

FISICAST

SxT  
per

# La fisica del caffè'

di  
Valerio Ippolito  
INFN



## La fisica del caffè

**Valerio Ippolito**

### Abstract:

**Fare il caffè è un'arte, ma è anche una scienza: in questa puntata, parleremo della fisica che c'è dietro uno strumento apparentemente banale, la caffettiera Moka.**

### Bibliografia:

- L. Navarini et al. / Applied Thermal Engineering 29 (2009) 998–1004 1001
- <https://www.youtube.com/watch?v=VESMU7JfVHU>

### INIZIO

**Introduzione: Moka, espresso, napoletana: qual'è il segreto di un buon caffè? Parliamo di questo gustoso rapporto fra arte e scienza con Valerio Ippolito, ricercatore dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare di Roma.**

*Fischietto, sulle note del ritornello di Don Raffaè di Fabrizio De André. Si sente distante, in un'altra stanza, la conversazione fra CHIARA, un NONNO e una NONNA.*

**C: (spazientita) Va bene, nonno, ho capito!**

*Rumore di passi di CHIARA.*

**Nonno:** No, perché tutte le volte ve lo devo dire!

*La voce di CHIARA si fa vicina, come se fosse venuta in cucina dove ci troviamo noi e gli ascoltatori. La voce di NONNO e NONNA rimane distante.*

**C: (esasperata) Nonno...**

**Nonno:** E fai la macchinetta da tre!

**Nonna:** Lasciala stare, ormai è grande...

**Nonno:** Ma tocca dirle tutto, tocca! *(alza la voce, per farsi sentire da CHIARA)*  
La devi riempire bene, fino all'orlo, e mi raccomando...

**C: (mentre smonta la Moka, imitando il nonno) "Non fare la montagnetta come fa tua zia"**

**Nonno:** ...non fare la montagnetta come fa quella *sconsiderata* di tua zia: pigialo, quel caffè, che sennò non viene fuori!

*Le prossime battute di NONNO e NONNA si affievoliscono in sottofondo. Sentiamo già VALERIO e CHIARA che parlano.*

**Nonna:** Dai, su, che ognuno è fatto a modo suo...

**Nonno:** A modo suo? Il caffè è un'arte, e va fatto a mestiere. Non con quelle cose là, le pastiglie, le capsule, roba dell'altro mondo.

**V:** Chiara!

**C: Valerio!**

**V:** *(prendendola in giro)* Hai messo l'acqua fin sopra la valvola, sì?

**C:** **Lascia stare, tutte le domeniche è un incubo. "Non lavare la caffettiera". "Tieni il fuoco al minimo". "Premilo un po' di più che non sa di niente"... sembra magia nera.**

**V:** Sembra, ma alla fine è solo termodinamica.

**C: Sì?**

**V:** Eh, sì. Ti sei mai chiesta come funziona una Moka?

**C: Male, funziona, per questo a casa ho le capsule.**

**V:** Allora spiegami: innanzitutto, tu quanta acqua metti?

**C: Fin sopra la valvola, no? Insomma, più acqua possibile ma senza che il caffè si bagni subito.**

**V:** E poi?

**C: Poi metto il caffè nel filtro poco per volta, lo appiattisco bene come dice quel brontolone di mio nonno, in modo che alla fine sia compatto e arrivi fino all'orlo. Poi chiudo, stringo (ma non troppo sennò chi li sente quando c'è da sciacquare la macchinetta) e metto sul fornello col fuoco al massimo finché non comincia a fare rumore. A quel punto abbasso il fuoco, aspetto che sia uscito tutto e servo.**

**V:** *(Scherzando)* Con un bel cucchiaino di zucchero, direbbe mia nonna.

**C:** *(Scherzando)* **Esatto!**

**V:** Non ci siamo, Chiara, non ci siamo!

**C: No?**

**V:** No! Partiamo da zero: come funziona una Moka?

**C: Beh, c'è l'acqua che piano piano bolle, il vapore sale su per il filtro e dopo un po' è pronto.**

**V:** Questo è quello che credono in molti!

**C: Invece?**

**V:** Invece, le cose sono un po' più complicate di così. Tieni presente che la Moka è stata inventata nel 1933 dal signor Bialetti - che le ha dato il nome di una città dello Yemen rinomata per la qualità del suo caffè - ma ci sono voluti più di settant'anni perché uscisse un primo articolo scientifico con una spiegazione fisicamente corretta di come funziona. Tutto comincia dalla struttura della caffettiera. Com'è fatta la caffettiera?

