13 maggio 2021

Incontro "Lab2Go - Fisica"

"Come funziona questo vecchio aggeggio?!?": La fisica svelata *rispolverando* antichi strumenti

Animazione comportamento gas:
“applet” dal sito “phet.colorado.edu”

https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_en.html

Video agitazione termica molecolare

https://youtu.be/WTrdZNZ_rVA

Un fermo-immagine del video appena visto

Notiamo:

- l'alimentazione in "DC" (corrente continua)

- la possibilità di variare la tensione e quindi la corrente di alimentazione del motorino elettrico

- il disco "eccentrico" che trasforma la rotazione del motorino in oscillazione della piastra alla base del cilindro

La curiosità ci porta a frugare fra gli scaffali del laboratorio...

...e alla fine… eccolo!

Solo che non c'è nessun indizio su come si "accende"…

...Come funziona questo aggeggio?!?

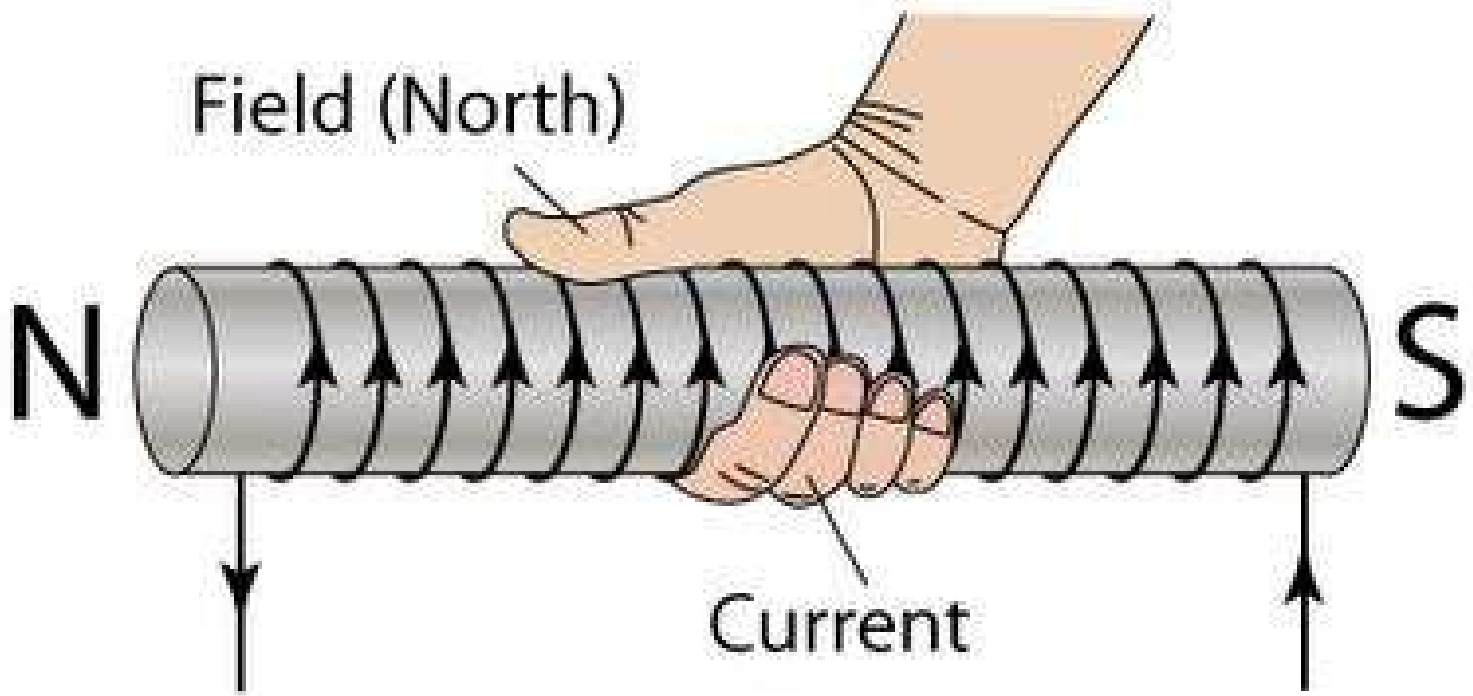
E dopo l'azione di un buon cacciavite… ecco la base del cilindro di vetro; si vede un particolare del sistema "piastra-molla" (la "molla" è costituita da tre lamine ripiegate, in "parallelo")

La piastra in materiale ***ferromagnetico***.
Non è una piastra magnetica ma si magnetizza facilmente: nelle foto interagisce con entrambe le polarità di una piccola calamita

Una potente elettrocalamita per la movimentazione di rottami metallici

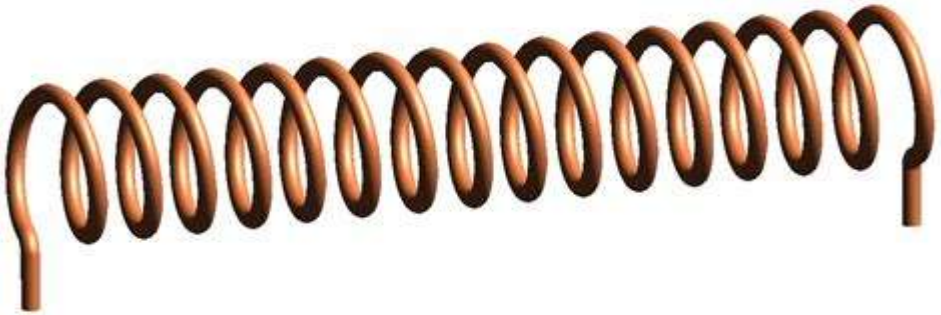
Elettricità e magnetismo: due mondi *separati?*

“Regola della mano destra”



Campo magnetico generato all'interno di un solenoide

$$B_0 = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot i}{l}$$



Senza nucleo ferromagnetico

$$\mu \gg \mu_o \rightarrow B \gg B_o$$

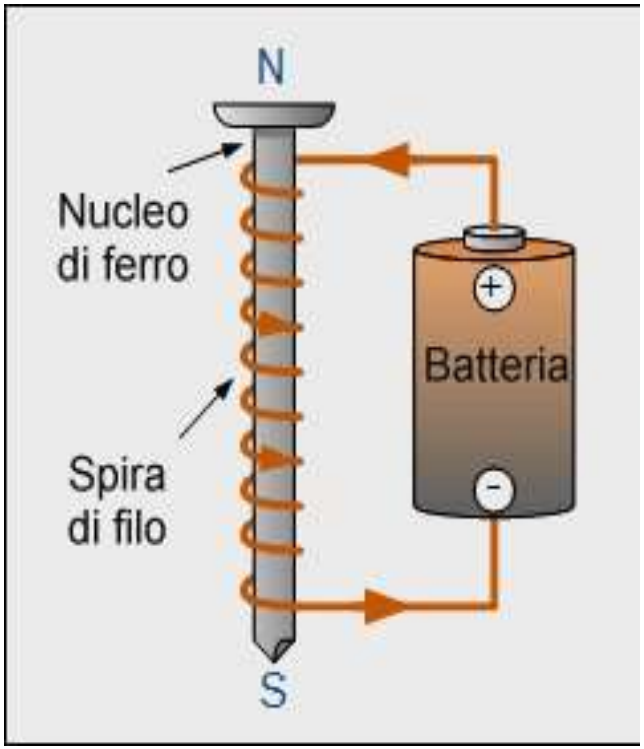
$$B = \frac{\mu \cdot N \cdot i}{l}$$

Con nucleo ferromagnetico

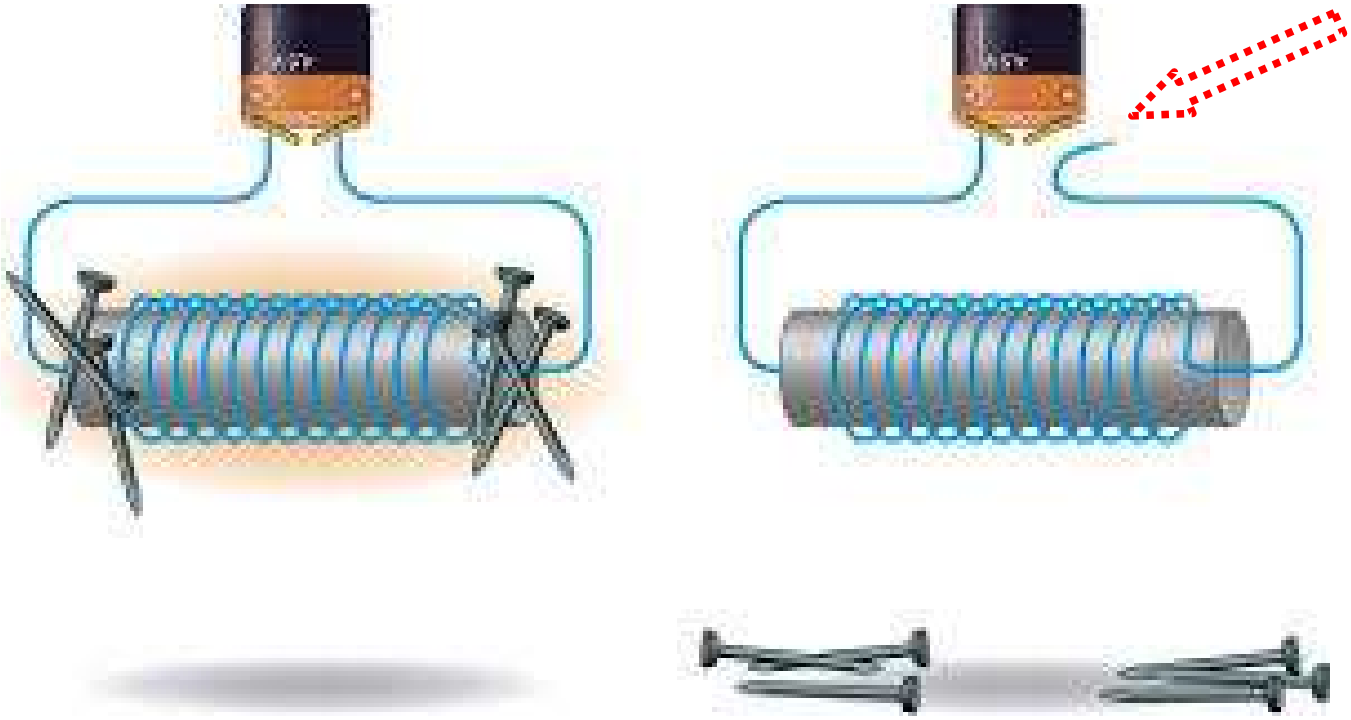
Visualizzazione del comportamento dei materiali ferromagnetici: “applet” dal sito “vascak.cz”

