

Fisica Generale

Settimana 1 - Lezione 1

Facoltà di Ingegneria

Livio Lanceri



Premessa

- *Ogni settimana:*
 - Lezioni su un gruppo di argomenti ben definito
 - Esempi ed esercizi in aula
 - **Problemi** da risolvere autonomamente:
 - Assegnati entro il venerdì
 - **Da consegnare** entro il giovedì successivo
 - Soluzioni disponibili per verifica il venerdì successivo
- *Due esercitazioni di laboratorio (misure) in aula*
 - **Relazioni** da preparare individualmente, su una traccia predisposta
- *Due prove scritte*
 - Inizio novembre, fine dicembre
- *Documentazione e informazioni*
 - Lezione(!!!); ricevimento (giovedì, ore 14-16); pagina web:
 - <http://www.ts.infn.it/~lanceri/FisicaGeneraleI/>



Programma del corso - parte I

- *Settimana 0 (17-21 settembre: prof. Lavenia)*
 - Preliminari matematici: funzioni, limiti, derivate
- *Settimana 1 (24-28 settembre) 6 ore*
 - Grandezze fisiche, misura, incertezze di misura
- *Settimana 2 (01-05 ottobre) 6 ore*
 - Cinematica della particella (1-d), vettori, cinematica (3-d)
- *Settimana 3 (08-12 ottobre) 6 ore*
 - Dinamica della particella: principi; massa, forze, equazioni del moto
- *Settimana 4 (15-19 ottobre) 6 ore*
 - Quantità di moto, lavoro, energia
- *Settimana 5 (22-26 ottobre) 6 ore*
 - Momento angolare
- *Settimana 6 (30 ottobre)*
 - **Prima prova scritta**

Esempi basati su:
*Gravitazione, forze elastiche,
Reazioni vincolari, attriti,
Forze "apparenti" o inerziali*



Programma del corso - parte II

- *Settimana 7 (05-09 novembre) 6 ore*
 - Dinamica dei sistemi di particelle: centro di massa, q.di moto, energia
- *Settimana 8 (12-16 novembre) 6 ore*
 - Dinamica dei sistemi di particelle: momento angolare; urti
- *Settimana 9 (19-23 novembre) 6 ore*
 - Corpo rigido e fluidi: cenni
- *Settimana 10 (26-30 novembre) 6 ore*
 - Teoria cinetica dei gas ideali; temperatura, energia interna; entropia
- *Settimana 11 (03-07 dicembre) 6 ore*
 - Scambi di energia sotto diverse forme: lavoro e calore
- *Settimana 12 (10-14 dicembre)*
 - Pausa di riflessione...
- *Settimana 13 (17-21 dicembre)*
 - **Seconda prova scritta**



Testi consigliati

Testo consigliato:

*E.Ragozzino, M.Giordano, L.Milano,
Fondamenti di FISICA,
EdiSES, Napoli, 1998.*

Possibili letture (non richieste per l'esame), per chi vuol saperne di più:

- Un testo moderno, con l'impostazione tradizionale del "biennio" di Ingegneria e di Matematica/Fisica:
 - *Focardi, Massa, Uguzzoni, Fisica Generale (Meccanica e Termodinamica), Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 1999.*
- Un classico, non facile ma molto stimolante:
 - *R.P.Feynman, R.B.Leighton, M.Sands, La Fisica di Feynman, ...*
- Un testo in inglese, che analizza lo sviluppo dei concetti base della fisica moderna:
 - *R.H.March, Physics for Poets, 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1978, ristampato da Contemporary Books, Inc., Chicago.*
- Un testo di consultazione sui sistemi di unità di misura:
 - *M.Fazio, Dizionario e manuale delle unità di misura, Zanichelli, Bologna.*



Settimana 1 - grandezze fisiche e misura

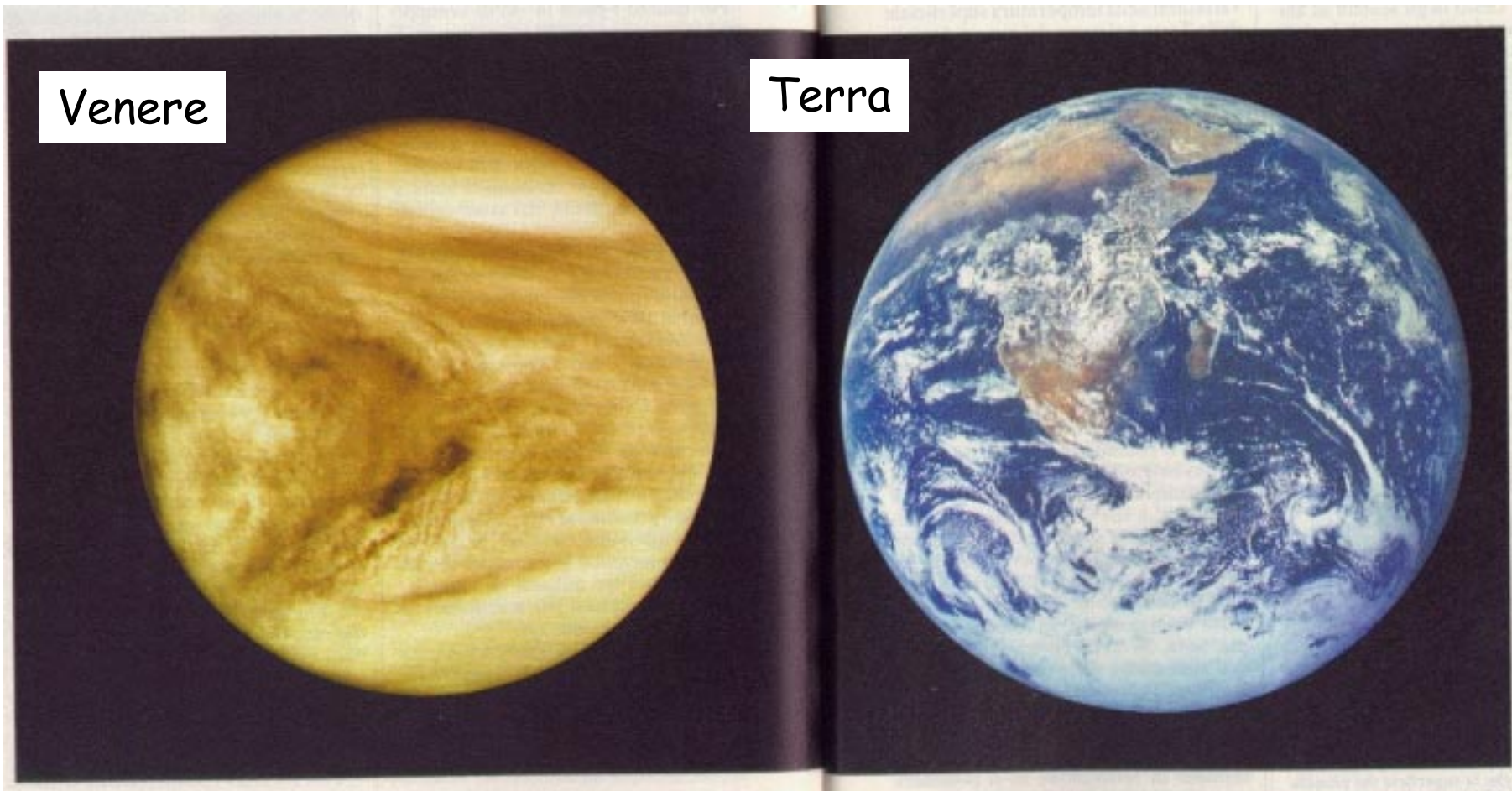
Cominciamo...!

