

# Carl Friedrich Gauss

## Le sue opere e il suo legame con la tecnologia di pesatura



Il logo della mostra su Carl Friedrich Gauss:  
«Come un lampo improvviso, l'indovinello è stato risolto».

Nato a Braunschweig il 30 aprile 1777, fin da ragazzo Carl Friedrich Gauss sbalordì i suoi insegnanti con il suo talento per i numeri. Il rilevante talento di Gauss fu poi incoraggiato dal duca di Braunschweig fino al conseguimento del dottorato. All'età di 30 anni già famoso come scienziato gli venne offerta la cattedra di Astronomia a Göttingen.

Dal 1816 fino alla morte, avvenuta il 23 febbraio 1855, il nuovo osservatorio astronomico davanti alle porte della città di Göttingen fu la sua abitazione e il suo posto di lavoro.

Proprio questo luogo divenne il nucleo della vita scientifica in Europa, noto anche oggi in tutto il mondo – non solo per l'immagine impressa sulla banconota da 10 Marchi.



Gauss ha usato questo sestante, raffigurato anche sul retro della banconota da 10 Marchi, per le sue misurazioni di angoli.

L'opera di Gauss si articola in periodi cronologicamente sequenziali, nei quali si occupò di astronomia, tecnica della misurazione, teoria dei numeri, geometria, geodesia e geomagnetica.

Unità di misura, procedure, formule: nella scienza molte cose portano il suo nome; ad esempio ancora oggi si utilizzano la **distribuzione gaussiana di errori di misurazione indipendenti** oppure l'**algoritmo Gauss-Jordan** per la risoluzione di equazioni lineari.

Altri lavori riguardano essenzialmente la comprensione della meccanica o le basi della geometria. Il concetto della curva di Gauss di una superficie rappresenta un'importante pietra miliare della geometria noneuclidea e venne formulata 101 anni fa da Bernhard Riemann, un allievo di Gauss; la geometria di Riemann rappresenta la base di tutta la teoria della relatività di Einstein.

La moderna comprensione del fenomeno della gravitazione ha le sue radici in Carl Friedrich Gauss: la gravità è un fenomeno geometrico universale e non ha nulla a che fare con le forze. **Da questo punto di vista le nostre bilance sono «geometri».**

Già alla tenera età di 3 anni fece notare a un ufficio contabilità la presenza di errori nella busta paga del padre. I lavori matematici di Gauss sono in parte opere giovanili di notevole prestigio formale. Ecco alcuni esempi: a 19 anni la prima pubblicazione, Costruibilità dei poligoni regolari; a 22 anni segue la prima prova completa del teorema fondamentale sull'algebra; a 24 anni pubblica la sua principale opera matematica, Disquisitiones Arithmeticae (Ricerche sull'aritmetica avanzata).

Anche le opere cui si è dedicato in età avanzata sono particolarmente significative: a 74 anni per es. Gauss scrisse un rapporto sui diritti di pensionamento relativi a un fondo per le vedove e gettò le basi della matematica delle assicurazioni.

**Negli anni 1824–1844 Gauss si dedicò principalmente al rilevamento topografico, al settore dei pesi e delle misure, al magnetismo terrestre e alle questioni magnetiche-fisiche. Nel 1828 divenne membro della «Commissione per la regolazione delle misure» e si occupò del controllo e della taratura di scale e pesi ufficiali.**

Nel 1831 esaminò la fisica dei cristalli e 2 anni dopo scoprì e costruì il primo telegrafo elettromagnetico in collaborazione con il fisico Wilhelm Weber (uno dei sette di Göttingen).

La prima rete di comunicazione del 1833 era lunga ben 2 km e univa l'osservatorio astronomico con il gabinetto di fisica di Göttingen.

Secondo la tradizione la prima notizia fu: «Mümmelmann arriva». Mümmelmann, il portiere dell'osservatorio astronomico, portava a Weber un libro. Nel 1833 venne anche costruito il primo osservatorio magnetico (la casa di Gauss).

