FOCUS TEMATICI

FISICA
QUOTIDIANA

**Perché il ghiaccio galleggia,
il microonde scalda e il telefono sa dove sei**

intra

COLLANA FOCUS TEMATICI

Edizioni Intra®
www.intraedizioni.it
info@intra.pro

Tutti i diritti riservati.
Copyright © 2026 Intra S.r.l.s. – Pesaro, Marche, Italia

ISBN 979-12-5991-945-8

Indice

Indice	3
Introduzione	5
1. In cucina	7
2. In bagno e con l'acqua di casa	29
3. La casa e il suo clima	41
4. In salotto: luce, suono, schermi	57
5. Il telefono e gli oggetti in tasca	69
6. In strada e in automobile	83
7. All'aria aperta: cielo e tempo	97
8. Sport e corpo in movimento	109
9. In viaggio	117
Indice dei fenomeni e dei principi	129
Indicazioni bibliografiche	133

Introduzione

Alle sette del mattino la moka borbotta e il caffè sale, contro ogni apparenza, verso l'alto. Il cubetto nel bicchiere galleggia storto, con un decimo fuori dall'acqua e nove dentro. Sul telefono il puntino blu trova la strada di casa grazie a trenta orologi atomici in orbita e a una correzione calcolata da Einstein. In bagno la tenda della doccia viene addosso come se qualcuno la tirasse, e nessuno sa dire chi. Non è ancora cominciata la giornata e la fisica ha già lavorato almeno dieci volte, in silenzio, a un palmo dalle mani.

Di solito non ce ne accorgiamo perché il quotidiano è il luogo in cui si smette di chiedere perché. Il forno a microonde scalda il latte e lascia freddo il piatto; l'aria del forno a duecento gradi si sopporta, l'acqua a sessanta scotta; la maniglia d'inverno dà la scossa; l'aereo che pesa duecento tonnellate resta in cielo. Sono cose che accadono ogni giorno e che per questo sembrano ovvie. Non lo sono. Ciascuna nasconde un meccanismo preciso, spesso elegante, qualche volta sorprendente, e quasi sempre diverso da quello che si racconta.

Perché il guaio delle spiegazioni facili è che circolano più delle spiegazioni giuste. A scuola abbiamo imparato che l'ala vola perché l'aria «fa una strada più lunga» sul dorso: è falso, e la NASA dedica una pagina a dirlo. Che il microonde scalda l'acqua «per risonanza»: falso anche questo, la frequenza del forno è scelta di proposito lontano dalla risonanza. Che il lavandino scarica in senso opposto nell'altro emisfero, che la bicicletta sta in piedi per l'effetto giroscopico, che la tenda della doccia si

avvicina «per Bernoulli». Cinque miti che in queste pagine vengono smontati con calma, perché la verità è quasi sempre più interessante della leggenda.

Il viaggio comincia in cucina, dove la fisica si concentra più che in qualunque altro posto della casa, e continua per il bagno, per le stanze e il loro clima, per il salotto con le sue luci e i suoi suoni, per la tasca in cui portiamo il telefono. Poi esce: in strada, sotto il cielo, sul campo da gioco, in viaggio. Settantacinque fenomeni, ciascuno a partire dalla domanda che chiunque si è fatto almeno una volta, con la risposta che la scienza dà oggi, un numero da tenere a mente e un confronto che lo renda visibile: la forza con cui l'atmosfera preme su un coperchio è il peso di un uomo seduto sopra; l'energia di un'automobile a cento all'ora porta a ebollizione un litro e mezzo d'acqua. Nessuna formula. Nessuna parola difficile che non venga spiegata nel momento in cui compare.

Si può leggere dall'inizio alla fine o aprire a caso, come una guida; chi cerca un principio, l'evaporazione, la pressione, la risonanza, lo trova nell'indice in fondo, che rinvia ai paragrafi. E dopo aver letto, le cose intorno non saranno più le stesse. La prossima volta che il coperchio resta incollato alla pentola, saprete chi lo tiene fermo.

