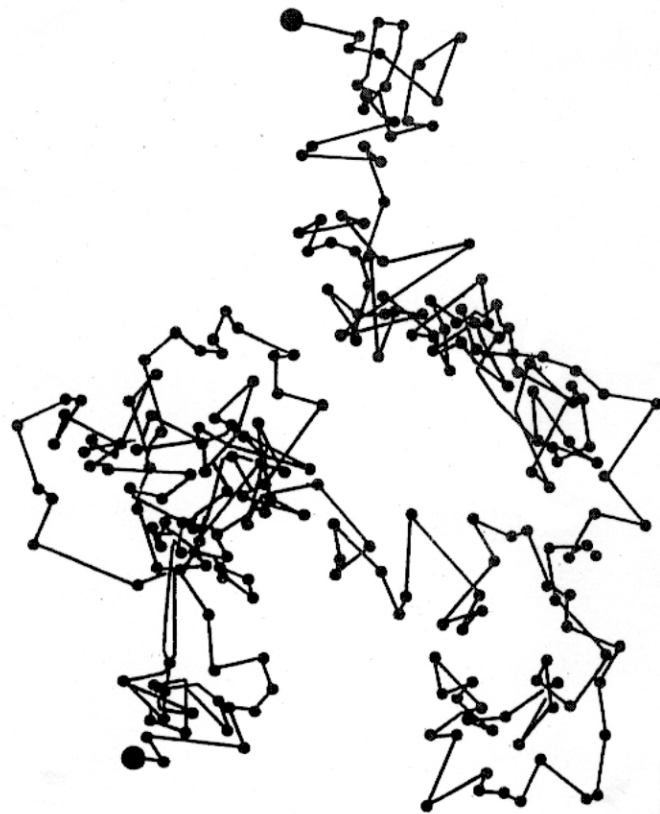


# Il moto browniano: un fenomeno "ponte"

Marco Testa



Cosa vide Brown nel 1827 e, soprattutto,  
perché si stupì?



Il microscopio di Robert Brown

Fenomeno ponte fra il mondo macroscopico e quello  
microscopico

Le particelle in sospensione sono osservabili con un modesto  
microscopio (**MACRO**)

L'ingrandimento è però tale da poter considerare il solvente  
come fluido continuo invisibile (**micro**)

Osservazioni su "grandi" particelle



Informazioni su moti termici molecolari

Misura di  $N$ , esistenza della struttura particellare della materia

Si può vedere davvero il moto browniano? Anche a scuola?

**Sì!** (ma...)

Ingredienti:

- Microscopio ottico con almeno 400 ingrandimenti
- Vetrini e coprioggetto
- Una goccia di latte e qualche goccia d'acqua
- Una videocamera o camera usb per poter registrare o proiettare

## L'esperienza

L'idea è quella di **seguire il moto di una particella** in acqua e verificare quanto questo possa essere descritto dalla nota:

$$\lambda_x^2 = \frac{RT}{3\pi Na\eta} t$$

Ci limitiamo a verificare la dipendenza di  $\lambda_x^2$  da  $t$

---

## L'esperienza

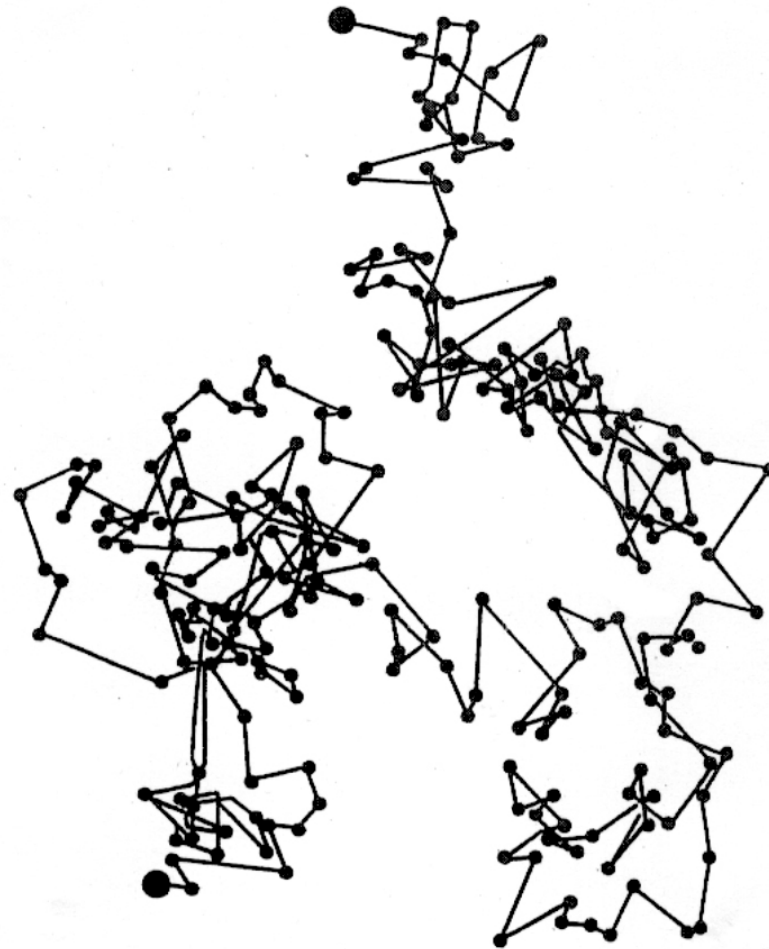
$$\lambda_x^2 = \frac{RT}{3\pi N a \eta} t$$

Questa legge non è in grado di descrivere la traiettoria della particella, che è completamente casuale

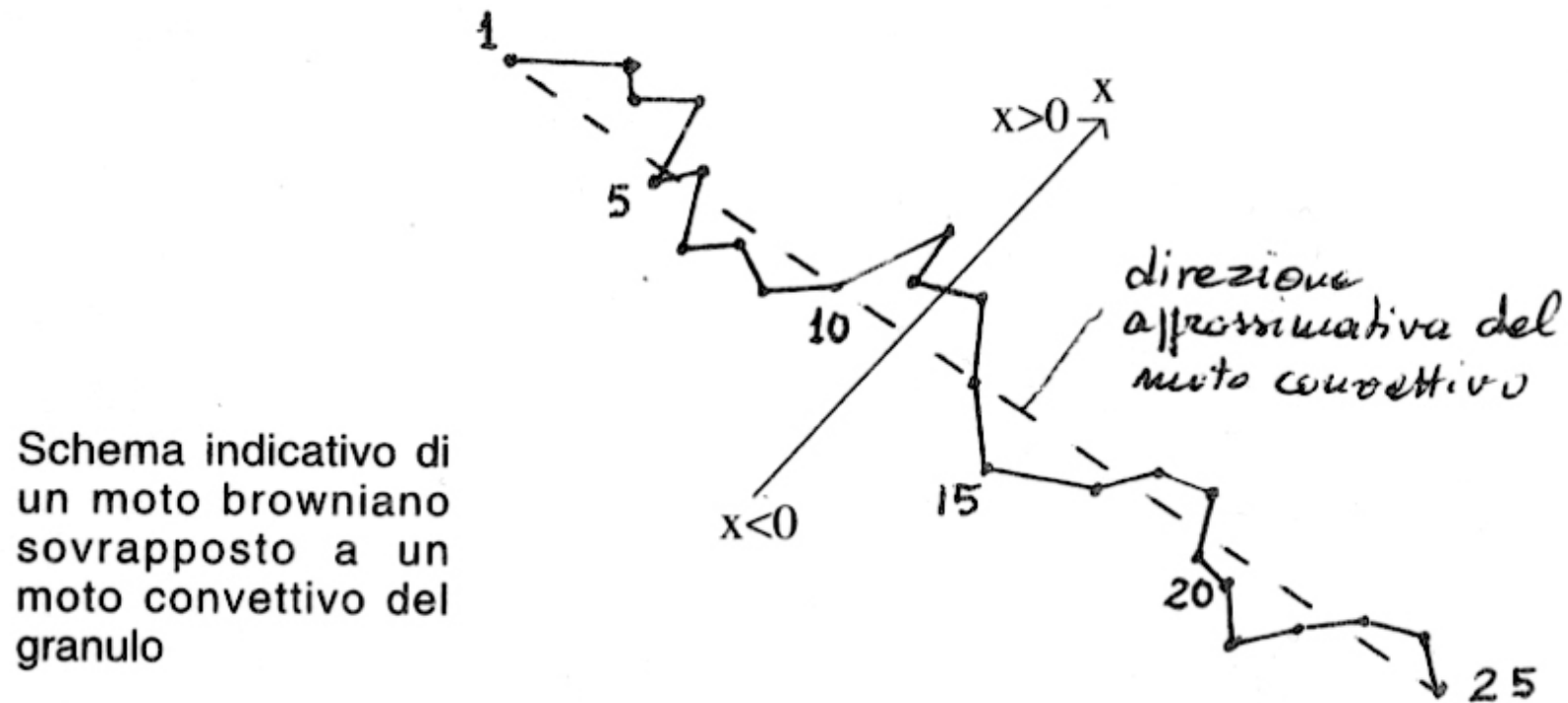
Ci dice però che più passa il tempo, più lontana sarà **mediamente** la particella

