Presentazione

Metalli a memoria di forma - Il Nitinolo e le sue transizioni di fase

Transizioni di fase

Dilatazione termica nei metalli

Resistenza elettrica

Inquiry based science

Struttura atomica cristalli

Nanoscienze nanotecnologie

Smart materials

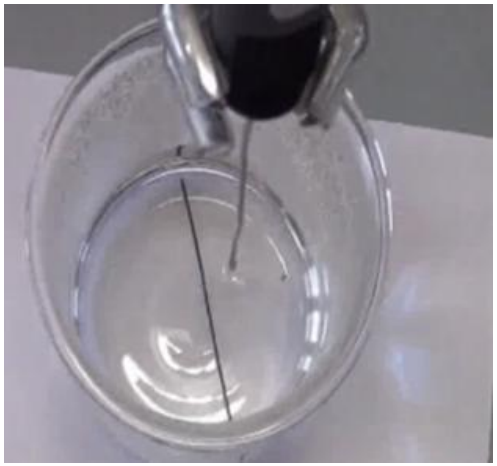
Smart Materials

- Nel campo delle nanoscienze, occupano un posto speciale i cosidetti **"materiali intelligenti"**.

- La loro **struttura o composizione** è stata progettata o **volutamente modificata**

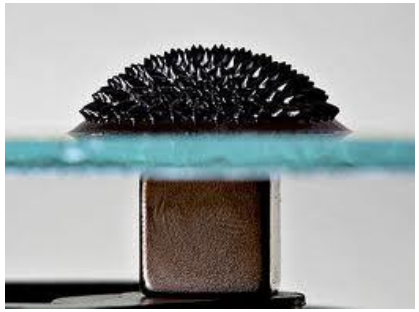
  in modo da dotarli di **proprietà** che possano essere **cambiate in modo controllato** tramite stimoli esterni e per scopi specifici.

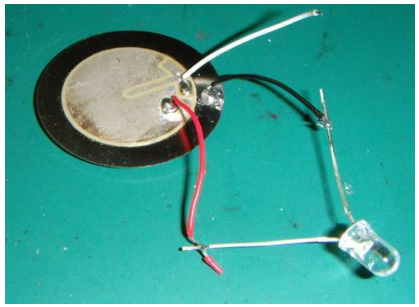
- Tra di essi i **metalli a memoria di forma** sono molto importanti per le loro possibili applicazioni.



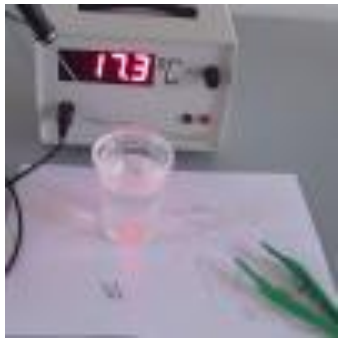
Smart Materials - Esempi

- Metalli e polimeri a memoria di forma
- Ferrofluidi
- Piezoelettrici
- Polimeri pH-sensitive
- Magnetostrittivi
- Halocromici
- Fotocromici
- Fotomeccanici
- Magnetoresistivi
- Materiali autoriparanti
- Termoelettrici
- …





Immagini wikipedia

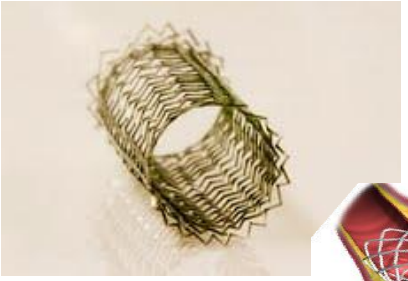


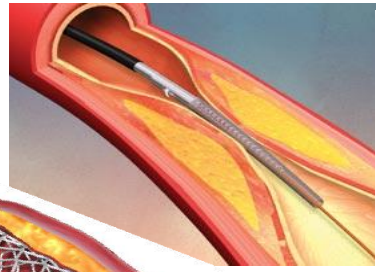
Memoria di forma: dimostrazione

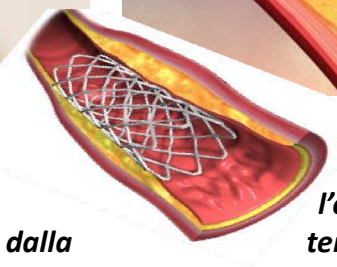
- Attivata da un mutamento della **temperatura** (riscaldamento)
- La transizione non è isoterma ma c'è un **intervallo di transizione**
- Possibilità di **rieducare la memoria**
- Apparente **contrazione in riscaldamento**

Come posso individuare la temperatura di attivazione?

Applicazioni







Lo stent è introdotto all'interno dei vasi che rischiano l'occlusione . Qui si espande attivato dalla temperatura corporea. *(A sin. immagine di Joe Muskin , Illinois University of Urbana Champaign).*

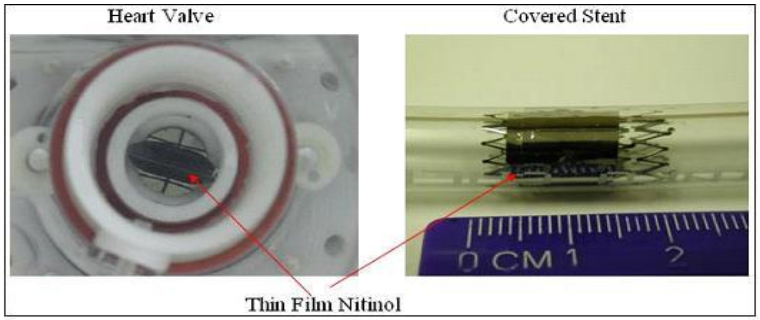
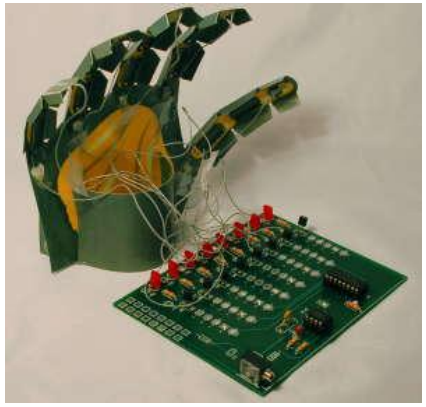


Foto di alcune applicazioni del film di nitinolo progettate e realizzate alla UCLA (Los Angeles, CA, USA): valvola cardiaca (sin) e uno stent ricoperto dal film di Nitinolo (destra) *Per gentile concessione di Center for Advanced Surgical and Interventional Technology (CASIT) www.casit.ucla.edu*

Impiego in ortodonzia

Impiego in robotica come muscoli artificiali.

