

Lezione 2: come si descrive il trascorrere del tempo

2.1. Il tempo: un concetto complesso

Che cos'è il tempo? Sembra una domanda tanto innocua, eppure... Sembra innocua perché, in fin dei conti, lo strumento di misura che usiamo più spesso nella vita di tutti i giorni è proprio l'orologio, e cos'altro misura l'orologio se non il trascorrere del tempo? Ma la domanda che abbiamo posto non è "come si misura?", bensì "che cos'è?". Proviamo ad aiutarci con la definizione che troviamo in un famoso vocabolario della lingua italiana: "il tempo è lo spazio indefinito nel quale si verifica l'inarrestabile fluire degli eventi, dei fenomeni e delle esistenze, in una successione illimitata di istanti". Tutto chiaro? A noi sembra di no: innanzi tutto perché inizia con il termine "spazio", che a prima vista sembra indicare un concetto diverso, tanto che l'autore, prudentemente, parla di "spazio indefinito". Un aiuto sembra venire dall'idea che tutti gli eventi naturali presentano una successione precisa, che non è possibile alterare o sconvolgere. Pensate all'ultimo anno della vostra vita: in esso gli eventi si sono succeduti in un ordine che non potete cambiare.

Ciò che noi chiamiamo tempo è la cornice in cui la vicenda si dipana, quella che ci permette di distinguere il prima dal dopo. Neppure questa spiegazione vi convince? Avete ragione, ma è meglio mettersi subito il cuore in pace: ogni volta che in futuro leggerete una qualche spiegazione sul "che cos'è" del tempo, proverete la stessa sensazione di insoddisfazione. Non c'è che una soluzione: una descrizione scientifica del concetto di tempo deve accontentarsi di chiarire come si misura il tempo, cioè come sono fatti gli orologi.

2.2. La misura del tempo

Abbiamo visto che, per misurare una lunghezza, dobbiamo scegliere arbitrariamente una lunghezza campione, poi contare quante volte la lunghezza incognita contiene il campione. Nel far questo accettiamo l'ipotesi (all'apparenza del tutto evidente) che la lunghezza del campione non cambia mentre lo trasportiamo da un estremo all'altro del tratto che dobbiamo misurare.

Le misure di tempo si fanno in modo analogo.

Per misurare la durata di un fenomeno si sceglie arbitrariamente come campione una durata di tempo, detta anche intervallo, poi si conta quante volte il campione è contenuto nel fenomeno. Lo strumento che riproduce il campione ed effettua il conteggio si chiama orologio.

Pensate ad esempio alla clessidra: il campione è il tempo che la sabbia impiega a scendere dall'ampolla superiore a quella inferiore, la riproduzione del campione si ottiene girando lo strumento sottosopra non appena l'ampolla superiore si è vuotata, il conteggio deve essere tenuto dall'operatore.

In tutto questo c'è un problema evidente: siamo proprio sicuri che il campione venga ripetuto ogni volta esattamente identico? Nell'esempio della clessidra, siamo sicuri che la sabbia impieghi ogni volta lo stesso tempo a scendere?

2.3. Fenomeni astronomici per la misura di lunghi intervalli di tempo

Fin dall'antichità, i moti regolari delle stelle e dei pianeti che hanno luogo nel cielo fornirono un naturale riferimento per misurare il trascorrere del tempo. Vediamo come è possibile individuare due unità di tempo ripetute dai moti della Terra, come se fosse un enorme orologio.

Il giorno. La Terra ruota intorno al proprio asse: come conseguenza di ciò vediamo il Sole sorgere ad oriente, attraversare il cielo lungo un arco di circonferenza, tramontare ad occidente, scomparire per un periodo di buio e infine sorgere di nuovo ad oriente. L'intervallo di tempo durante il quale si svolge questa sequenza di fatti venne chiamato giorno (si chiama di il periodo di luce, notte quello di buio).

Il giorno è l'intervallo di tempo compreso tra due successive culminazioni del Sole, cioè due passaggi successivi del Sole nel punto più alto della sua traiettoria vista da uno stesso punto sulla superficie terrestre.

