

**La conoscenza
non ha bisogno
di ali e di piume,
ma di pesi e misure.**

Francis Bacon (1561-1626)

Prefazione

Pigmalione:

“*Amici miei, ometterò l'algebra!*”

Acis:

“*Dio sia lodato!*”

da *Ritorno a Matusalemme*

Gorge B. Shaw (1856-1950)

Nella mia pluridecennale attività nel campo delle *misure* ho avuto frequentemente modo di constatare che molti, o forse anche troppi, dissertano su di esse ed operano con grande disinvoltura nello stesso campo, pur essendo in possesso di poche o limitate conoscenze delle tecniche di misurazione e delle norme ad esse correlate, cioè, in sintesi, con scarse o trascurabili conoscenze proprio dei fondamenti della *Metrologia*.

Da questa successione di reiterate constatazioni prende origine il presente lavoro che nasce con il fine di consentire al lettore di avvicinarsi ai fondamenti della *Metrologia*, quale *Scienza della Misurazione*, nella maniera più semplice e piana possibile.

Il testo elaborato rappresenta, quindi, la sintesi di una più che quarantennale esperienza maturata nel campo delle *misure* sia attraverso la docenza universitaria di discipline specifiche del settore che attraverso una lunga attività di ricerca scientifica.

Le frequenti e reali constatazioni cui si è fatto precedentemente cenno hanno spesso richiamato alla mia memoria una considerazione che il professore di Storia dell'Arte faceva durante i miei verdi anni del Liceo.

Egli sovente soleva asserire che due erano gli ambiti culturali, a suo dire, particolarmente *sfortunati*: quello della *medicina* e quello dell'*arte*.

Egli sosteneva che, infatti, in ambedue gli ambiti culturali tanti, se non troppi, davano con estrema facilità consigli di *medicina* e sicuramente altrettanti, senza alcuna specifica preparazione e

competenza, formulavano con altrettanta disinvoltura giudizi e valutazioni sull'arte.

La mia personale esperienza nel campo delle *misure* sembrerebbe mostrare, però, che quella osservazione andrebbe aggiornata, accomunando a quel *duo* anche la *Scienza della Misurazione*, perché, ahimè, tanti sono quelli che ritengono di poter *fare misure* solo perché hanno a disposizione uno strumento e sono capaci di effettuare la sua lettura.

Gli esempi potrebbero essere molti.

Tuttavia, dopo aver messo in evidenza che quanto detto può anche accadere nel *rigoroso* ambito della ricerca scientifica, come in realtà accaduto quando, per esempio, a causa di una più che probabile non corretta utilizzazione della strumentazione di misura, qualcuno sia persino giunto ad affermare di aver scoperto fenomeni che si propagano con velocità superiori a quella della luce, per poi essere smentito dalla realtà, non si ritiene necessario fare ricorso a specifiche esemplificazioni, date le finalità ed i limiti propri di una prefazione.

Ritengo, invece, più utile interrogarsi sulle eventuali cause della estrema disinvoltura con la quale molti, o forse anche troppi, affrontano i problemi delle *misure*.

Una qualche giustificazione a tale evidente superficialità può probabilmente ricercarsi nella circostanza per la quale esse, le *misure*, sono connaturate con l'uomo sin dai primordi dell'umanità e lo seguono costantemente nell'intero arco della sua vita, sin dal suo inizio e fino alla sua naturale conclusione.

E forse a causa di un tale atavico retaggio e di una tale diuturna consuetudine l'uomo ha contratto con esse una naturale confidenza che, evidentemente, lo induce in una non sempre giustificata dimestichezza.

Ma la circostanza che l'ostetrica pesi abitualmente i neonati è forse sufficiente a farne una esperta di *misure*?

E la circostanza che l'uomo acquisti comunemente il pane e, meno frequentemente, dei gioielli può consentire di ritenere esperti di *misure* il droghiere ed il gioielliere solo perché sono in possesso di una bilancia e sono in grado di leggere la posizione di un indice rispetto alla scala graduata della stessa bilancia?

E parimenti possono essere annoverati tra gli esperti di *misure* il medico che rileva il valore della pressione arteriosa di un paziente oppure il pediatra che valuta l'incremento dell'altezza dei bambini

soltanto perché il primo utilizza uno sfigmomanometro ed il secondo utilizza comunemente l'asta metrica?

Gli esempi potrebbero essere ancora molti, ma date la limitata ampiezza e le finalità di questa prefazione, non procederò oltre, lasciando al lettore il compito di poterli riscontrare attraverso la sua diretta e personale esperienza.