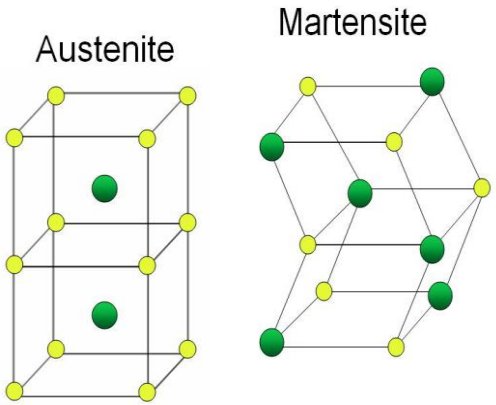


Il Nitinolo

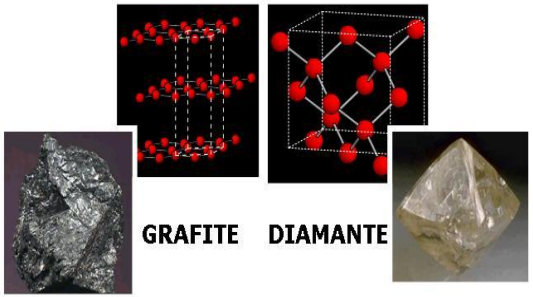
- Il NiTinolo ha **2 strutture cristalline: Austenite** e **Martensite.**
  La maggior parte dei solidi ne ha 1 sola.

- Il passaggio da una struttura all'altra è una **transizione di fase allo stato solido**

- Strutture cristalline diverse = **proprietà macroscopiche** molto **diverse** (es. diamante /grafite)
  - Lucentezza, colore
  - Trasmissione del suono (Audacity free software)
  - Resistenza elettrica
  - Flessibilita', deformabilita'
  - Dimensioni, Volume assoluto

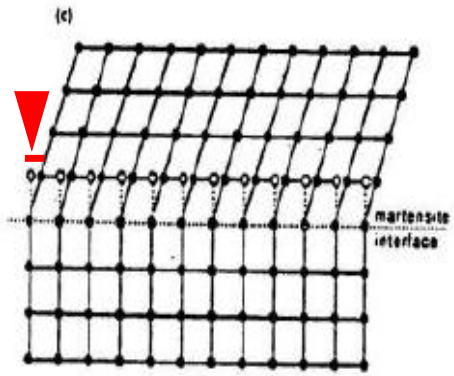


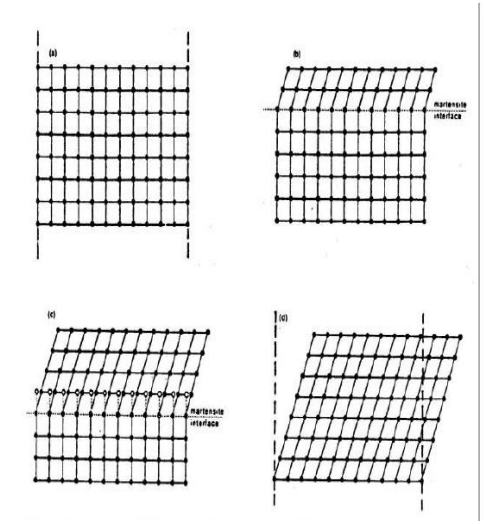
Disposizione degli atomi di Ni e Ti nelle due fasi. Qui la fase martensitica è rappresentata nella configurazione "twinned". Per gentile concessione ~~d~~ di MRSEC-IEG



Grafite e diamante Per gentile concessione di GeoLab e Ludoteca Scientifica http://www.ludotecascientifica.it/

La transizione Austenite/Martensite del Nitinolo



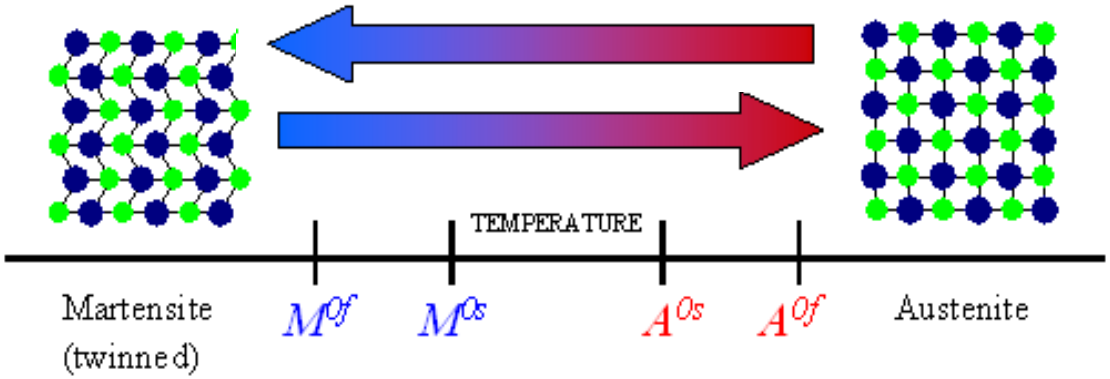


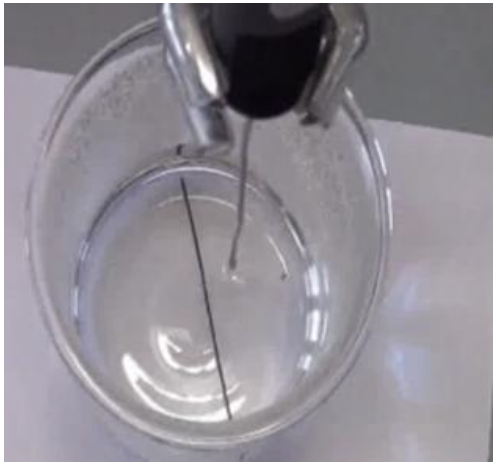
.Minimi spostamenti coordinati collettivi non diffusivi nella transizione da Austenite a Martensite.

