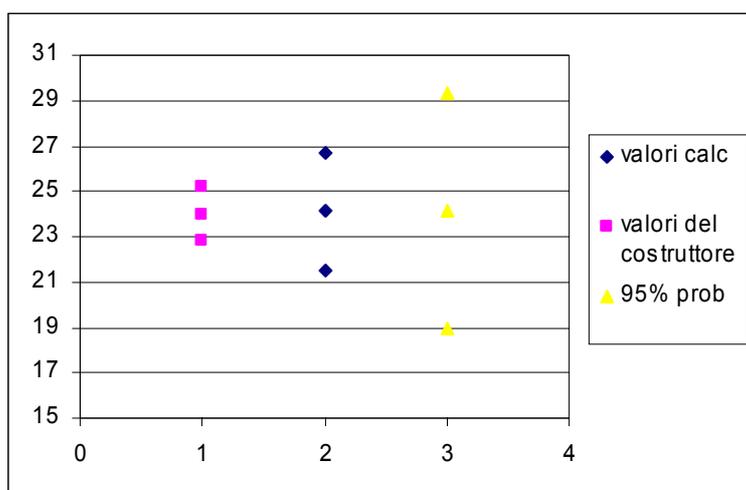


Figura 4

Nel caso presente con i dati della figura 4 si ha :

$$E = \frac{\|24 - 24,13\|}{\sqrt{(1,2^2 + 2,6^2)}} = 0,45$$

Quindi quanto fornito dal costruttore è accettabile entro i limiti delle incertezze calcolate al 68 % di probabilità e a maggior ragione se si considera un fattore di copertura k=2 (cioè con il 95 % di probabilità).

Ulteriori sviluppi didattici

Obiettivo didattico dell'esperimento è anche quello di stabilire qual è la relazione matematica fra tensione e intensità di corrente ai capi di differenti utilizzatori elettrici.

Come si può notare dal grafico di figura 3 dove sono riportati i valori sperimentali della tensione verso l'intensità di corrente, i dati sperimentali sono abbastanza allineati su una retta che passa per l'origine degli assi. Possiamo dire che la relazione fra la tensione ai capi del resistore e la corrente che vi circola è una legge di proporzionalità diretta.

Non tutti gli utilizzatori elettrici seguono questo andamento lineare. Ripetendo la prova misurando corrente e tensione ai capi di una lampadina si ottiene un grafico non lineare come quello riportato in figura 5.

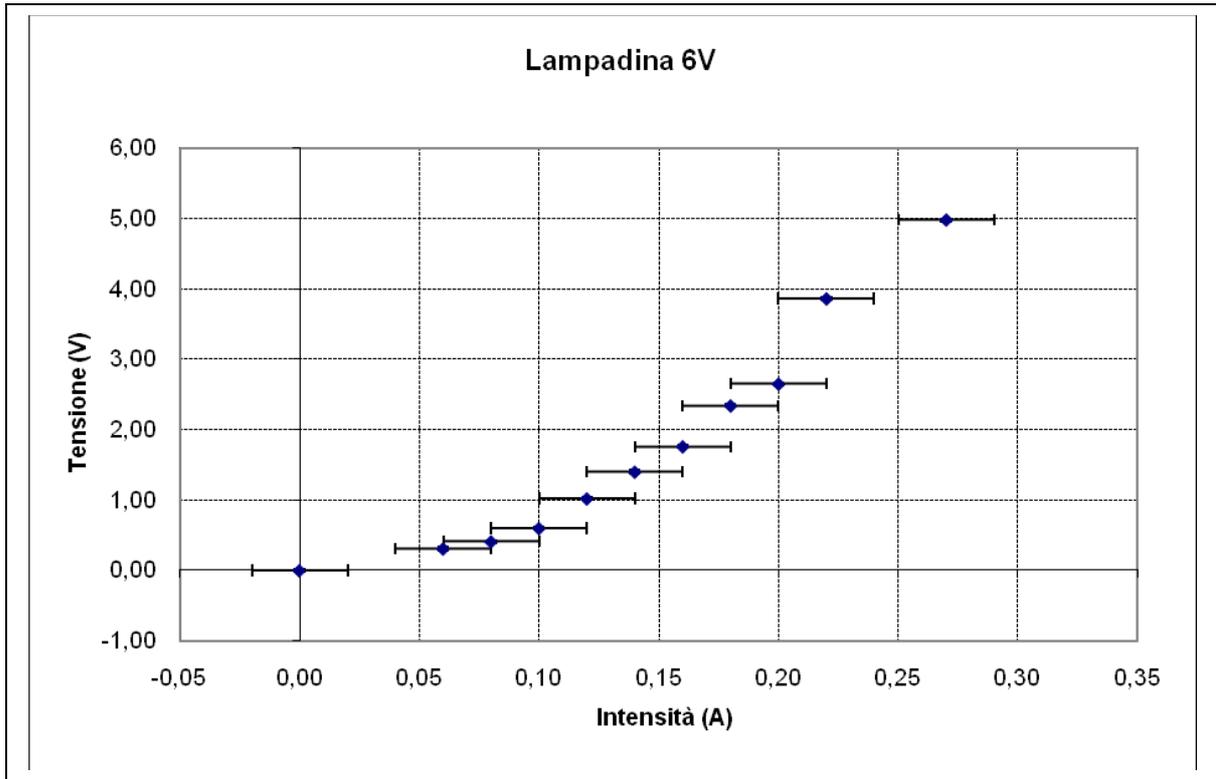


Figura 5

2.1.9 6.c - Trasferimento in classe per la secondaria di 2° grado

IL PENDOLO SEMPLICE - CONSIDERAZIONI DIDATTICHE SULL' ESPERIMENTO DI MISURA DELL'ACCELERAZIONE DI GRAVITÀ g E DELLA SUA INCERTEZZA

Tutor: Riccardo Urigu

Claudia De Marchi - Chiara Dematteis - Irene Ferrari Trecate - Manuela Noventa - Achille Ritrovato - Daniela Roso - Paola Sartirana

Introduzione:

L'uso in laboratorio di un pendolo semplice consente di analizzare molteplici argomenti di fisica e di metrologia, affrontabili con classi di Scuola Secondaria di secondo grado.

