



# L'idea di simmetria

dalla natura, all'arte, alla scienza

## Premessa

Il tema simmetria è sterminato, e ci potrebbe intrattenere per molte serate...

Dovrò quindi limitarmi ad alcuni spunti su cui riflettere.

Per cominciare, “simmetria” può voler dire molte cose, ma prima di tutto e più di frequente s'intende *simmetria bilaterale* (destra-sinistra, o anche speculare). Mi occuperò solo di questa.

Il concetto vi è certamente familiare, ma conviene precisarlo osservando alcuni esempi presi dall'architettura, dove la simmetria è molto comune ma presenta anche tanti casi speciali, eccezioni...

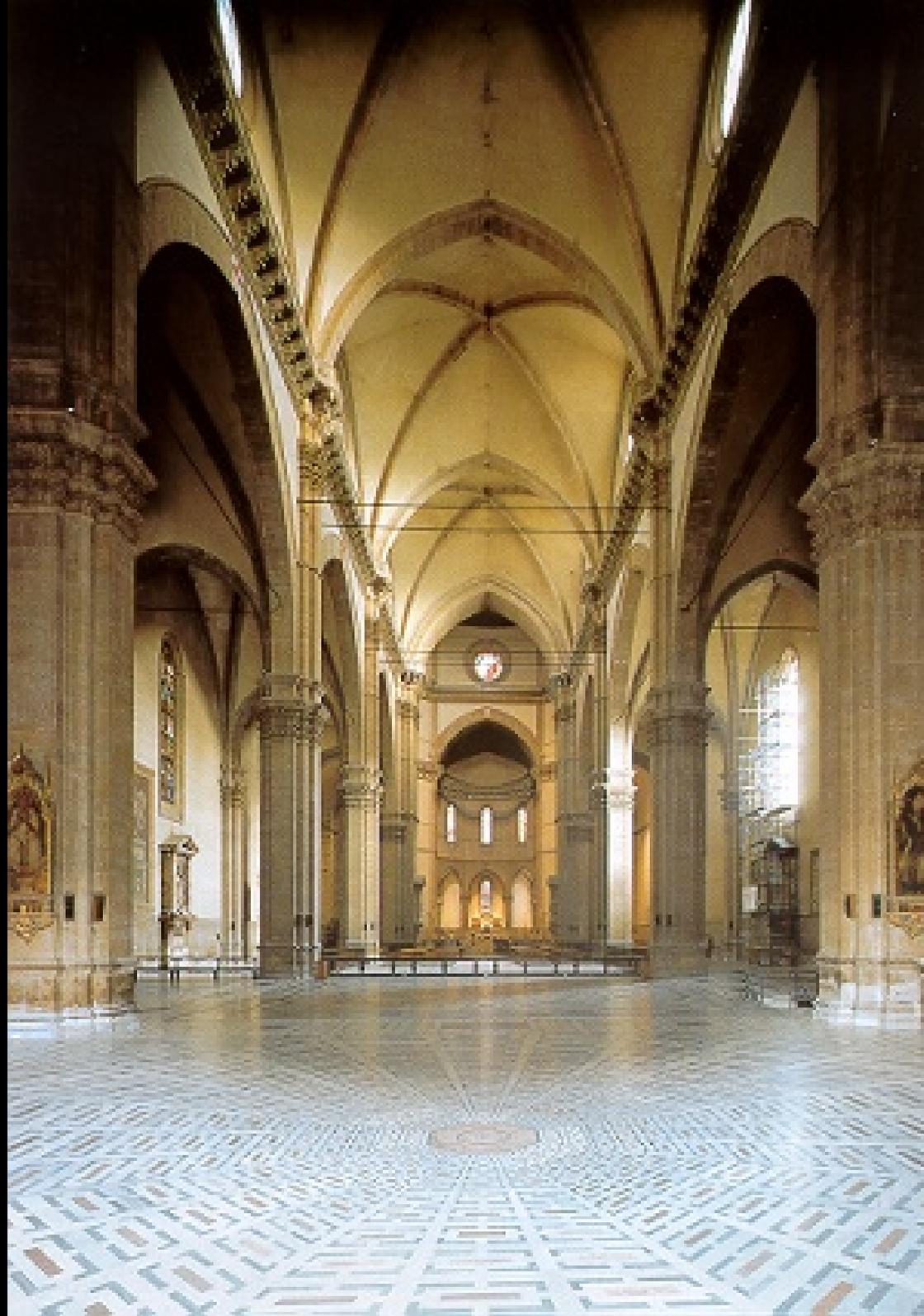


















STVDIVM VREBIS

SRI INQVISTITIO ATQVE INVESTIGATIO

NS EADEM VICTVR ET RECTE

BIBLIOTHECA  
VRSINAE  
MAGNAE

Abbiamo visto nell'ordine:

- la Cattedrale di Carpi
- Castel del Monte (Andria - BT)
- il Duomo di Ancona
- Palazzo Grimani (Venezia)
- il Duomo di Orvieto
- l'interno del Duomo di Firenze
- la Villa Capra di Andrea Palladio (Vicenza)
- il Monumento a Vittorio Emanuele II (Roma)
- il Rettorato della Città Universitaria (Roma).

Ci sono anche esempi di costruzioni che hanno una simmetria più ricca.

Castel del Monte in realtà ha simmetria *ottagonale*.

La Mole Antonelliana ha simmetria *quadrata*.

Il grattacielo Pirelli a Milano ha una simmetria meno ovvia: *due piani e una rotazione di 180°*.







Ci sono al contrario casi in cui la simmetria è decisamente alterata.

Nel Duomo di Monreale alla torre di destra è stata aggiunta una cella campanaria.

Il Palazzo Pubblico di Siena ha a sinistra la torre del Mangia e un piccolo pronao.