Il reticolo cristallino si modifica se sottoposto a piccoli **cambiamenti di temperatura** e/o **sforzo meccanico**. La transizione di fase è

- Immediata, **non isoterma**
- **Non diffusiva**: movimento cooperativo degli atomi

La transizione indotta da sola variazione di temperatura





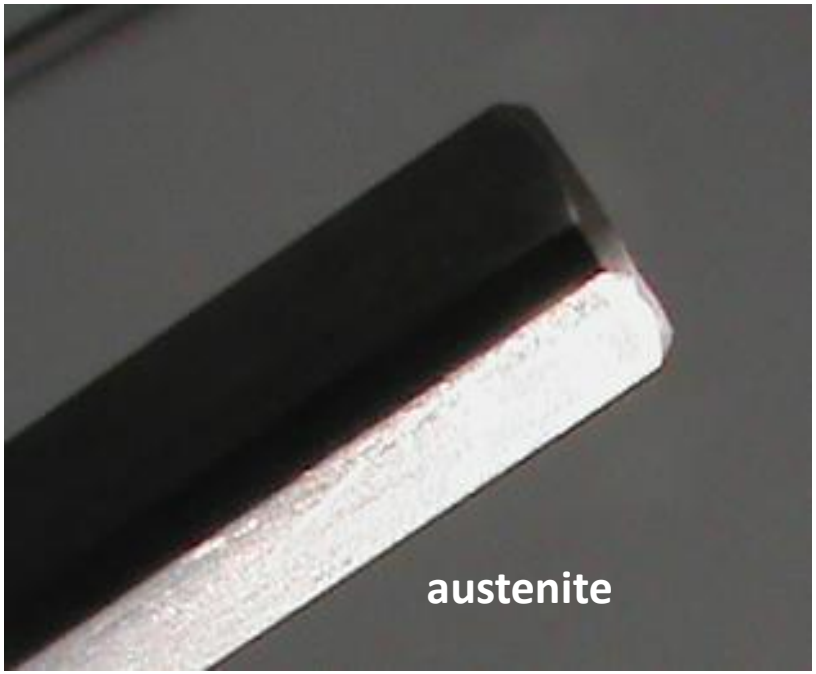
FCambiamento di fase indotto dalla sola variazione di temperatura: Austenite- Martensite non deformata. Sono individuati gli intervalli di temperatura dei cambiamenti di fase. Per gentile concessione di Texas A&M University, Department of Aerospace Engineering.
http://smart.tamu.edu/

Link a video

A scala atomica ….

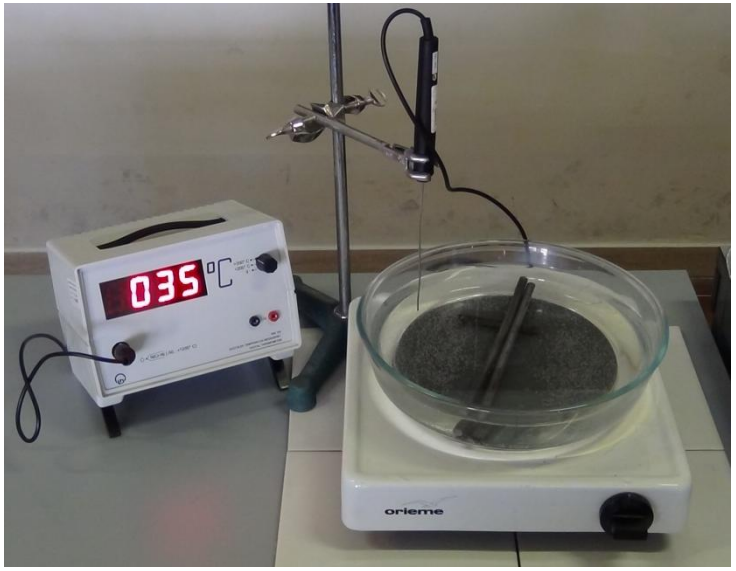
I mutamenti nel reticolo cristallino producono un cambiamento delle proprietà macroscopiche tra cui la **resistività**. la trasmissione acustica , etc.

Viceversa il monitoraggio di tali grandezze permette di **sondare la micro e nano struttura del materiale**



Riflettanza, lucentezza, colore , rugosità ….