**L'attaccamento che Gauss ebbe per tutta la vita ai suoi numerosi studenti, alla città di Göttingen, in cui in gioventù aveva completato i suoi studi, ma anche alla meccanica di precisione e alla tecnica di misurazione a Göttingen ispirò la mostra nel Municipio di Göttingen in occasione del centocinquantenario della sua morte: «Come un lampo improvviso, l'indovinetto è**

**stato risolto».** Invita a conoscere la vita di Gauss e la molteplicità delle sue produzioni.

**Qui si può vedere in uno scaffale di vetro anche una bilancia con camera di pesata analitica ME Sartorius e il relativo sistema di pesatura monolitico, vicino a una bilancia del 1840 circa con pesi dell'epoca.**

Il sovrano di Hannover aveva chiesto a Gauss di determinare esattamente la libbra di Hannover (467,711 g) Le lunghe pesate, condizionate dai lunghi tempi di assestamento della bilancia a due piatti avevano infastidito notevolmente Gauss, come si può vedere dalle sue annotazioni.

**Oggi avrebbe usato una ME614S-OCE o un comparatore di massa Sartorius.**



Uno degli scaffali dell'esposizione su Carl Friedrich Gauss a Göttingen: la bilancia con camera di pesata analitica Sartorius ME235S insieme con un'antica bilancia a bracci lunghi e pesi risalenti al XIX secolo.

## La deviazione standard nell'utilizzo quotidiano di strumenti di misurazione Alla portata di tutti – grazie a Gauss



Sulla faccia anteriore della vecchia banconota da 10 marchi è raffigurato Carl Friedrich Gauss accanto alla curva della distribuzione normale in primo piano sullo sfondo dell'osservatorio astronomico e del profilo della città di Göttingen.

Tra il 1989 e il 2001 il mezzo di pagamento utilizzato con maggiore frequenza era la banconota da 10 marchi della Repubblica Federale di Germania. Accanto al ritratto di Carl Friedrich Gauss vi era raffigurata in primo piano la cosiddetta curva a campana sullo sfondo del profilo della città di Göttingen.

A 18 anni Gauss aveva scoperto le proprietà di distribuzione dei numeri primi e sviluppato il metodo basato sul quadrato minimo. Da allora è possibile prevedere il risultato di misurazioni future, calcolandolo sulla base di un numero sufficientemente ampio di misurazioni precedenti.

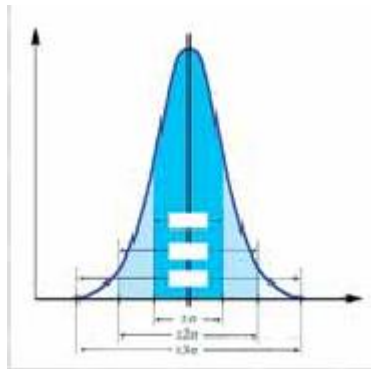
**Gauss si è occupato, nei suoi studi, dell'utilizzo delle curve per il calcolo di superfici, per arrivare infine alla teorizzazione della curva a campana. La relativa funzione matematica viene definita come distribuzione normale e può essere spesso utilizzata nei problemi di calcolo delle probabilità.**

Esempi di distribuzione normale si possono osservare con frequenza nell'ambito tecnico applicato alle scienze naturali: precipitazioni, temperature, dimensioni corporee, tassi di natalità, numero di automobili in circolazione ogni 1000 abitanti, ecc. Se, per esempio, si prova a misurare o pesare piccole parti «identiche», i valori misurati appaiono distribuiti (sparsi) intorno a un valore medio.

È raro che essi compaiano a grande distanza dal valore medio.

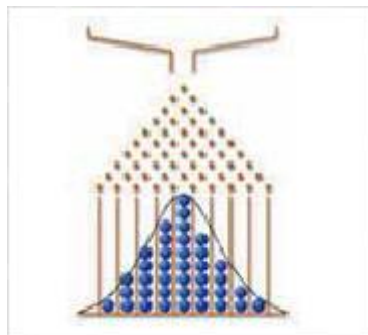
**La deviazione standard «s» (sigma) definisce le aree in cui si rilevano determinati valori misurati (la superficie sottostante la curva a campana rappresenta la percentuale equivalente all'area di probabilità).**

## Gauss coglie nel segno



Rappresentazione grafica della curva a campana della deviazione standard nell'utilizzo di strumenti di misurazione: essa indica in che misura la deviazione / variazione di un valore misurato rispetto a un valore medio può presentarsi in condizioni di lavoro favorevoli.