- *Modellizzazione dei fenomeni fisici*
 - Motivazioni; fisica ed ingegneria
- *Metodo*
 - grandezze e leggi fisiche, teoria ed esperimento
- *Grandezze fisiche*
 - definizione, sistemi di unità di misura, analisi dimensionale
- *Misura*
 - Misure dirette e indirette, ripetute e non
- *Incertezze di misura o "errori"*
 - Propagazione in misure indirette
 - Errori sistematici ed errori accidentali
 - Cifre significative



Modellizzazione dei fenomeni fisici -1

- *Un esempio: evoluzione globale del clima terrestre e attività umane*
 - Terra: temperatura media alla superficie $\approx 20^{\circ}\text{C}$
 - Venere: $\approx 460^{\circ}\text{C}$ (atmosfera diversa); Marte $\approx -60^{\circ}\text{C}$ (privo di atmosfera)



Effetto serra

- *Alcune domande:*

evoluzione del clima (aumento temperatura media) ?

influenza delle attività umane (produzione di CO_2) ?

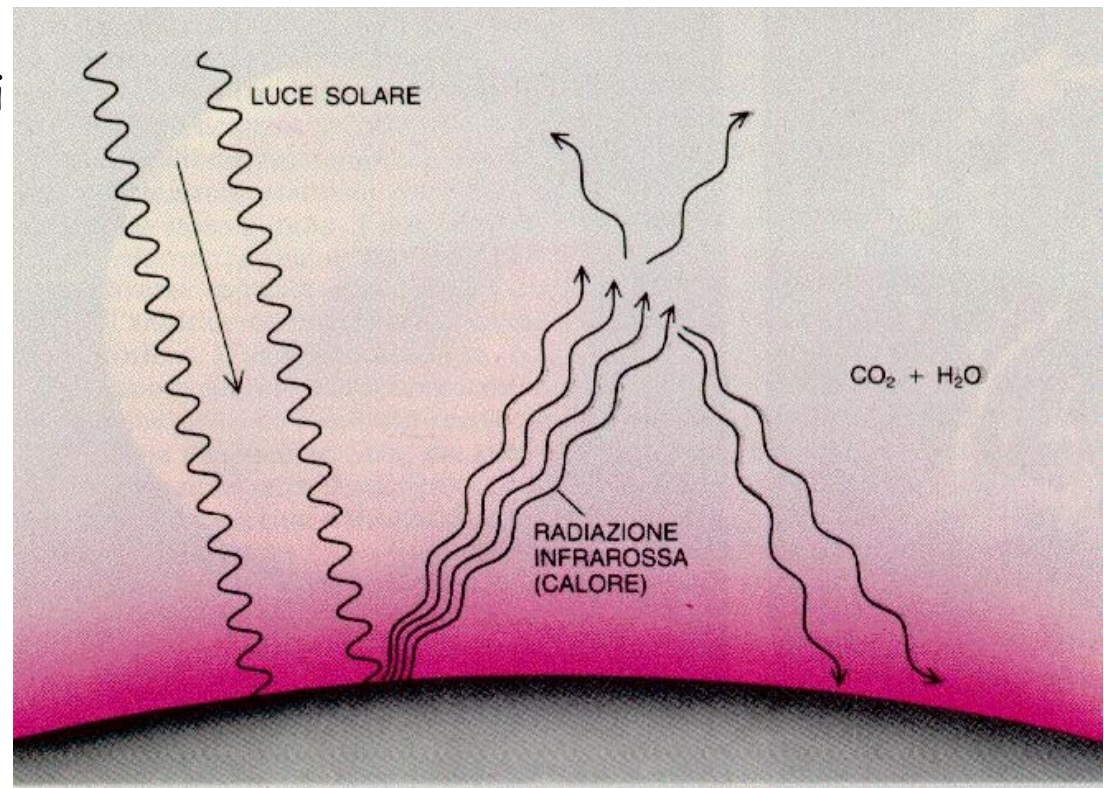
ma soprattutto: equilibrio stabile o instabile ? Che succede se lo perturbiamo?

- *Un possibile meccanismo "regolatore": l'effetto serra*

Evidenza di meccanismi

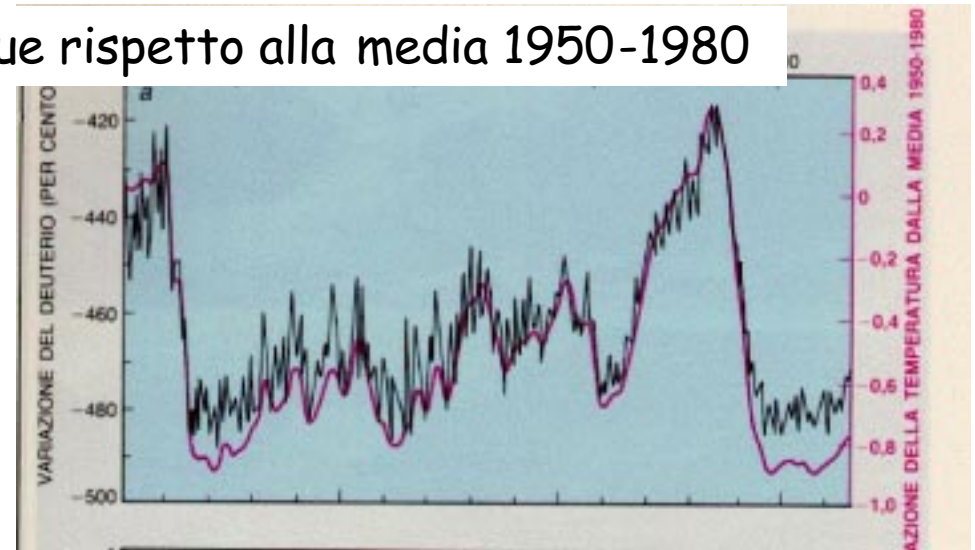
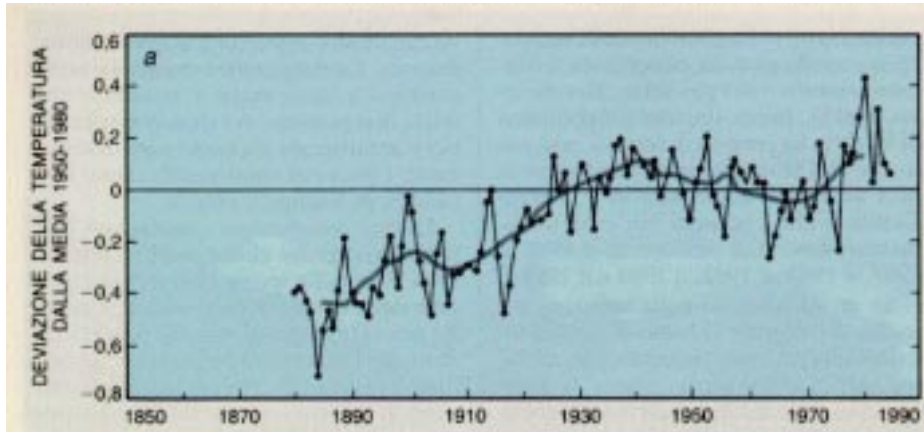
stabilizzatori, rispetto a variazioni importanti nell'attività solare

Variazioni maggiori: periodi glaciali correlate con variazioni nell'orbita e nell'asse di rotazione terrestre (periodo combinato: circa 100000 anni)