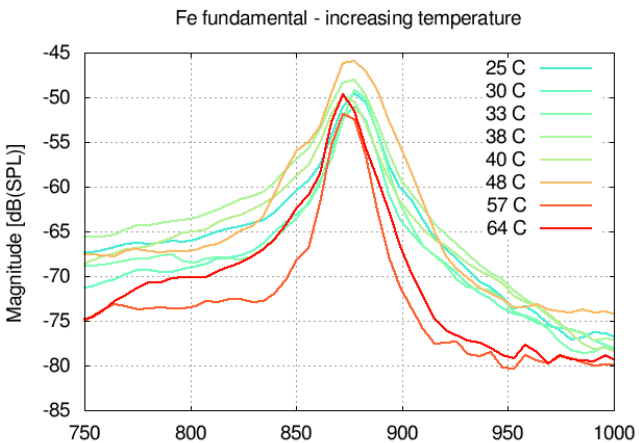
Visibile anche ad occhio nudo

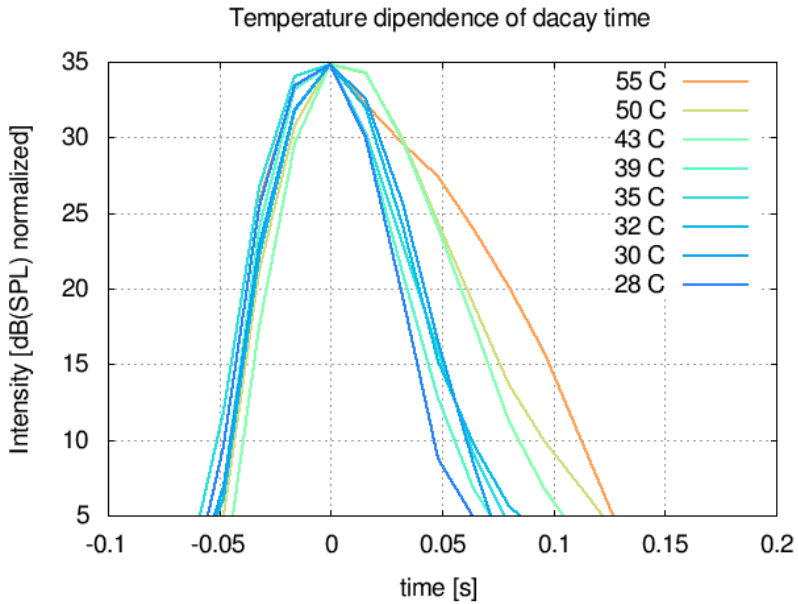


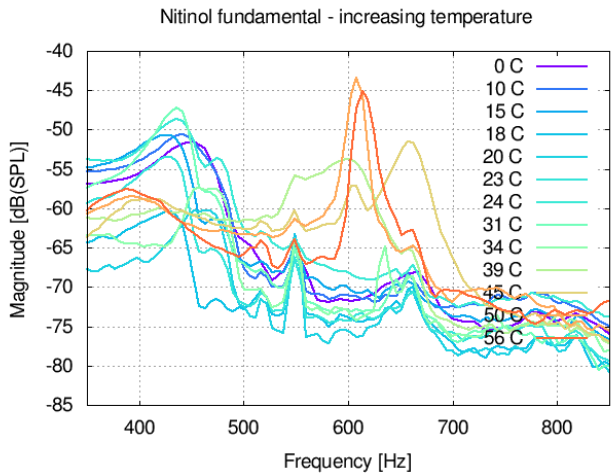
Le proprietà di trasmissione acustica …

44100 Hz

La trasmissione acustica : shift delle frequenze e dumping

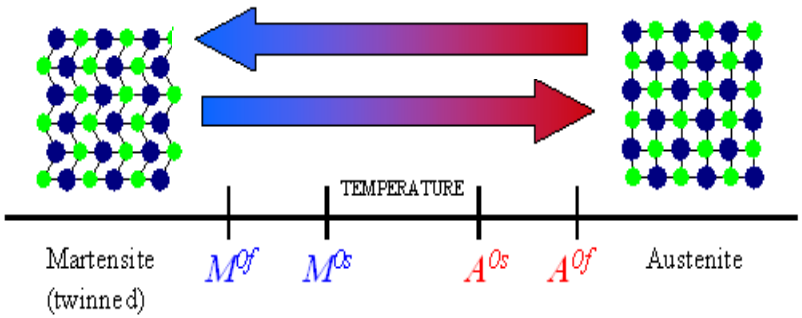




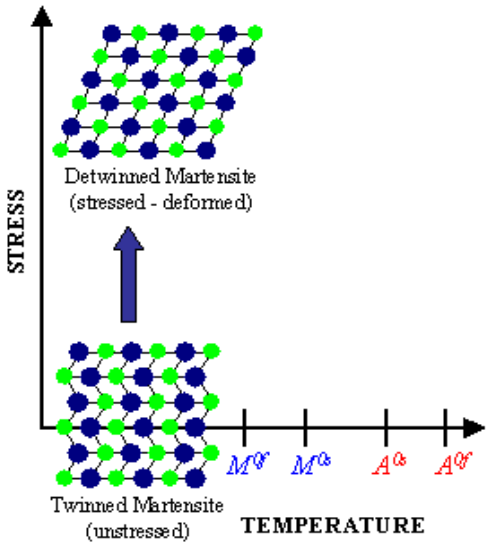


Le pareti di una camera anechoica ricordano un po' i diversi orientamenti dei domini martensitici. Progettate per evitare riflessioni del suono assorbendo tutta l'energia.
FonteWikipedia

Transizioni di fase: temperatura e stress → Effetto Joule + pesi



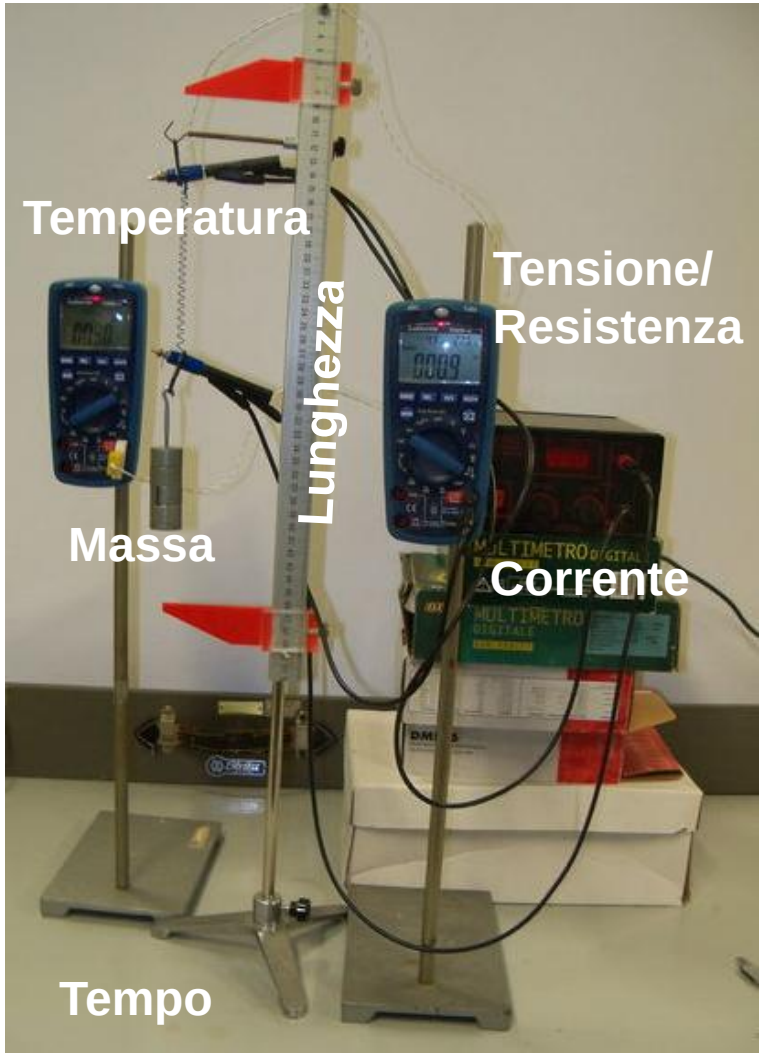
Cambiamento di fase indotto dalla sola variazione di temperatura: Austenite- Martensite non deformata. Sono individuati gli intervalli di temperatura dei cambiamenti di fase. Per gentile concessione di Texas A&M University, Department of Aerospace Engineering. *http://smart.tamu.edu/*

