







## Waldo

I waldi più piccoli che aveva usato sino ad allora avevano un'estensione palmare di un centimetro circa, ed erano forniti di microonde adatte alle loro dimensioni. Erano troppo grandi per i suoi scopi. Voleva manipolare tessuti nervosi viventi, esaminare l'isolamento e il comportamento in situ.

Usò quei waldi per crearne altri più piccoli.

L'ultimo stadio furono minuscoli boccioli metallici non più larghi di trenta millimetri. Le nervature dei gambi, o avambracci, che fungevano da pseudomuscoli erano quasi invisibili a occhio nudo; d'altronde, Waldo usava sonde ottiche.

- **Robert Heinlein**

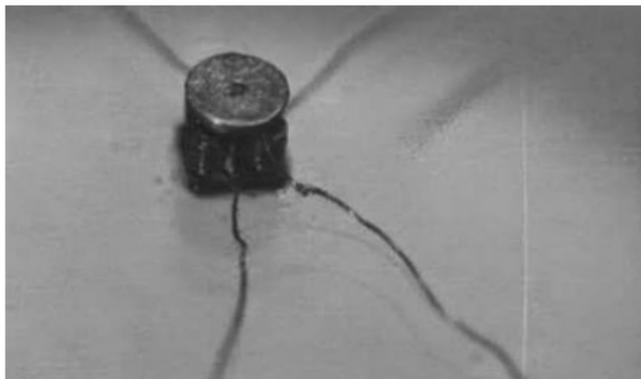
# Waldo

Ora arriva la domanda interessante: come possiamo realizzare dei meccanismi così piccoli? Lo lascio a voi. Comunque, permettetemi di suggerire una strana possibilità. Come sapete, nelle centrali nucleari ci sono materiali e macchine che non possono essere maneggiate direttamente poiché sono diventati radioattivi. Per svitare dadi e avvitare bulloni e così via, hanno una serie di mani principali e servitori, così che operando un insieme di leve qui, si possono controllare le mani lì, e in questo modo si possono girare e così si possono maneggiare le cose piuttosto/abbastanza esattamente/bene.

- **Richard Feynman**

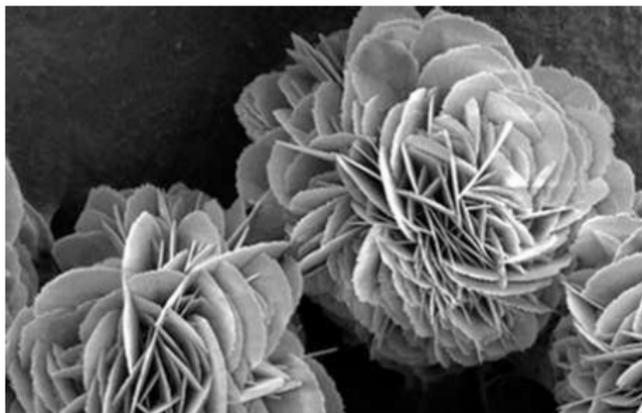


## C'è veramente così tanto spazio lì sotto?



Il primo motore elettrico miniaturizzato era compreso in un quadrato di lato  $0.4 \text{ mm} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

## C'è veramente così tanto spazio lì sotto?



Un nanofiore: ordine di grandezza  $10^{-9}m$

# C'è veramente così tanto spazio lì sotto?

## I limiti della miniaturizzazione

Secondo **Richard Smalley** nella corsa alla miniaturizzazione si arriverà al punto in cui le nano-mani robotiche sarebbero troppo grandi per operare in uno spazio troppo piccolo per contenere tutte le loro dita. A questo si dovrebbe aggiungere anche un secondo effetto: gli atomi da manipolare resterebbero inevitabilmente appiccicati alle dita delle mani, rendendole quindi troppo... appiccicose



# E gli esseri viventi?

Inconveniente 2

Impossibilità a respirare

# E gli esseri viventi?

## Inconveniente 2

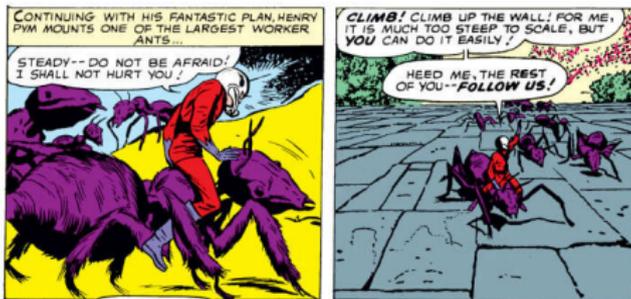
Impossibilità a respirare

## Inconveniente 3

Impossibilità a mettere a fuoco



# Una questione di massa



- quantità di moto:  $p = mv$
- forza:  $F = ma = \frac{\Delta p}{\Delta t}$
- conservazione della quantità di moto

# In volo verso il bersaglio

## Modificare le dimensioni

massa iniziale → miniaturizzazione → la massa diminuisce e la velocità aumenta → la massa aumenta, la velocità diminuisce → la forza con cui Ant-Man colpisce l'avversario dipende dal tempo impiegato ad aumentare le sue dimensioni

# In volo verso il bersaglio

## Modificare le dimensioni

massa iniziale  $\rightarrow$  miniaturizzazione  $\rightarrow$  la massa diminuisce e la velocità aumenta  $\rightarrow$  la massa aumenta, la velocità diminuisce  $\rightarrow$  la forza con cui Ant-Man colpisce l'avversario dipende dal tempo impiegato ad aumentare le sue dimensioni

## Lasciare le dimensioni invariate

La forza con cui Ant-Man colpisce il bersaglio dipende dalla velocità acquisita dopo la miniaturizzazione e dalla durata dell'urto contro il bersaglio.