Lo scopo di questo lavoro, quindi, non è soltanto quello di suscitare nel lettore un qualche interesse nei riguardi della *Metrologia*, intesa come *Scienza della Misurazione*, quanto quello di favorire in esso la nascita di quella corretta *coscienza metrologica* tanto necessaria in chi si trovi ad operare nel campo delle *misure*.

Il lavoro si propone perciò di esporre in maniera, per quanto possibile, semplice e piana, ma nel contempo nella forma più corretta e rigorosa, i fondamenti dei problemi connessi, in generale, con le operazioni di misura.

Saranno, a questo fine, trattati gli argomenti relativi alla classificazione degli enti fisici, alle loro dimensioni, ai metodi di conversione da un sistema di unità di misura ad un altro, ai metodi utilizzati per la loro misurazione, facendo, in aggiunta, cenno all'evoluzione storica dei Sistemi delle Unità di Misura e della realizzazione dei relativi Campioni, dato che la sua conoscenza assume un innegabile valore formativo.

L'iniziativa sarà coronata da successo?
Conseguirà essa i suoi fini?

Ai venticinque lettori di manzoniana memoria...*l'ardua sentenza*...

Francesco M. Iaconis

Indice

Prefazione	VII
Introduzione	1
Capitolo 1 ENTI FISICI, MISURAZIONE IN SENSO CLASSICO, FATTORI DI CONVERSIONE...	21
1.1 Introduzione, Grandezze Fisiche, Misurazione, Misura, Metrologia.....	21
1.2 Grandezze Fisiche Omogenee, Grandezze Fisiche Additive, Misurazione in senso classico.....	24
1.3 Fattori di Conversione per i cambiamenti delle unità di misura delle Grandezze Fisiche Additive	30
Capitolo 2 GRANDEZZE FISICHE NON ADDITIVE.....	35
2.1 Definizione ed esempi di Grandezze Fisiche non Additive.....	35
2.2 Osservazioni finali.....	42
Capitolo 3 GRANDEZZE DEFINIBILI OPERATIVAMENTE.....	45
3.1 Introduzione e definizione delle Grandezze Definibili Operativamente.....	45
3.2 Esempi di Grandezze Definibili Operativamente.....	46
3.2.1 <i>Il potere antidetonante dei carburanti</i>	46
3.2.2 <i>La durezza dei materiali</i>	48
3.2.2.1 Prova Brinell.....	48
3.2.2.2 Prova Rockwell.....	49
3.2.2.3 Prova Vickers.....	50
3.2.2.4 Considerazioni sulle prove di durezza	50
3.3 Osservazioni finali e confronti tra Grandezze Fisiche Additive, Grandezze Fisiche non Additive e Grandezze Definibili solo Operativamente.....	51

Capitolo 4	METODI DI MISURAZIONE.....	53
4.1	Limiti del Metodo di Misurazione Diretto..... (Misurazione in senso Classico o per Confronto diretto con il Campione).....	53
4.2	Metodi di Misurazione Indiretta delle Grandezze Deri- vate	55
4.3	Metodi di Misurazione con Strumentazione Tarata.....	57
4.4	Considerazioni finali	58
Capitolo 5	OSSERVAZIONI SUI LEGAMI TRA GRANDEZZE FONDAMENTALI E GRANDEZZE DERIVATE.....	61
5.1	Limiti all'arbitrarietà della scelta delle Grandezze Fondamentali.....	61
5.2	Osservazioni finali.....	64
Capitolo 6	FATTORI DI CONVERSIONE DELLE GRANDEZZE DERIVATE DIMENSIONI DELLE GRANDZZE FISICHE, EQUAZIONI DIMENSIONALI.....	67
6.1	Osservazioni sui Fattori di conversione per i cambia- menti delle unità di misura delle Grandezze Deri- vate.....	67
6.2	Equazioni Dimensionali	68
6.3	Osservazioni sul significato delle Dimensioni delle Equazioni Dimensionali e sui criteri di scelta delle Dimensioni.....	70
6.4	Osservazioni sulla generalizzazione delle Equazioni Dimensionali.....	72
6.5	Osservazioni e precisazioni sul significato delle Dimen- sioni delle Equazioni Dimensionali.....	74
6.6	Esame critico dell'uso delle Equazioni Dimensionali.....	76