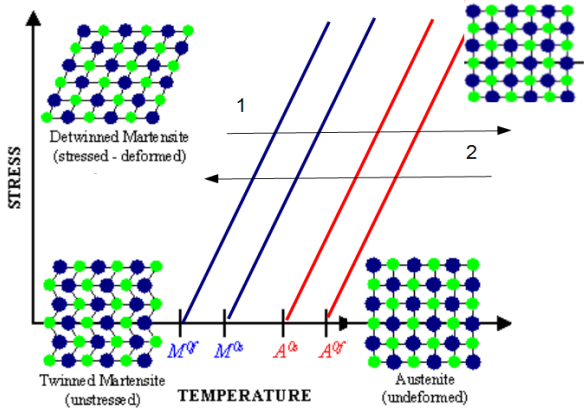


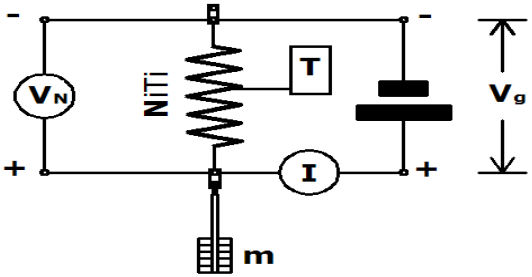
Cambiamento indotto da sforzo meccanico. Per gentile concessione di Texas A&M University, Department of Aerospace Engineering. *http://smart.tamu.edu/*

!

Memory metals - Presentazione







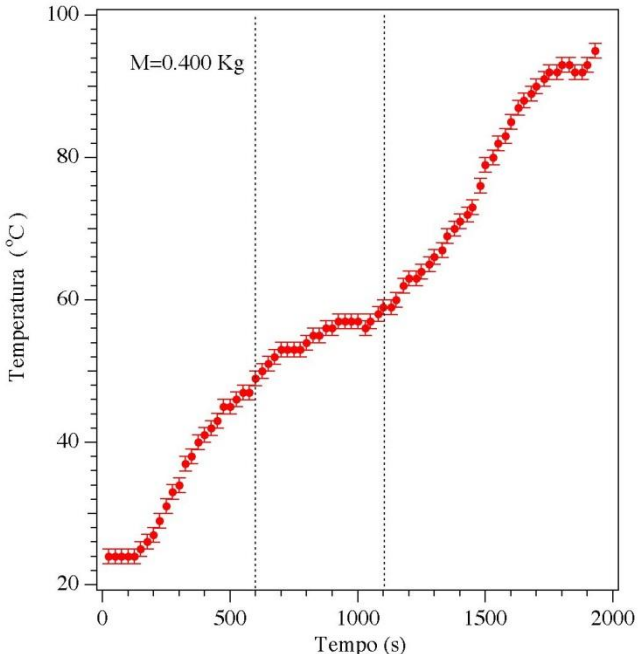
1. Molte variabili da controllare

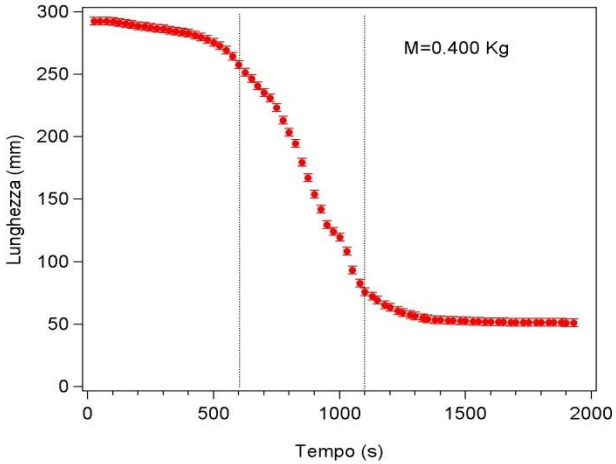
2. Contrazioni rapidissime in fase di riscaldamento

Memory metals - Presentazione

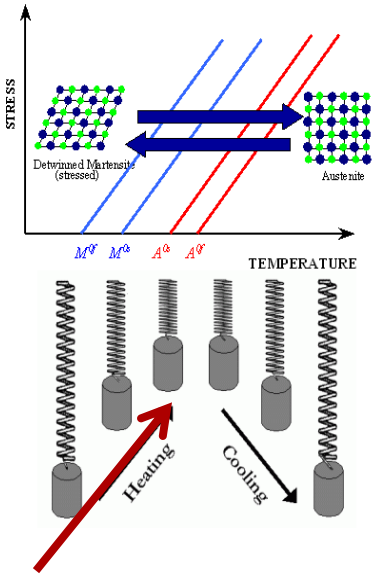
- La molla di nitinolo sottoposto a riscaldamento si contrae.
- Studiare la **lunghezza** della molla al variare della **temperatura** (attraverso la transizione di fase), osservando la curva di **isteresi**. Studiare come essa vari al mutare del carico applicato.
- Studiare il **moto dell'estremità della molla** correlandolo **ai suoi mutamenti strutturali e alle variazioni di resistenza** (avanzato).
- Valutare l'**efficienza** della molla di nitinolo come **attuatore**.