**C: Ha un serbatoio, il filtro a imbuto per il caffè e la vasca superiore.**

**V:** Esatto e la struttura dei tre componenti è particolarmente ingegnosa. Il serbatoio che cosa contiene?

**C: Acqua?**

**V:** Solo acqua? Immagina di riempirlo fino a un certo livello, ma almeno abbastanza che l'imbuto della vaschetta del caffè vi rimanga immerso: sotto c'è l'acqua, sopra rimane un po' di spazio.

**C: Ah, giusto, giusto: acqua e aria!**

**V:** E vapore. Accendi il fornello, quel grosso pezzo di metallo che è la caffettiera inizia a scaldarsi e con lui si scaldano l'aria e l'acqua contenuti nel serbatoio. L'acqua quando la scaldi evapora e poi inizia a bollire, ma l'aria?

**C: Si espande?**

**V:** Esatto. Quando scaldi l'aria nel serbatoio la pressione aumenta e l'aria si espande. Sopra di sé l'aria trova il metallo del filtro del caffè, a ostacolarla, per cui non le resta che premere sulla superficie dell'acqua dall'alto verso il basso, facendola risalire piano piano, su per il filtro. Il vapore dovuto all'evaporazione dell'acqua fa altrettanto e il risultato è che si ha la prima fase di fuoriuscita del caffè, quella che nell'articolo scientifico che ti dicevo è chiamata "fase di estrazione regolare".

**C: (sapendo già dove vuole andare a parare) Immagino ci sia anche una seconda fase, giusto?**

**V:** Ovvio. Nella prima fase, l'acqua sale verso l'alto spinta dalla pressione dell'aria, attraversa il filtro, imbibisce il caffè e infine fuoriesce lentamente dalla parte superiore della caffettiera, colando dal cilindretto forato. Il livello dell'acqua nel serbatoio scende, scende e scende ancora, finché non arriva sotto all'imboccatura dell'imbuto del filtro. E a quel punto...

### **C: ... a quel punto?**

**V:** Hai presente una pentola a pressione piena d'acqua?

**C: Sì.**

**V:** Se mantieni la pentola sotto pressione mentre la scaldi, l'acqua aumenta di temperatura, ma rimane liquida. Si tratta di una conseguenza delle leggi che governano il passaggio dell'acqua dallo stato liquido a quello solido o gassoso al variare di pressione, volume e temperatura, rappresentate nel cosiddetto "diagramma di stato" dell'acqua che si studia a scuola. Nella pratica questo ti permette di avere acqua che rimane liquida anche a temperature elevate, sopra i cento gradi. Qui succede una cosa simile, a mano a mano che la caffettiera si scalda. Non appena l'acqua scende sotto al livello dell'apertura dell'imbuto, la pressione cala di colpo, perché la miscela di aria e vapore ha improvvisamente una via d'uscita verso l'esterno della caffettiera. Non appena abbassi la pressione, la poca acqua rimasta nel serbatoio - che appunto raggiunge anche i 120 gradi! - bolle di colpo e il vapore prodotto si fa strada attraverso il caffè e irrompe nella parte superiore della caffettiera. E' una fase piuttosto rumorosa, che non a caso gli autori di quell'articolo chiamano "fase stromboliana".