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_ferro&l=it

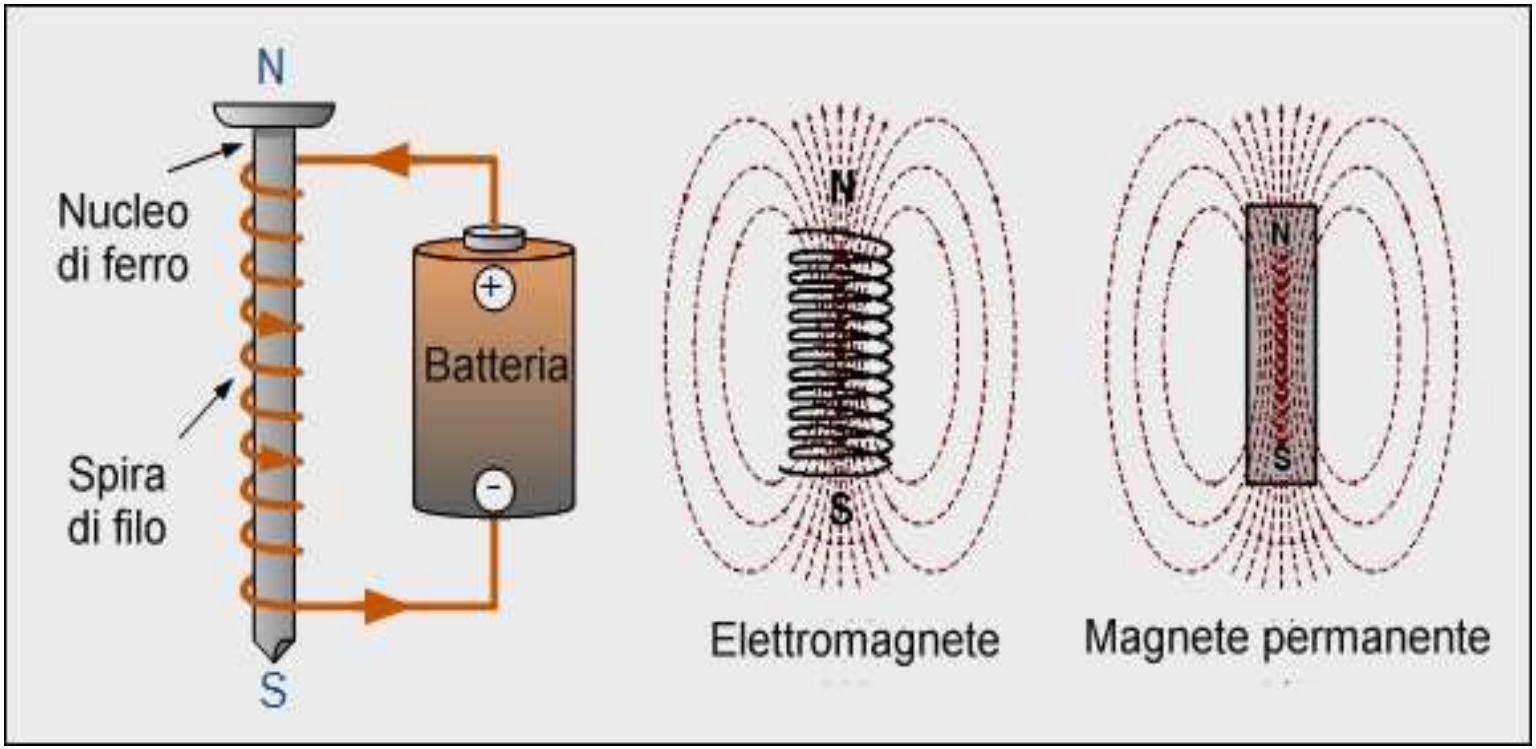
La più semplice elettrocalamita:



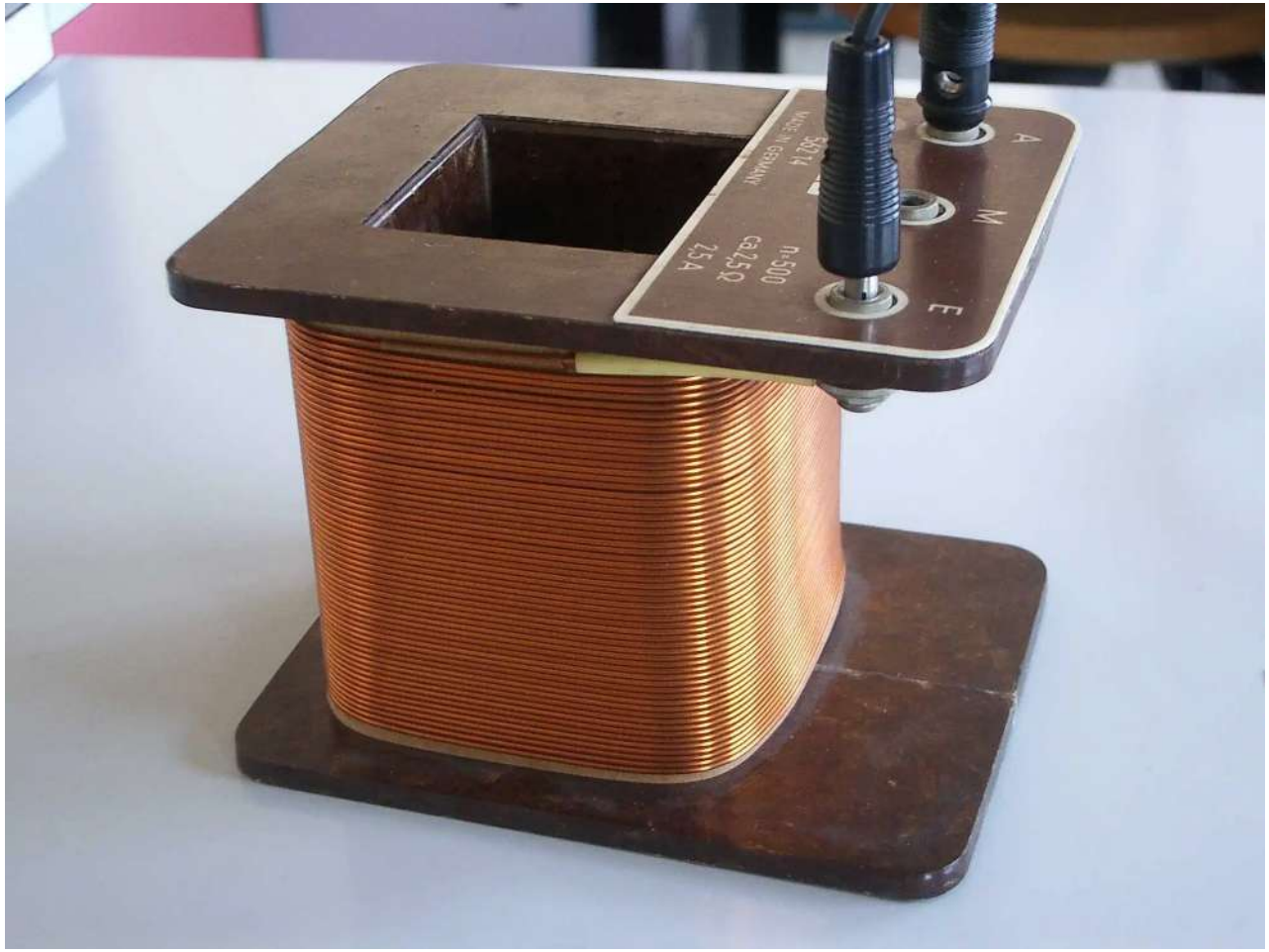
L’elettrocalamita: una magnetizzazione reversibile