Abbiamo deciso di analizzare l'esperienza di determinazione di g con un pendolo semplice¹.

Il progetto è stato strutturato secondo tre livelli di approfondimento:

- Analisi statistica, a livello elementare, delle misure raccolte, adatta a classi del biennio di Scuola Superiore (ITIS, Liceo Scientifico; Liceo Scientifico Scienze applicate).
- Analisi statistica delle misure raccolte con un buon livello di approfondimento per quanto riguarda le formule di propagazione delle incertezze sperimentali su misure indirette, adatta a classi del triennio del Liceo Scientifico e del Liceo Scientifico opzione Scienze applicate.
- Analisi statistica delle misure raccolte con un alto livello di approfondimento per quanto riguarda le formule di propagazione delle incertezze sperimentali su misure indirette (uso delle derivate parziali) adatta a classi terminali del Liceo Scientifico e del Liceo Scientifico opzione Scienze applicate.

Obiettivo:

- Determinazione dell'accelerazione di gravità g , a partire dall'uso del pendolo semplice, con un'incertezza percentuale inferiore ad una soglia stabilita
- Valutazione della qualità della misura effettuata
- Confronto del dato ottenuto con il valore locale noto, tenendo presenti le caratteristiche gravimetriche del suolo

Tipo di grandezza da misurare: grandezza derivata

Ricerca delle grandezze di influenza: temperatura, lunghezza filo, elasticità del filo, ampiezza dell'oscillazione, massa.

¹ Il modello del pendolo semplice non può essere usato per misure di g di precisione (una parte su un milione); infatti il filo dovrebbe avere massa trascurabile rispetto a quella oscillante, per cui facilmente risentirebbe delle forze variabili applicate durante l'oscillazione. Tuttavia per una esperienza di tipo scolastico è adatto allo scopo. Dal testo di E. Pancini, "Misure ed apparecchi di fisica".

- L'influenza della temperatura può essere trascurata operando a temperatura ambiente (circa 20 °C); non si registrano deformazioni negli strumenti di misura e nella lunghezza del filo di cotone.
- Per quanto riguarda l'ampiezza delle oscillazioni si lavora con piccole oscillazioni (circa 10°), quindi T non è influenzato dall'angolo di oscillazione.
- La massa del corpo appeso non influenza il periodo e ciò potrebbe essere verificato con una ulteriore esperienza per individuare da quali grandezze dipenda il periodo di oscillazione di un pendolo semplice.
- La lunghezza, invece, è grandezza che condiziona il periodo di oscillazione e si deve valutare bene l'incertezza della misura, mentre l'elasticità del filo può essere trascurata usando un filo di cotone.

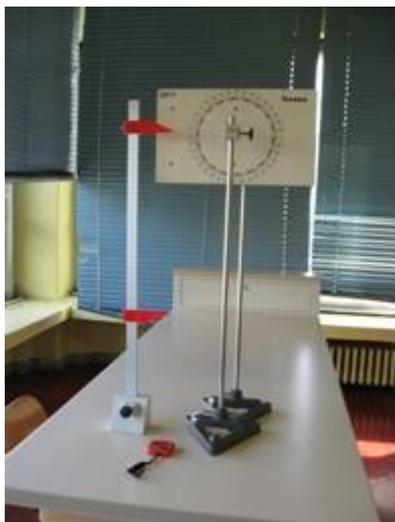
Materiali e strumenti di misura usati:

Materiali

- Asta con sostegno ad A
- Morsetto con gancio
- Sferetta in piombo
- Filo di cotone (si può supporre inestensibile)

Strumenti di misura

- Goniometro con sostegno: portata 360°, risoluzione 1°
- Catetometro: portata 0.800 m, risoluzione 0.001 m
- Cronometro digitale: portata 59 min 59 s 99 cs, risoluzione 0.01s
- eventuale calibro ventesimale per la misura del diametro della sferetta appesa al pendolo con risoluzione di 0,00005 m)



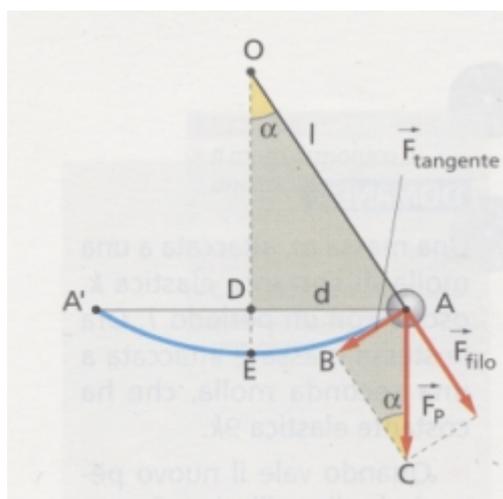
Disegno delle apparecchiature

Richiami teorici

Il pendolo semplice è un **sistema oscillante ideale** costituito da un punto materiale pesante (massa pendolare) collegato a un centro di sospensione mediante un filo flessibile, inestensibile e di peso trascurabile.