Capitolo 7	GENERALITÀ SUI SISTEMI DELLE UNITÀ DI MISURA E SUI LORO CAMPIONI.....	85
7.1	Generalità sui Sistemi delle Unità di Misura.....	85
7.1.1	<i>Criteri di scelta del numero delle Grandezze Fondamentali di un Sistema di Unità di Misura.....</i>	85
7.1.2	<i>Osservazioni critiche sul numero delle Grandezze Fondamentali necessarie per definire un Sistema di Unità di Misura.....</i>	90
7.1.3	<i>Criteri di scelta delle Grandezze Fondamentali di un Sistema di Unità di Misura</i>	92
7.1.4	<i>Condizioni di Coerenza.....</i>	94
7.1.5	<i>Caratteristiche dei Sistemi di Unità di Misura...</i>	97
7.2	Generalità sui Campioni delle Unità di Misura.....	98
7.2.1	<i>Caratteristiche dei Campioni delle Unità di Misura.....</i>	98
7.2.2	<i>Note conclusive.....</i>	101
Capitolo 8	I SISTEMI DI UNITÀ DI MISURA	103
8.1	Premessa	103
8.2	Sistema Internazionale delle Unità di Misura (S.I.).....	104
8.2.1	<i>Grandezze Fondamentali – Definizioni.....</i>	104
8.2.2	<i>Multipli e sottomultipli del S.I. Fattori moltiplicativi.....</i>	108
8.2.3	<i>Regole di Scrittura del S.I.</i>	109
8.2.4	<i>Chiarimenti e note sul S.I,</i>	111
8.3	Sistema Tecnico, Pratico o degli Ingegneri (S.T.).....	113
8.3.1	<i>Grandezze Fondamentali – Definizioni.....</i>	113
8.3.2	<i>Relazioni tra Unità di Forza ed Unità di Massa del Sistema Tecnico e del Sistema Internazionale.....</i>	116
8.3.3	<i>Chiarimenti e note sul S.T.</i>	118
Capitolo 9	CENNI STORICI SUI SISTEMI DI UNITÀ DI MISURA E SUI LORO CAMPIONI.....	123

Capitolo 10	IL CAMPIONE DELL'UNITÀ DI MISURA DELLA LUNGHEZZA.....	147
Capitolo 11	IL CAMPIONE DELL'UNITÀ DI MISURA DELLA MASSA.....	165
11.1	Generalità.....	165
11.2	Considerazioni, note, osservazioni e prospettive del Campione dell'Unità di Massa.....	170
Capitolo 12	IL CAMPIONE DELL'UNITÀ DI MISURA DEL TEMPO.....	175
12.1	Generalità.....	175
12.2	Campioni astronomici.....	177
12.3	Campione atomico di frequenza e di tempo a getto di Cs133.....	191
12.3.1	<i>Premessa</i>	191
12.3.2	<i>Interazioni tra radiazioni elettromagnetiche e materia</i>	191
12.3.3	<i>Azione del campo magnetico su un insieme di atomi. Effetto di Stern e Gerlach</i>	195
12.3.4	<i>Struttura energetica degli atomi di Cs 133</i>	198
12.3.5	<i>Costituzione fisica del Campione atomico a getto di Cs 133</i>	200
12.3.5.1	Tubo al Cs 133.....	200
12.3.5.2	Produzione del getto di vapori di Cs 133.....	202
12.3.5.3	Selezione degli stati del Cs 133 in uscita dal forno.....	202
12.3.5.4	Emissione stimolata nella cavità risonante.....	203
12.3.5.5	Selezione degli stati del Cs 133 in uscita dalla cavità risonante.....	206
12.3.5.6	Ionizzazione del fascio di atomi di Cs 133 e trappola ionica.....	206
12.3.5.7	Intensificatore di corrente ad emissione secondaria.....	208

12.3.5.8	Sistema di rilevazione del valor massimo della corrente di uscita I_U ...	209
12.3.5.9	Schema funzionale del Campione a getto di Cs 133.....	211
12.4.	Precisazioni, considerazioni ed osservazioni finali.....	213
Capitolo 13	I CAMPIONI DEI PUNTI DI RIFERIMENTO PER LA MISURA DELLA TEMPERATURA.....	217
13.1	Generalità.....	217
13.2	Scale di Temperatura.....	218
13.2.1	<i>Scala Fahrenheit</i>	218
13.2.2	<i>Scala Réaumur</i>	221
13.2.3	<i>Scala Celsius</i>	222
13.2.4	<i>Scala Kelvin</i>	223
13.3	Cella a punto triplo dell'acqua.....	226
13.4	Scala internazionale di temperatura ITS 90 e Cella sigillata per punti di solidificazione dei metalli.....	229
Capitolo 14	IL CAMPIONE DELL'UNITÀ DI MISURA DELLA INTENSITÀ LUMINOSA.....	233
Capitolo 15	IL CAMPIONE DELL'UNITÀ DI MISURA DELLA INTENSITÀ DI CORRENTE ELETTRICA.....	239
Capitolo 16	IL CAMPIONE DELL'UNITÀ DI MISURA DELLA QUANTITÀ DI SOSTANZA.....	247