**C: (ridendo) Per un caffè dall'aroma vulcanico!**

**V:** All'aroma ci arriviamo subito. Fin qui abbiamo capito che la Moka funziona perché c'è aria nel serbatoio: la scaldiamo, si espande e spinge fisicamente la massa d'acqua attraverso il filtro. Questo già ti dice una cosa sul livello dell'acqua...

**C: ... che non dev'essere troppo alto?**

**V:** Esatto. L'ideale è rimanere subito sotto la valvola di sicurezza. A spanne, per una Moka da 3, avrai cinque parti d'acqua e una d'aria.

**C: La valvola serve per il vapore, immagino.**

**V:** Già, proprio come per la pentola a pressione nel caso qualcosa vada storto. Ad esempio, se dovesse intasarsi il filtro l'aria deve poter sfuggire prima che la caffettiera diventi pericolosa!

**C: E dell'aroma, che mi dici?**

**V:** Per l'aroma, entriamo nel campo della chimica. Come immagini, per fare un buon caffè ci vuole innanzitutto il caffè: una volta selezionata la nostra miscela preferita, il gioco è quello di estrarre dai chicchi macinati le componenti aromatiche che più ci piacciono, che alla fine non sono altro che composti di molecole. Per farlo abbiamo un unico strumento: l'acqua.

**C: L'acqua che sta salendo dal serbatoio, immagino?**

**V:** Proprio lei. Il gioco è difficile perché dobbiamo bilanciare le componenti che danno un sapore più amaro con quelle che danno un sapore più tenue ed evitare come la peste il sapore di bruciato per cui sono famosi i caffè di tanti dei nostri parenti. All'inizio l'acqua sale con una temperatura relativamente bassa, attorno ai 70 gradi, ed estrae molecole facilmente solubili e volatili. Il caffè, da asciutto e macinato che era, a quel punto si gonfia e inizia ad opporsi al passaggio dell'acqua: aumenta la pressione nel serbatoio, aumenta la temperatura e l'acqua che continua a venir su inizia ad estrarre molecole a mano a mano più interessanti.

**C: L'aroma!**

**V:** Aroma che dobbiamo preservare il più possibile, evitando che la temperatura dell'acqua che attraversa il caffè sia troppo bassa - per cui si avrebbe un sapore fiacco - o troppo alta. Diciamo che idealmente non deve superare i 90-95 gradi.

**C: Quindi "fuoco basso, senno si brucia"?**

**V:** Non solo: tenere il fuoco basso ed evitare la fase stromboliana. Appena senti il gorgoglio tipico di questo momento così vulcanico, spegni subito il fornello!

*CHIARA inizia a preparare il caffè: durante le prossime battute, sentiamo il rumore della caffettiera che viene aperta, l'acqua che viene versata e l'accensione del fornello.*

**C: OK, vediamo. Acqua fin sotto la valvola di sicurezza...**

**V:** Sì...

**C: Caffè...**

**V:** Non troppo né troppo poco: non fare la montagnetta...

**C: "Non fare la montagnetta come fa tua zia!"...**

**V:** ...comprimilo un minimo ma senza esagerare. E fallo con uniformità, perché l'acqua possa farsi strada senza problemi attraverso tutto il caffè!

**C: ...poi chiudo...**

**V:** ...e via sul fornello!

**C: ...al minimo.**

**V:** Così da mantenere il processo di riscaldamento, espansione eccetera il più possibile graduale. Se vuoi divertirti, c'è un bel video su Youtube, girato da un gruppo di ricercatori dei laboratori del Paul Scherrer Institut, in Svizzera, che mostra tutto il procedimento filmato con una "neutron camera" - una specie di radiografia video ottenuta bombardando con un fascio di neutroni una caffettiera in funzione.

**C: (Scettica) Un fascio di neutroni?**

**V:** Sì. E' un'idea simile a quella dei raggi X, che sfrutta però il fatto che i neutroni interagiscono in maniera molto diversa con l'acqua e il metallo della Moka. In questo modo puoi vedere nitidamente quello che succede dentro la caffettiera.