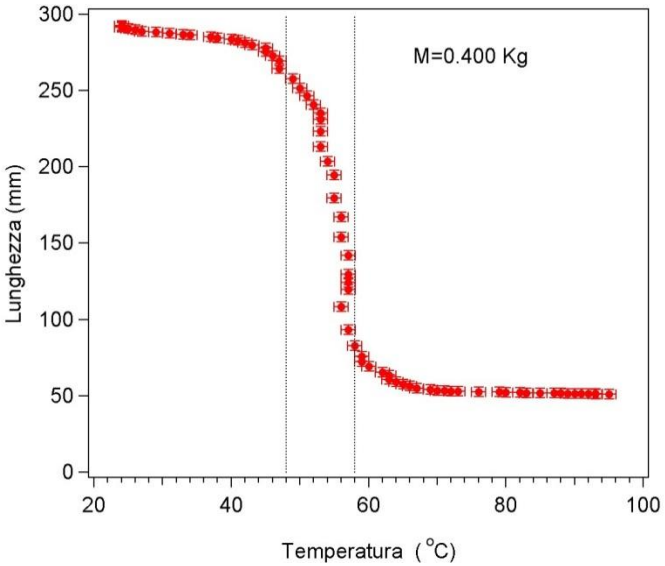
Memory metals - Presentazione





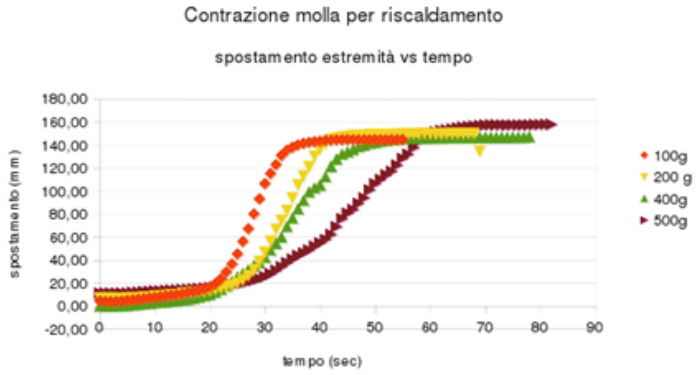
Le grandezze determinanti: lunghezza e temperatura- evoluzione temporale …

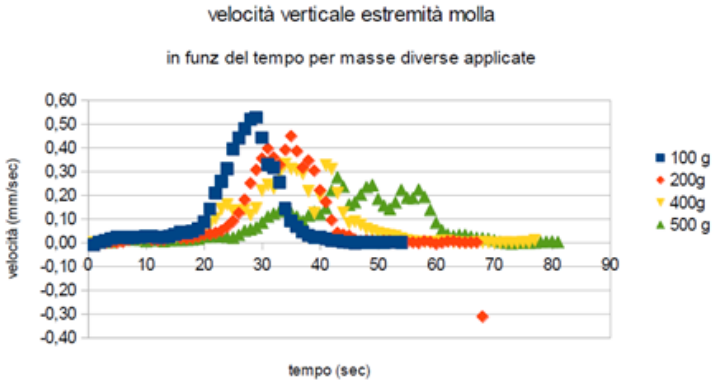




… e relazione reciproca

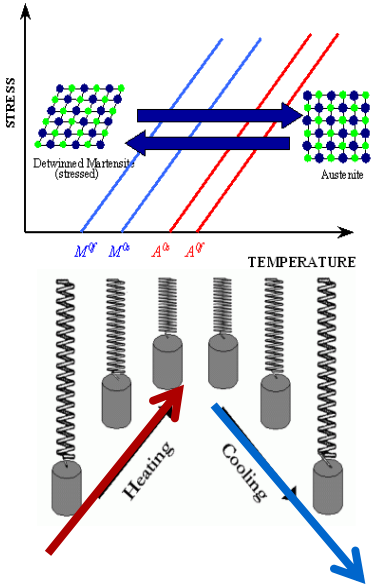
confrontare i grafici della stessa grandezza corrispondenti a masse applicate diverse.