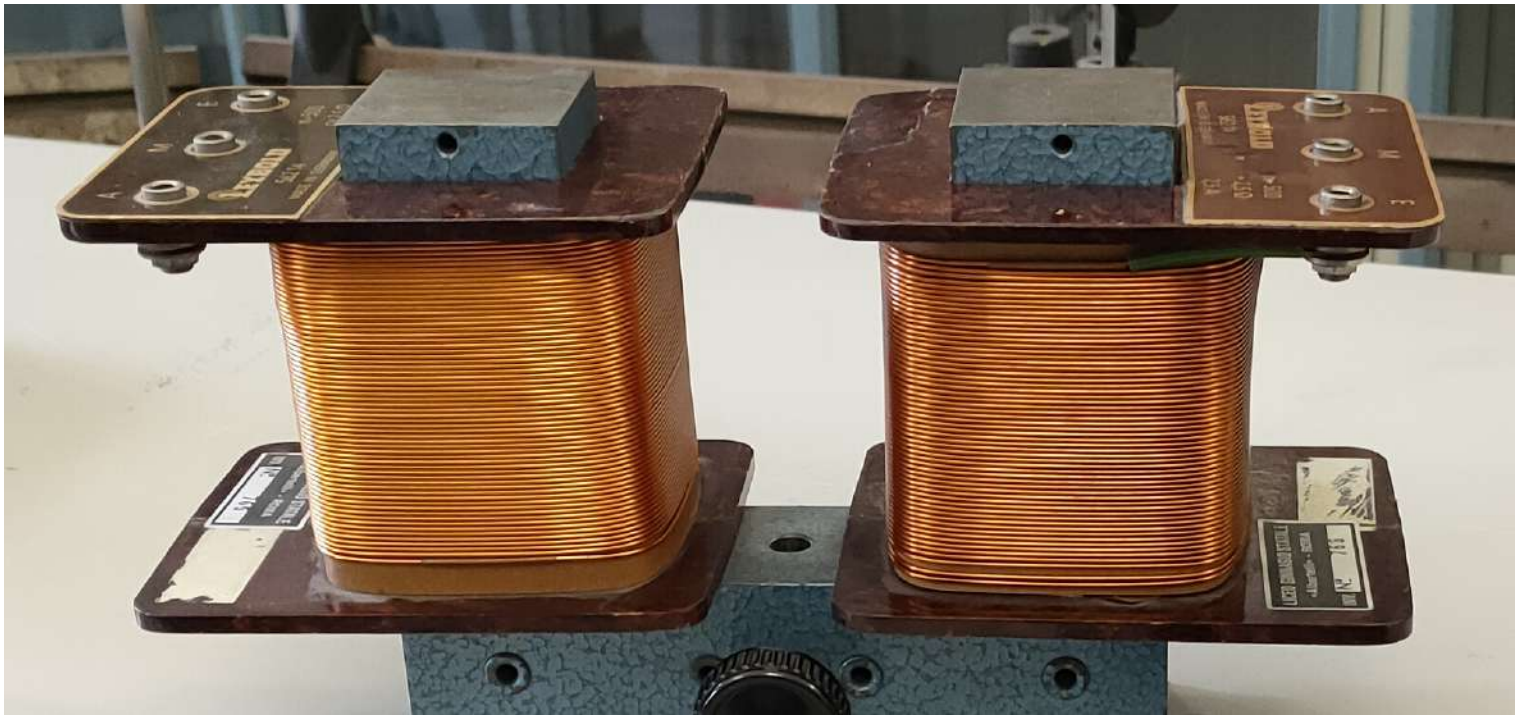
La più semplice elettrocalamita…
...e il suo campo magnetico



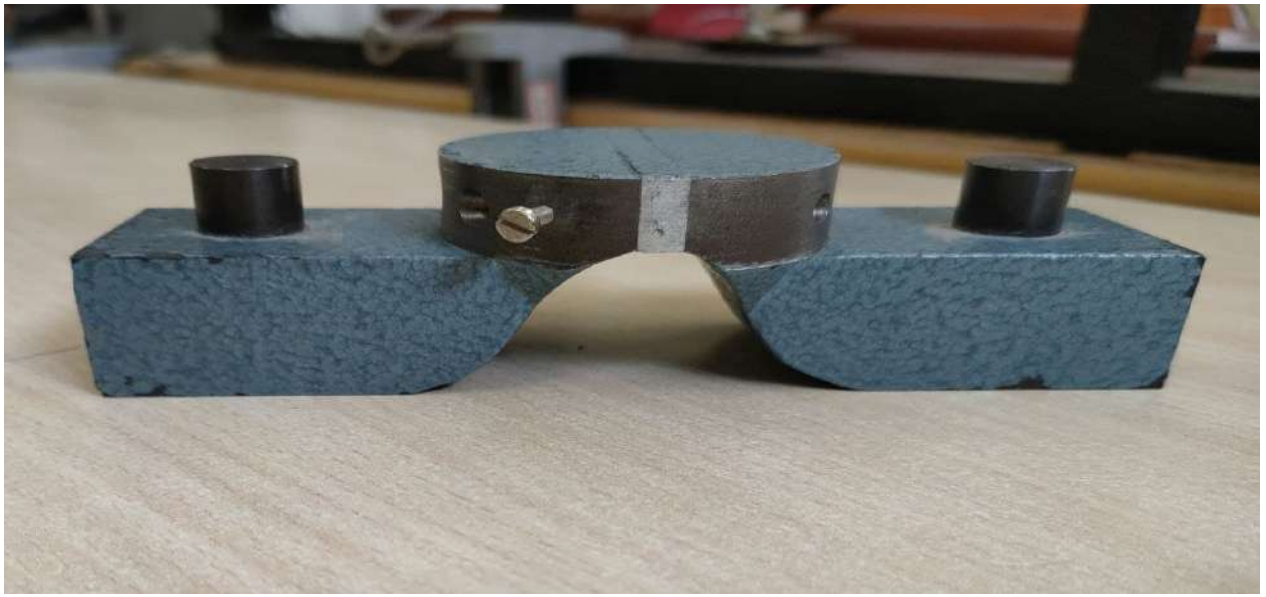
La nostra bobina della Leybold (presente nei cataloghi del 1961):



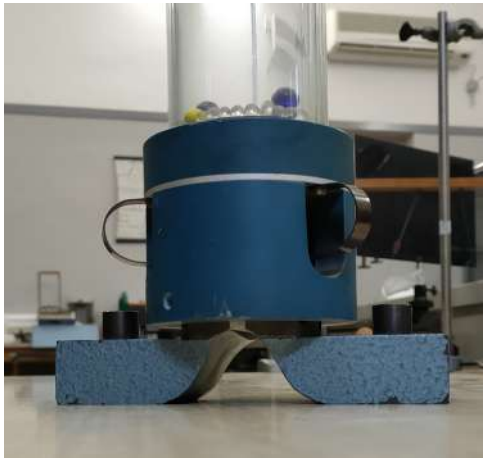
Il nucleo ferromagnetico a “U”: il suo inserimento aumenta l’intensità del campo magnetico all’interno delle bobine

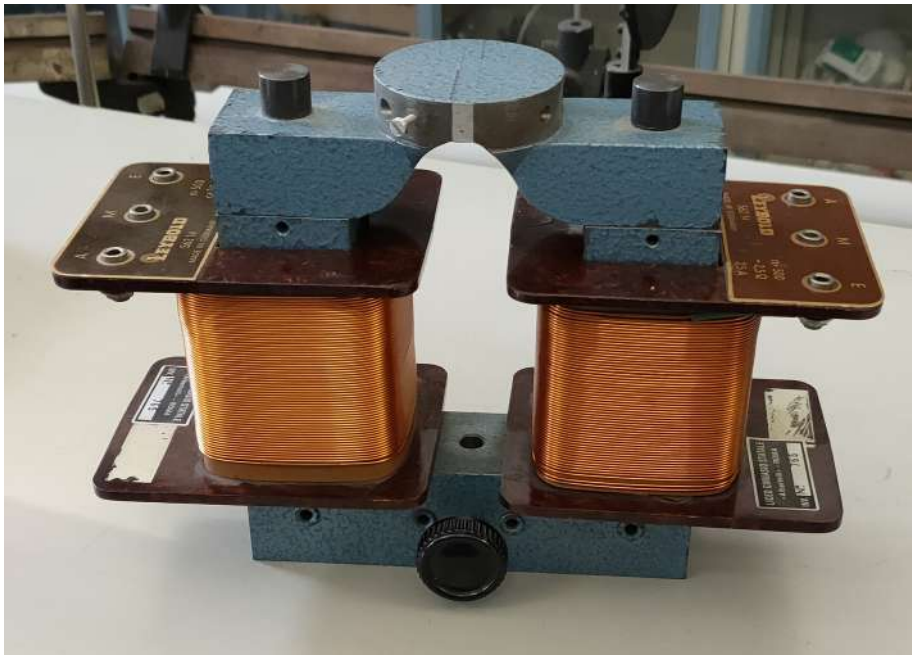


La base del “cilindro di vetro”, ovvero l’elemento trasversale che posto sopra il “nucleo a U” chiude il circuito magnetico



Ecco il “Circuito magnetico”:





Le linee di campo vengono “incanalate” verso il disco superiore che “si affaccia” alla piastra collegata alla molla posta alla base del cilindro di vetro