Il tempo **T** (s) che separa due passaggi successivi nello stesso senso per la posizione di equilibrio si chiama **periodo del pendolo**.

Si dice **oscillazione completa**, il movimento compiuto dal pendolo in un periodo.



Per determinare il valore dell'accelerazione di gravità g si parte dalla formula del periodo T

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \text{e si ricava che} \quad g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} .$$

Nella formula si sostituiranno la media delle lunghezze e la media dei periodi misurati.

Descrizione del procedimento

1. Montare l'attrezzatura in modo adeguato (l'asta al sostegno e al morsetto).
2. Annodare un capo del filo alla sferetta e l'altro al gancio del morsetto.
3. Misurare 30 volte la lunghezza del pendolo.
4. Spostare la sferetta dalla posizione di riposo di un angolo α (piccolo $\approx 5^\circ - 6^\circ$) e misurare con un cronometro la durata di 10 oscillazioni complete.
5. Ripetere la prova 30 volte.

Il numero di misure scelto garantisce una variabilità sufficiente per un'analisi statistica. Dal punto di vista operativo, si può pensare di dividere gli studenti in gruppi (5 alunni a gruppo, ognuno dei quali effettua almeno una misura di lunghezza e una misura di tempo pari a 10 oscillazioni) e poi unire i dati ottenuti per arrivare al target di misure prefissato.

Per misurare l'ampiezza delle oscillazioni, se il laboratorio scolastico non fosse fornito di goniometri con sostegno, usare il criterio di riferirsi alla corda d con $d \ll L/2$, in cui L indica la lunghezza del filo.

Elaborazione dei dati

- Riportare i dati raccolti in una tabella.
- Calcolare il valore medio delle misure effettuate.
- Determinare il valore del periodo del pendolo
- Determinare il valore dell'accelerazione di gravità
- Calcolare le incertezze.

Tabella dati

l (m)	t (s)	T (s)
0,700	16,79	1,68
0,710	16,78	1,68
0,690	16,77	1,68
0,700	16,73	1,67
0,700	16,73	1,67
0,701	16,72	1,67
0,690	16,73	1,67
0,702	16,77	1,68
0,701	16,79	1,68
0,710	16,84	1,68
0,690	16,74	1,67
0,702	16,73	1,67
0,705	16,75	1,68
0,700	16,71	1,67
0,695	16,78	1,68
0,708	16,73	1,67
0,702	16,68	1,67
0,700	16,72	1,67
0,700	16,70	1,67
0,700	16,69	1,67
0,695	16,80	1,68
0,710	16,68	1,67
0,689	16,75	1,68
0,700	16,82	1,68
0,700	16,74	1,67
0,710	16,68	1,67
0,690	16,76	1,68
0,688	16,82	1,68
0,700	16,80	1,68
0,698	16,67	1,67

Legenda:

l (m) lunghezza filo

t (s) tempo di 10 oscillazioni complete

T (s) tempo di oscillazione completa

Determinazione dell'incertezza $u(g)$

1° LIVELLO di approfondimento

La misura di g è ricavata con un metodo indiretto, utilizzando le misure dirette di T e di l .

Dalla formula $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ l'incertezza relativa su g può essere stimata, per classi del biennio della Scuola Secondaria superiore, con la seguente formula:

$$\frac{u(g)}{g} \approx \frac{u(l)}{l} + 2 \frac{u(T)}{T}$$

In cui $u(l)$ e $u(T)$ sono gli scarti tipo sperimentali².

Se la lunghezza fosse stata misurata una sola volta, come si era inizialmente pensato, $u(l)$ corrisponderebbe alla somma delle risoluzioni degli strumenti utilizzati

$$u(l) = u(l)_{(\text{filo})} + u(r)_{(\text{raggio_sfera_pendolo})} \rightarrow (\text{risoluzione asta metrica} + \text{risoluzione calibro})^3.$$

Effettuando, invece, 30 misure di lunghezza, è stato calcolato lo scarto tipo sperimentale.

La formula di propagazione delle incertezze su prodotti e quozienti di grandezze misurate consente di valutare l'incertezza relativa su g , tenendo presente che il segno di uguaglianza approssimata indica che questa formula vale solo se $\frac{u(l)}{l}$ e $\frac{u(T)}{T}$ sono valori piccoli, per cui è possibile trascurare il valore del loro prodotto.

Il risultato finale è stato il seguente:

$$g = 9,84 \frac{m}{s^2}; u(g) = 0,22 \frac{m}{s^2}$$

con un'incertezza relativa su g dello 2,2%.

2° LIVELLO di approfondimento

Si può proporre nel triennio della scuola secondaria superiore.

L'incertezza tipo sull'accelerazione di gravità $u(g)$ si può stimare con la formula dell'incertezza tipo composta:

$$u_c(y) = [a_1^2 u^2(x_1) + a_2^2 u^2(x_2) + \dots + a_n^2 u^2(x_n)]^{1/2}$$

² Nelle classi prime dell'ITIS difficilmente si può introdurre il concetto di scarto tipo, quindi, pur consapevoli della grossolanità dell'approssimazione, si può stimare come incertezza la semidispersione delle misure, riducendo il numero di misure di l e di T a una decina.