1. In cucina

Nessun'altra stanza della casa concentra tanta fisica in così pochi metri quadrati. In cucina l'acqua cambia stato più volte al giorno, il calore viaggia in tutti i modi possibili, un campo elettromagnetico cuoce la cena e un altro scalda la pentola senza fiamma. È anche il luogo in cui le spiegazioni sbagliate circolano di più, perché ognuno ha una sua idea sul sale nell'acqua o sul forno a microonde.

Il ghiaccio che galleggia è il fenomeno più familiare e il più strano di tutti, e con lui si comincia. Poi vengono le macchine: una che produce freddo facendo bollire un gas, una che cuoce con onde radio, una che scalda la pentola senza fiamma. E le piccole cose, la goccia che balla sulla padella, il coperchio che non si stacca, la calamita sulla porta. Tre parole torneranno di continuo, pressione, vapore e calore: sono i fili che tengono insieme tutta la fisica della cucina.

1.1 Il ghiaccio che galleggia

Perché il ghiaccio galleggia, mentre quasi ogni altro solido affonda nel proprio liquido?

Un cubetto nel bicchiere sta a galla, con un pezzetto fuori dall'acqua; una bottiglia dimenticata nel congelatore si gonfia e a volte scoppia; d'inverno i tubi si spaccano. Sono tre facce dello stesso fatto, e il fatto è strano: quando una sostanza solidifica, di regola le sue particelle si avvicinano e il solido diventa più denso del liquido, tanto che affonda. Un pezzo di cera solida va a fondo nella cera fusa, il ferro solido nel ferro liquido. L'acqua fa il contrario, e questa eccezione ha conseguenze che arrivano fino al clima del pianeta.

Un reticolo pieno di vuoti

La ragione sta nel modo in cui le molecole d'acqua si tengono. Ogni molecola ha due atomi di idrogeno e uno di ossigeno disposti a V, e le sue estremità hanno cariche elettriche opposte: gli idrogeni di una molecola sono attratti dall'ossigeno delle vicine. Questo abbraccio si chiama *legame a idrogeno* ed è debole, ma nel ghiaccio ne nascono tanti e tutti ordinati: le molecole si dispongono in un reticolo esagonale, ognuna legata a quattro vicine, come una struttura di travi con molti spazi vuoti al centro. Nell'acqua liquida invece il reticolo si rompe e si riforma di continuo, le molecole si infilano negli spazi vuoti e si impacchettano più strette. Il risultato è che un litro d'acqua, congelando, diventa circa un litro e novanta millilitri di ghiaccio: un aumento di volume del nove per cento circa. Le bottiglie e i tubi scoppiano per questo, e per questo le rocce si sgretolano quando l'acqua infiltrata nelle fessure gela.

Dove il ghiaccio galleggia e dove no

Il concetto che decide se un oggetto galleggia è la *densità*, cioè quanta massa sta in un dato volume. L'acqua a temperatura ambiente ha una densità di poco meno di mille chilogrammi per metro cubo; il ghiaccio a zero gradi si ferma a circa 917. Per il principio di Archimede, un corpo immerso riceve una spinta verso l'alto pari al peso del liquido che sposta, e il ghiaccio galleggia con una frazione sommersa pari al rapporto fra le due densità: circa il novanta per cento. Il cubetto nel bicchiere mostra fuori dall'acqua solo un decimo di sé, e lo stesso vale per un iceberg: dei nove decimi nascosti si accorse per primo chi ci andò a sbattere. Se il cubetto galleggiasse nel gasolio, che ha una densità di circa 850

chilogrammi per metro cubo, andrebbe a fondo. Nell'acqua di mare, che per il sale disciolto è un po' più densa dell'acqua dolce, il ghiaccio galleggia invece leggermente più alto. E il cubetto stesso racconta qualcosa: se al centro è biancastro e opaco, è perché l'acqua del rubinetto contiene aria disciolta che il ghiaccio, formandosi dall'esterno verso l'interno, spinge davanti a sé e intrappola nel cuore del cubetto sotto forma di bollicine minuscole; i cubetti trasparenti dei bar si fanno congelando l'acqua lentamente da un solo lato, così che l'aria abbia una via di fuga.