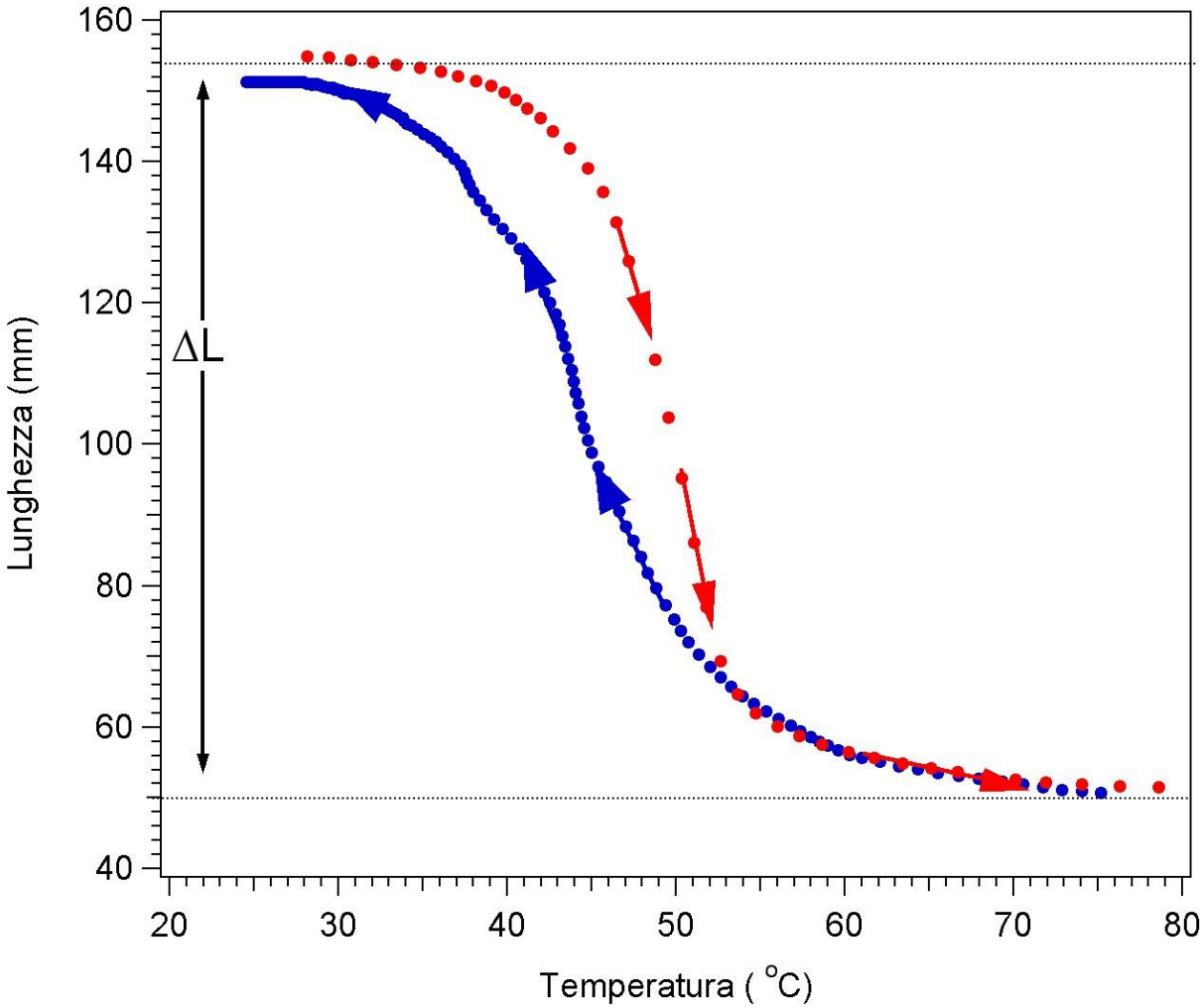


La temperatura di transizione dipende fortemente dallo sforzo meccanico applicato

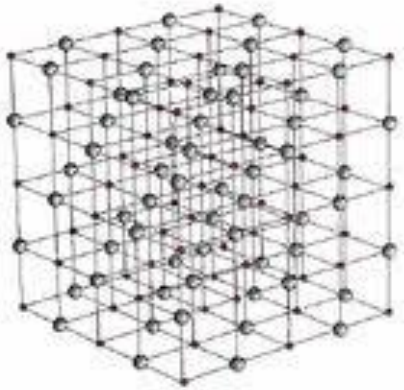
Memory metals - Presentazione



Ciclo completo e **isteresi**



La Resistenza Elettrica nei metalli

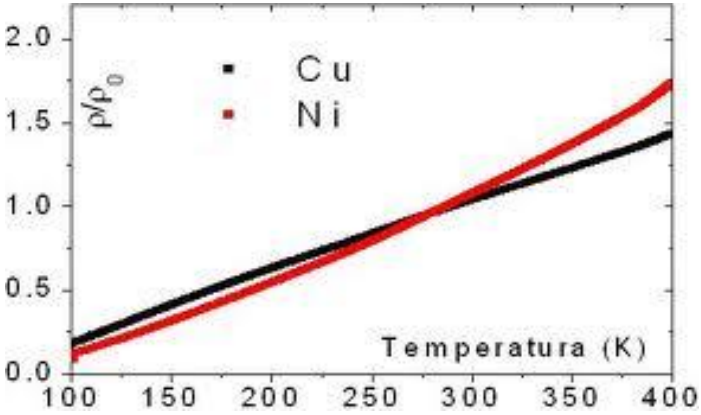


Elettroni di valenza - completamente liberi , costituiscono un **gas ideale di elettroni** (interazione elettrone - elettrone completamente trascurata)

Reticolo - gli ioni, formati dai nuclei atomici e dagli elettroni fortemente vincolati nelle orbite più interne.

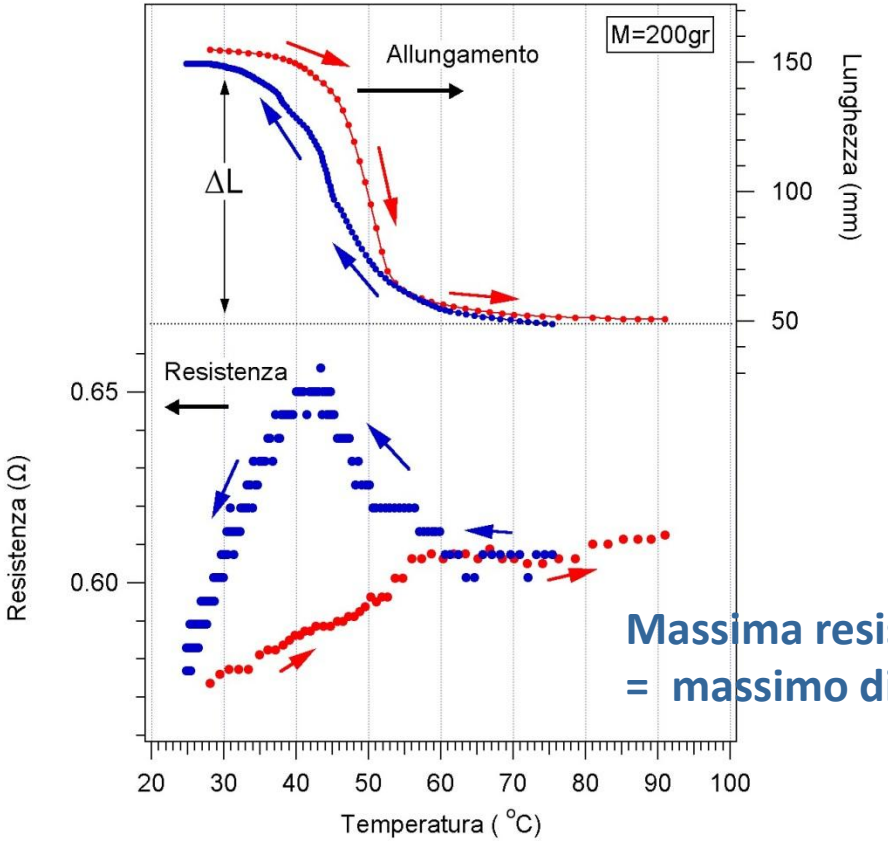
Riscaldando il metallo si intensifica l'oscillazione termica degli ioni attorno alla loro posizione di equilibrio. Ma ciò aumenta l'interazione con il gas di elettroni e la resistenza aumenta.