³ Secondo le formule di propagazione delle incertezze su grandezze derivate e somma di grandezze misurate direttamente, presenti sui testi della Scuola Superiore. Il modo più corretto di stimare $u(l)$ è quello di considerare l'incertezza come incertezza tipo B con una ipotesi di distribuzione delle letture (per esempio di tipo gaussiano, per cui l'incertezza risulta metà dell'ampiezza dell'intervallo di risoluzione).

che nel caso specifico risulta

$$\frac{u(g)}{g} = \sqrt{\left(\frac{u(l)}{l}\right)^2 + \left(2\frac{u(T)}{T}\right)^2} \quad \text{in cui } u(l) \text{ e } u(T) \text{ sono gli scarti tipo sperimentali.}$$

La formula utilizzata è applicabile solo nel caso in cui le varie incertezze siano indipendenti e casuali; poiché le misure di l e di T sono ottenute con procedimenti completamente differenti è impensabile che le sorgenti delle incertezze di una grandezza siano correlate con quelle dell'altra, quindi nella formula in quadratura manca il termine di correlazione.

Il risultato ottenuto è

$$g = 9,84 \frac{m}{s^2}; u(g) = 0,18 \frac{m}{s^2}$$

Incertezza tipo relativa=1,8%

3° LIVELLO di approfondimento

Si può proporre in una classe terminale di Liceo Scientifico come eccellenza quando gli studenti abbiano svolto, in Matematica, l'argomento delle derivate parziali.

Da un punto di vista del programma di Fisica, previste per l'ultimo anno di scuola superiore, l'esperienza del pendolo non è in tema con le linee programmatiche; tuttavia pensiamo che possa costituire un utile esempio di applicazione del nuovo strumento matematico appreso dagli allievi.

Inoltre è possibile introdurre alcune considerazioni sulla valutazione dell'incertezza:

- Incertezza tipo di categoria A: la valutazione dell'incertezza si basa sull'analisi statistica di serie di osservazioni.
- Incertezza tipo di categoria B: la valutazione dell'incertezza si basa su metodi diversi da quelli statistici; l'incertezza tipo può essere stimata per mezzo di un giudizio basato su considerazioni scientifiche che utilizzano tutte le informazioni disponibili (dati di misurazioni precedenti, specifiche tecniche del costruttore, valori di incertezze ricavate da manuali, dati forniti dai certificati di taratura)

A questo livello di approfondimento abbiamo stimato l'incertezza sul periodo di oscillazione del pendolo tenendo presente anche il tempo di reazione dello sperimentatore nell'uso del cronometro.

L'incertezza sull'accelerazione di gravità $u(g)$ è stata stimata attraverso la formula:

$$\boxed{(\bar{T} - T_i)^2}$$

$$u(g) = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial l}\right)^2 u^2(l) + \left(\frac{\partial g}{\partial T}\right)^2 u^2(T)}$$

in cui:

$$\begin{cases} u^2(l) = \frac{1}{(n-1)} \sum (\bar{l} - l_i)^2 \\ u^2(T) = \frac{1}{(n-1)} \sum (\bar{T} - T_i)^2 + (0,5 \cdot T_{REAZIONE} / 10)^2 \end{cases} \quad \text{e} \quad \begin{cases} \frac{\partial g}{\partial l} = \frac{4\pi^2}{T^2} \\ \frac{\partial g}{\partial T} = -\frac{8\pi^2 l}{T^3} \end{cases}$$

In particolare, l'incertezza tipo $u(T)$ sul periodo viene fatta dipendere da una componente statistica di tipo A e da una componente sistematica di tipo B dovuta all'operatore.

L'effetto di tale incertezza non può essere sommato direttamente alla componente di categoria A, ma occorre trasformare l'incertezza nel corrispondente scarto tipo, adottando un'ipotesi sulla forma della distribuzione assunta dai valori dei tempi di reazione.

Ipotizzando una distribuzione normale, noti i due estremi, si può scrivere che $u=0,5 a$ con $a=0,1 s$. (i tempi di reazione per i giovani sono compresi tra 0,1s e 0,2 s.)

Con questo tipo di analisi delle misure, abbiamo ottenuto il seguente valore:

$$\boxed{g = 9,84 \frac{m}{s^2}; u(g) = 0,19 \frac{m}{s^2}}$$

Incertezza relativa = 1,9%

L'incertezza è più alta rispetto agli altri due metodi perché nella stima si è tenuto conto dei tempi di reazione, quindi il contributo dovuto alla statistica delle misure è trascurabile (inferiore di almeno un ordine di grandezza).

l (m)	$\bar{l} - l_i$	$(\bar{l} - l_i)^2$	t(s)	T(s)	$\bar{T} - T_i$	$(\bar{T} - T_i)^2$	g (m/s ²)
	(m)	(m ²)			(s)	(s ²)	
0,700	0,000	0,0000002178	16,79	1,68	-0,00433	0,00002	9,793004
0,710	-0,010	0,0001095511	16,78	1,68	-0,00333	0,00001	9,944747
0,690	0,010	0,0000908844	16,77	1,68	-0,00233	0,00001	9,676142
0,700	0,000	0,0000002178	16,73	1,67	0,00167	0,00000	9,863373
0,700	0,000	0,0000002178	16,73	1,67	0,00167	0,00000	9,863373
0,701	-0,001	0,0000021511	16,72	1,67	0,00267	0,00001	9,889282
0,690	0,010	0,0000908844	16,73	1,67	0,00167	0,00000	9,722467
0,702	-0,002	0,0000060844	16,77	1,68	-0,00233	0,00001	9,844423
0,701	-0,001	0,0000021511	16,79	1,68	-0,00433	0,00002	9,806994
0,710	-0,010	0,0001095511	16,84	1,68	-0,00933	0,00009	9,874008
0,690	0,010	0,0000908844	16,74	1,67	0,00067	0,00000	9,710855
0,702	-0,002	0,0000060844	16,73	1,67	0,00167	0,00000	9,891554
0,705	-0,005	0,0000298844	16,75	1,68	-0,00033	0,00000	9,910117