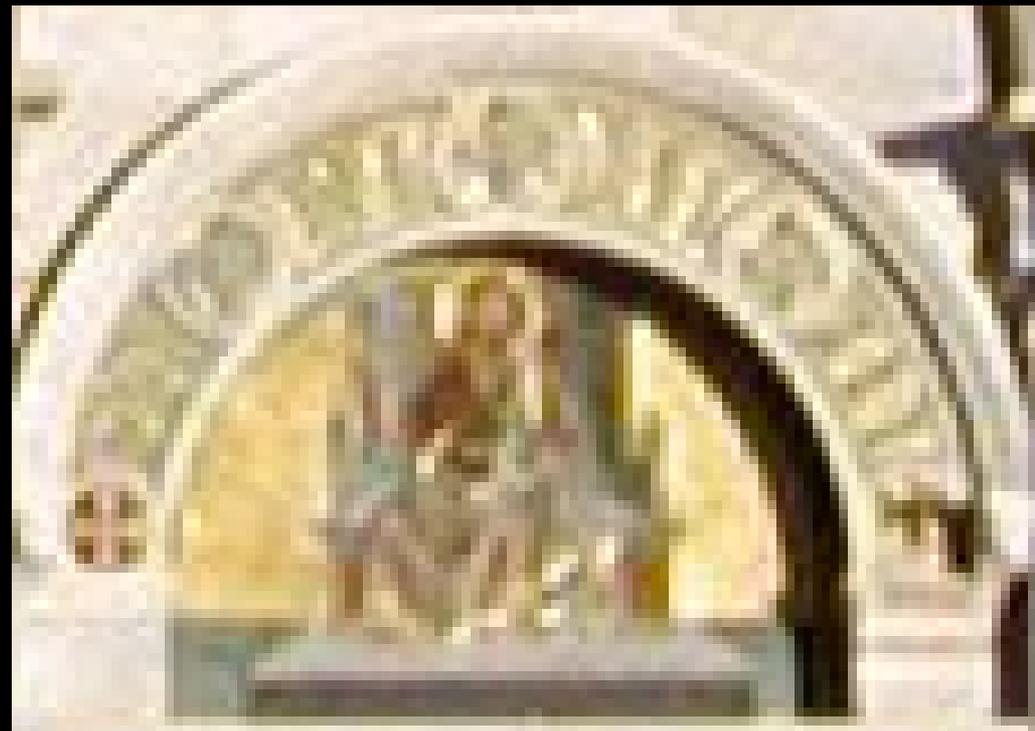
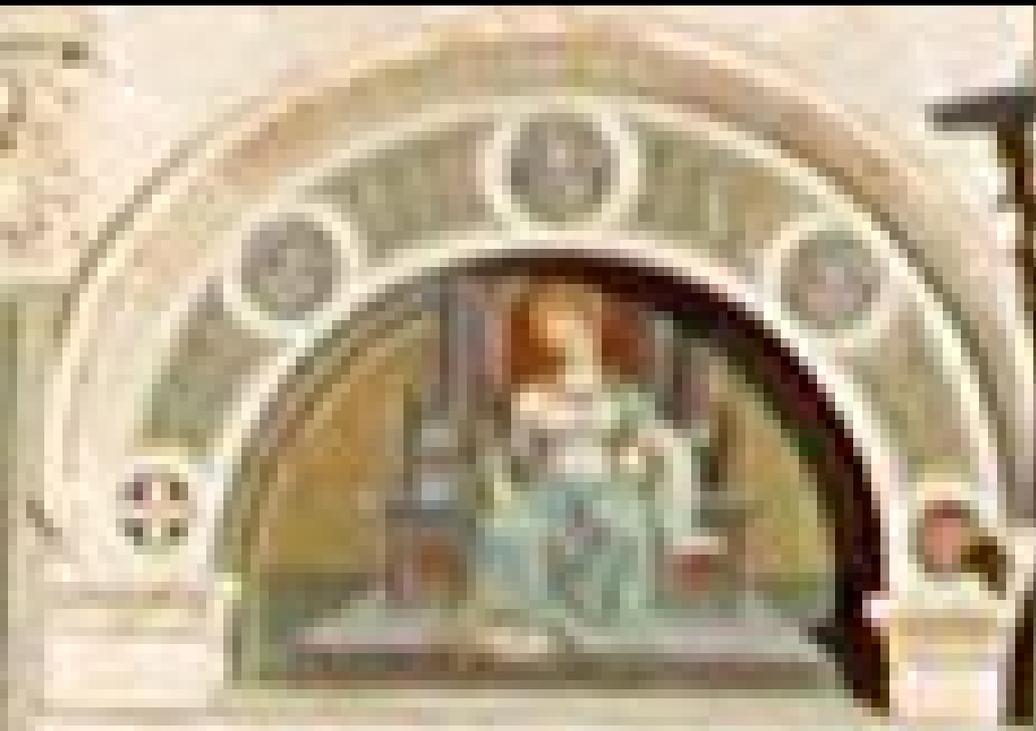
Più nascosta l'asimmetria del Duomo di Pisa.



Più nascosta l'asimmetria del Duomo di Pisa.

Si vede nei dettagli dei gocciolatoi e delle statue di santi che li sovrastano, ma anche nei mosaici sopra le porte laterali e nella colorazione dei marmi della facciata.





Notare che anche quando la simmetria non è (volutamente) esatta (statue, decorazioni, colori...) noi la riconosciamo lo stesso: è un esempio di un processo importantissimo nella scienza, *l'astrazione*.

Si tralasciano le *differenze*, per mettere in luce gli *aspetti comuni* a diversi oggetti, strutture ... o a parti diverse di uno stesso oggetto, struttura.

Questo per es. è spesso il primo passo per scoprire *leggi di natura*.

In architettura ci sono anche moltissimi esempi di *rifiuto* della simmetria.

Vediamo un esempio dalla Città Universitaria di Roma (anni '30).

Abbiamo già visto l'edificio centrale del rettorato.



STVDIVM VRBIS

ERRI - INQUI SITIO - ATQVE - INVESTITIO

VA - EADEM - VICTVR - ET - RECTE

SESTORIO  
SALA MAGNA  
INQUISTIA

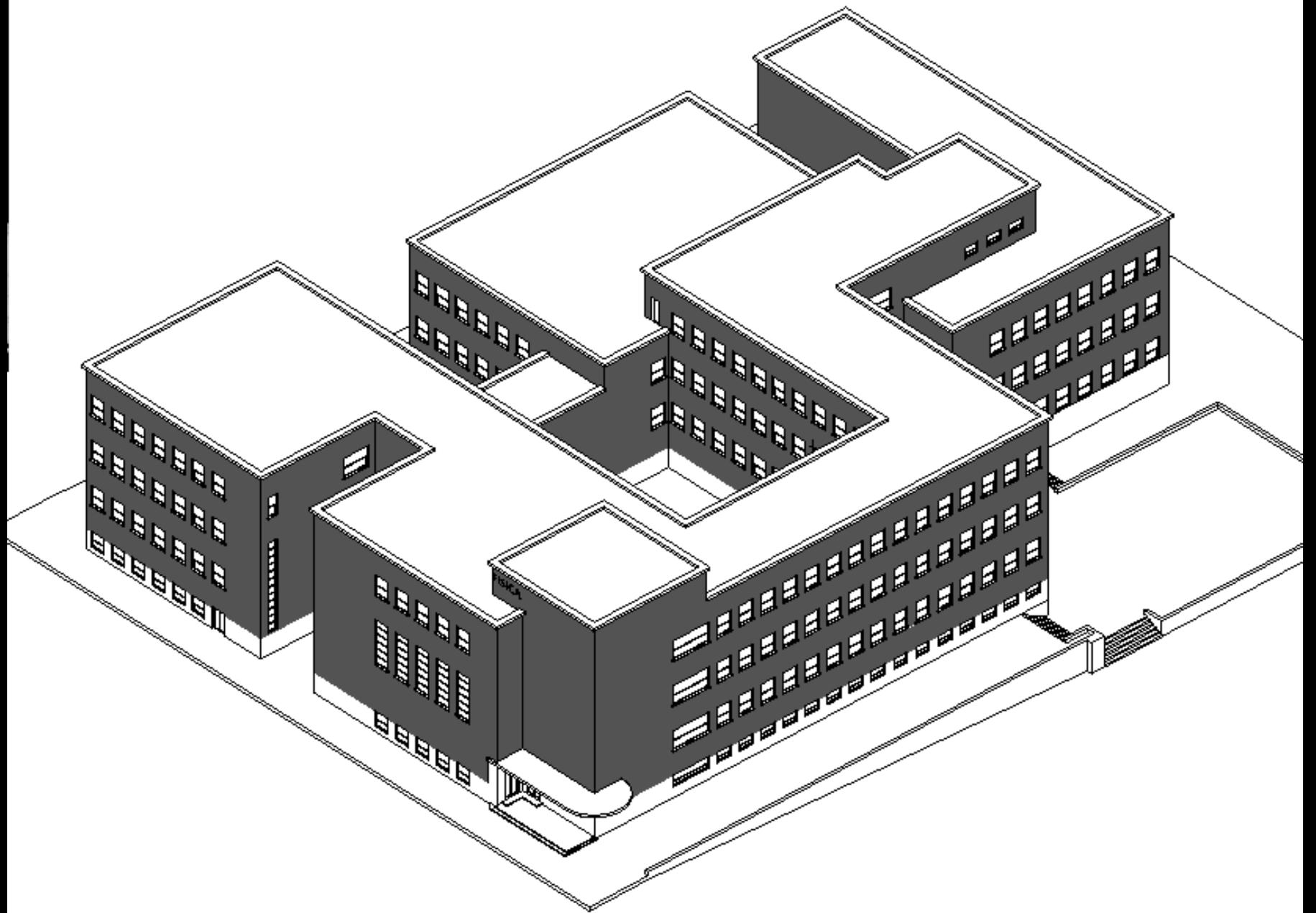
La foto da satellite mostra il viale d'accesso, la vasca, la statua della Minerva: tutto rigorosamente simmetrico.