$$R = R(T_0)(1 + \alpha(T - T_0))$$

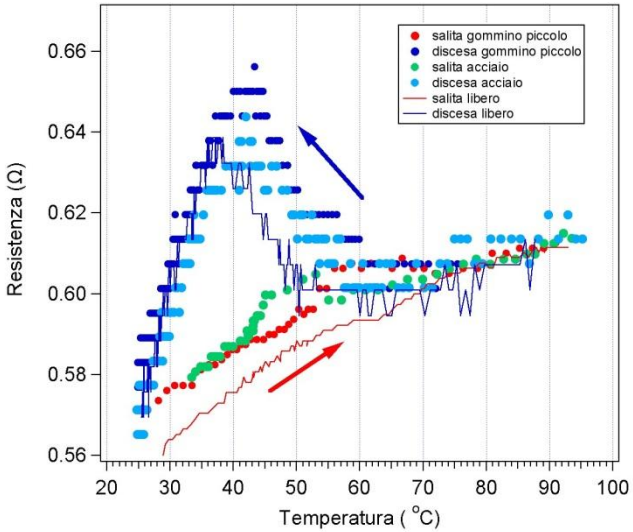


La Resistenza Elettrica nel NiTi

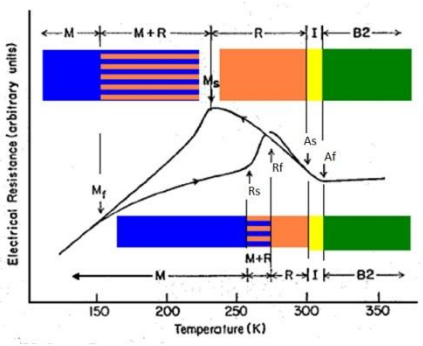
Comportamento diverso rispetto agli usuali metalli. **Non linearità.**



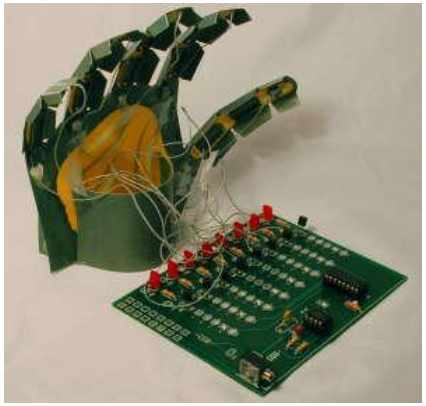
Massima resistenza = massimo disordine



Riproducibilità

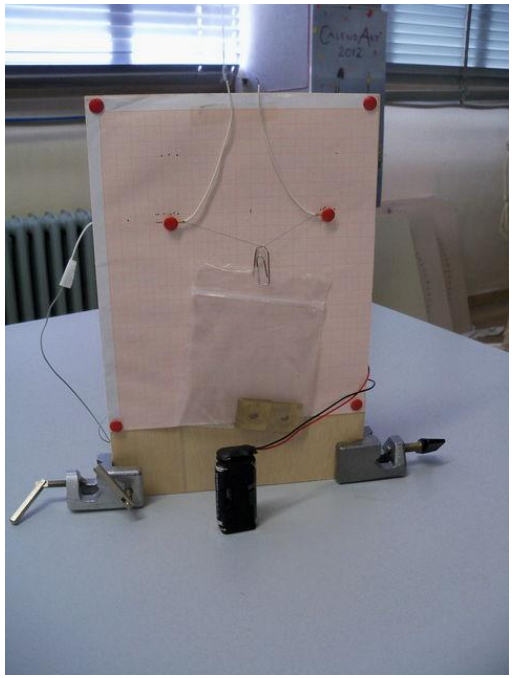
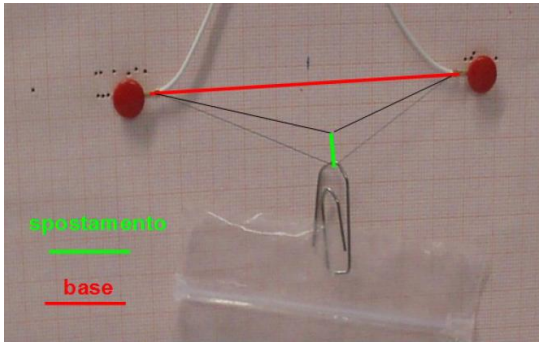
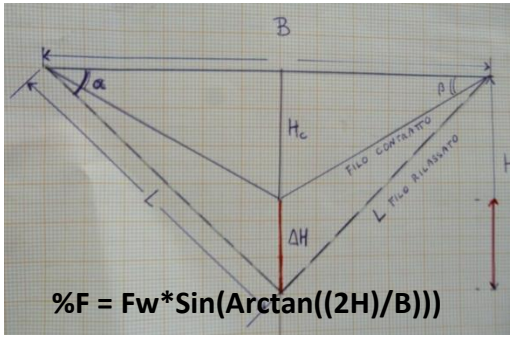
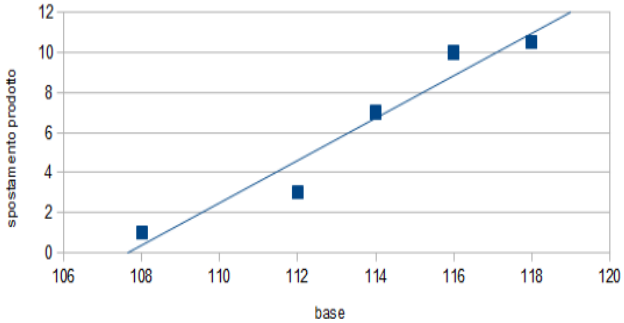


Letteratura



Muscle wire

Impiego in robotica come muscoli artificiali



Variando la base del **triangolo attuatore** varia la forza applicata dal filo in contrazione.
Dato filo di lunghezza L e forza F determinare la base B per ottenere un certo spostamento