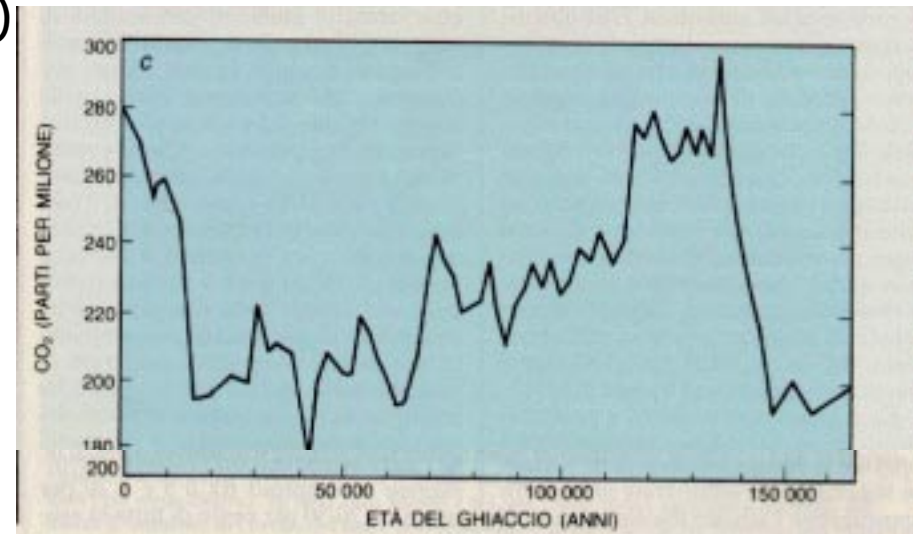
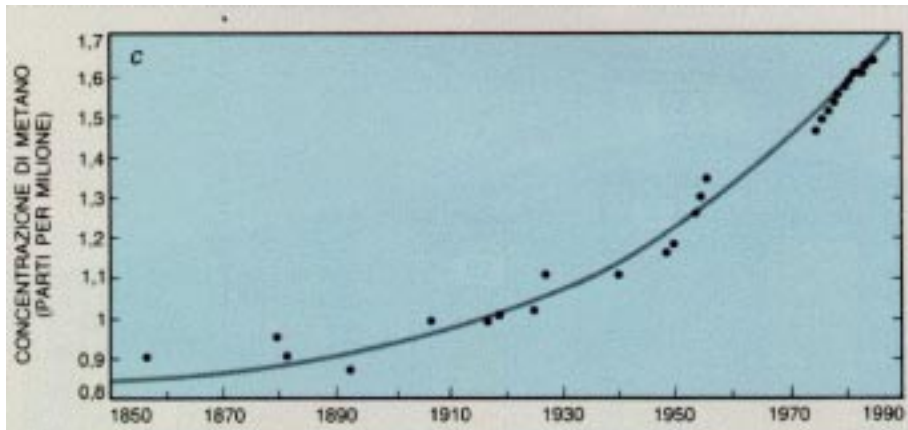


Qualche dato: temperatura e CO₂

Variazioni delle temperature (°C) medie annue rispetto alla media 1950-1980



Variazioni nella concentrazione di CO₂ (ppm)