Nella foto che segue, in alto si vede un altro edificio simmetrico, anche questo in travertino bianco: è l'Istituto di Mineralogia e Geologia di Giovanni Michelucci (stazione di S. Maria Novella a Firenze).

Però davanti a questo, a sinistra, c'è un grande edificio a pianta irregolare: notare il rivestimento in mattoni, invece che in travertino.





Abbiamo visto un'assonometria dello stesso edificio; ecco l'ingresso, che non ha niente di monumentale.



Si tratta dell'Istituto di Fisica, opera di Giuseppe Pagano.

## **Simmetria nella scultura**

E' molto più rara.

Si trova nell'arte pre-greca (assira, egiziana). Gli esempi che seguono sono nell'ordine:

- una tavoletta sumera che rappresenta la dea Lilith
- la statua egiziana di un gatto sacro
- statue assire nel museo di Bagdad

Un esempio greco di quasi-simmetria è l'Athena parthenos di Fidia.









Nell'arte greca classica come in quella rinascimentale, e ancor più nell'arte moderna, la simmetria è “mossa”, quando non è volutamente distrutta.



## Simmetria nella pittura

Una vera simmetria in pittura è rarissima. Esempi di “quasi-simmetria” si trovano fino al Rinascimento.

Intendo con questo una simmetria nella composizione e negli elementi architettonici, che però viene rotta dalle figure.

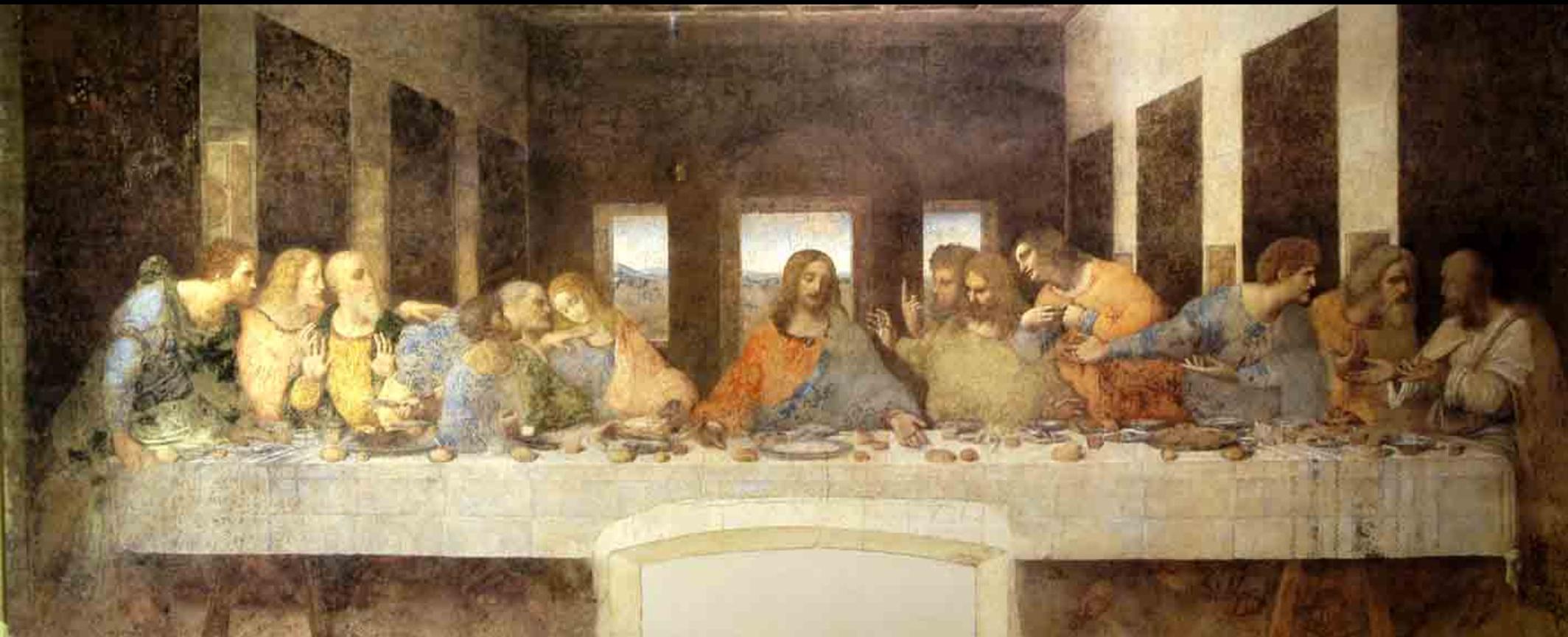
Il primo esempio è in realtà un mosaico bizantino della Basilica di S. Vitale (Ravenna). Qui la simmetria è solo approssimativa.

Seguono esempi famosi dell'arte rinascimentale:

- *La città ideale* (di autore incerto)
- il *Cenacolo* di Leonardo
- *La Scuola di Atene* di Raffaello.









Nelle figure la simmetria è sempre approssimata: un esempio è l'*Annunciata* di Antonello da Messina, dove viene usata per rappresentare la profondità dell'evento e la meditazione di Maria.