Non è "intuitivo" che un moto casuale si debba comportare in questo modo

## Una possibile traiettoria



Più probabilmente otterremo qualcosa più simile a questo



Disegno tratto da "Il moto browniano, un percorso didattico pluridisciplinare" di P.Marazzini



## Sperimentalmente

- si posiziona il proiettore e si proietta il filmato
- si misura (anche sfruttando il fermo immagine) la dimensione apparente delle particelle e si ricava il valore  $f$  di conversione (ingrandimento)
- si sceglie una particella e la si segue (un punto ogni 15 s) e si ricavano almeno 31 posizioni (che corrispondono a 30 intervalli, 30 spostamenti)

il foglio di excel fornito provvede a tutti questi calcoli

- Si individua la **direzione del drift** congiungendo il primo e l'ultimo dato
- Si misurano le **posizioni** rispetto a questo asse
- Si calcolano gli **spostamenti** a partire dalle posizioni appena misurate

$$s_{1}^{15} = p_2 - p_1$$

$$s_{2}^{15} = p_3 - p_2$$

e così via

Ora si possono calcolare gli spostamenti per 30, 45, 60 e 75 secondi sommando gli spostamenti ottenuti per 15 s.

$$s_{1}^{30} = s_{1}^{15} + s_{2}^{15}$$

$$s_{2}^{30} = s_{3}^{15} + s_{4}^{15}$$

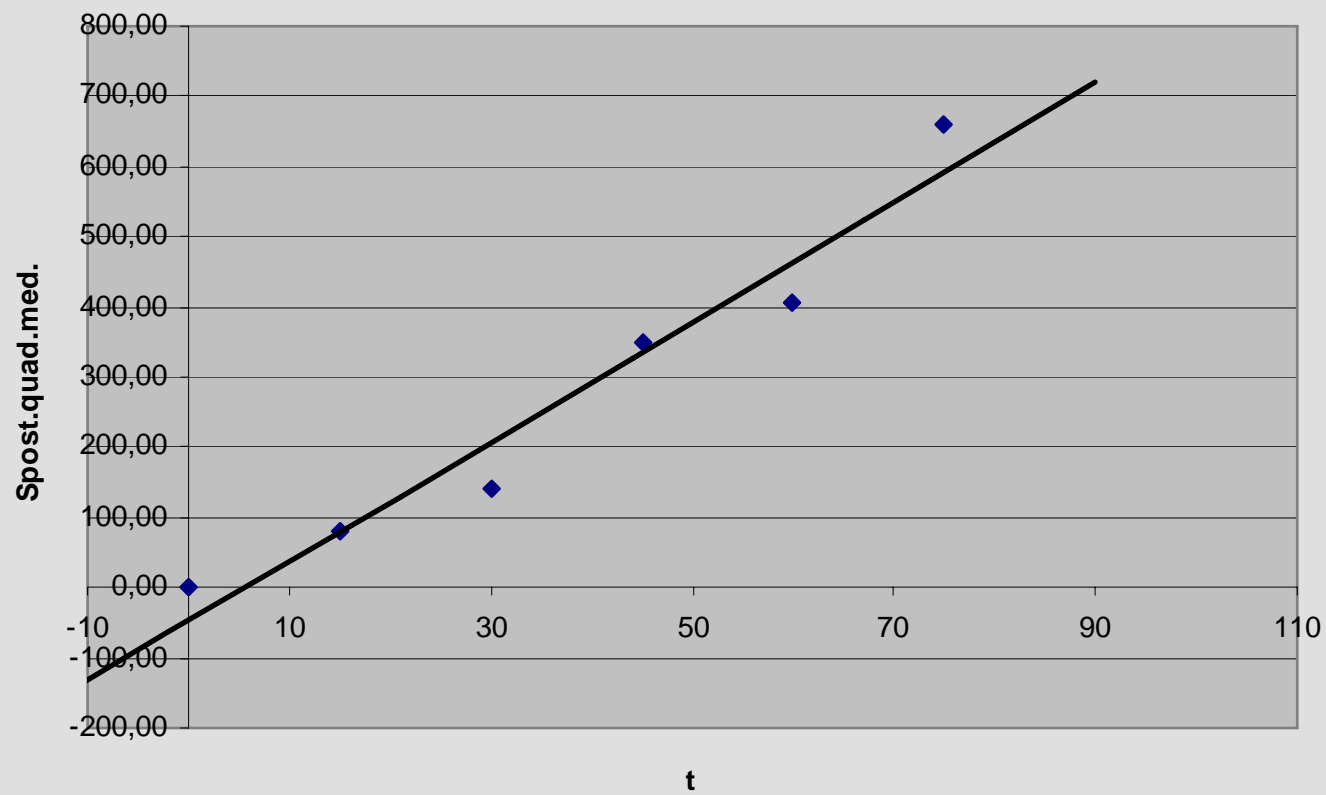
e così via, anche per gli altri.

Ora è possibile calcolare gli spostamenti quadratici medi relativi agli intervalli di 15, 30, 45, 60 e 75 s.