Confronto fra *circuito elettrico* e *circuito magnetico*

$$fem = Ri$$

Prima legge di Ohm

- ***Fem*** è la forza elettromotrice
- ***R*** è la resistenza
- ***i*** è l'intensità di corrente

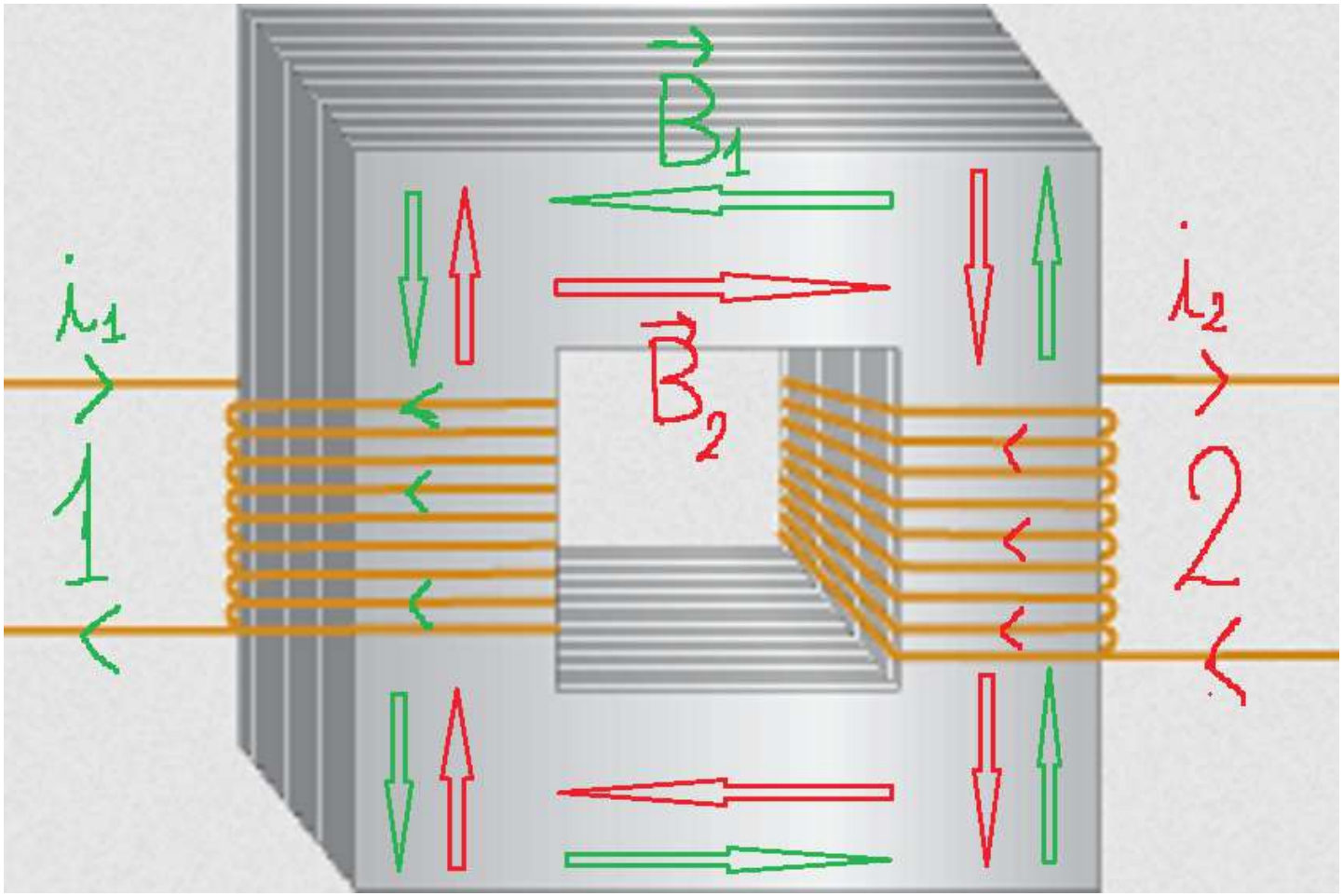
$$F_{MM} = A\Phi$$

Legge di Hopkinson

- F_{MM} (pari a Ni) è la forza magnetomotrice
- ***A*** è la riluttanza magnetica
- Φ è il flusso del campo magnetico

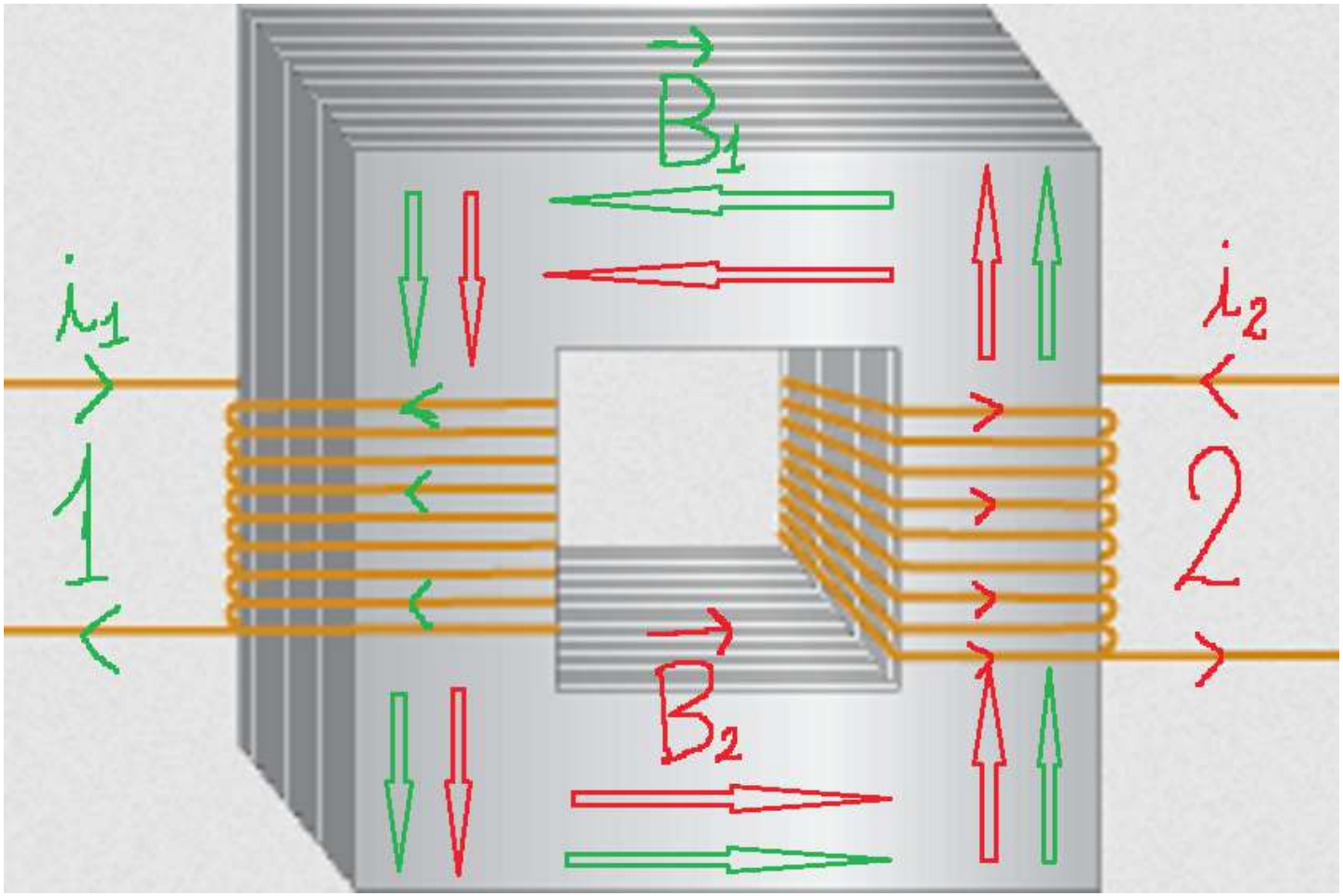
In **verde** il campo generato dalla spira “1”
In **rosso** il campo generato dalla spira “2”

I due contributi si annullano e
il campo totale è nullo



In **verde** il campo generato dalla spira “1”
In **rosso** il campo generato dalla spira “2”

I due contributi si sommano e
il campo totale risulta rafforzato



Riepiloghiamo

- Ci serve un campo magnetico per sollecitare il sistema piastra-molla

- Le correnti elettriche generano campi magnetici

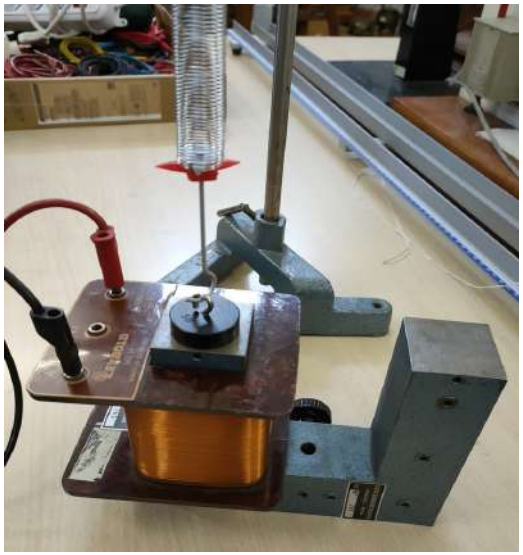
- I solenoidi sono ottimi dispositivi per creare campi magnetici intensi e uniformi all'interno del solenoide