← ≈150 anni →

← ≈150,000 anni →

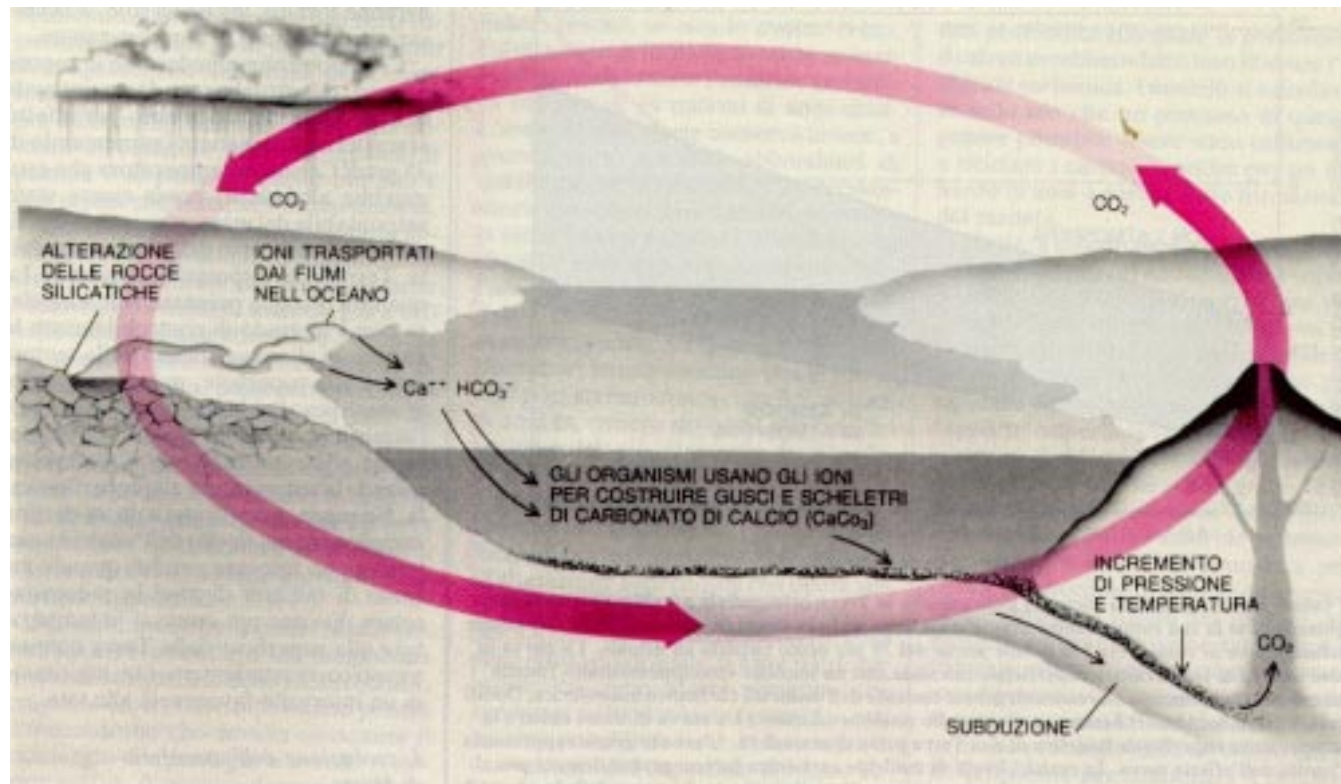


Ciclo del carbonio

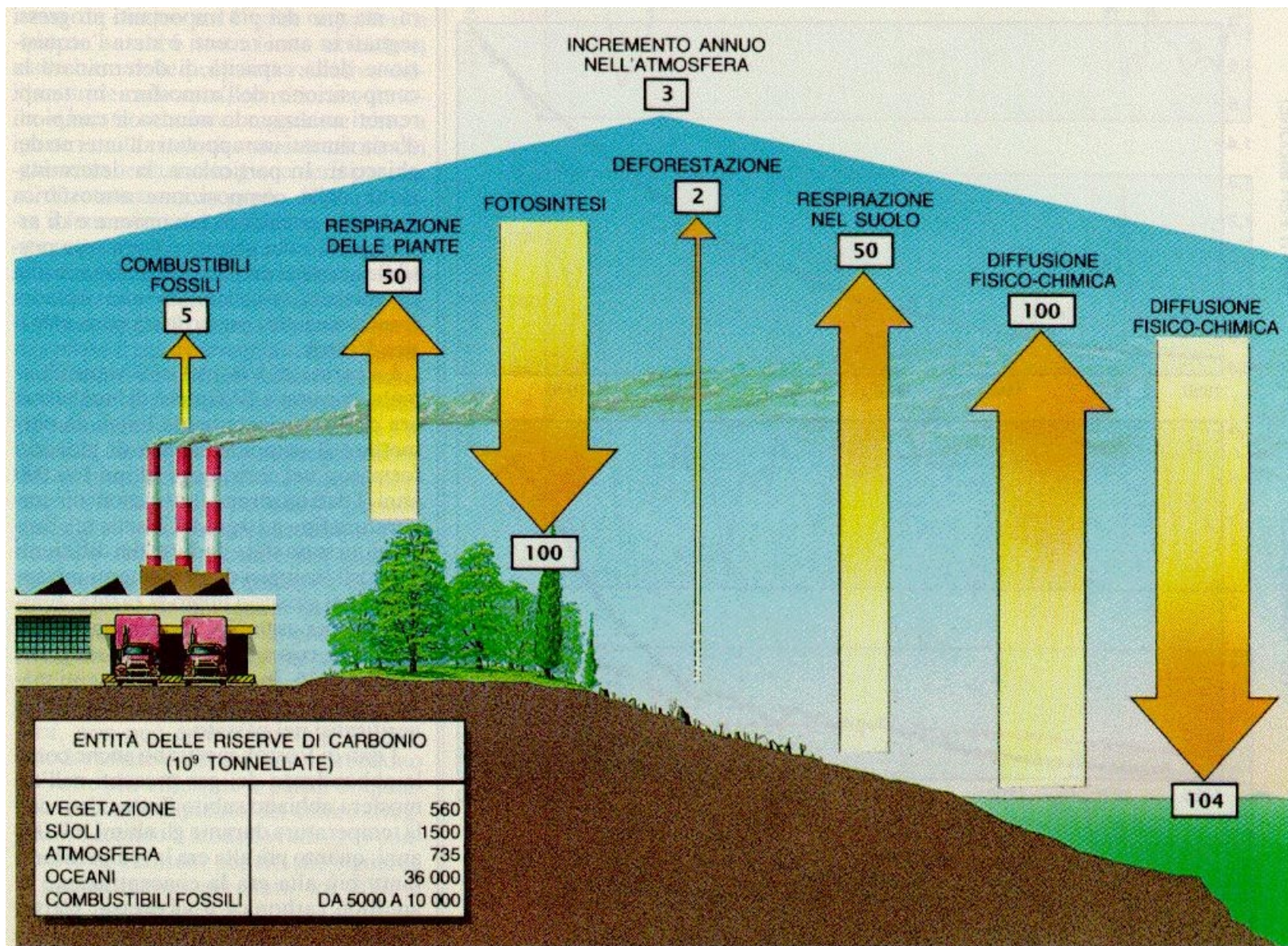
Temperatura e concentrazione di CO_2 sono correlate, ma come? Quali fenomeni intervengono?

Su una scala di 500,000 anni, avviene il "ciclo del carbonio", ma ci sono altri effetti, p.es. variazioni nella concentrazione di H_2O (evaporazione dagli oceani);

Su tempi brevi, l'attività umana ha effetto piccolo ma non trascurabile, inoltre sono l'atmosfera e gli oceani a ridistribuire dall'equatore verso i poli l'energia ricevuta dal Sole



Quanto carbonio circola ogni anno?



Metodo - 1

- *Vogliamo fare delle previsioni: metodo scientifico:*
 - Descrizione "quantitativa" \Rightarrow linguaggio: numeri, matematica!
 - "Grandezze fisiche", misura (esperimento)
 - **Relazioni empiriche** ("leggi sperimentali", correlazioni) tra grandezze fisiche
 - **Teorie e modelli**



Metodo - 2

- *"Teorie" generali*
 - Principi basati sui fatti sperimentali
 - Deduzioni logiche ("teoremi", leggi particolari) sui fenomeni osservabili
 - Verifica (o falsificazione) sperimentale!
 - Limiti di validità; ordini di grandezza
- *Nell' esempio considerato:*
 - Gravitazione e dinamica newtoniana (orbita terrestre; atmosfera)
 - Dinamica dei fluidi (atmosfera, oceani)
 - Termodinamica (scambi energetici)
 - Fisica atomica (interazioni tra radiazione solare, atmosfera, crosta terrestre)
 - Chimica (ciclo carbonio)
 - ...



Metodo - 3

- *Per interpretare fenomeni complicati: "modelli" basati sulle teorie generali accettate*
 - "Modello": ipotesi semplificative, approssimazioni
 - Descrizione "completa": impossibile
 - Quali sono i fattori importanti? Come li possiamo formalizzare?
 - Verifica sperimentale, modifiche del modello o, in casi estremi, della teoria
 - Come i dati sperimentali, le previsioni teoriche sono affette da **incertezze!**
- *Nel nostro esempio:*
 - Circolazione atmosferica, meteorologia (nuvole, piogge, siccità...)
 - Circolazione delle correnti negli oceani (es: El Niño!)
 - Individuazione dei fenomeni più rilevanti, p.es. nel ciclo del carbonio
 - ...etc.
- *Siamo guidati da:*
 - Ordini di grandezza dei vari effetti, dati sperimentali, ... numeri!
 - In ogni caso: facciamo misure, scriviamo e risolviamo equazioni...



Modellizzazione dei fenomeni fisici -2

- *Altri esempi, più ingegneristici:*

- Evoluzione della tecnologia verso miniaturizzazione e aumento della quantità di informazione immagazzinabile in spazi sempre più ridotti
- Progettazione e costruzione di sensori elettro-meccanici miniaturizzati (esempio: accelerometri)
- Verso lo sviluppo di "nanotecnologie"...



Dalla micromeccanica alle nanotecnologie

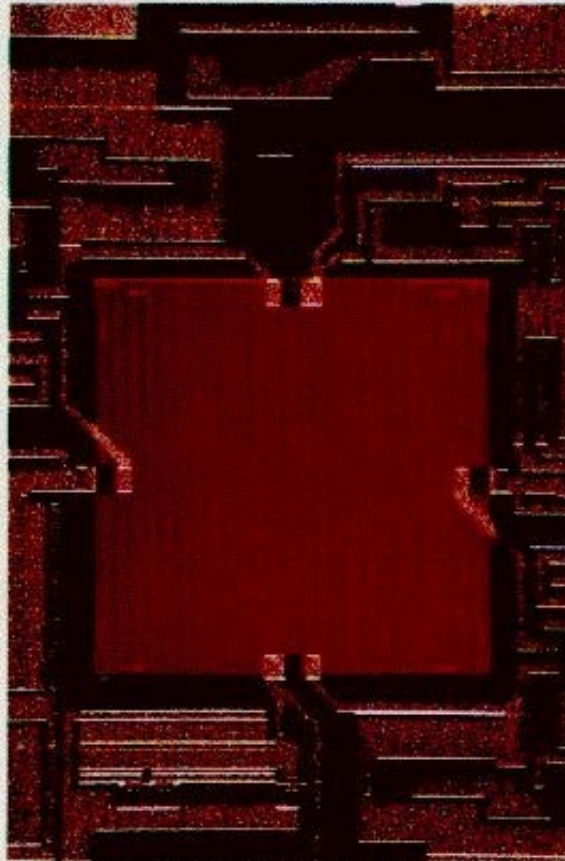
Da: attuatori e sensori microlavorati assieme a circuiti integrati (scala: 10^{-6}m)

A: manipolazione di materiali e strutture su scala atomica (scala: 10^{-9}m)