0,700	0,000	0,0000002178	16,71	1,67	0,00367	0,00001	9,886998
0,695	0,005	0,0000205511	16,78	1,68	-0,00333	0,00001	9,734646
0,708	-0,008	0,0000716844	16,73	1,67	0,00167	0,00000	9,976097
0,702	-0,002	0,0000060844	16,68	1,67	0,00667	0,00004	9,950945
0,700	0,000	0,0000002178	16,72	1,67	0,00267	0,00001	9,875175
0,700	0,000	0,0000002178	16,70	1,67	0,00467	0,00002	9,898842
0,700	0,000	0,0000002178	16,69	1,67	0,00567	0,00003	9,910707
0,695	0,005	0,0000205511	16,80	1,68	-0,00533	0,00003	9,711482
0,710	-0,010	0,0001095511	16,68	1,67	0,00667	0,00004	10,064346
0,689	0,011	0,0001109511	16,75	1,68	-0,00033	0,00000	9,685207
0,700	0,000	0,0000002178	16,82	1,68	-0,00733	0,00005	9,758102
0,700	0,000	0,0000002178	16,74	1,67	0,00067	0,00000	9,851592
0,710	-0,010	0,0001095511	16,68	1,67	0,00667	0,00004	10,064346
0,690	0,010	0,0000908844	16,76	1,68	-0,00133	0,00000	9,687693
0,688	0,012	0,0001330178	16,82	1,68	-0,00733	0,00005	9,590820
0,700	0,000	0,0000002178	16,80	1,68	-0,00533	0,00003	9,781349
0,698	0,002	0,0000023511	16,67	1,67	0,00767	0,00006	9,906118

$$\sum (\bar{l} - l_i)^2$$

0,0012154667

$$\sum (\bar{T} - T_i)^2$$

0,00061

PRIMO LIVELLO	
incertezza relativa su g	0,02268132
incertezza su g (m/s²)	0,2233
$g = 9,84 \frac{m}{s^2}; u(g) = 0,22 \frac{m}{s^2}$	
SECONDO LIVELLO	
incertezza relativa su g	0,0180
incertezza su g (m/s²)	0,1777
$g = 9,84 \frac{m}{s^2}; u(g) = 0,18 \frac{m}{s^2}$	

TERZO LIVELLO

$$u^2(l) = \frac{1}{(n-1)} \sum (\bar{l} - l_i)^2$$

0,000144828

$$u^2(T) = \frac{1}{(n-1)} \sum (\bar{T} - T_i)^2 + (0,05 \cdot T_{reazione})^2$$

4,61264E-05

$$\left(\frac{\partial g}{\partial l}\right)^2 = \left(\frac{4\pi^2}{T^2}\right)^2$$

198,1554262

$$\left(\frac{\partial g}{\partial T}\right)^2 = \left(-\frac{8\pi^2 l}{T^3}\right)^2$$

138,301228

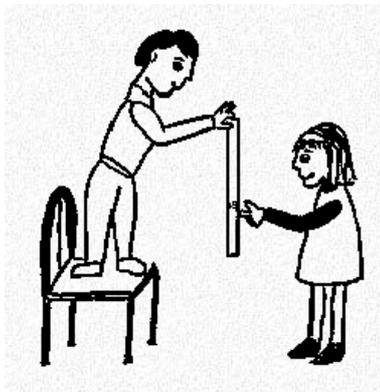
incertezza su g (m/s²) 0,187313185

$$g = 9,84 \frac{m}{s^2}; u(g) = 0,19 \frac{m}{s^2}$$

Considerazioni varie

- Variabilità di g: l'accelerazione di gravità varia in base alla costituzione del sottosuolo
 - esistono cartine geografiche con le linee gravimetriche;
 - è un metodo usato per la ricerca del petrolio;
 - in metrologia occorre tenerne conto per effettuare correzioni nella taratura delle bilance in diverse zone d'Italia.
- Confronto del risultato dell'esperimento con il valore di g locale:
 - sulla Gazzetta Ufficiale sono riportati i valori per ogni provincia italiana.
- Confronto tra la risoluzione degli strumenti e le cause della variabilità su g:
 - L'influenza della prontezza dell'operatore risulta significativa e le incertezze, dovute ai tempi di reazione, sono ben più alte di quelle determinate con l'analisi statistica.

- Stima del tempo di reazione:
 - o Stima attraverso esperimento di caduta di un righello appoggiato ad una parete.
 - o In media si trovano tempi di reazioni compresi tra 0,1 s e 0,2 s.



PRESENTAZIONE DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

Per il 1° livello di approfondimento, considerando le competenze delle classi del biennio, si può scrivere il risultato ottenuto attraverso l'espressione:

$$g = 9,84 \frac{m}{s^2}; u(g) = 0,22 \frac{m}{s^2}$$

Per i due livelli successivi, oltre al concetto di incertezza composta, si può introdurre anche quello di incertezza estesa. In questo modo, oltre a fornire il valore numerico del misurando, con relativa unità di misura, e dell'incertezza, si attribuisce anche un livello di confidenza o probabilità di copertura.