La curva a campana di Gauss si basa su una semplice legge naturale: la somma di molti piccoli errori casuali è distribuita approssimativamente sulla curva. Questo può essere dimostrato con l'esperimento conosciuto con il nome di «tavola di Galton» [da Sir F. Galton]



La tavola di Galton utilizzata per la rappresentazione delle probabilità.

Se si fanno rotolare delle palline dal centro dell'estremità superiore di una tavola inclinata in un numero di camere identiche passando attraverso una successione di ostacoli (ad esempio, chiodi) distribuiti in modo uniforme, la distribuzione delle palline avverrà secondo il principio espresso dalla curva a campana di Gauss. Ogni chiodo urtato da una pallina produce una lieve deviazione casuale del percorso di quest'ultima verso sinistra o verso destra. Circa 10 serie di chiodi sono sufficienti a produrre la distribuzione degli errori. Il numero di palline per camera corrisponde alla somma dei loro errori. Le probabilità vengono determinate con la cosiddetta «legge dei grandi numeri»: la frequenza è proporzionale alla probabilità.

La curva a campana della distribuzione normale scoperta da Gauss riflette la più importante distribuzione delle probabilità.

**La «campana di Gauss» ancora oggi ha un ruolo importante, non solo nella stocastica (calcolo delle probabilità), ma anche in altri ambiti.**

**Le schede tecniche degli strumenti di misurazione, in particolare delle bilance, includono la ripetibilità o riproducibilità tra i valori rilevanti. La deviazione standard «s» (sigma) è sempre presente: essa indica in che misura la deviazione / variazione di un valore misurato rispetto a un valore medio può presentarsi in condizioni di lavoro favorevoli.**

**Considerate le attrezzature effettivamente a disposizione e le condizioni di lavoro «sul posto», occorre realisticamente raddoppiare o addirittura triplicare i valori di deviazione standard.**

**Tuttavia, se le condizioni di lavoro sono ottimali e lo strumento di misurazione è utilizzato con competenza, è possibile ottenere valori migliori di quelli indicati nelle schede tecniche.**

La procedura consueta prevede di posizionare sul piatto di pesata lo stesso peso campione per 6 volte consecutive mantenendo inalterate le condizioni di pesatura e di calcolare quindi, dai valori ottenuti, il valore medio e la deviazione standard. Minore è la dispersione dei valori, più precisa sarà la loro misurazione.

Tutte le calcolatrici scientifiche contengono la formula di Gauss:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Il metodo (classico) di calcolo della deviazione standard è il seguente:

1. Innanzitutto si calcola la media aritmetica  $\bar{x}$  dei valori misurati.
2. Per ogni valore misurato si calcola la differenza tra quest'ultimo e  $\bar{x}$ .

Esempio:

1. valore misurato  $x_1$  meno  $\bar{x}$ ;
  - 2° valore misurato  $x_2$  meno  $\bar{x}$ , ...
- Si ottengono tante differenze quanti sono i valori misurati.
3. Tutte le differenze vengono elevate al quadrato singolarmente.
  4. Si calcola la somma delle differenze elevate al quadrato (somma del quadrato).
  5. Si divide la somma per il numero dei valori misurati (= il numero delle differenze)  
(o per il numero dei valori meno 1, a conclusione della statistica).
  6. Si estrae la radice quadrata del risultato ottenuto al punto 5.

Con i moderni programmi software si ottiene immediatamente una rappresentazione grafica del risultato.

Dall'osservazione della distribuzione statistica dei valori misurati si riesce a valutare la possibilità o meno di conciliare le tolleranze richieste ed eventuali deviazioni di una certa rilevanza con il processo (di pesatura o riempimento) che ci si aspettava.

Un ultimo consiglio: per una rapida e approssimativa valutazione della deviazione standard (calcolo a mente), utilizzate la formula seguente:  $s = (\text{valore massimo} - \text{valore minimo}) / 3$  e confrontate il risultato con quello ottenuto con la calcolatrice! Per gli amanti della matematica, Internet offre moltissimi esempi e calcoli statistici. Potete trovarli inserendo i termini appropriati sui motori di ricerca.

Buon divertimento!

Marketing, Divisione Meccatronica e Redazione WeighAhead  
Sartorius AG  
Weender Landstrasse 94–108  
37075 Goettingen