Campo generato dalla corrente nel solenoide: “applet” dal sito “phet.colorado.edu”

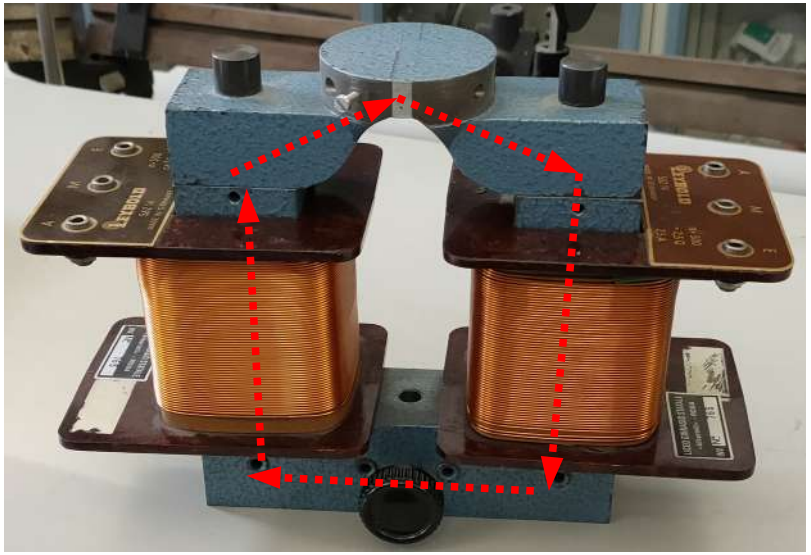
https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/faradayc

Riepiloghiamo

- Il “nucleo” ferromagnetico aumenta l’intensità di B

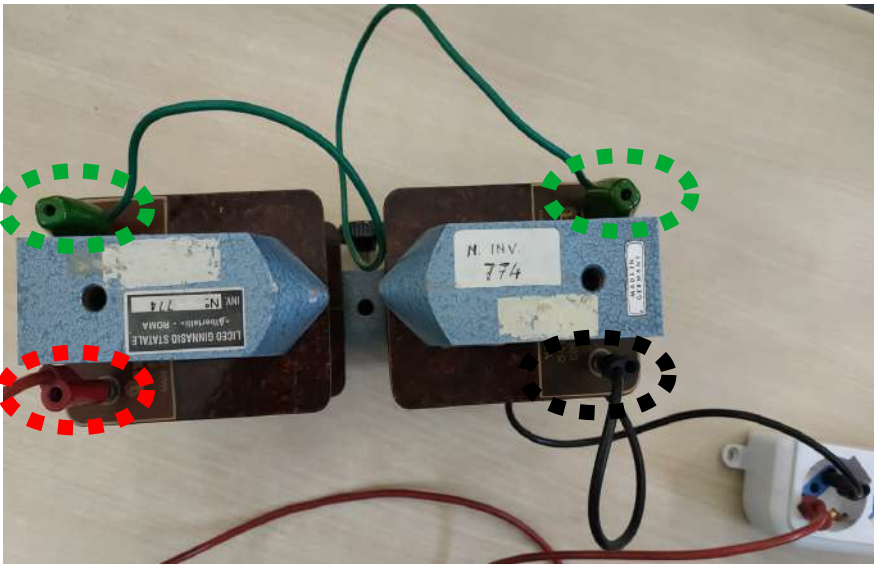


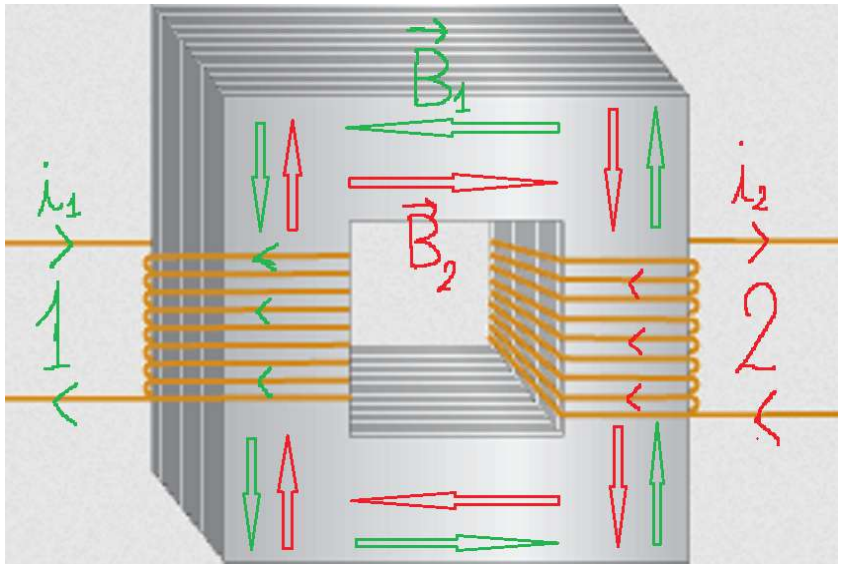
- Il “nucleo” ferromagnetico “intrappola” le linee di campo

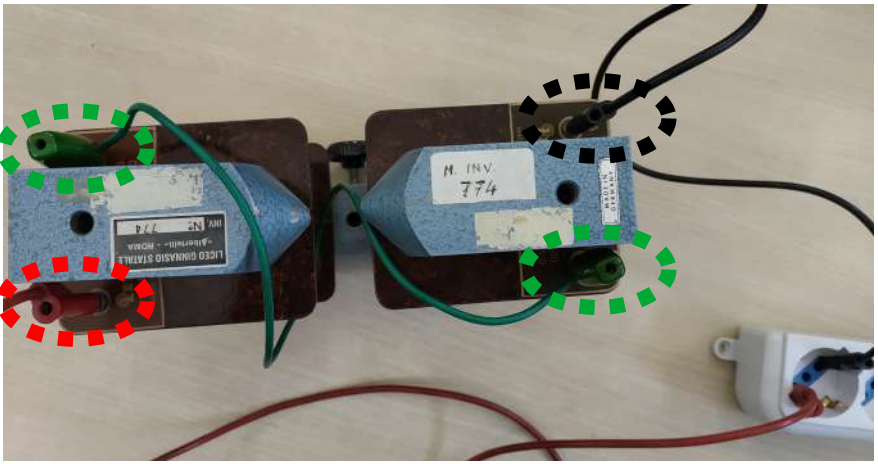


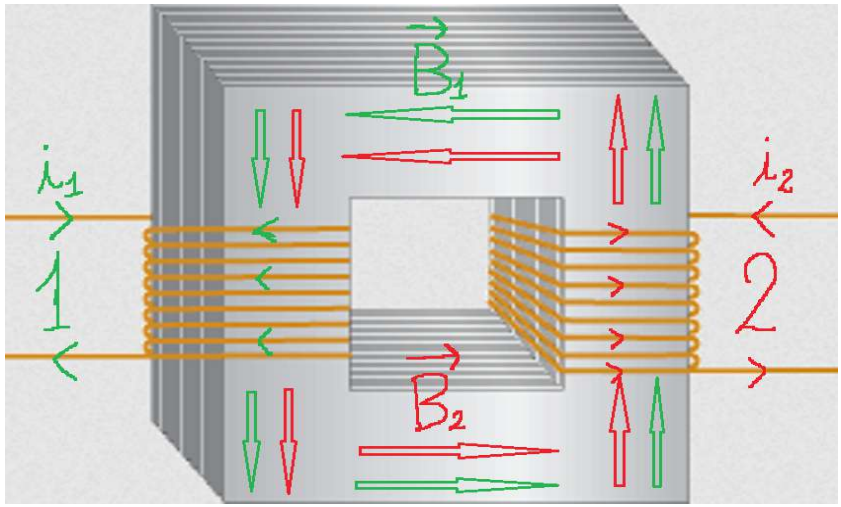
Riepiloghiamo

Se usiamo 2 solenoidi vanno collegati in maniera da sommare il loro "effetto" e non da annullarlo