L'anomalia dei quattro gradi

C'è un secondo particolare che rende l'acqua unica. Quasi tutti i liquidi diventano più densi man mano che si raffreddano, fino al punto di congelamento. L'acqua lo fa solo fino a circa quattro gradi; sotto quella temperatura il reticolo del ghiaccio comincia a organizzarsi in anticipo e l'acqua torna a dilatarsi leggermente. La sua densità massima si ha quindi a quattro gradi, non a zero. In un lago d'inverno questo cambia tutto: l'acqua di superficie che si raffredda fino a quattro gradi scende sul fondo, perché è la più pesante, ma quella che si raffredda ancora resta in alto e gela lì. Il ghiaccio si forma in superficie, isola l'acqua sottostante e il fondo rimane a quattro gradi, dove pesci e piante superano l'inverno. Se il ghiaccio affondasse, i laghi gelerebbero dal basso e diventerebbero blocchi solidi da cui la vita non tornerebbe.

L'acqua non è l'unica sostanza che si espande solidificando: fanno lo stesso il bismuto, il gallio, il silicio e il germanio, e proprio per questo il bismuto è servito per secoli a rendere nitidi i caratteri da stampa, che riempivano lo stampo dilatandosi. Ma nessuno di questi

materiali riempie i nostri bicchieri, i nostri tubi e i nostri oceani. La prossima volta che il cubetto galleggia storto nel bicchiere, con un decimo fuori e nove dentro, sta mostrando la stessa anomalia che tiene in vita i laghi e che ha reso il pianeta abitabile.

1.2 Il forno a microonde

Perché scalda l'acqua e il cibo, e perché il metallo fa le scintille?

Una tazza di latte esce dal forno a microonde bollente, mentre il piatto su cui stava è appena tiepido; un avanzo di lasagna è rovente ai bordi e ancora freddo al centro; un pezzo di carta d'alluminio dimenticato su una vaschetta si accende di scintille azzurrine. Tre esperienze comuni che spiegano come lavora l'apparecchio, e che smentiscono la spiegazione più diffusa.

Un campo che si ribalta di continuo

Il cuore del forno è il *magnetron*, un tubo elettronico che produce onde elettromagnetiche della stessa famiglia delle onde radio, con una frequenza di circa 2,45 gigahertz: il campo elettrico dell'onda oscilla quasi due miliardi e mezzo di volte al secondo. Le pareti metalliche della cavità le riflettono, e le onde rimbalzano finché qualcosa non le assorbe. Vetro, carta e plastica le lasciano passare quasi senza trattenerle; l'acqua invece le assorbe bene. La ragione sta nella molecola d'acqua, che ha un'estremità con una lieve carica positiva e una con una lieve carica negativa, come si è visto a proposito del ghiaccio. Un campo elettrico tende a orientarla, e un campo che si ribalta di continuo la costringe a ruotare avanti e indietro. Nell'acqua liquida, però, ogni molecola è stretta fra le vicine e legata a loro: non riesce a

seguire il campo al passo, arriva in ritardo, urta e trascina le altre. L'energia che l'onda spende per farla girare si disperde così in agitazione disordinata, cioè in calore. È il *riscaldamento dielettrico*, così chiamato perché riguarda i materiali isolanti, detti dielettrici. Nei cibi salati contribuiscono anche gli *ioni*, gli atomi carichi del sale disciolto, che il campo spinge avanti e indietro e che cedono energia urtando ciò che li circonda.

Per portare da 20 a 100 gradi una tazza da 250 millilitri servono circa 84.000 joule; un forno che consegni al cibo 800 joule al secondo, cioè 800 watt, ci metterebbe poco meno di due minuti se tutta l'energia finisse nell'acqua; in pratica ce ne vuole un po' di più.