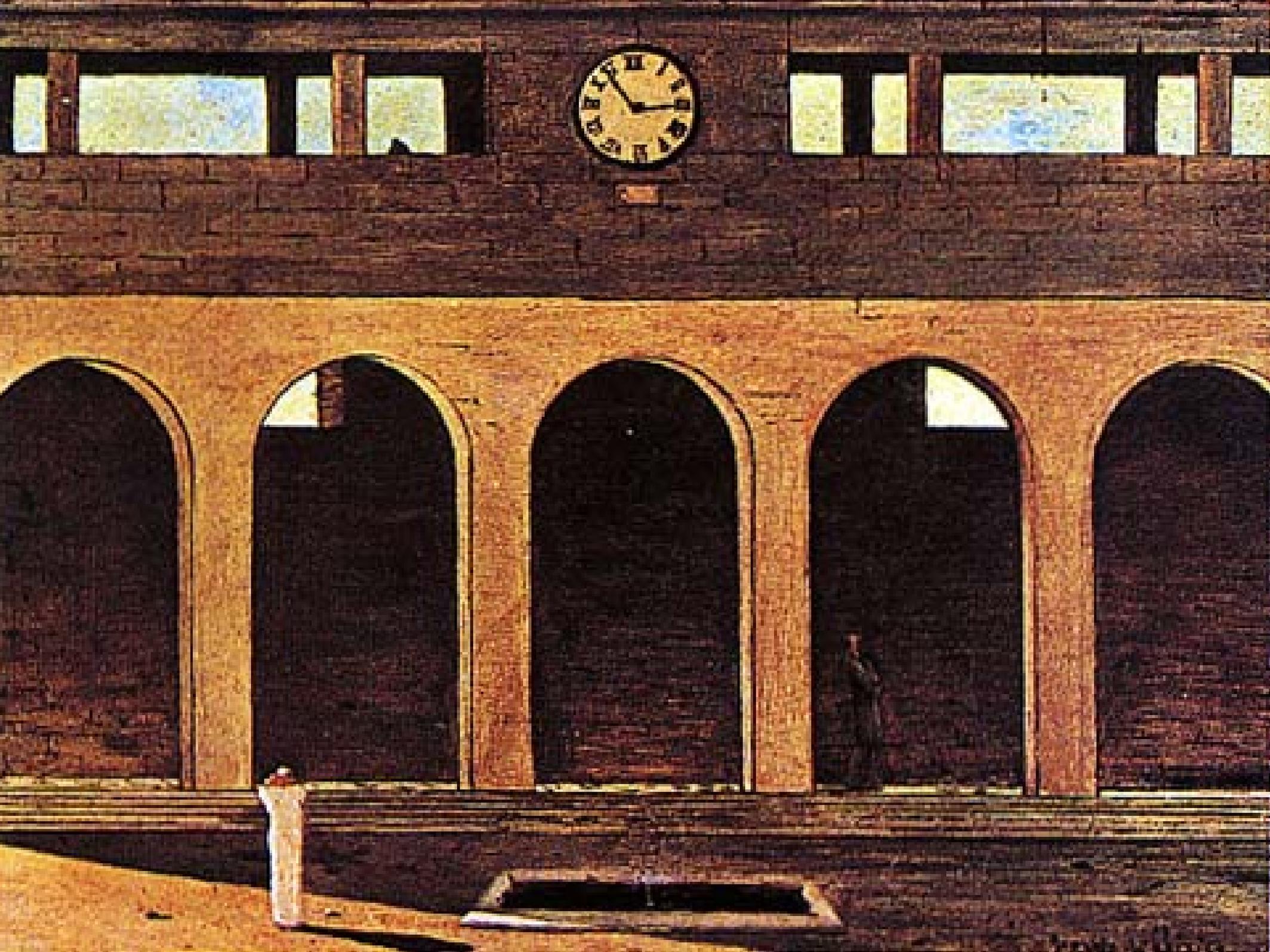


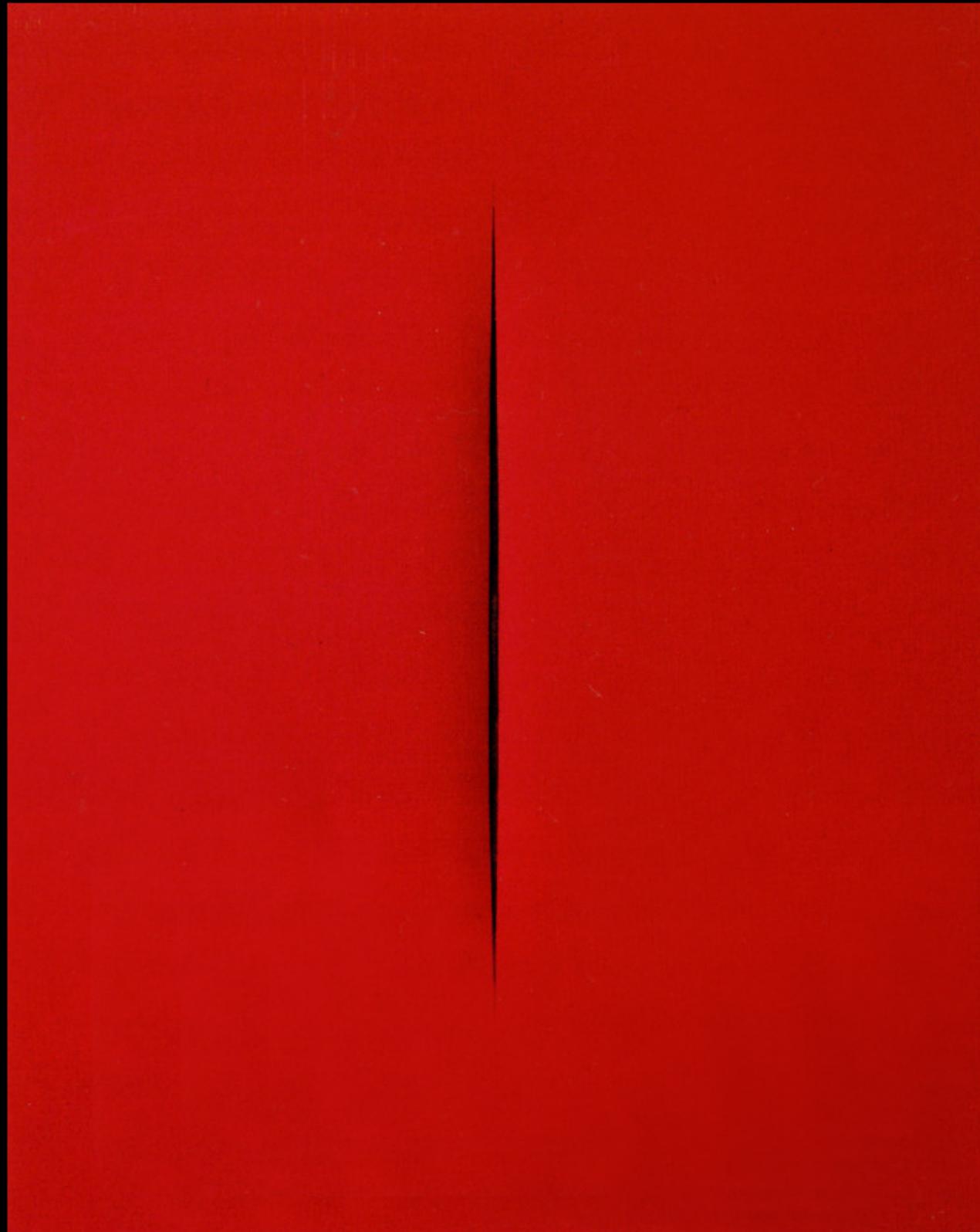
Nella pittura successiva la simmetria è volutamente evitata, ma ci sono eccezioni: le “piazze d'Italia” di De Chirico o anche altri esempi “metafisici”, come *L'enigma dell'ora*.

Troviamo completa simmetria anche in qualcuno dei “tagli” di Fontana, come *L'attesa*.



G. de Chirico





## La simmetria in natura

La simmetria bilaterale è comune in natura: foglie, fiori, e anche animali.

Vediamo alcuni esempi di fiori:

- veronica filiforme (*Veronica filiformis*)
- violetta a due fiori (*Viola biflora*)
- vesparia (*Ophrys apifera*)





© - josef hlasek  
www.hlasek.com  
Viola biflora ab3707



© - josef hlasek  
[www.hlasek.com](http://www.hlasek.com)  
*Ophrys apifera* 4869

Ma ci sono anche (frequenti) simmetrie più ricche:

- il giglio di S. Antonio (*Lilium candidum*) ha simmetria ternaria
- la rosa di Natale (*Helleborus niger*) ha simmetria quinaria.

Si noti che di regola la simmetria non è esatta (giglio).

E ci sono anche delle eccezioni, senza piani di simmetria, come la pervinca (*Vinca minor*).





© 2004 Diana Lavarini



## **Simmetria negli animali**

La simmetria bilaterale è assai comune, nei mammiferi come negli insetti, nei pesci...

Anche qui, spesso non è esatta: vediamo le foto di un gatto e di tre cagnolini.





Ma noi siamo abituati a “fare astrazione”: per es. a giudicare la forma del corpo dimenticando il pelo.

Molti animali però non sono simmetrici.

Due esempi: il narvalo e la sogliola.



In realtà la sogliola giovane è un comune pesce simmetrico, che in fase adulta si adatta a vivere sul fondo sabbioso.

Allora i due lati cambiano colore, e l'occhio sinistro migra sul lato destro del corpo.



Più interessanti le chioccioline: vediamo due immagini, poi confrontiamole.







Si vede che una ha l'accrescimento *orario* (destra), l'altra *antiorario* (sinistra).

