

M. FRANCESIO

Istituto Tecnico Industriale "Enrico Fermi"
Mantova

NOTE DI LABORATORIO
a cura di GIULIO CALVELLI

Lo spessore del segno di una matita

(Pervenuto il 9.3.92 - Approvato il 30.4.92)

ABSTRACT

In this note is described a very simple experiment to estimate the thickness of the graphite layer deposited on paper by a writing pencil.

All'inizio di ogni anno scolastico sono solito discutere, con i nuovi allievi della prima classe, sul modo di stimare le grandezze più disparate, dal numero delle parole stampate su un dizionario a quello delle foglie su un albero, dal numero dei globuli rossi presenti nel sangue all'area della nostra superficie corporea, e via dicendo. Ciò li obbliga a esplorare problematiche nuove e a pensare con la propria testa, stimola la fantasia, li abitua a gestire gli ordini di grandezza e le potenze di dieci.

Diversi anni fa, proprio in una di queste discussioni, un ragazzo suggerì l'idea di stimare lo spessore del segno lasciato sulla carta dalla penna biro. Propose di fare sul refil trasparente due contrassegni, uno in corrispondenza del livello dell'inchiostro e l'altro un millimetro al di sotto; quindi tracciare sulla carta, a contatto fra loro, una serie di righe di uguale lunghezza fino a consumare l'inchiostro compreso fra i due contrassegni. Valutando il volume dell'inchiostro nel refil tra i due tratti e l'area tracciata sul foglio si poteva, facendo il rapporto, ricavare una stima dello spessore dell'inchiostro sulla carta.

Quella proposta, così semplice e originale, mi è rimasta impressa nella mente e, con alcune modifiche, mi ha condotto ad un piccolo esperimento che faccio fare ogni anno ai miei allievi di prima: stimare lo spessore del segno lasciato sulla carta dalla mina di una matita tipo PILOT, di diametro 0,5 mm.

Con la presente nota intendo riferire brevemente i risultati ottenuti recentemente con quaranta allievi delle mie classi attuali. Ho distribuito ai ragazzi un foglio di carta da lettere e una mina ciascuno. I fogli provenivano tutti dalla stessa risma e le mine, tipo B, erano tutte della stessa marca.

Ho chiesto di inserire nella matita la mina e di farla sporgere di un millimetro, controllando la misura con un doppio decimetro; poi, tenendo la matita verticale, di tracciare con un righetto o una squadra una serie di righe di uguale lunghezza, ad esempio dieci centimetri, fino ad esaurimento del tratto di mina. Ho invitato i ragazzi a esercitare sempre la stessa pressione sulla carta, senza calcare o stare troppo leggeri, lavorando come sono so-

liti quando disegnano. Esaurito il millimetro di mina, gli alunni dovevano contare quante righe avevano tracciato.

Nella tabella 1 sono raccolti i dati ottenuti.

Tabella 1

alunno	L_{RIGHE} (cm)	N_{RIGHE}	L_{TOT} (m)
1	10	44	4,4
2	10	68	6,8
3	10	52	5,2
4	10	89	8,9
5	10	92	9,2
6	10	77	7,7
7	10	64	6,4
8	10	103	10,3
9	10	47	4,7
10	10	24	2,4
11	10	108	10,8
12	10	35	3,5
13	10	93	9,3
14	10	76	7,6
15	28	39	10,9
16	10	70	7,0
17	10	94	9,4
18	10	60	6,0
19	10	65	6,5
20	10	54	5,4
21	10	103	10,3
22	20	52	10,4
23	10	124	12,4
24	10	82	8,2
25	10	58	5,8
26	10	146	14,6
27	20	71	14,1
28	10	43	4,3
29	10	89	8,9
30	10	58	5,8
31	15	90	13,5
32	10	92	9,2
33	10	54	5,4
34	10	70	7,0
35	10	30	3,0
36	10	70	7,0
37	10	36	3,6
38	10	111	11,1
39	10	73	7,3
40	10	116	11,6

L'ultima colonna contiene le lunghezze complessive, espresse in metri, dei segni tracciati sulla carta dai ragazzi. Si va da un minimo di poco più di due metri ad un massimo di quasi quindici metri. Raccogliendo i valori, arrotondati all'intero più vicino, in una tabella di frequenza si ottiene la distribuzione di tabella 2 che può essere visualizzata in un istogramma.