**C: Ma dai! E che si vede?**

**V:** Più o meno tutto il processo che ti ho descritto, dalla macchinetta spenta fin dopo la fase stromboliana. Vai su Youtube e cerca "coffee neutron camera", et voilà.

**C: (Ironica) Dici che basterà un po' di scienza a far venire questo caffè buono come un espresso?**

**V:** Beh, Chiara, sono due cose diverse. Nella Moka, la fisica che c'è dietro al suo funzionamento - chiamata *termodinamica* - è complicata dal fatto che l'acqua del serbatoio non è in equilibrio con la miscela di aria e vapore che vi preme sopra, che significa che la temperatura non è sempre la stessa nei vari punti del serbatoio. Di conseguenza nella Moka la temperatura durante le fasi regolare e stromboliana non è costante. La macchina espresso di un bar è uno strumento di ingegneria sofisticata: lavora con acqua a una temperatura stabile, attorno agli 88 gradi, a una pressione di circa 9 atmosfere, cioè 4-5 volte più elevata della pressione media nella tua Moka. L'acqua passa più velocemente nella polvere di caffè, che tra l'altro viene macinato più fine e il caffè è pronto in una ventina di secondi.

**C: Dev'essere stato un bel passo avanti per i baristi del secolo scorso!**

**V:** Un po' prima del secolo scorso - una prima forma di macchina espresso pare sia stata brevettata nel 1884 da Angelo Moriondo, a Torino. Un tempo, la pressione necessaria per ciascun caffè veniva data azionando ogni volta a mano un'apposita leva, adesso c'è una pompa automatica che fa tutto. Piuttosto pratico, quando si hanno tanti clienti!

**C: E invece, questo famoso caffè napoletano?**

**V:** Roba d'altri tempi! La caffettiera, che i napoletani chiamano "cuccumella", è fatta da due parti, come nel caso della Moka, separate da un filtro in cui si inserisce il caffè: riempi la parte sotto d'acqua, la scaldi fino all'ebollizione e poi capovolgi la caffettiera. E l'acqua scende piano piano, visto che non c'è la spinta improvvisa che nella Moka e nell'espresso viene dal vapore. Un po' come se fosse una clessidra di caffè.

**C: In pratica, una specie di Moka a bassa pressione.**

**V:** Bassissima - parliamo di qualche centimetro di colonna d'acqua, che in numeri significa un centesimo di atmosfera - contro le 1-2 atmosfere della Moka! Il movimento dell'acqua attraverso il caffè, che si chiama percolazione, è

lentissimo: possono volerci anche cinque-dieci minuti prima che il caffè sia pronto.

**C: Ommamma, davvero roba d'altri tempi...**

**V:** In effetti... cambiano sia il sapore che il rituale!

*Rumore tipico di Moka a fine preparazione.*

**C: Presto, prima che si bruci! Grazie, Valerio. Che dici, gli do una mescolata?**

**V:** Mescola, mescola! Armonizzerai il sapore del caffè estratto all'inizio, a temperatura un po' più bassa con quello alla fine, più caldo. Ma veloce, se si raffredda chi li sente...

**C: Vado!**

*Rumore di passi. CHIARA torna nell'altra stanza, con NONNO e NONNA. Sentiamo la loro conversazione.*

**Nonno:** Era ora!

**Nonna:** Bella mia, ce l'hai messo lo zucchero?

**C: Ce l'ho messo, ce l'ho messo.**

**Nonno:** *(Beve)* Ah, questo sì che è un caffè.

**Nonna:** Lo vedi, almeno lei sì che ha preso dal nonno.

*Sull'ultima battuta del NONNO, l'audio sfuma.*

**Nonno:** Un'arte, il caffè è un'arte. Glielo dico sempre a quella sconsiderata di tua figlia: il mestiere è il mestiere, il caffè non dev'essere troppo né troppo poco, va premuto bene, l'acqua fin sopra la valvola e basso, basso, bassissimo, come un soffio dev'essere il fuoco...

**FINE**