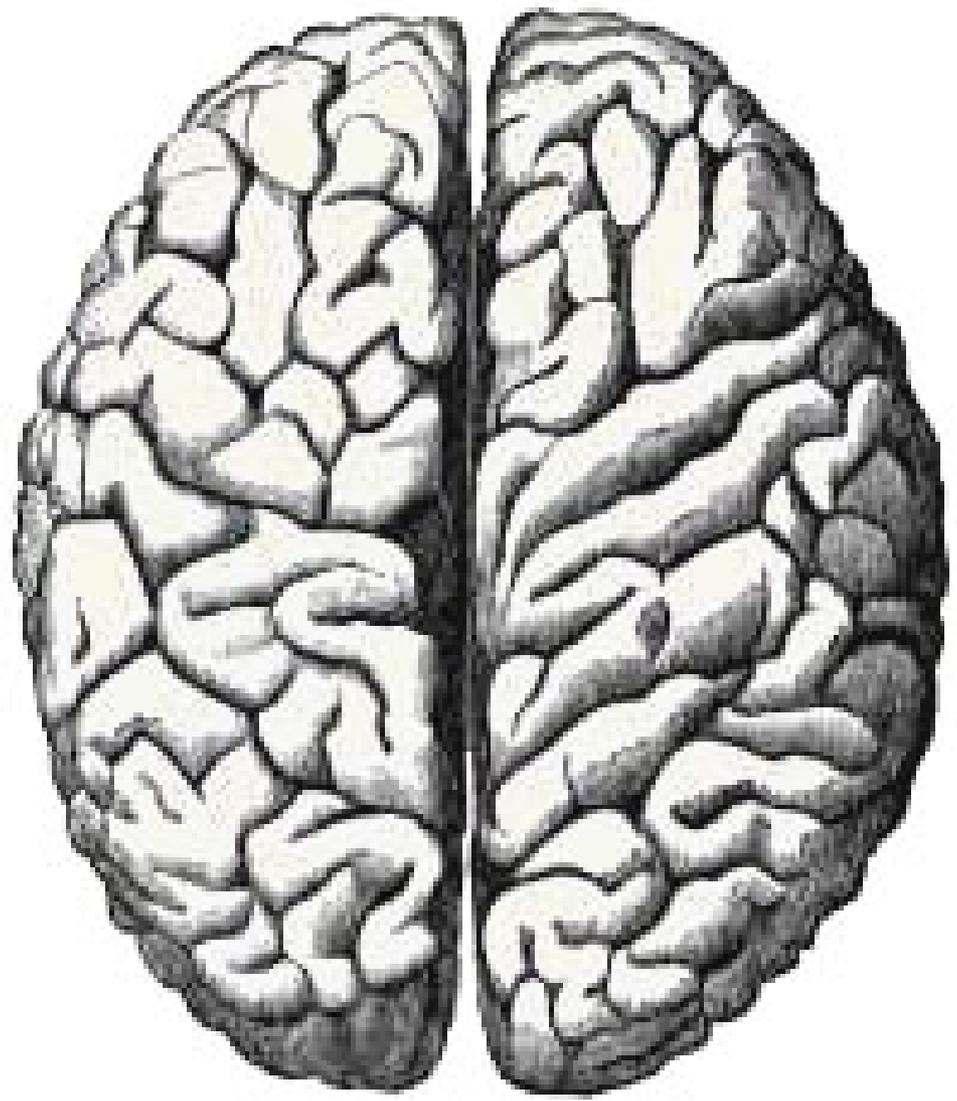
Il 90% dei gasteropodi sono destri.

Anche il corpo umano, come quello della maggior parte dei mammiferi, è esteriormente simmetrico.

Sebbene la simmetria non sia mai esatta: ciascuno di noi ha un piede leggermente più grande (di solito il destro) e piccole differenze anche nel viso e in altre parti.

Invece all'interno *non c'è alcuna simmetria*: abbiamo due polmoni, ma sono differenti; abbiamo un cuore che non sta al centro; uno stomaco asimmetrico, ecc.

Anche i due emisferi cerebrali sono nettamente diversi tra loro.



## **Simmetria degli oggetti di uso comune**

Molti oggetti di uso comune sono simmetrici, *ma non tutti*.

Un esempio: le forbici.

Infatti usare le forbici con la sinistra è scomodo.



Altri esempi di oggetti non simmetrici: cavatappi, chiavi, rubinetti, maniglie (che però esistono nelle due versioni).







Per il discorso che segue è importante l'*orologio*.

Dal movimento delle lancette ha preso il nome il verso *orario* (e quello *antiorario*).



## Simmetria come trasformazione

Ci sono oggetti di uso comune che si presentano come paia: le scarpe, i guanti...

In ogni paio c'è l'oggetto *destro* e quello *sinistro*.

Ciascuno dei due oggetti non è simmetrico in sé, ma è “il simmetrico” dell'altro.

Ossia esiste una *trasformazione di simmetria* che manda uno nell'altro.

Spesso si chiama simmetria *speculare*, perché il modo più semplice di realizzarla è guardare l'oggetto *in uno specchio*: il destro diventa sinistro, e viceversa.

Vediamo la foto di un paio di guanti.

Anche la foto successiva sembra lo stesso paio, ma invece c'è un trucco...





La seconda è un montaggio, in cui accanto al guanto sinistro è stata aggiunta la sua immagine speculare, costruita dal computer.

Lo si può vedere da alcuni particolari, soprattutto dalle etichette.