Come potevano gli antichi sapere che i giorni hanno tutti la stessa durata? Non potevano saperlo (infatti non è del tutto vero!): semplicemente lo credevano.

L'anno. La Terra orbita intorno al Sole: a causa di ciò vediamo le stagioni alternarsi. Il termine della stagione fredda è convenzionalmente fissato in un giorno, che si chiama equinozio di primavera, in cui di e notte hanno la stessa durata. Il di comincia ad allungarsi e la notte ad abbreviarsi, fino ad un giorno (si chiama solstizio d'estate) in cui il di ha la durata massima. Il processo si inverte fino ad un giorno, l'equinozio d'autunno, in cui di e notte tornano ad avere la stessa durata. L'accorciarsi del di prosegue fino al solstizio d'inverno, giorno in cui raggiunge la durata minima, poi torna ad allungarsi fino a ritornare all'equinozio di primavera. Questa complicata sequenza di fatti si snoda lungo un periodo di tempo al quale venne dato il nome di anno. Gli anni hanno tutti la stessa durata? Fino a prova contraria riteniamo che la risposta sia sì.

2.4. Strumenti per la misura di brevi intervalli di tempo

Abbiamo visto come gli antichi misuravano, usando il cielo come orologio naturale, i lunghi intervalli di tempo. In pratica sfruttavano fenomeni astronomici che si definiscono periodici.

Un fenomeno è detto periodico quando si ripete secondo cicli identici, che possono essere considerati tutti della stessa durata: la durata di un ciclo si chiama appunto periodo.

Per misurare intervalli di tempo più brevi bisogna quindi servirsi di fenomeni periodici con un periodo più breve.

Abbiamo già descritto la clessidra: il problema principale di questo strumento è che il suo comportamento non è affatto periodico, e lo diventa solo se un operatore la gira al momento opportuno!

Un passo avanti di fondamentale importanza per la misurazione del tempo venne compiuto intorno alla metà del '600, con l'invenzione dell'orologio a pendolo, in cui il campione (il periodo di oscillazione) viene ripetuto da un pendolo, mentre le lancette segnano il conteggio.

Questo tipo di orologio si basa sulla scoperta, fatta da Galileo, che le oscillazioni di un pendolo hanno tutte la stessa durata. Galileo mise a confronto due pendoli della stessa lunghezza (► fig.2.1) che percorrevano archi di cerchio di ampiezza diversa, e scoprì che i due pendoli marciavano di pari passo, quindi con lo stesso periodo.

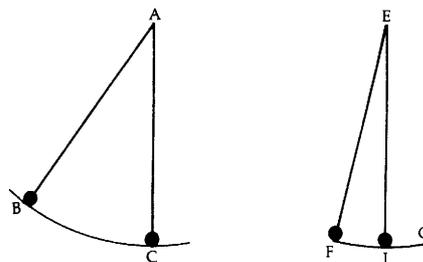


Fig.2.1 Due pendoli di uguale lunghezza. Il primo parte da B, il secondo da F: entrambi impiegano lo stesso tempo a raggiungere i punti più bassi (C e I)

Era una scoperta semplice e fantastica: quasi che ogni pendolo sappia regolare la propria velocità in base all'arco che deve percorrere, tanto più veloce quanto più ampio è l'arco, in modo da impiegare sempre lo stesso tempo. Una conseguenza di questo fatto è che le oscillazioni di uno stesso pendolo avvengono con un periodo costante, anche se il moto, a causa degli attriti, si va smorzando a poco a poco.

Gli orologi che oggi utilizziamo non sfruttano più oscillazioni di tipo meccanico, bensì di natura elettrica (oscillatori elettrici) o addirittura atomica (oscillatori atomici). Il principio è però lo stesso del pendolo: un fenomeno si ripete sempre identico, e si

tratta di contare quante ripetizioni si osservano nell'intervallo di tempo che vogliamo misurare.