Sia per il 2° che per il 3° livello di approfondimento si può supporre di assumere per i valori numerici dell'accelerazione di gravità una distribuzione normale, pertanto:

per il 2° LIVELLO di approfondimento, la stima ottenuta usando l'incertezza composta è

$$g = 9,84 \frac{m}{s^2}; u(g) = 0,18 \frac{m}{s^2}$$

Utilizzando l'incertezza estesa, possiamo scrivere

$$g = 9,84 \frac{m}{s^2}; U(g) = 0,36 \frac{m}{s^2}; k = 2$$

in cui $U(g)$ è l'incertezza estesa $U = k u_c$, con U calcolata dall'incertezza tipo composta e $k=2$, nell'intervallo definito da U con un livello di confidenza approssimativamente del 95%.

Per il 3° LIVELLO di approfondimento, la stima ottenuta usando l'incertezza composta è

$$g = 9,84 \frac{m}{s^2}; u(g) = 0,19 \frac{m}{s^2}$$

Utilizzando l'incertezza estesa, possiamo scrivere

$$g = 9,84 \frac{m}{s^2}; U(g) = 0,38 \frac{m}{s^2}; k = 2$$

in cui $U(g)$ è l'incertezza estesa $U = k u_c$, con U calcolata dall'incertezza tipo composta e $k=2$, nell'intervallo definito da U con un livello di confidenza approssimativamente del 95%.

In conclusione, valutando la qualità della misura effettuata si osserva che:

- a) nel 1° livello di approfondimento, l'incertezza composta relativa è pari allo 2,2 %
- b) nel 2° livello di approfondimento, l'incertezza estesa relativa è pari a 3,7 %
- c) nel 3° livello di approfondimento, l'incertezza estesa relativa è pari a 3,9 %

Confrontando infine il dato sperimentale ottenuto nel 3° livello di approfondimento con quello locale noto, ossia

$$g = 9,8051 \frac{m}{s^2}; u(g) = 0.000110 \frac{m}{s^2}$$

ricavato conoscendo altitudine, latitudine e longitudine del laboratorio in cui sono state effettuate le misurazioni di lunghezza e periodo, si può affermare che tali misure sono affette da errore pari a:

Errore	0,039112 $\left(\frac{m}{s^2}\right)$
Incertezza	0,187423 $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

2.1.10 All. 7 – Esempi di domande presenti nei questionari di valutazione degli apprendimenti a.s. 2010-2011 e 2011-12

1) Che cos'è il VIM?

- a. Un vocabolario di metrologia (VM) differisce in modo sostanziale da un comune dizionario ed è condiviso da una comunità di persone più ampia possibile, che scambiano tra loro informazioni sulle misure; riguarda specificamente la metrologia, la scienza della misurazione e le sue applicazioni.
- b. Dizionario tradotto in lingua italiana che riguarda i simboli e le unità di misura per le grandezze della scienza.
- c. Vocabolario simile ad un comune dizionario che riguarda specificamente la metrologia e le scienze ad essa correlate
- d. Vocabolario simile ad un comune dizionario che riguarda specificamente la fisica e le scienze applicate

2) La metrologia è:

- a. una disciplina, che si riferisce a concetti predeterminati
- b. una scienza che si occupa della [misurazione](#) e delle sue applicazioni
- c. una modalità operativa, con regole prestabilite
- d. una scienza di recente fondazione

3) Due grandezze mutuamente confrontabili sono dette:

- a. della stessa specie
- b. comuni
- c. dello stesso tipo
- d. eterogenee

4) La stima del valore dell'incertezza nelle misure si basa su:

- a. calcoli approssimati
- b. valutazioni definite dall'operatore
- c. abilità dell'operatore
- d. una procedura di calcolo codificata in una norma internazionale

2.1.11 All. 8 – Questionario di valutazione corso

Corso di FORMAZIONE E PRATICA EDUCATIVA DELLA METROLOGIA (Riferimento Protocollo d'intesa USR-INRIM-GMEE siglato il 28 ottobre 2010)

Indicare il grado di soddisfazione per ogni domanda, secondo il seguente criterio

1: MOLTO 2: IN PARTE 3: POCO 4: PER NULLA

	3	4	1	2
1. Le relazioni espositive sono state chiare	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Le relazioni espositive sono state esaurienti	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. L'esercitazione di laboratorio è stata utile per chiarire la teoria	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. L'esercitazione di laboratorio è stata utile per l'elaborazione del percorso didattico	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. L'esercitazione iniziale sulle conoscenze dei corsisti relativa alle parole chiave della metrologia è stata utile per un'autovalutazione delle conoscenze pregresse	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Le conoscenze preliminari possedute sono risultate sufficienti per la comprensione degli argomenti trattati	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. I materiali forniti sono stati adeguati	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Le metodologie impiegate sono state coerenti con gli obiettivi del corso	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Le attrezzature gli spazi e sono stati adeguati	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Il corso ha corrisposto complessivamente alle aspettative	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Livello d'interesse alle tematiche del corso	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Disponibilità e cortesia dei docenti	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Interesse per un eventuale corso successivo	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Osservazioni, criticità, apprezzamenti e proposte :

- a. qualche seduta di esperimenti in più
- b. mi hanno interessato soprattutto le definizioni dei termini, diverse da quelle che pensavo fossero corrette, in alcuni casi, e l'incertezza
- c. penso che il mondo accademico ogni tanto debba comunicare con i semplici docenti delle "scuole primarie e secondarie di primo grado" per dare spunti e orientamenti su nuove e vecchie tematiche e questo è un modo per farlo

2.1.12 All. 9 – Attestato di partecipazione



***Corso di FORMAZIONE E PRATICA EDUCATIVA
DELLA METROLOGIA***
Riferimento Protocollo d'intesa USR Piemonte-iNRiM -GME del 28 ottobre 2010

Torino presso INRiM c.so Massimo D'Azeglio 42
.... febbraio 20... – aprile 20..., per ore complessive.