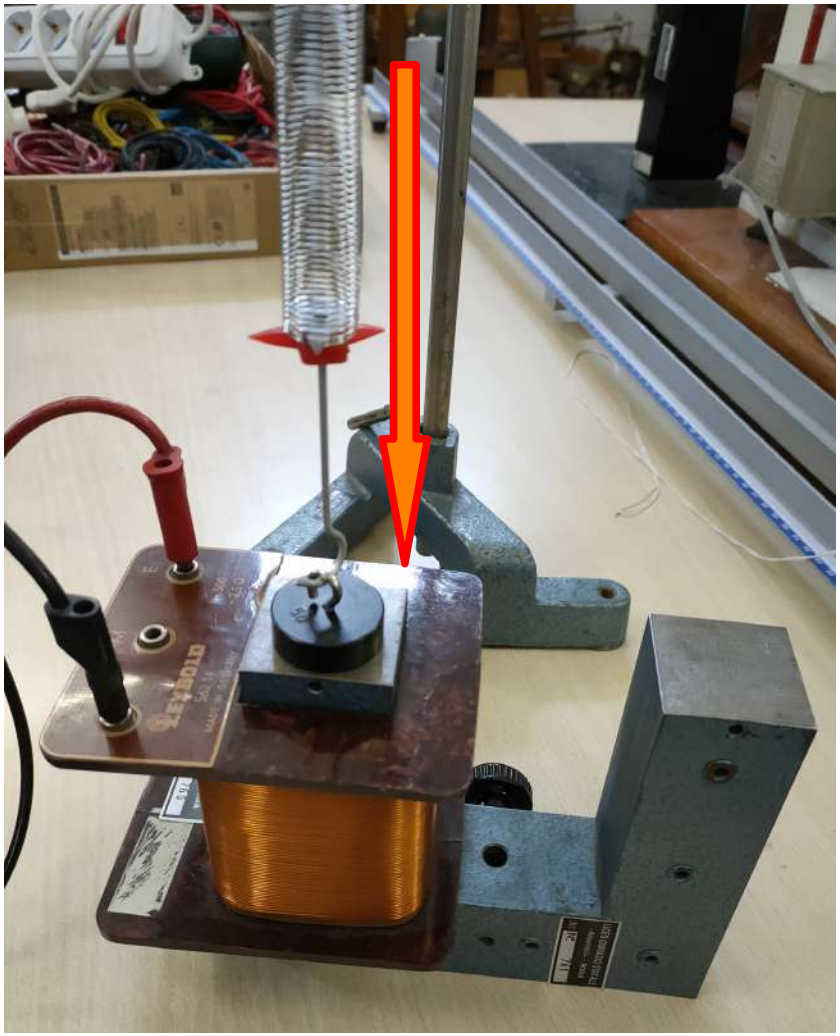




Effetti costanti ***VS*** Effetti “alternati”

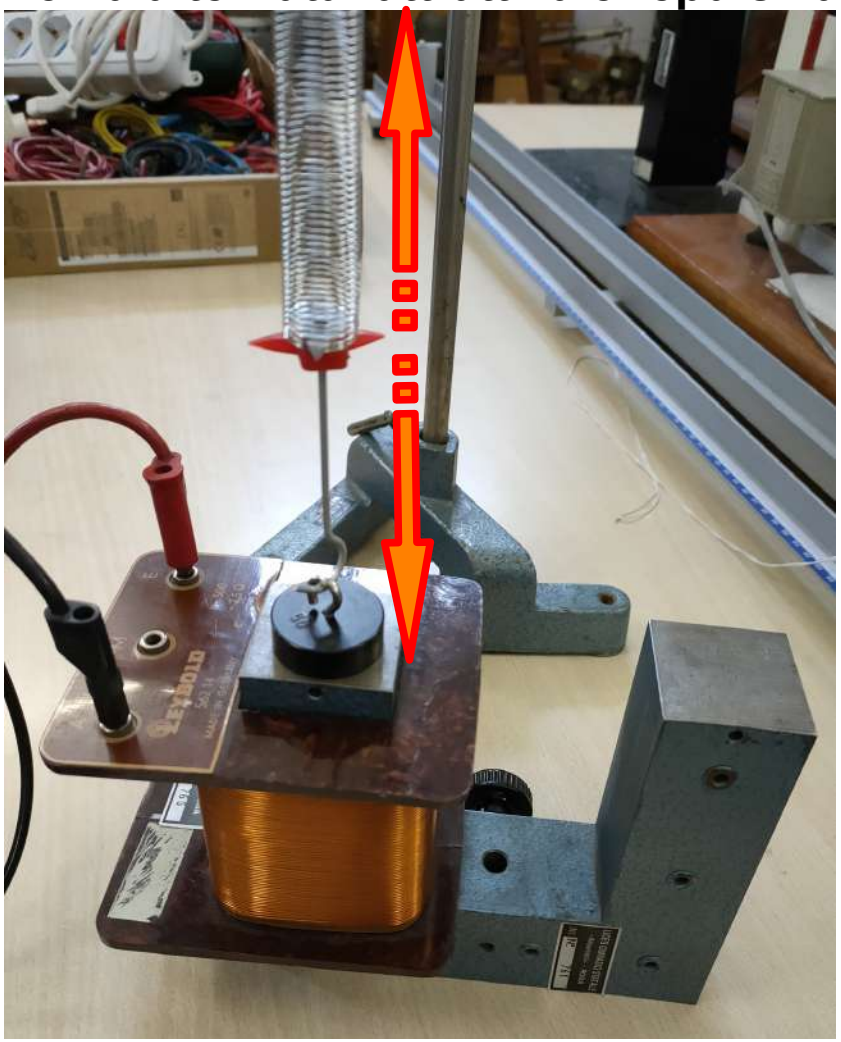
ABBIAMO OTTENUTO

Forza costante: solo attrattiva

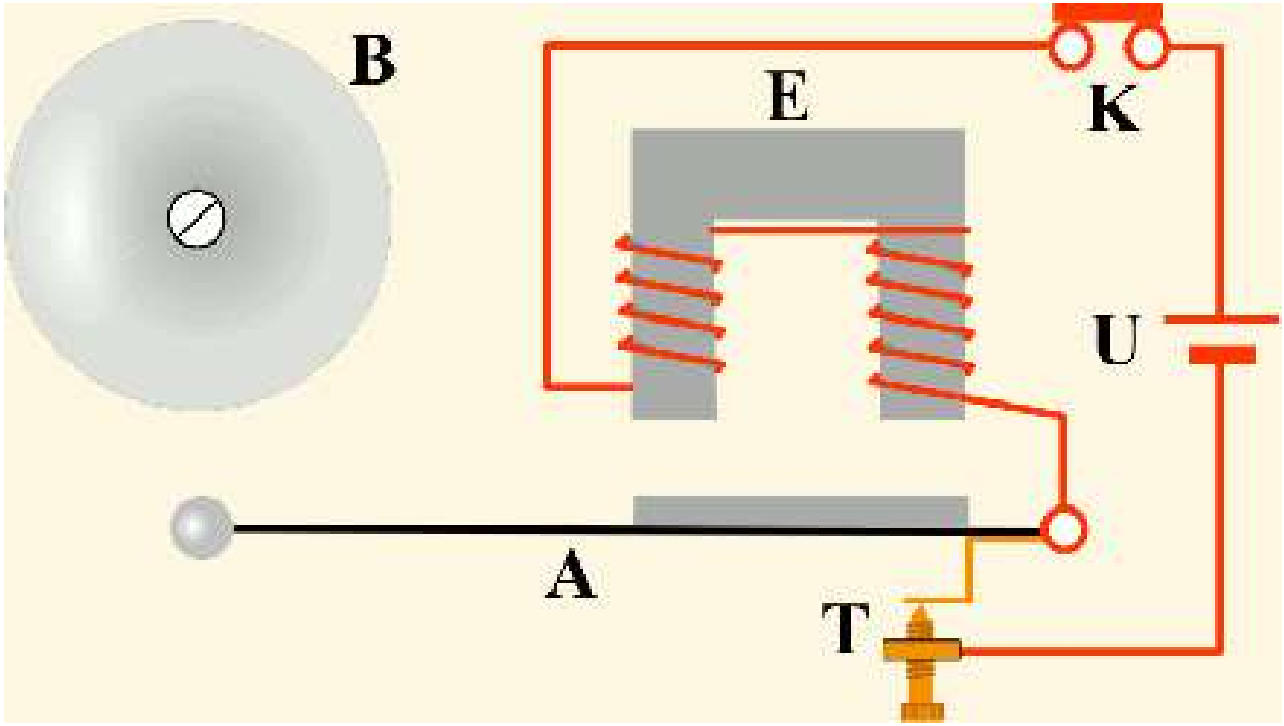


CI SERVE

Forza alternata: attrattiva e repulsiva



Campanello elettrico



Campanello elettrico

L'esemplare del museo di fisica del Liceo Albertelli

1334	261	Spettri della corrente circolante in un solenoide	1		3000
1335	262	Campanello elettrico con pulsante	1	11.5.34	2000
1336	263	Pistola di Volta	1	11	600
1337	264	Voltametro	1		200
1338	265	Vasi comunicanti su base di legno	1	11.5.34	3000

Il nostro interrogativo

L'ingegnoso meccanismo "alternato" usato nel campanello elettrico può essere la risposta alla nostra necessità di avere un effetto "alternato" nella sollecitazione del nostro sistema piastra-molla?