Il mito della risonanza

Si legge spesso che 2,45 gigahertz sia la frequenza «di risonanza» dell'acqua, quella a cui la molecola vibra spontaneamente. Non è così. Una molecola d'acqua isolata, come quelle del vapore, assorbe davvero solo frequenze precise, ma molto più alte di quella del forno. Nell'acqua liquida quelle righe nette si fondono in un'ampia fascia di assorbimento, senza alcun picco a 2,45 gigahertz: il massimo si trova attorno ai 20 gigahertz, circa otto volte più in alto. E la frequenza del forno sta lontana da quel massimo di proposito. Se l'acqua assorbisse le onde con la massima efficienza, cederebbero tutta la loro energia in uno strato sottilissimo e si scalderebbe solo la pelle del cibo. A 2,45 gigahertz, invece, le onde penetrano nei cibi ricchi d'acqua per circa tre centimetri; più in profondità il calore arriva solo per conduzione, lentamente, ed è per questo che le porzioni spesse restano fredde al centro. Sulla scelta ha pesato anche una ragione pratica: quella banda è

riservata per accordi internazionali agli usi industriali, scientifici e medici, ed è la stessa in cui lavora una parte delle reti senza fili di casa.

Onde ferme, piatti e ghiaccio

Dentro la cavità le onde riflesse si sovrappongono a quelle in arrivo e formano *onde stazionarie*, una trama fissa di punti in cui il campo è intenso e punti in cui è quasi nullo. La lunghezza d'onda è di circa 12 centimetri e i punti caldi distano fra loro circa sei centimetri, più o meno la larghezza di tre dita. Il piatto rotante fa attraversare al cibo questa trama, così che ogni parte passi a turno per zone calde e zone fredde. Il piatto di ceramica si scalda soprattutto per contatto, ricevendo calore dall'alimento; un piatto che diventa rovente anche con poco cibo sopra è fatto di un impasto o di uno smalto che assorbono essi stessi una parte delle onde, di solito per l'umidità che trattengono. Il ghiaccio fa il contrario: nel suo reticolo le molecole sono bloccate e quasi non ruotano, e le microonde lo attraversano cedendogli pochissima energia. Durante lo scongelamento le parti già sciolte si scaldano in fretta mentre quelle ancora gelate restano indietro, e un pezzo di carne può cuocere ai bordi mentre al centro è ancora un blocco.

Perché il metallo fa scintille

I metalli si comportano all'opposto dell'acqua: i loro elettroni liberi seguono il campo senza fatica e rimandano indietro l'onda, come uno specchio. Per questo la cavità è di metallo, e lo sportello ha una griglia metallica con fori molto più piccoli della lunghezza d'onda, che lasciano passare la luce, fatta di onde assai più corte, ma non le microonde. Quando però nel forno c'è

un oggetto metallico sottile o appuntito, gli elettroni spinti avanti e indietro si accumulano sulle punte e sugli spigoli, e lì il campo elettrico diventa intensissimo. Se supera la soglia che l'aria sopporta, strappa elettroni alle sue molecole e la trasforma in un gas conduttore e luminoso: un piccolo fulmine. Una volta acceso, quel gas assorbe le microonde meglio dell'acqua e la scintilla si alimenta da sola. La carta d'alluminio accartocciata, piena di pieghe e punte, è il caso tipico; lo stesso fanno le decorazioni dorate dei piatti e i fermagli metallici dei sacchetti. Un oggetto liscio e spesso scintilla molto meno, ma il metallo nel forno resta un'abitudine da evitare, perché gli archi possono danneggiarlo.

Resta un errore comune da smontare: il forno a microonde non cuoce «dall'interno verso l'esterno». Scalda insieme tutto lo strato esterno del cibo, fino a pochi centimetri di profondità, mentre l'aria della cavità resta a temperatura ambiente. Per questo la superficie non fa la crosta dorata del forno tradizionale, e il centro di un arrosto è l'ultima parte a scaldarsi, non la prima.