Si attesta che

la/il

prof.

.....

ha frequentato il corso con profitto, verificato mediante:

- prove pratiche di laboratorio
- elaborazione di proposte di trasferimento nella didattica
- compilazione di un questionario volto a verificare l'acquisizione di basi metrologiche
- numero ore di presenza/.....

Torino, aprile 20...

2.1.13 All. 10 – Programma anno scolastico 2011-2012



IN-FORMAZIONE E PRATICA EDUCATIVA DELLA METROLOGIA (Riferimento Protocollo d'intesa USR-INRIM-GMEE siglato il 28 ottobre 2010) **PROGRAMMA**

- **PRIMO INCONTRO**
MODULO 1 – Costruzione di un linguaggio comune:
Preparazione liste dei termini.
Condivisione dei termini e preparazione di una lista di gruppo. Spiegazione scritta dei termini condivisi da tutto il gruppo. Formazione di una lista unica da parte di tutti i partecipanti
- **SECONDO INCONTRO**
MODULO 2 – La metrologia e i suoi prodotti:
1. Sistema Internazionale di unità di misura (SI) e i suoi futuri sviluppi: struttura e regole di scrittura del SI come linguaggio universale, errori più comuni;
2. Organizzazione internazionale e nazionale della metrologia, presentazione dell'attività dell'INRIM
- **TERZO INCONTRO**
MODULO 3 - Conoscere per misurare, misurare per decidere e ... l'incertezza ci mette un pizzico di peperoncino
Valutazione dell'incertezza di misura
- **QUARTO INCONTRO**
Attività di laboratorio a gruppi di lavoro:
a. Trasformazioni di energia meccanica in energia termica - misurazioni di temperatura, massa, lunghezza e tempo
b. Determinazione della densità di alcuni oggetti di forma e materiale vari - un cilindro ed un prisma a sezione esagonale entrambe di ottone, un parallelepipedo di sezione quadrata in alluminio, un oggetto di geometria composita in rame, un cilindro composito di alluminio e un pesino di vetro
- **QUINTO INCONTRO**
Progettazione di percorsi didattici (comprensivi delle attività laboratoriali)
Test finali di valutazione apprendimenti
- **SESTO INCONTRO**
Presentazione dei percorsi realizzati.
Test di gradimento e consegna degli attestati

2.1.14 All. 11 – Attività di laboratorio - Trasformazioni di energia meccanica in energia termica

A cura di Anita Calcatelli e Marina Sardi

**Formazione e pratica educativa della METROLOGIA
Riferimento Protocollo d'intesa USR-INRiM- GMEE
(siglato il 28 ottobre 2010)**

**Attività di laboratorio
Presso INRiM
Corso M. D'Azeglio 42, Torino**

Temperatura e calore

Scopo della prova: Trasformazioni di energia meccanica in energia termica

A tale scopo si richiede di:

- * eseguire una serie di misurazioni
- * elaborare i dati ottenuti
- * presentare risultati

Concetti su cui riflettere:

Temperatura, calore, calore specifico, forza, massa
Trasformazioni di energia e principi

Grandezze di cui eseguire misurazioni : temperatura, massa, lunghezza e tempo.

Materiale occorrente:

- una tavoletta di legno
- un ditale;
- un pezzo di spago di circa 50 cm;
- un po' di sabbia;
- un termometro digitale

Parte prima: preparazione dell'apparato per la misurazione (per la classe)

Come realizzare l'apparato :

- fare nella tavoletta un foro nel quale possa essere infilata la parte inferiore (chiusa) del ditale (il ditale deve rimanere ben fissato nella tavoletta ma emergere dalla tavoletta stessa per metà circa della sua altezza)
- riempire il ditale di sabbia fin quasi al bordo e inserire il puntale del termometro nella sabbia

Parte seconda: Riscaldare e prendere le misure

Misurazioni di:

- massa
- lunghezza
- temperatura
- tempo

strumentazione disponibile

- tutto quanto indicato nella Parte prima
- bilancia
- regolo graduato
- termometro a resistenza interfacciato al computer e software di acquisizione
- termometro di riferimento tarato
- blocco in rame
orologio interno del computer

Procedura di misura

Si misurano rispettivamente massa della sabbia e lunghezza del tratto di nastro coinvolto e si sistemano in loco. Quindi si lascia stabilizzare e nel frattempo si procede alla taratura del termometro a resistenza per confronto con un termometro tarato. Si registrano i dati e si confronta il risultato con l'incertezza di misura fornita dal costruttore. (0,3 °C).

Si lancia il programma di acquisizione e al segnale di avvio si incomincia a strisciare il nastro contro la superficie del ditale e si procede finché l'unità di controllo e misura del termometro usato indica l'arresto dell'acquisizione.

Per il lancio del programma si utilizza la "escort console" e il file "programma", scegliendo intervallo di tempo e numero delle misure. Si apre una finestra con le istruzioni da eseguire sullo strumento.

Calcolo dell'energia termica generata e della sua incertezza composta, o incertezza tipo

Si osservi che nella relazione ,

$$\Delta E = \eta c_{sp} m \Delta T$$

la grandezza d'uscita è l'energia termica ΔE mentre le grandezze d'ingresso sono c_{sp} , m e ΔT , ognuna con il suo scarto tipo, che dovrà essere tenuto in debito conto. Si è introdotto il fattore moltiplicativo η che terrebbe conto delle dispersioni, ma in prima approssimazione considereremo il suo valore pari all'unità.

c_{sp} : si potrà ragionevolmente attribuire a questo parametro un valore di u_r pari al 10%

m : per il calcolo di u si considera sia la componente sistematica dovuta alla bilancia utilizzata sia quella accidentale, da ripetute misurazioni

ΔT :

a) si effettua taratura del termometro di lavoro con termometro di riferimento: dal certificato fornito dall'INRIM si ricava che c'è da apportare una correzione dipendente dalla temperatura (tabella 1); per avere la temperatura del termometro di riferimento si dovrà quindi aggiungere alla lettura il fattore di correzione e tenerne conto nella valutazione dell'incertezza $u(1)$.