La risposta la troviamo investigando il suggestivo mondo degli oscillatori armonici: conosciamoli meglio

Lezione n° 1: la frequenza propria di oscillazione

La *frequenza propria* di oscillazione f_0 dipende solo dalle caratteristiche della molla (attraverso la *costante elastica k*) e dalla *massa* ad essa agganciata:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

Lezione n° 2: oscillazioni forzate e risonanza

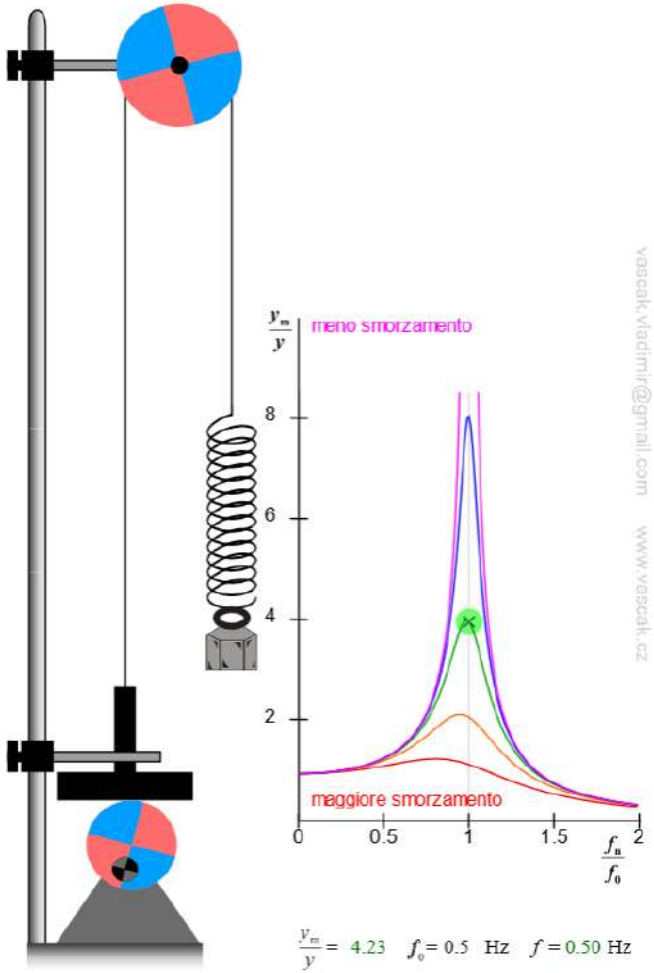
L'effetto massimo di trasferimento di energia alla molla si ottiene se la si sollecita ad una *frequenza forzante f* pari alla sua *frequenza propria* f_0

Se $f = f_0$ il sistema è in *risonanza*

Oscillazione forzata di una ***molla***: “applet” dal sito “vaszak.cz”

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=kv_nucene_kmitani&l=it

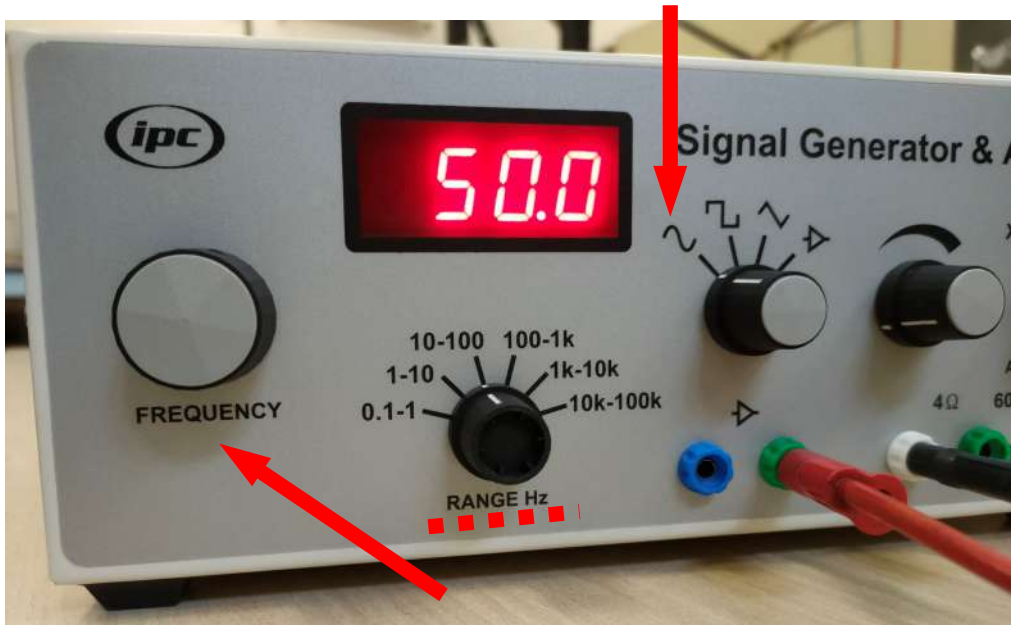
Se $f = f_0$ il sistema è in *risonanza*



Dalla suggestione del *campanello* alla precisione del *generatore di segnale*

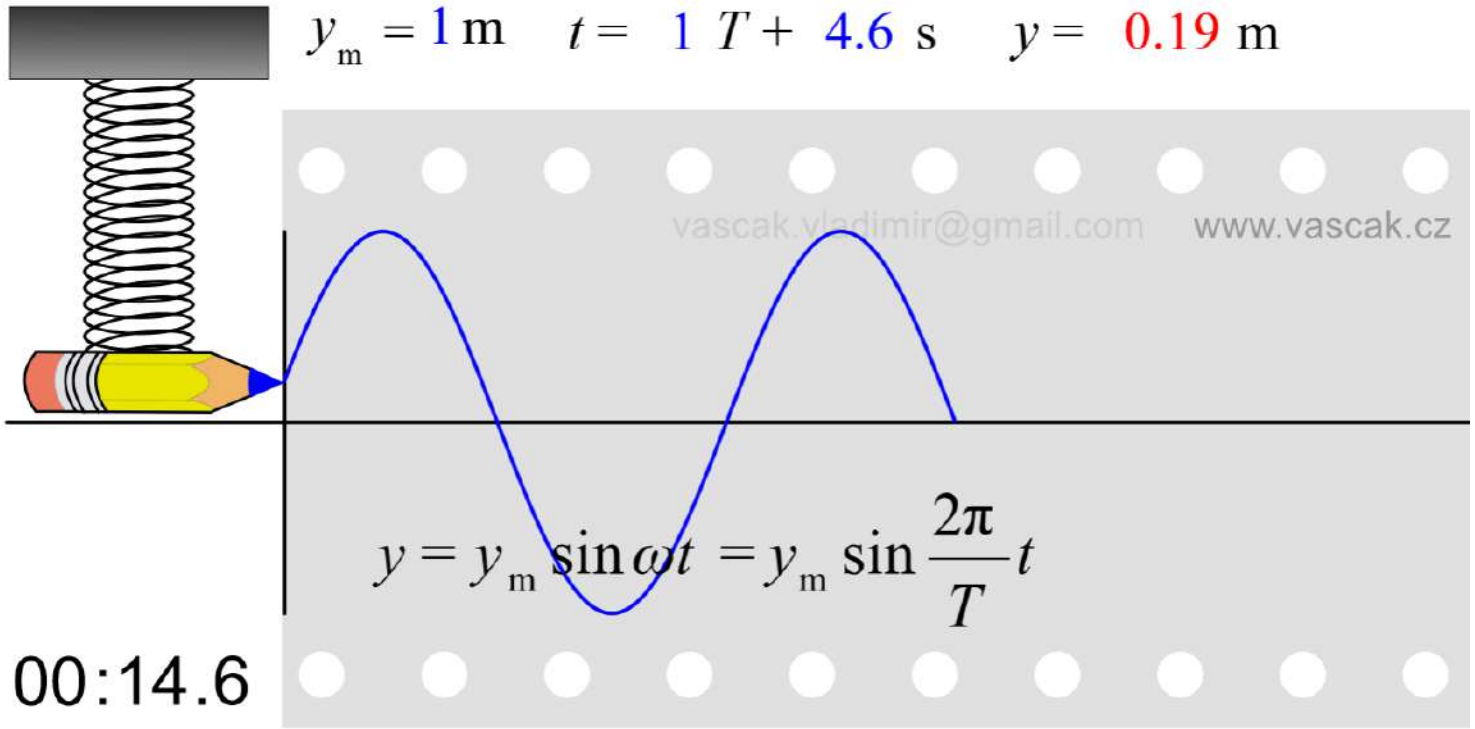
Se abbiamo bisogno di controllare con facilità e precisione la frequenza con cui sollecitiamo la molla, non possiamo affidarci all'ingegnoso meccanismo del campanello elettrico per ottenere l'effetto "alternato" di attrazione e repulsione alla frequenza desiderata.

Ci affidiamo, allora, al preciso e moderno "generatore di segnali" che produce segnali elettrici sinusoidali alla frequenza desiderata