1.3 Il frigorifero e il freezer

Come fa una macchina a produrre freddo, e perché la parte posteriore scotta?

Sul retro di molti frigoriferi c'è una griglia di tubi scuri che, a toccarla, è nettamente calda; e di notte, quando la cucina è silenziosa, dall'interno arriva a volte un gorgoglio o un sibilo sottile. Sono i due indizi di come funziona la macchina: il frigorifero non produce freddo, sposta calore, e lo fa facendo bollire un liquido dentro le proprie pareti.

Il freddo non si fabbrica

In fisica il freddo non è una sostanza che si possa aggiungere: esiste solo il calore, più o meno abbondante. Raffreddare un vano vuol dire portare via il calore che c'è dentro e quello che continua a entrare attraverso le pareti e a ogni apertura dello sportello. La difficoltà è che il calore passa da solo soltanto dal caldo al freddo: una bottiglia tiepida messa in frigorifero si raffredda, mai il contrario. Farlo andare in senso inverso, da un vano a circa 4 gradi a una cucina a 20, non è proibito, ma ha un prezzo: bisogna spendere energia, come per pompare acqua in salita. Il frigorifero è una *pompa di calore*, una macchina che trasporta calore dal freddo al caldo consumando elettricità, e il suo strumento è un fluido che cambia stato.

Un liquido che bolle sotto zero

Nella maggior parte dei frigoriferi domestici europei questo fluido è l'*isobutano*, un gas della stessa famiglia del metano e del propano. Alla pressione atmosferica bolle a circa 12 gradi sotto zero, e a pressioni più basse bolle a temperature ancora più basse. Il circuito è un anello chiuso di tubi con quattro stazioni. Nell'*evaporatore*, la serpentina o la piastra nascosta nelle pareti del freezer, il fluido arriva liquido e a bassa pressione, poco più di mezzo bar assoluto, circa metà della pressione dell'aria, e a quella pressione bolle a circa 25 gradi sotto zero. Per bollire ha bisogno di calore e lo prende dalle pareti, cioè dal vano: è lo stesso principio per cui il sudore che evapora rinfresca la pelle, come si vedrà a proposito dei trenta gradi umidi. Ogni chilogrammo di isobutano che evapora a quella temperatura porta via circa 376.000 joule, poco più di quanto serve per portare

all'ebollizione un litro d'acqua presa dal rubinetto. E il fluido in gioco è poco: essendo infiammabile, le norme di sicurezza ne limitano strettamente la quantità, e un frigorifero domestico ne contiene in genere poche decine di grammi.

Uscito dall'evaporatore come vapore freddo, il fluido entra nel *compressore*, il motorino chiuso in un guscio metallico in basso sul retro, che lo schiaccia portandolo a una pressione molte volte più alta. Comprimere un gas lo scalda, come sa chi ha gonfiato a lungo una gomma di bicicletta e ha sentito intiepidirsi la pompa. Il vapore esce così più caldo della cucina ed entra nel *condensatore*, la griglia sul retro. Lì cede calore all'aria della stanza e, grazie all'alta pressione, torna liquido a temperature ben superiori a quella ambiente: nelle prove di laboratorio dei costruttori la condensazione avviene attorno ai 45-55 gradi. È il calore che si sente con la mano: non scotta come una pentola sul fuoco, ma è chiaramente caldo. Infine il liquido attraversa il *capillare*, un tubicino sottilissimo che ne fa crollare la pressione; tornato nell'evaporatore riprende a bollire, e il giro ricomincia. Il sibilo e il gorgoglio notturni sono questo: il fluido che scorre e ribolle nei tubi.