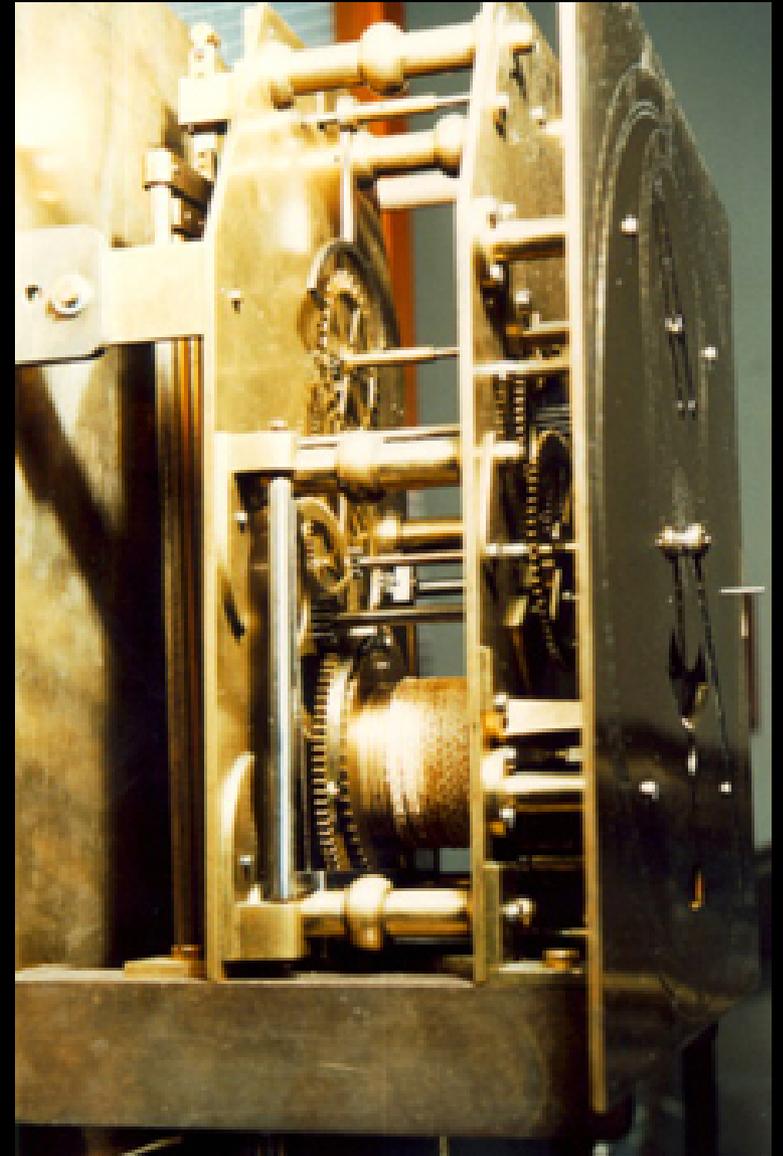
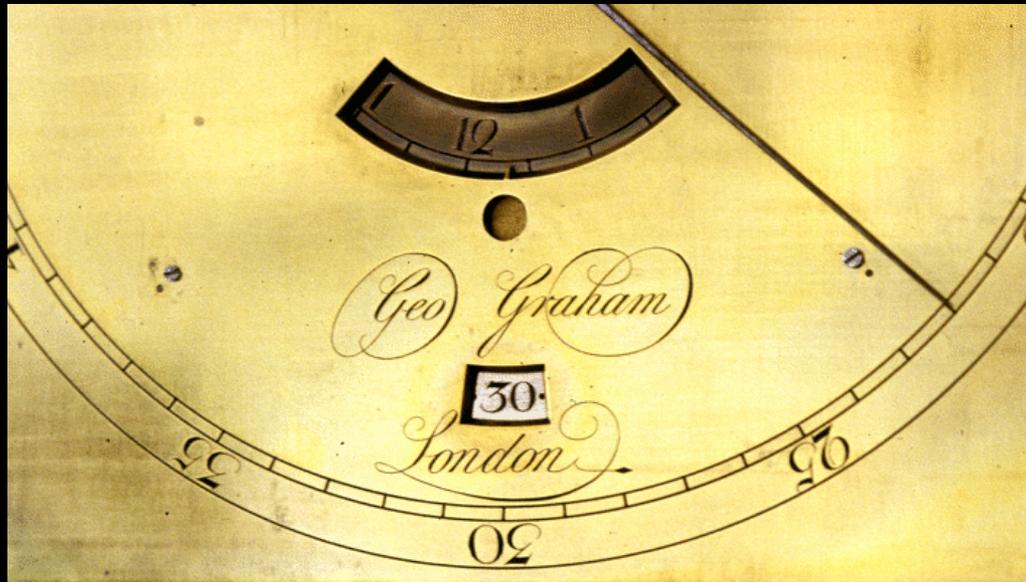


## **Simmetria e leggi fisiche**

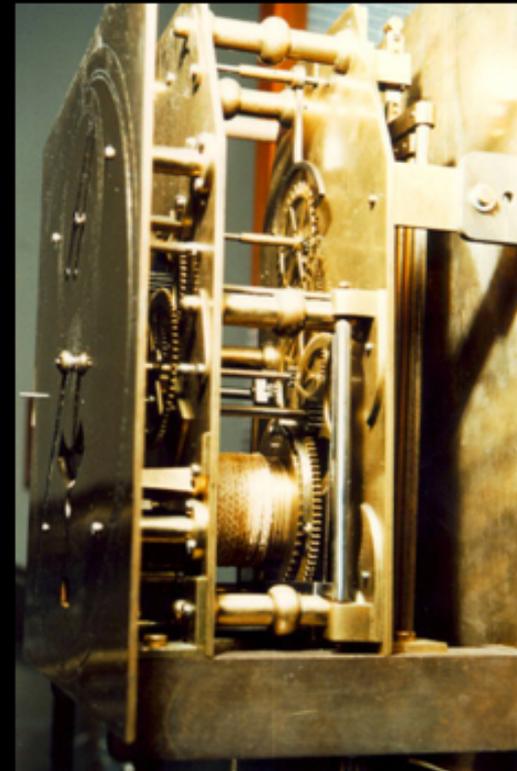
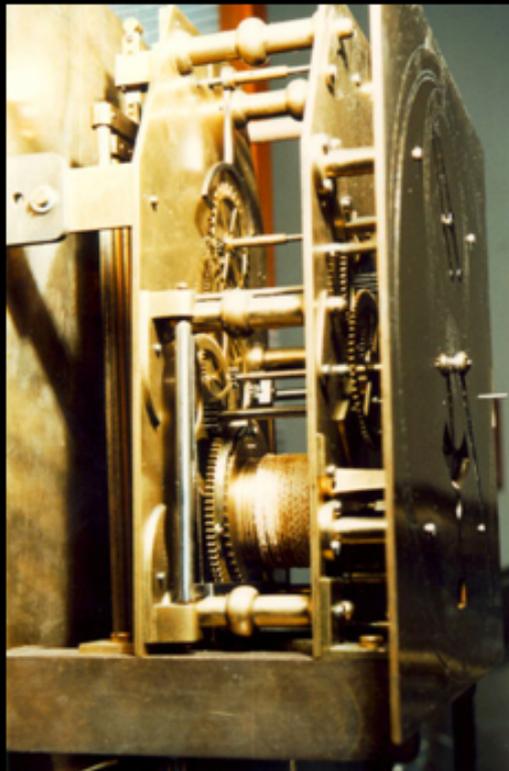
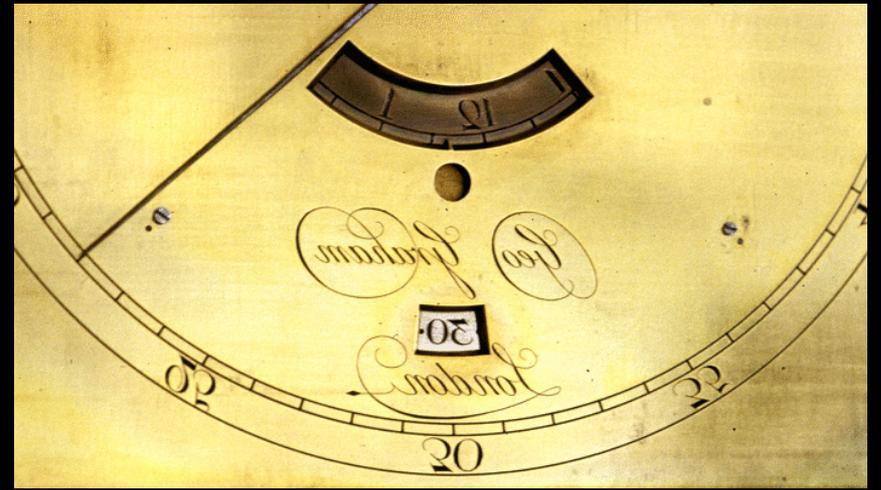
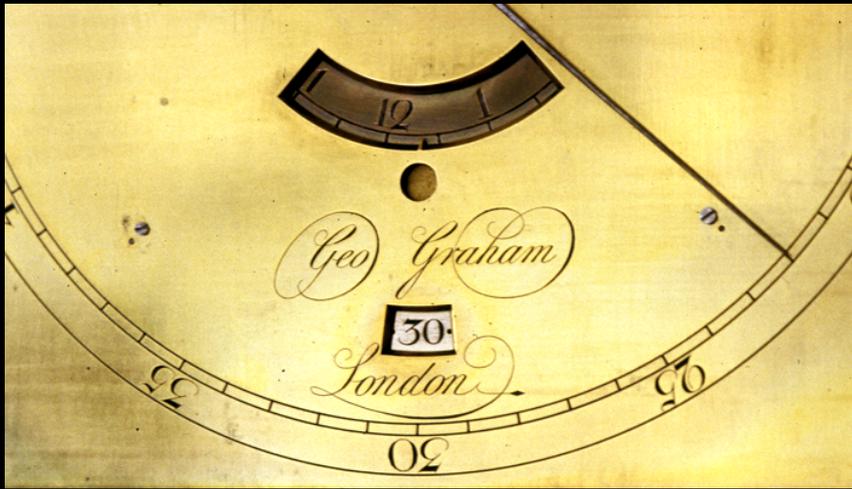
Riprendiamo in esame l'orologio a pendolo.