Usando il metodo dei minimo quadrati posso ricavare il coeff. angolare che fornisce la dipendenza lineare fra  $\lambda_x^2$  e  $t$

**Serie 1**

$$y = 8,5375x - 48,125$$
$$R^2 = 0,9497$$



# Domande (che mi sono fatto)

- Come si ricava la legge di Einstein?
- Le particelle presentano un moto (drift) sovrapposto al loro moto casuale: a cosa è dovuto? Come eliminarlo?
- Perché alcune particelle sono nitide e altre molto sfocate? Un errore dello sperimentatore?
- Perché a volte una particella che è nitida si sfoca (o viceversa) con il passare del tempo?
- Come calcolare il fattore di ingrandimento?
- È possibile calcolare la viscosità del solvente a partire dalle misure effettuate? Oppure la dimensione delle particelle?
- Cosa succede se uso solventi di diverse viscosità?

- Cambia qualcosa se effettuo la misura appena preparato il vetrino o dopo qualche tempo?
- Se si usa acqua e latte, la viscosità che si può ricavare in che senso difficilmente sarà quella del latte?
- Che differenza c'è fra sospensione e soluzione? L'acqua zuccherata è una soluzione? La risposta dipende dallo strumento che si usa per osservare?
- Come si potrebbe misurare la temperatura del campione?
- Se le particelle (che si vedono) sono mosse dalle molecole d'acqua, chi è che muove le molecole d'acqua?
- Come si muovono le molecole d'acqua? Come si muoverebbe una molecola d'acqua se fosse da sola? Che "temperatura" avrebbe?
- Le "molecole del **pomodoro**" sono rosse?