Il conto dell'energia

Il calore che il condensatore butta fuori è la somma di due parti: quello tolto al vano e quello che corrisponde all'energia elettrica consumata dal compressore. Il rapporto fra il calore portato via e l'elettricità spesa si chiama *coefficiente di prestazione*; i manuali indicano per le macchine frigorifere valori tipici fra 2 e 6, cioè ogni kilowattora elettrico sposta da due a sei kilowattora di calore. Il valore è tanto più basso quanto più

grande è il salto di temperatura da superare, ed è per questo che tenere un freezer a 18 gradi sotto zero costa più che tenere un vano a 4 gradi. Secondo i dati dell'ENEA, un frigocongelatore da 300 litri di classe energetica intermedia consuma fra circa 140 e 200 kilowattora l'anno, meno nelle classi migliori: più o meno quanto una lampadina da 20 watt accesa giorno e notte per dodici mesi.

Dentro il vano l'evaporatore è la parte più fredda, e l'umidità portata dall'aria che entra a ogni apertura vi si deposita e gela, come la brina sull'erba nelle notti serene. Lo strato di ghiaccio isola la piastra dal vano e costringe il compressore a lavorare più a lungo, ed è per questo che i freezer vanno sbrinati o sono progettati per sbrinarsi da soli.

Resta un errore comune da smontare: lasciare aperto lo sportello del frigorifero d'estate non rinfresca la cucina, la scalda. La macchina preleva calore davanti, lo restituisce dietro e ci aggiunge quello del proprio motore, così che la stanza, nel complesso, si riscalda. Per rinfrescare un ambiente bisogna portare il condensatore fuori dalla stanza, ed è esattamente ciò che fa il condizionatore, che d'inverno, facendo girare lo stesso ciclo all'incontrario, diventa la pompa di calore che scalda la casa.

1.4 La pentola a pressione

Perché cuoce in metà tempo?

Chi usa la pentola a pressione conosce quel momento in cui la valvola comincia a sibilare e bisogna abbassare la fiamma: da lì in poi bastano pochi minuti per uno spezzatino che in una pentola normale ne richiederebbe il doppio o il triplo. Il segreto non sta nel fuoco più alto,

ma nella temperatura a cui l'acqua bolle. In una pentola aperta, qualunque sia l'intensità della fiamma, l'acqua non supera mai i 100 gradi Celsius: appena raggiunge quella soglia comincia a diventare vapore, e il calore in più serve solo a farne evaporare di più, non a scaldarla oltre. La temperatura di ebollizione, infatti, non è un valore fisso: dipende dalla pressione che grava sul liquido. Più la pressione è alta, più serve calore perché il vapore riesca a formarsi, e quindi più alta deve salire la temperatura prima che l'acqua entri in ebollizione.

La pentola a pressione sfrutta esattamente questo principio. Il coperchio, chiuso con una guarnizione ermetica, impedisce al vapore che si forma di uscire liberamente: il vapore si accumula sopra il liquido e la pressione interna sale, tenuta sotto controllo da una valvola tarata per aprirsi quando si raggiunge il livello voluto. In una pentola domestica questo livello corrisponde a circa un bar in più rispetto alla pressione dell'aria che ci circonda, cioè al doppio della pressione atmosferica normale: è pressappoco l'aumento di pressione che si avvertirebbe scendendo a dieci metri sott'acqua. Con questa pressione l'acqua smette di bollire a 100 gradi e resta liquida fino a circa 120 gradi, e la cottura avviene quindi a una temperatura più alta: da qui la riduzione dei tempi, che per molti piatti si dimezza o si riduce a un terzo.

Il principio non è nuovo: il fisico francese Denis Papin lo sfruttò già nel 1679 per costruire un recipiente ermetico che chiamò «digestore», pensato per ammorbidire anche gli ossi più duri con poco combustibile. Lo stesso meccanismo, in scala minore, è quello che tiene bloccato un coperchio appena tolto dal fuoco: qui però la pressione più alta è dentro la pentola, non fuori, e la valvola serve a impedire che salga oltre il limite di sicurezza.