Si confronta la lettura del termometro di lavoro con quella del termometro di riferimento e si ricava il fattore di correzione.

b) risoluzione del termometro di lavoro $u(2)$ tenendo conto che per il calcolo di ΔE si eseguono due misurazioni di temperatura quindi la componente sistematica della misura di temperatura sarà data, in prima approssimazione, da :

$$u(t) = u(t) = \sqrt{u^2(1) + u^2(2)}$$

per ogni lettura di temperatura

Tabella 1

Temperatura di riferimento $t_r/^\circ\text{C}$	Temperatura letta $t/^\circ\text{C}$	Correzione $t_r-t/^\circ\text{C}$	Incertezza della correzione/ $^\circ\text{C}$
0,0	0,005	-0,005	0,02
16,751	16,765	-0,014	0,02
18,268	18,28	-0,012	0,02
20,060	20,075	-0,016	0,02
21,748	21,77	0,020	0,02
23,043	23,06	-0,017	0,02
0,0	0,005	-0,005	0,02

Risultati sperimentali

I dati acquisiti si presentano come nella tabella 2 già trasformata in foglio di “excel”.

Tabella 2 esempio di dati acquisiti

Indice	Tempo Progressivo	Data e ora	Valore	Indice	Tempo Progressivo	Data e ora	Valore
1	00:00:00	01/03/2012 14.03.37	22,3 °C	2	00:00:10	01/03/2012 14.03.47	22,3 °C
3	00:00:20	01/03/2012 14.03.57	22,5 °C	4	00:00:30	01/03/2012 14.04.07	22,7 °C
5	00:00:40	01/03/2012 14.04.17	23,0 °C	6	00:00:50	01/03/2012 14.04.27	23,3 °C
7	00:01:00	01/03/2012 14.04.37	23,6 °C	8	00:01:10	01/03/2012 14.04.47	24,0 °C
9	00:01:20	01/03/2012 14.04.57	24,4 °C	10	00:01:30	01/03/2012 14.05.07	24,8 °C
11	00:01:40	01/03/2012 14.05.17	25,2 °C	12	00:01:50	01/03/2012 14.05.27	25,7 °C
13	00:02:00	01/03/2012 14.05.37	26,1 °C	14	00:02:10	01/03/2012 14.05.47	26,4 °C
15	00:02:20	01/03/2012 14.05.57	26,8 °C	16	00:02:30	01/03/2012 14.06.07	27,1 °C
17	00:02:40	01/03/2012 14.06.17	27,4 °C	18	00:02:50	01/03/2012 14.06.27	27,7 °C
19	00:03:00	01/03/2012 14.06.37	27,8 °C	20	00:03:10	01/03/2012 14.06.47	28,1 °C
21	00:03:20	01/03/2012 14.06.57	28,2 °C	22	00:03:30	01/03/2012 14.07.07	28,4 °C
23	00:03:40	01/03/2012 14.07.17	28,6 °C	24	00:03:50	01/03/2012 14.07.27	28,8 °C
25	00:04:00	01/03/2012 14.07.37	29,1 °C				

Si stabiliscono i principali dati di ingresso, vedasi l'esempio di tabella 2

Tabella 3 (esempio)

massa della sabbia /g	3	u
dL, lunghezza cordino /cm	30	0,5
calore specifico della sabbia/J/(g °K)	0,84	0,084
temp. iniziale/°C		0,3
temp. finale /°C		0,3
n di giri nastro	275	1

Si genera un nuovo foglio di lavoro sul quale eseguire i calcoli di energia termica e relativa incertezza .

Il nuovo foglio di elaborazione si presenta nel modo seguente

Tabella 4

n	T/s	t/°C	Δt /°C	$u^2(\Delta t)$	$u(\Delta t)$	$u^2r(\Delta t)$	$ur(\Delta t)$
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							

Osservazioni

A questo punto si può procedere con il calcolo della forza F_c (corrispondente al lavoro ΔE) dopo aver valutata la lunghezza totale del cordino interessato: $F_c \times l_{tot} = \Delta E$

Si può anche tentare di misurare la forza F_s che la mano dell'operatore deve applicare per generare lo sfregamento del cordino contro il ditale applicando delle masse ad un estremo del cordino e quindi dal controbilanciando la forza peso.

Si tratta di un processo piuttosto approssimato, ma dal confronto tra F_c e F_s si potrebbe ricavare il valore del coefficiente η e ciò può offrire interessanti spunti di discussione.

Concetti e aspetti didattici

- è possibile utilizzare il moto di un oggetto per riscaldare altri oggetti attraverso l'attrito,
- l' *energia di movimento* può essere trasformata *in energia termica*,
- in tutti i passaggi e le trasformazioni di energia, *l'energia non si distrugge mai*, anche se può essere difficile scoprire sotto che forma o in quale oggetto è finita.

Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte
Via Pietro Micca, 20 10122 Torino
Tel. 011 5163611
e-mail: direzione-piemonte@istruzione.it
sito web: www.piemonte.istruzione.it

La riproduzione dei testi è consentita, previa citazione della fonte.