# In volo verso il bersaglio

## Pressione

I danni prodotti dipendono dalla pressione. Questa grandezza fisica è definita come il rapporto tra la forza applicata e la superficie di applicazione, quindi minori sono le dimensioni di Ant-Man e maggiore è la pressione in grado di esercitare sul bersaglio.



## La fisica e la geometria dell'Universo Marvel

Di tutti coloro che hanno utilizzato le particelle Pym, Scott Lang è il primo ad aver scoperto come funzionano realmente.

L'ostinata ricerca di Scott attraverso i miei documenti storici era abbastanza piacevole da guardare. Un sogno a occhi aperti, in effetti. Infastidì Scott il fatto che Giant-Man sembrasse più forte e più duraturo di quanto causato da una semplice crescita.

Allo stesso modo, l'anomalia di Ant-Man che conservava la forza delle dimensioni normali.

Studiando la storia delle particelle Pym, Scott venne colpito dalla risposta:

Le particelle Pym non si muovono solo lungo un asse direzionale per le dimensioni, ma lungo tre assi che governano anche la forza e la duratura. Asse  $x$ ,  $y$ ,  $z$ .

# La fisica e la geometria dell'Universo Marvel

Perché Ultron non ha dato a Visione il potere delle particelle Pym?

In verità, l'edipico e complessato robot ci ha provato.

Invece, Visione ha acquisito il controllo della densità che ha aumentato la sua forza e durata.

Il cervello di Wonder Man era adattato per utilizzare non l'asse  $x$  del cambiamento di dimensioni, ma gli assi  $y$  della forza  $z$  della durata, e questo perché il barone Zemo aveva creato Wonder Man utilizzando aveva utilizzato particelle Pym ionizzate.

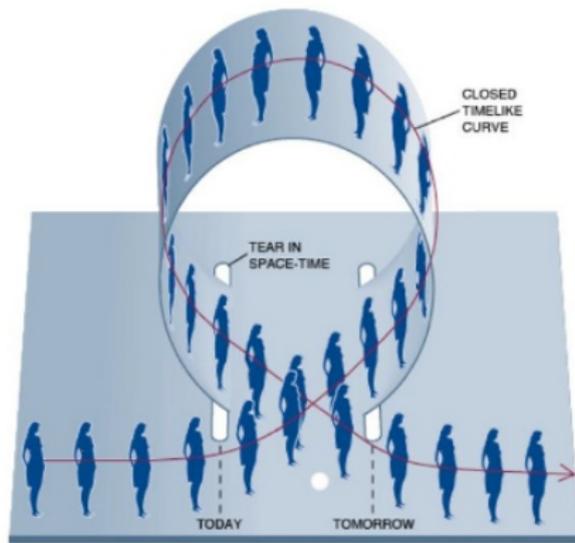
Più tardi Power Man combinò la forza ionica con le particelle Pym per diventare un super-Golia, una combinazione che irretiva senza soluzione di continuità a causa del suo scopo.

# L'universo ruotante di Godel



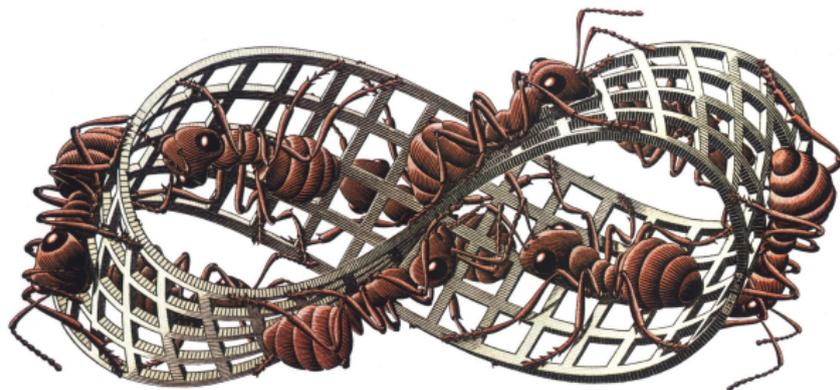
**Albert Einstein e Kurt Gödel**

# Il mondo quantico



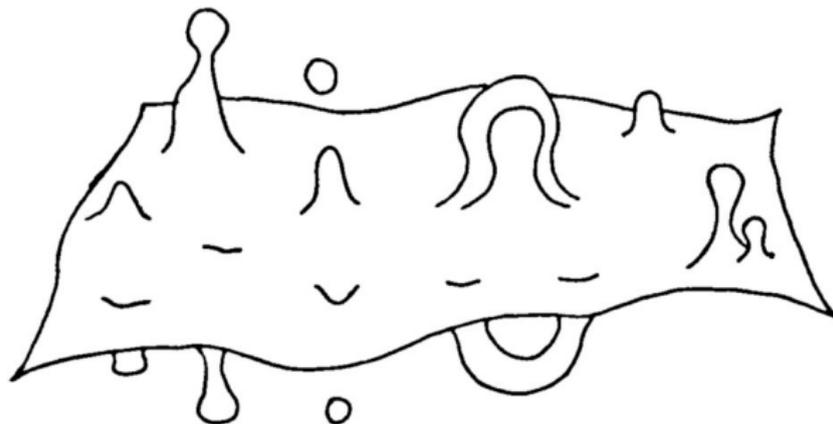
*Loop* temporale (tecnicamente curva chiusa di tipo tempo) illustrato da **Dmitry Schidlovsky**

# Una striscia non orientabile



Scoperta nel 1858 da **August Ferdinand Mobius** e **Johann Benedict Listing**

# Lo spaziotempo quantistico



Proposta da **John Wheeler**