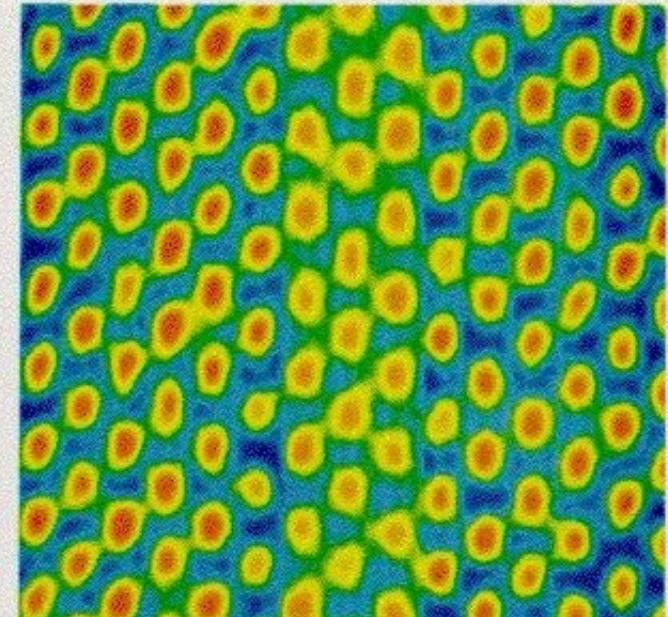
Micromotore in silicio



Sensore di pressione



GaInAs/InP quantum well



strati depositati con
Molecular Beam Epitaxy
immagine ottenuta con
Transm. Electron Microscopy

Sensori elettromeccanici

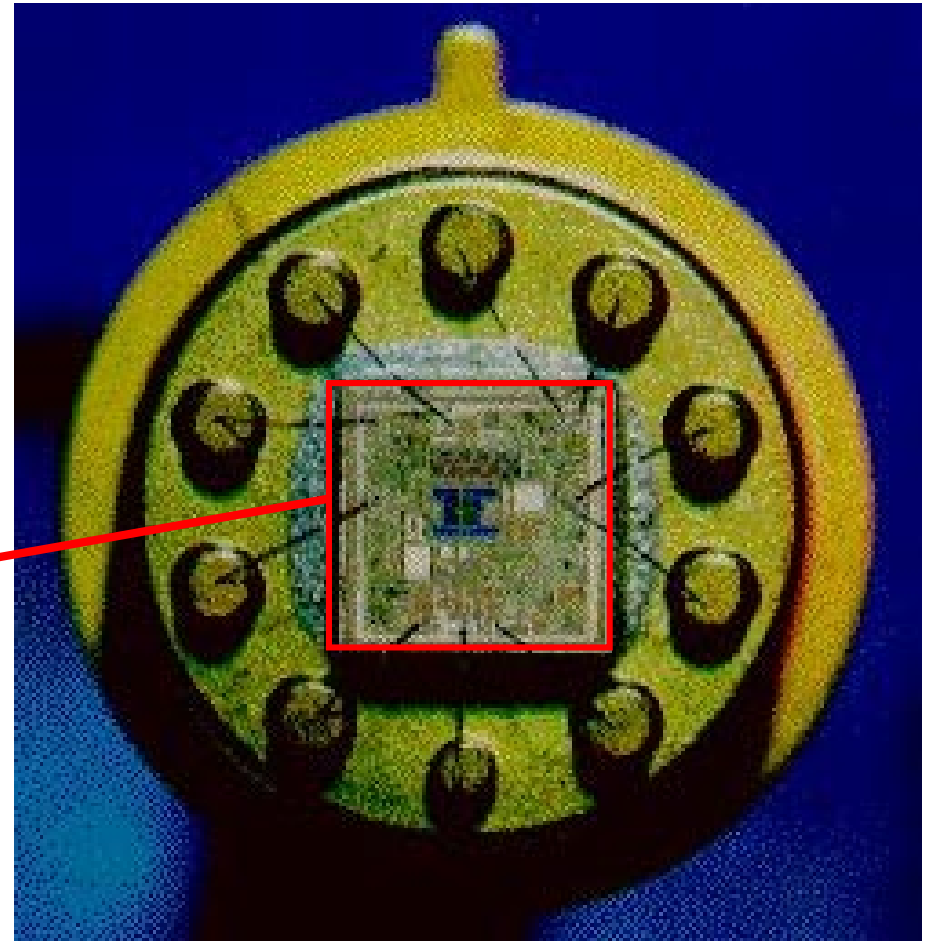
- *Un esempio: un accelerometro disponibile commercialmente da alcuni anni*

Analog Devices ADXL50

misura accelerazioni da -50g a +50g
nonlinearità inferiore a 0.2%

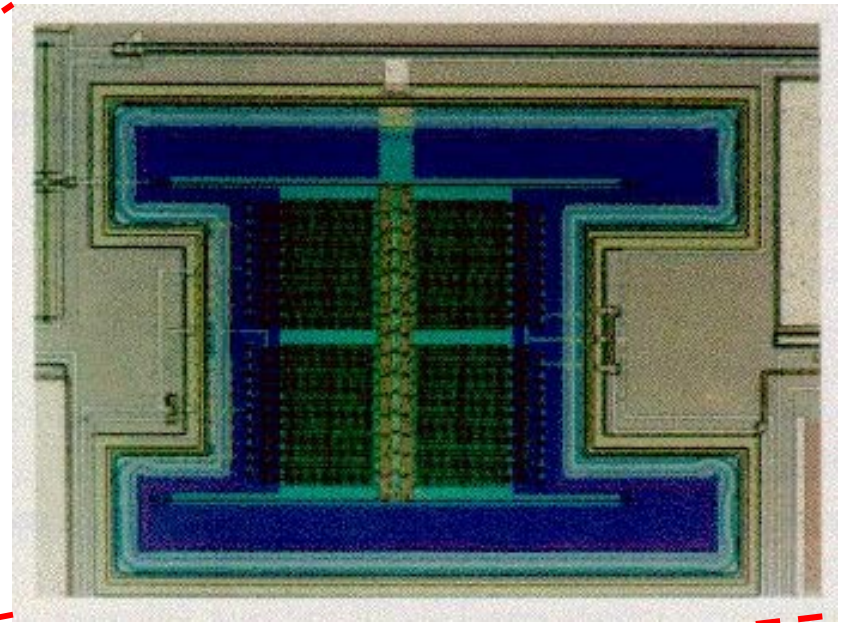
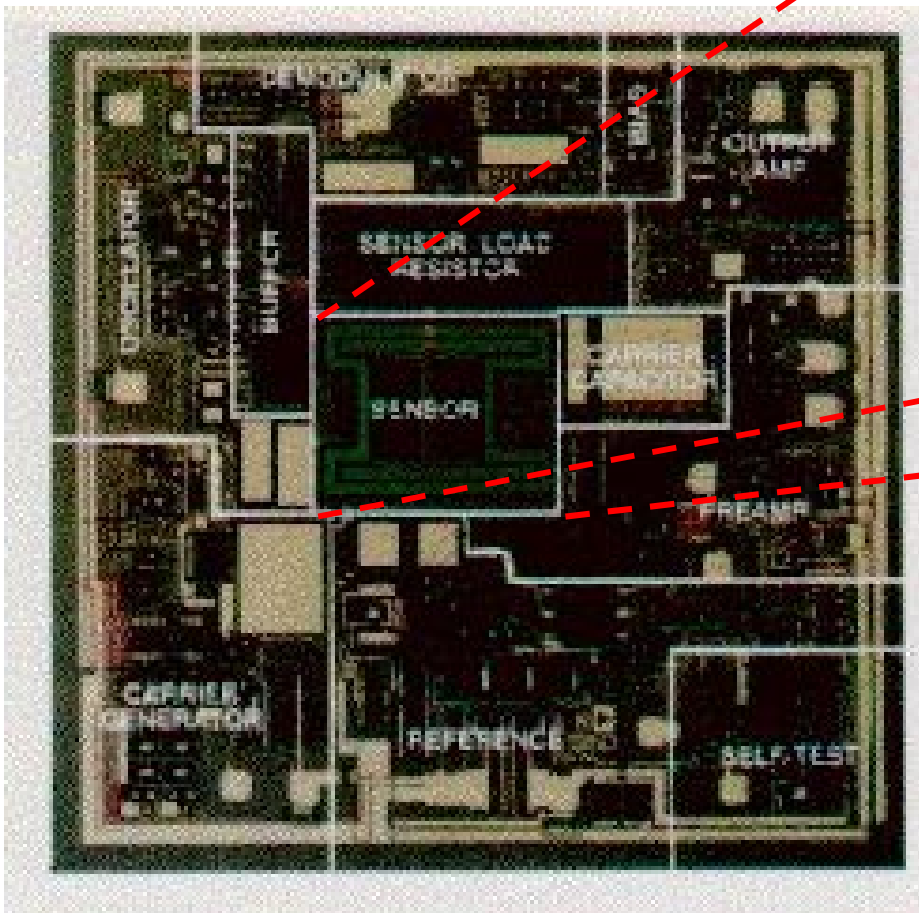
Spazio occupato da sensore + circuito integrati:

500 μm \times 625 μm

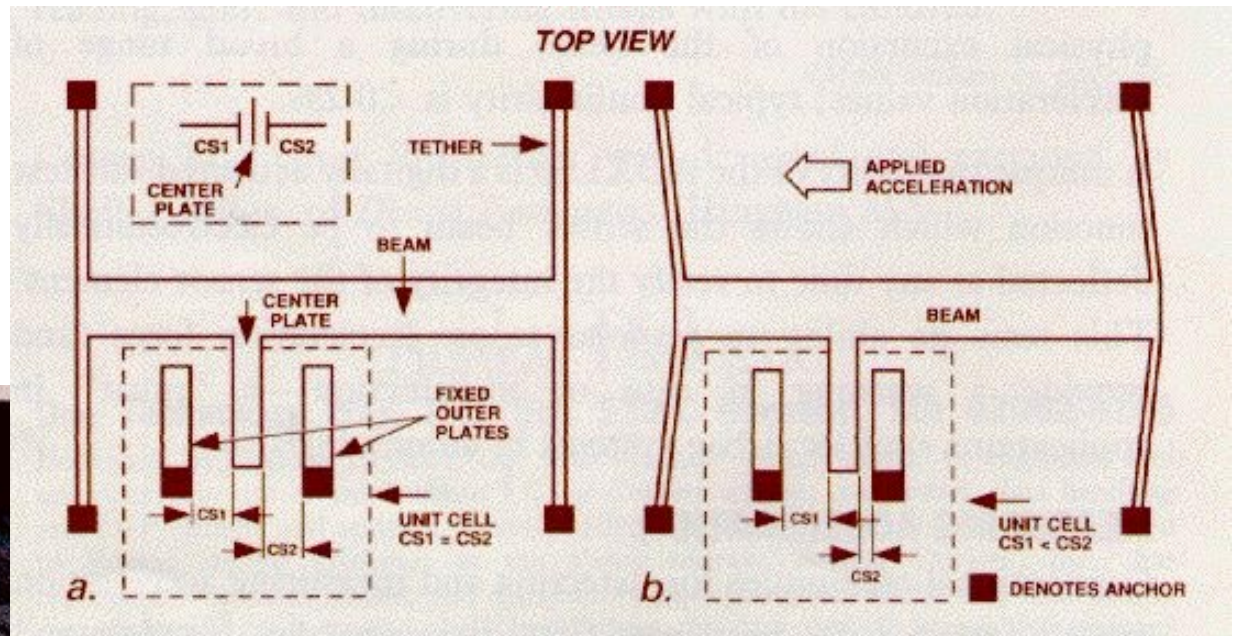
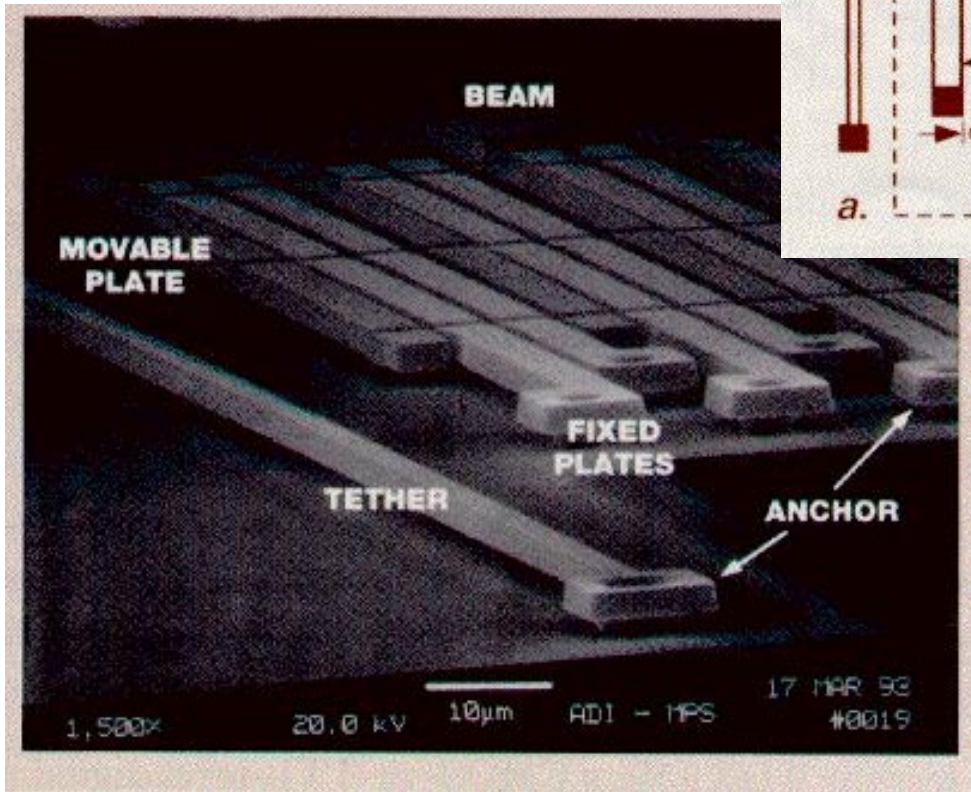


Sensore e circuito: integrati

Sensore in silicio microlavorato



La meccanica del sensore



Meccanica: massa sospesa elasticamente ("molla")