Le foto che seguono mostrano due pendoli storici, costruiti quasi tre secoli or sono da un famoso fabbricante inglese di strumenti scientifici, George Graham, per la Specola astronomica dell'Università di Pisa.





Immaginiamo ora che un orologiaio matto decida di costruire, insieme a uno dei pendoli che abbiamo visto, un secondo pendolo, in tutto e per tutto speculare del primo: incluse le scritte sul quadrante.



Se l'orologiaio mette in funzione i due pendoli, come si muoveranno?

La fisica ci dice che *due pendoli speculari si muovono insieme.*

Nel gergo dei fisici, diciamo che

**le leggi della meccanica non distinguono la destra dalla sinistra.**

Questo per un orologio, che è un congegno meccanico.

Ma che possiamo dire degli apparati elettrici ed elettronici?

Si potrebbe fare la stessa cosa con un computer o un TV: costruire un apparecchio *speculare*.

Sarebbe sgradevole vedere tutte le immagini rovesciate, e leggere le scritte all'incontrario; ma *tutto funzionerebbe perfettamente*.

Anche l'elettromagnetismo e la fisica dei solidi  
non distinguono la destra dalla sinistra.

Possiamo dire dunque che *tutte le leggi fisiche non distinguono la destra dalla sinistra?*

## Un risultato inatteso

Nel 1956 due fisici cino-americani, Tsung-Dao Lee e Chen Ning Yang, ragionavano sulle strane proprietà delle nuove particelle (non a caso dette “particelle strane”) che si andavano scoprendo in quegli anni.

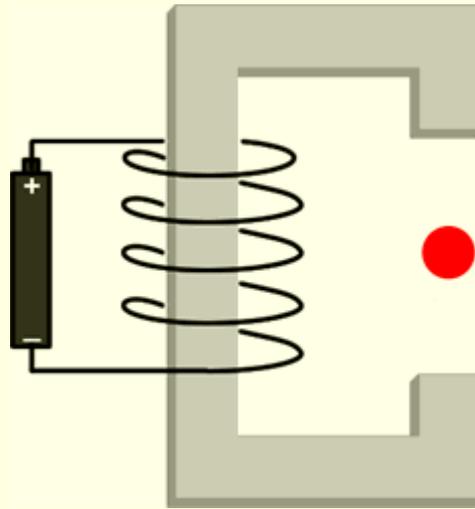
Per spiegare alcune di quelle proprietà avanzarono l’ipotesi che un particolare tipo d’interazione fra particelle, la cosiddetta *interazione debole*, non seguisse la regola fino allora trovata valida in tutti i fenomeni fisici.

Tra le altre cose, l’interazione debole determina il decadimento  $\beta$  di certi nuclei radioattivi, in cui viene emesso un elettrone (oltre a un antineutrino).

Lee e Yang proposero un esperimento cruciale che doveva impiegare il cobalto 60, un esempio di nucleo radioattivo  $\beta$ .

## L'esperimento di Madam Wu

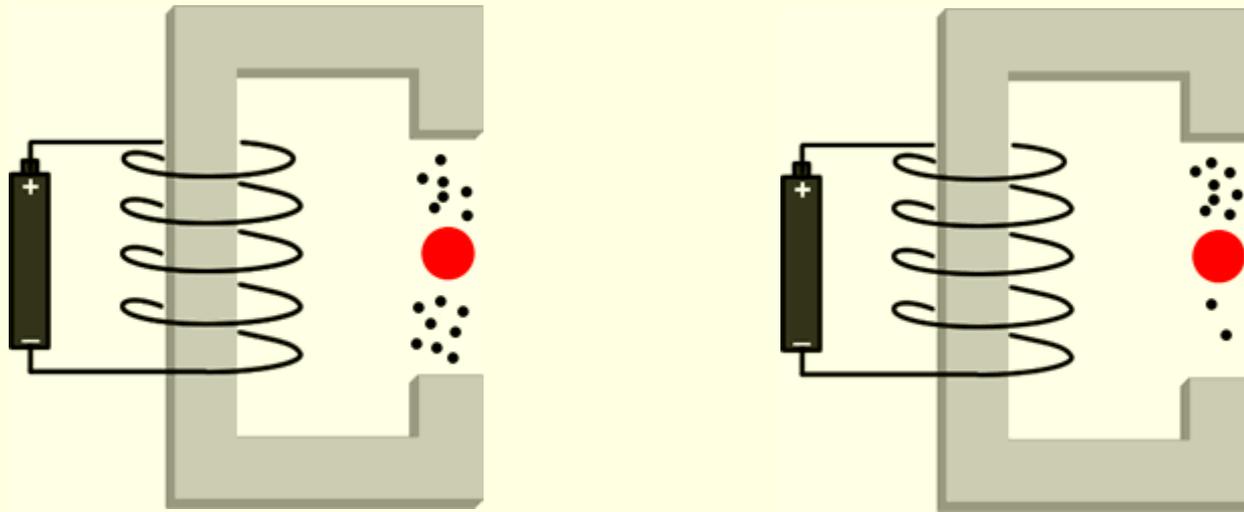
L'esperimento fu condotto da un gruppo diretto da Chien-Shung Wu, ed è di descrizione assai semplice.



Dei nuclei di Co-60 (pallino rosso) sono immersi in un campo magnetico, che allinea i nuclei: questi sono come dei microscopici magneti.

Ci chiediamo: come si distribuiranno gli elettroni del decadimento?

Può darsi che si distribuiscano come nella figura di sinistra, ossia in ugual numero in alto e in basso, oppure come nella figura di destra: più in alto che in basso.



Nel primo caso il campo magnetico, che orienta i nuclei di Co-60, non ha effetto sulla distribuzione degli elettroni.

Nel secondo caso invece l'emissione degli elettroni è influenzata dalla presenza del campo.

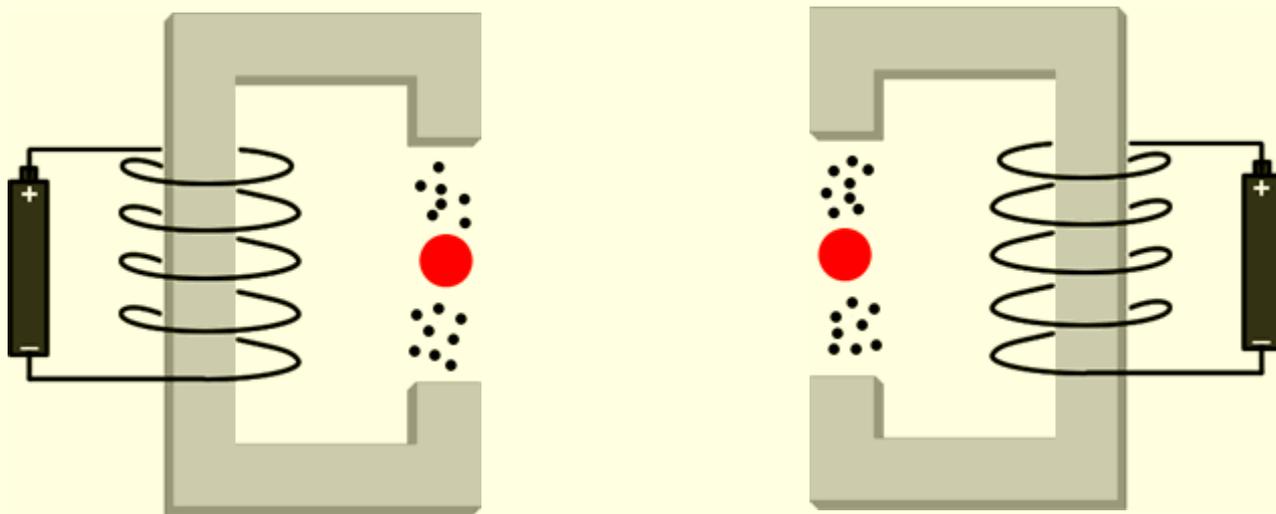
A quel tempo nessuno sapeva che cosa fanno gli elettroni: per saperlo ci voleva l'esperimento.