2.5. Una breve storia del secondo

L'unità di misura adottata attualmente in campo scientifico per il tempo è il secondo. La prima definizione di secondo fu la seguente: "frazione 1/86400 del giorno". Il problema è che i giorni, nel corso dell'anno, cambiano leggermente di durata: il secondo, definito in questo modo, ha a primavera una durata diversa da quella che ha in autunno.

Fatta questa scoperta, la definizione di secondo fu così modificata: "frazione 1/86400 del giorno solare medio" L'aggiunta dell'aggettivo *medio* sembra risolvere la difficoltà, perché la media è calcolata su tutti i giorni dell'anno. C'è tuttavia un nuovo problema: la velocità con cui la Terra ruota intorno al proprio asse sta lentamente calando. Il secondo così definito, quindi, avrà tra un secolo una durata maggiore di quella che ha oggi.

Nel 1967 si decise di abbandonare le definizioni di tipo astronomico, e venne formulata la definizione che ancora oggi utilizziamo. Questa nuova definizione, apparentemente un po' complicata, si basa sul fatto che gli atomi emettono radiazioni, alcune visibili (luce) e altre no: ciascuna è contraddistinta da un suo periodo di oscillazione. La definizione attuale dell'unità di tempo è: "il secondo è il tempo che corrisponde a 9192631770 periodi della radiazione emessa tra due stati di un atomo di cesio-133". I due stati sono definiti con precisione: non vi diciamo come, solo per non far somigliare la definizione ad uno scioglilingua.

2.6. Il sistema sessagesimale

Un giorno è diviso in 24 ore, un'ora è divisa in 60 minuti, un minuto in 60 secondi. Un giorno, perciò, è fatto da $24 \cdot 60 \cdot 60 = 86400$ secondi. Dividere l'unità in sessanta parti, invece di dieci, significa usare un sistema di numerazione con base sessanta, cioè un sistema sessagesimale.

Questo sistema fu usato per la prima volta dagli antichi Sumeri, 3500 anni prima di Cristo, poi dai matematici e dagli astronomi Babilonesi. Oggi sopravvive soltanto per le misure di tempo e per le misure degli angoli (l'angolo giro viene diviso in 360 gradi, cioè 6 volte 60 gradi). È probabile che gli antichi astronomi abbiano scelto come base il numero 60 a causa dei suoi molti divisori: mentre 10 si può dividere solo per 2 e per 5, il numero 60 si può dividere per 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20 e 30. In particolare, la divisione molto antica del cielo nei 12 settori corrispondenti ai segni dello Zodiaco, rendeva necessaria la presenza del 12 tra i divisori della base prescelta. Il numero 60, in effetti, è il minimo comune multiplo tra 12 e 10.

È facile convertire in secondi una misura di tempo espressa in ore (1h = 3600 s), minuti (1 min = 60 s), secondi:

$$2 \text{ h } 32 \text{ min } 53 \text{ s} = (2 \cdot 3600 + 32 \cdot 60 + 53) \text{ s} = (7200 + 1920 + 53) \text{ s} = 9173 \text{ s}$$

Per convertirla in ore dobbiamo invece far ricorso alle frazioni:

$$2 \text{ h } 32 \text{ min } 53 \text{ s} = \left(2 + \frac{32}{60} + \frac{53}{3600} \right) \text{ h} = (2 + 0,533 + 0,015) \text{ h} = 2,548 \text{ h}$$

(abbiamo approssimato i risultati alla cifra di posto -3).

Vediamo ora come si effettua la trasformazione inversa. Per esempio, convertiamo 0,625 h nella forma ore, minuti, secondi.

$$0,625 \text{ h} = 0,625 \text{ h} \cdot 3600 \text{ s/h} = 2250 \text{ s}$$

Per ottenere il numero di minuti, basta ora eseguire la divisione per 60:

$$2250 : 60 = 37 \text{ resto } 30$$

Il risultato finale è quindi :

$$0,625 \text{ h} = 37 \text{ min } 30 \text{ s}.$$