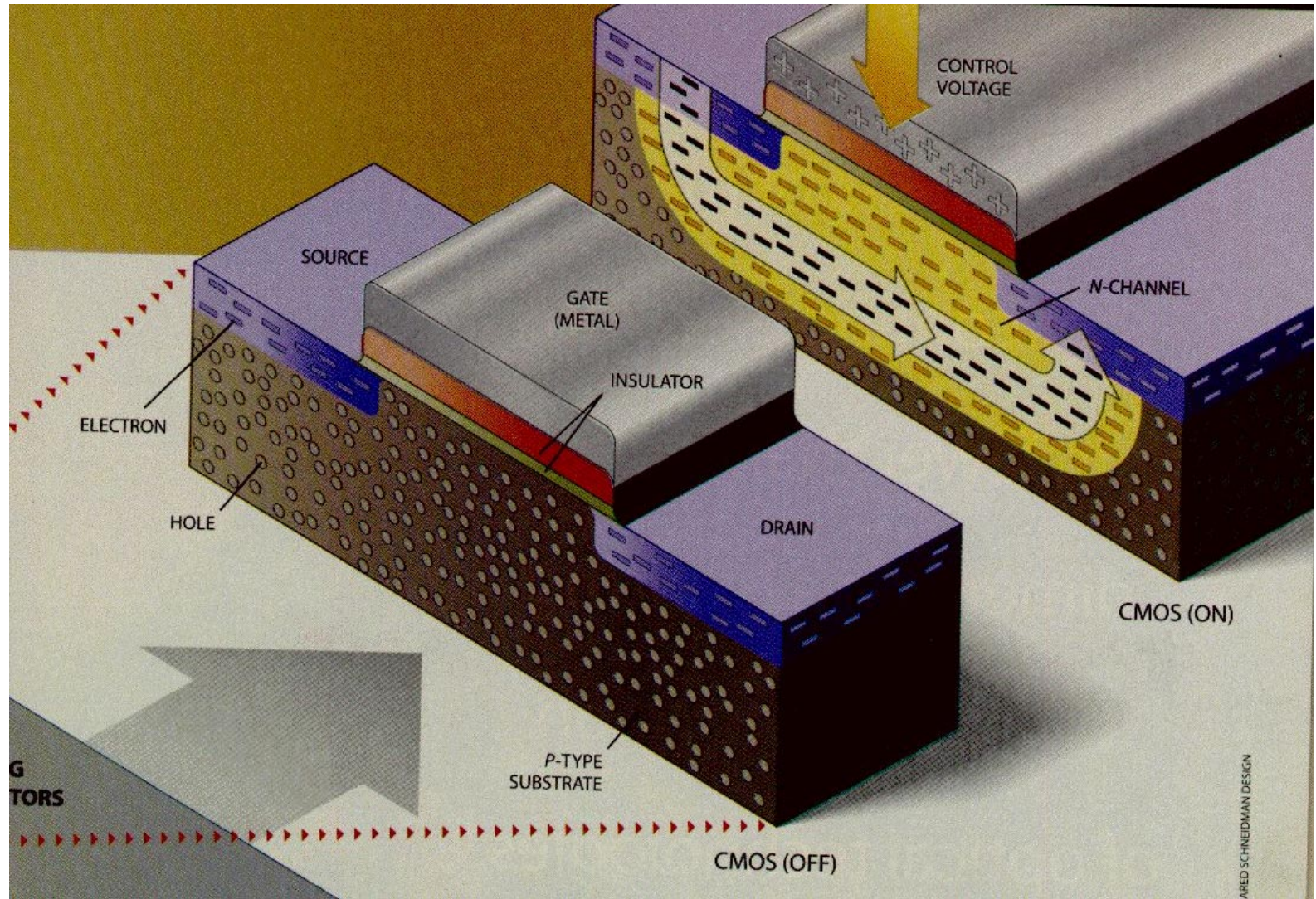
Elettromagnetismo: condensatore elettrico a capacità variabile (armature a spaziatura variabile)

Elettronica: amplificazione e trattamento di segnali elettrici

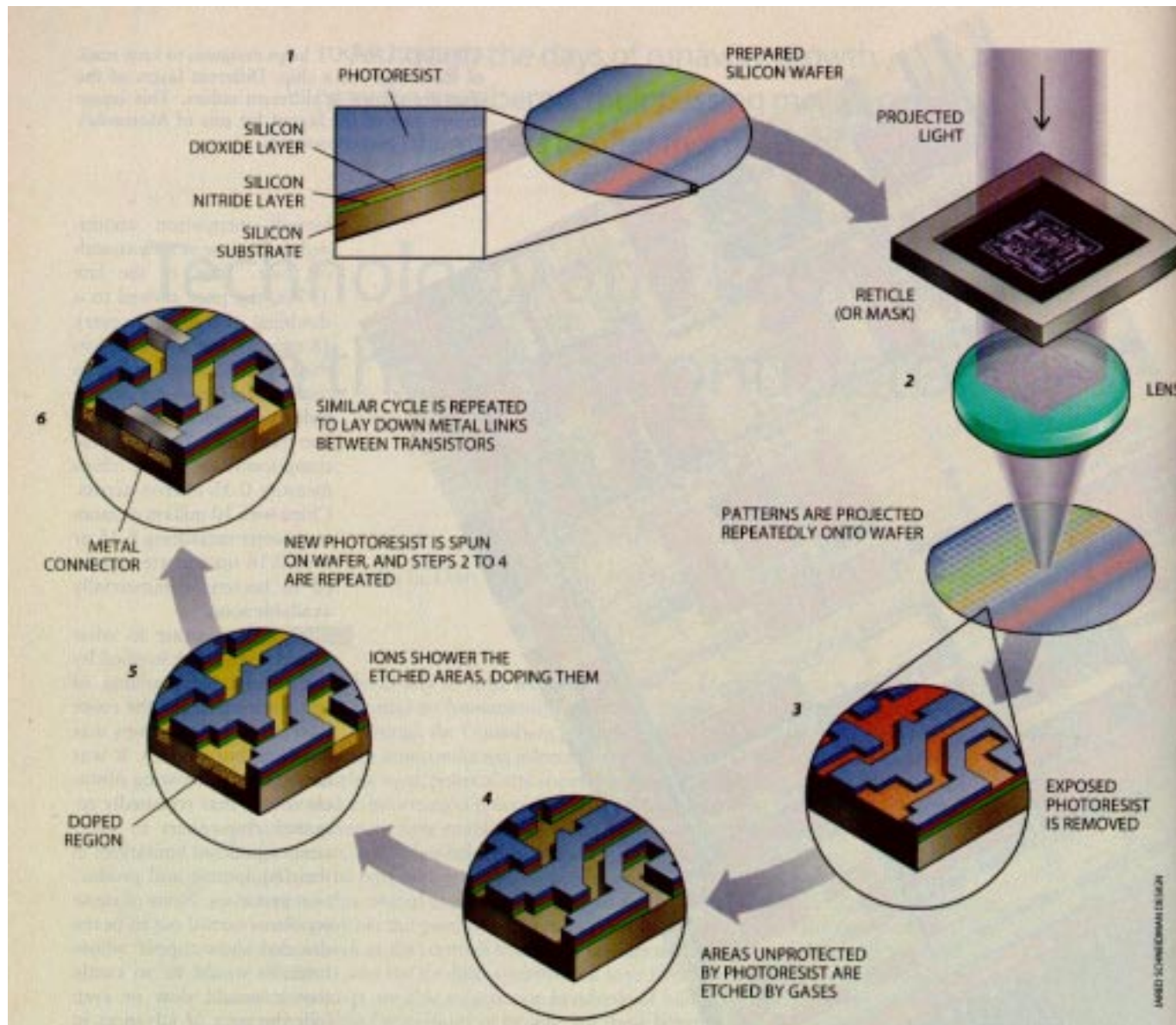


Tecnologia dei circuiti integrati

Esempio di componente "elementare": transistor CMOS (scala: micron!)



Tecnologie costruttive



Teorie, modelli, misure...

Anche in questo caso (progettazione, fabbricazione, funzionamento di un sensore elettromeccanico), intervengono:

Teorie

Meccanica newtoniana (moti relativi, forze elastiche)

Elettromagnetismo, trattazione dei segnali; fisica (quantistica) dei solidi

Ottica, Chimica, ... etc.

Modelli

Oscillatore elastico (massa+molla), condensatore, circuiti (amplificatore, etc),
elementi circuitali (transistor, etc), ...