Ma prima di dire che cosa mostrò l'esperimento di Madam Wu, vediamo che cosa dobbiamo aspettarci se supponiamo che anche le interazioni deboli rispettino la simmetria destra-sinistra.

Esaminiamo le due possibilità:

- 1) gli elettroni si distribuiscono come nella figura di sinistra, ossia in ugual numero in alto e in basso
- 2) si distribuiscono come nella figura di destra: più in alto che in basso.

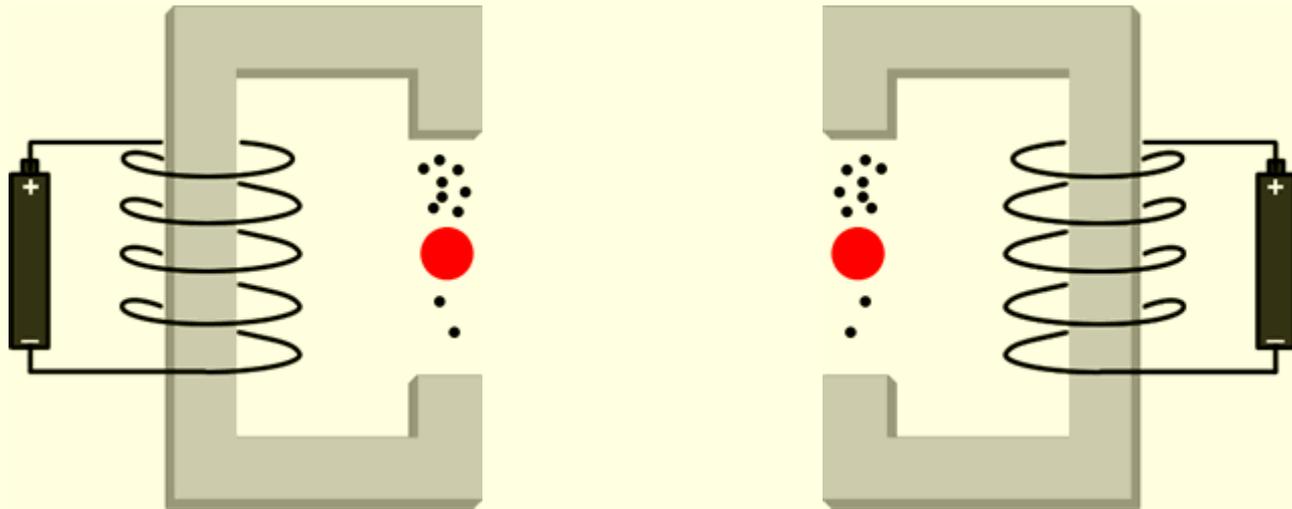
Nel primo caso, guardando nello specchio la figura di sinistra qui sotto, otterremmo quella a destra, che è perfettamente ragionevole.



E' vero che si è invertito il verso della corrente, e quindi il campo magnetico. Ma visto che il campo non influenza la distribuzione degli elettroni, non c'è niente di strano se la distribuzione degli elettroni resta la stessa.

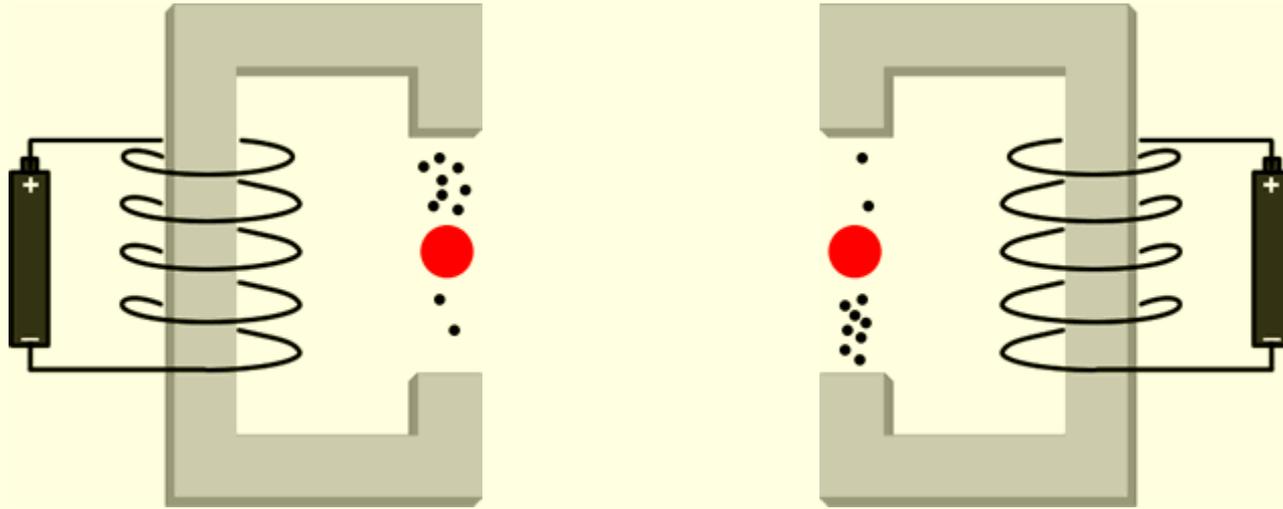
Questo risultato appare dunque *in accordo* con la simmetria destra-sinistra.

Nel secondo caso, guardando nello specchio la figura di sinistra, otterremo quella a destra



Ma se il campo magnetico influisce sulla distribuzione degli elettroni, quando il campo viene invertito anche la distribuzione degli elettroni dovrebbe invertirsi.

Dovremmo dunque avere la situazione che si vede qui sotto, e che è *incompatibile* con la simmetria destra-sinistra.



L'esperimento di Wu dimostrò che è proprio questo che succede: la distribuzione degli elettroni **non è simmetrica!**

Le reazioni tra i fisici (specialmente teorici) furono molto forti: nessuno si aspettava un simile risultato.

Feynman aveva scommesso 50 dollari, e perse la scommessa.

Da Zurigo, W. Pauli scrisse a V. Weisskopf, che si trovava allo MIT: “Passato il primo shock, comincio a riprendermi, ma l’effetto è stato davvero tremendo.”

Alla conferenza stampa all’università di Columbia (NY) I. Rabi disse: “Una struttura teorica sostanzialmente completa è stata frantumata alla base, e non sappiamo come riusciremo a rimettere insieme i pezzi.”

Nel 1957 a Lee e Yang fu assegnato il premio Nobel, per aver pensato una possibilità che sembrava assurda a tanti fisici eminenti, e che l'esperimento aveva rivelato corrispondere alla realtà.

Il file pdf sarà disponibile a giorni in

<http://www.df.unipi.it/~fabri/sagredo/varie/simmetria1-short.pdf>