Tabella 2

L_{TOT} (m)	frequenza
2	1
3	2
4	3
5	4
6	5
7	5
8	3
9	6
10	3
11	3
12	2
13	1
14	1
15	1

Se si calcolano il valore medio, i valori assoluti degli scarti dal valore medio, la media dei valori assoluti, si ottiene per la lunghezza totale del segno lasciato dalla matita sulla carta

$$L_{TOT} = (8 \pm 3) \text{ m}$$

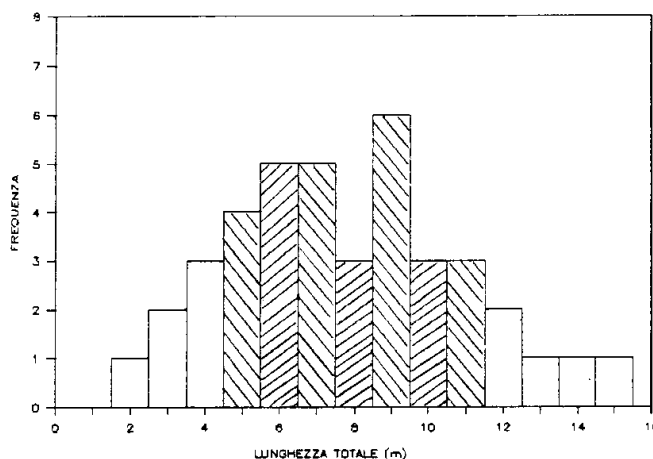
che rappresenta un intervallo compreso tra un minimo di 5 m e un massimo di 11 m, corrispondente pressappoco alla zona indicata dall'area scura dell'istogramma, che comprende circa il 70% dei dati.

Per determinare lo spessore del segno lasciato dalla matita basta dividere il volume della parte di mina consumata per l'area coperta dalla grafite, tenendo presente che l'altezza di ogni riga vale 0,5 mm, pari al diametro d della mina.

Il volume è dato da

$$V = \pi \cdot d^2 \cdot h / 4 \approx 3 \cdot (0,5 \text{ mm})^2 \cdot 1 \text{ mm} / 4 \approx 3/16 \text{ mm}^3 \approx 0,2 \text{ mm}^3$$

Istogramma delle lunghezze totali



per cui lo spessore risulta compreso tra

$$S_{MIN} = V/A_{MAX} \approx 0,2 \text{ mm}^3 / (0,5 \text{ mm} \cdot 11 \text{ m}) \approx 4 \cdot 10^{-5} \text{ mm}$$

e

$$S_{MAX} = V/A_{MIN} \approx 0,2 \text{ mm}^3 / (0,5 \text{ mm} \cdot 5 \text{ m}) \approx 8 \cdot 10^{-5} \text{ mm}$$

L'intervento di misura per lo spessore del segno della matita è quindi dato da

$$s = (6 \pm 2) \cdot 10^{-5} \text{ mm}$$

con un ordine di grandezza di 10^{-4} mm.

Vale la pena di osservare che, se ci si accontenta dell'ordine di grandezza, esso può essere ottenuto in pochi minuti tracciando a mano le righe su un qualsiasi foglio di carta, stimando ad occhio la loro lunghezza e contandole. Provare per credere.

Un'ultima considerazione. Se si tiene presente che l'ordine di grandezza delle dimensioni atomiche è 10^{-7} mm, lo spessore del segno della matita è dell'ordine del migliaio di strati atomici.

Sono grato al mio alunno di ieri per la sua felice intuizione e ai miei allievi di oggi per la loro disponibilità a ripetere l'esperimento, in condizioni controllate, per la stesura di questa nota.