E inoltre:

Misure, misure, misure...



Grandezze fisiche

Definizione "operativa"!

Scelta del **campione**

Procedura sperimentale di "**misura**"

- **Misure dirette** (nel testo: "relative"):
 - *confronto diretto* con il campione e suoi multipli e sottomultipli
 - Oppure: uso di *strumenti "tarati"* a lettura diretta (analogici o digitali)
- Risultato: **numero razionale**, accompagnato da **unità di misura** (e da una valutazione dell'*incertezza* della misura)
- **Misure indirette** (nel testo: "absolute"):
 - Misure separate di grandezze da cui dipende la grandezza considerata
 - Stima del valore da assegnare alla grandezza (e dell'*incertezza*!)



Sistemi di unità di misura

- *Grandezze fondamentali e derivate*
 - Scelta di un numero minimo di grandezze "fondamentali"
 - Le altre grandezze: "derivate"
 - esprimibili in funzione di quelle fondamentali, per mezzo di leggi note
- *Unità fondamentali e derivate*
 - Stessa classificazione per le unità di misura
- *Sistema Internazionale*
 - Diverse scelte delle grandezze fondamentali: diversi "sistemi di unità di misura"
 - Useremo quasi esclusivamente il "Sistema Internazionale"
 - Per altri sistemi usati in particolari applicazioni: vedi bibliografia (Fazio)



Sistema Internazionale (SI)

- *Grandezze e unità fondamentali*

TABELLA 1.1 Grandezze e unità fondamentali del sistema internazionale (SI)

Grandezza	Simbolo della grandezza	Unità di misura corrispondente	Simbolo della unità di misura
Lunghezza	l	metro	m
Massa	m	chilogrammo-massa	kg
Intervallo di tempo	t	secondo	s
Temperatura assoluta	T	grado Kelvin	K
Intensità luminosa	I	candela	cd
Intensità di corrente elettrica	i	ampère	A



Sistema Internazionale (SI)

- *Prefissi usati per sottomultipli e multipli*

TABELLA 1.2 Prefissi usati per ottenere i sottomultipli e i multipli di una unità di misura

Prefisso	Valore	Simbolo	Esempi
deci	10^{-1}	d	dm (decimetro); dg (decigrammo)
centi	10^{-2}	c	cm (centimetro); cP (centipoise)
milli	10^{-3}	m	mm (millimetro); mA (milliampère)
micro	10^{-6}	μ	μm (micrometro); μV (microvolt)
nano	10^{-9}	n	nm (nanometro); ns (nanosecondo)
pico	10^{-12}	p	pH (picohenry)
deca	10	D	Dm (decàmetro)
etto	10^2	h	hg (ettogrammo)
chilo	10^3	k	kg (chilogrammo); kW (chilowatt)
mega	10^6	M	MW (megawatt); MHz (megahertz)
giga	10^9	G	GW (gigawatt); Ghz (gigahertz)
tera	10^{12}	T	THz (terahertz)



SI - lunghezza

Unità: metro (m)

È la distanza percorsa dalla luce nel vuoto in un intervallo temporale di $1/(299\,792\,458)$ secondi

Grandezza	Lunghezza (m)
	??
Limite dell'Universo	$\sim 10^{26}$
Distanza dalla galassia di Andromeda	$2,1 \cdot 10^{22}$
Raggio della nostra galassia	$6 \cdot 10^{19}$
Distanza dalla stella più vicina	$4 \cdot 10^{16}$
Anno luce	$9,5 \cdot 10^{15}$
Distanza Terra-Sole	$1,5 \cdot 10^{11}$
Distanza Terra-Luna	$3,8 \cdot 10^8$
Diametro orbite satelliti artificiali	$\sim 10^6$
Altezza di una torre	10^2
Altezza di un bambino	1
Dimensione di pulviscolo	10^{-4}
Dimensione di un virus	$\sim 10^{-7}$
Raggio atomico	$5 \cdot 10^{-11}$
Diametro del protone	$2 \cdot 10^{-15}$
Diametro di un elettrone	$< 10^{-18}$
	??



SI - massa

Unità: *kilogrammo (kg)*

È la massa del campione di platino-iridio, conservato nei laboratori del Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) a Sèvres (Parigi)

Grandezza	Massa (kg)
	??
Universo osservabile	$\sim 10^{55}$
Una galassia	10^{41}
Sole	$2 \cdot 10^{30}$
Giove	$1,9 \cdot 10^{27}$
Terra	$6 \cdot 10^{24}$
Luna	$7,4 \cdot 10^{22}$
Transatlantico	$7 \cdot 10^7$
Elefante	$4,5 \cdot 10^3$
Automobile	$1,5 \cdot 10^3$
Uomo	$7 \cdot 10$
Matita	$2 \cdot 10^{-2}$
Goccia di pioggia	$2 \cdot 10^{-6}$
Granello di polvere	10^{-10}
Virus	$\sim 10^{-14}$
Molecola di penicillina	$5 \cdot 10^{-17}$
Atomo di idrogeno	$1,7 \cdot 10^{-27}$
Elettrone	$9,1 \cdot 10^{-31}$
	??



SI - tempo

Unità: Secondo (s)

È uguale a

9 192 631 770

oscillazioni della
radiazione non
perturbata,

emessa dall'atomo di
 ^{133}Cs nello stato
fondamentale $^2\text{S}_{1/2}$
nella transizione dal
livello iperfine
($F=4, M=0$) al livello
iperfine ($F=3, M=0$)

Grandezza	Tempo (s)
Età dell'Universo	$\sim 5 \cdot 10^{17}$
Comparsa dell'uomo sulla Terra	10^{14}
Durata della vita umana	$2 \cdot 10^9$
Rivoluzione della Terra (un anno)	$3,2 \cdot 10^7$
Durata di un giorno	$8,6 \cdot 10^4$
Tempo impiegato dalla luce per il tragitto Sole-Terra	$5 \cdot 10^2$
Battito cardiaco normale	$8 \cdot 10^{-1}$
Periodo di un'onda sonora	$2 \cdot 10^{-3}$
Periodo di un'onda radio	$\sim 10^{-6}$
Periodo delle rotazioni molecolari	10^{-12}
Periodo di vibrazioni atomiche	10^{-15}
Periodo della radiazione X	$\sim 3 \cdot 10^{-19}$
Tempo di attraversamento di un protone da parte della luce	10^{-23}
Tempo di attraversamento di un elettrone da parte della luce	$< 10^{-26}$



Conversione di unità di misura

Le eguaglianze ed equazioni in fisica:

$$10 = 36 \quad \text{No !}$$

$$10 \text{ m/s} = 10 \times (10^{-3} \text{ km}) / ((3.6 \times 10^3)^{-1} \text{ h}) = 36 \text{ km/h}$$

Sì! (unità di misura!)

Fattori di conversione: facili da ricavare algebricamente

$$1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/h}$$

"Dimensioni": esempio: superfici e lunghezze

Rettangolo: $S = 1 \times (\text{lato minore}) \times (\text{lato maggiore})$

Triangolo: $S = 1/2 \times (\text{base}) \times (\text{altezza})$

Cerchio: $S = \pi \times (\text{raggio}) \times (\text{raggio})$

$$[S] = [L^2]$$



Analisi dimensionale

- *Dimensioni di una grandezza fisica in un sistema di unità di misura*
- *Esempi*
- *Criterio di omogeneità dimensionale*

Alla lavagna...! (Lezione02)



Grandezze a-dimensionali

- *Angolo, angolo solido*
 - Radiante, steradiano

$$\alpha = \frac{s}{R}$$

$$\Omega = \frac{S}{R^2}$$