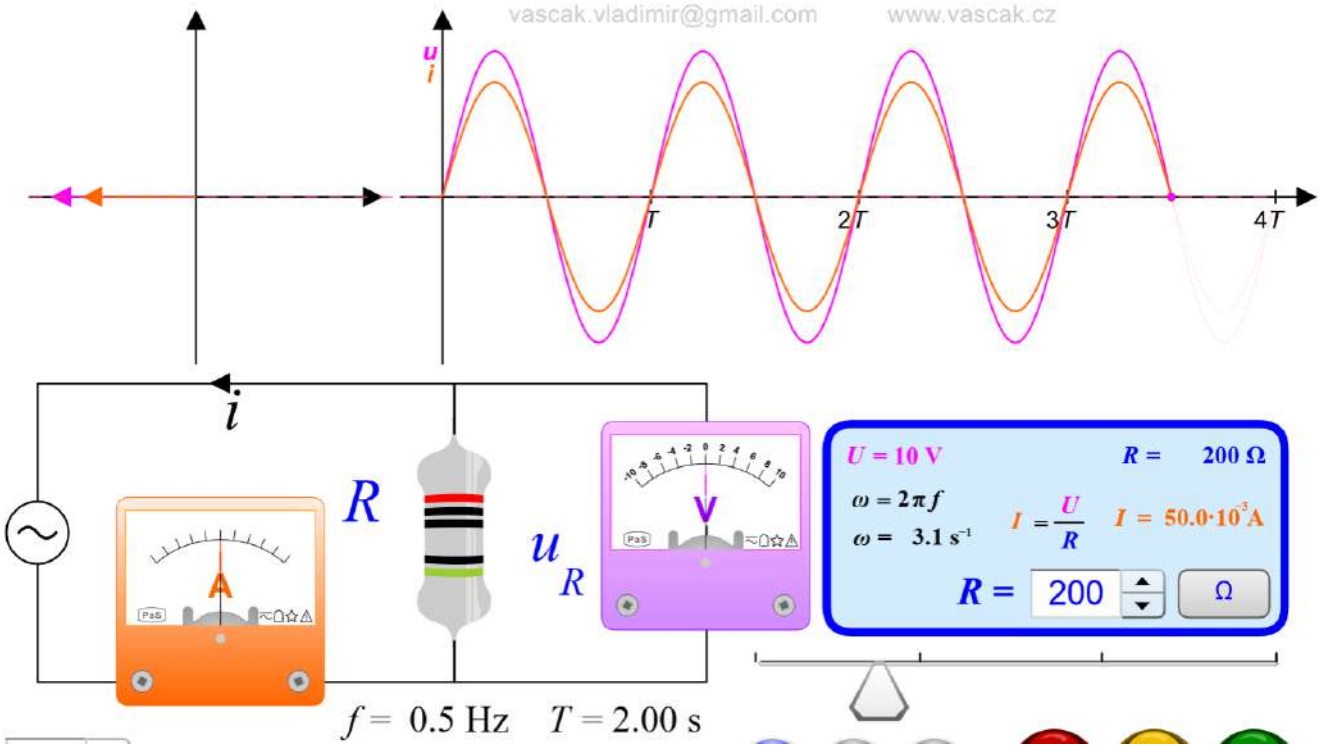
Oscillazione sinusoidale di una ***molla***: “applet” dal sito “vaszak.cz”

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=kv_harmonicke_kmitani&l=it



Oscillazione sinusoidale di una ***corrente***: "applet" dal sito "vaszak.cz"

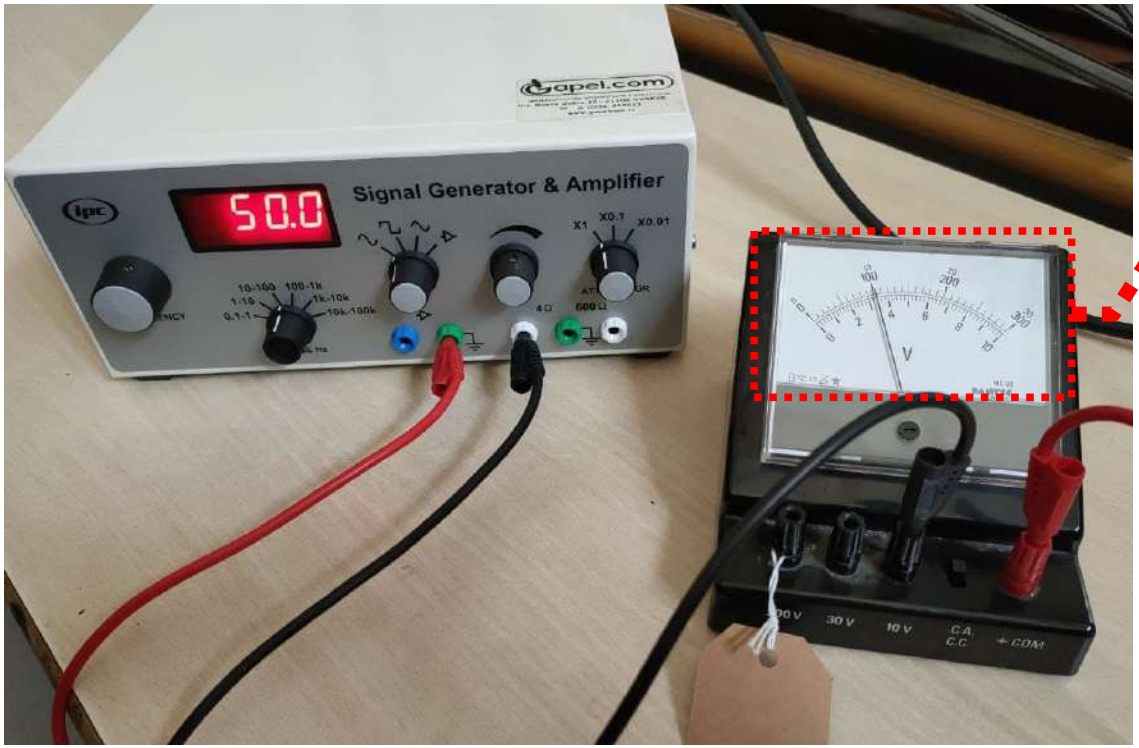
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=ele_ac_rlc&l=it



Ecco la sintesi delle mosse giuste

- Genero una tensione alternata sinusoidale
- Una corrente alternata sinusoidale scorre nei solenoidi
- Un campo magnetico alternato sinusoidale "pulsa" all'interno del nucleo ferromagnetico
- La molla viene forzata ad oscillare dal campo magnetico sinusoidale alla sua frequenza propria: il sistema è in risonanza!

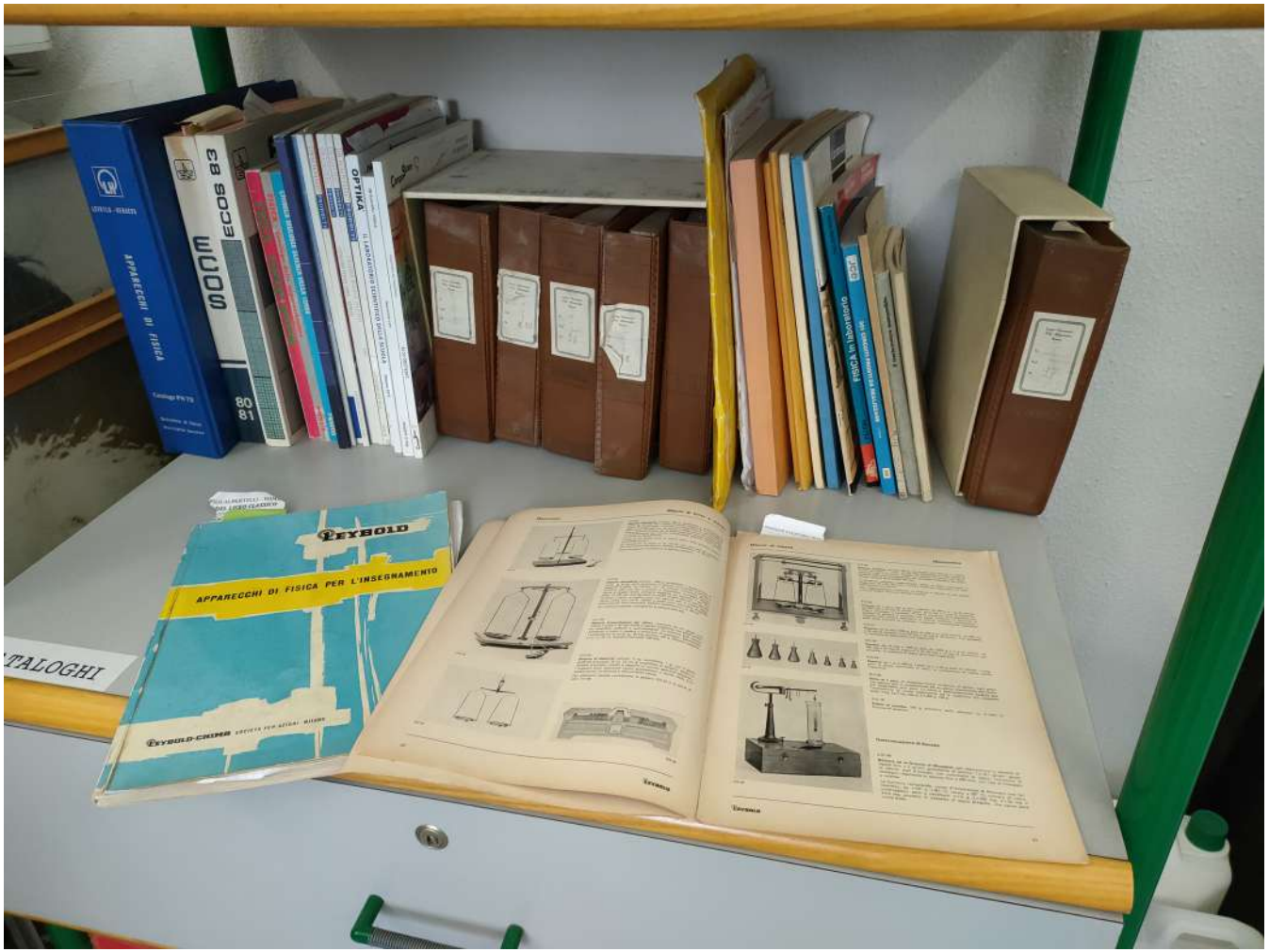
La misura della tensione in uscita dal generatore di segnali



$\Delta V \approx 3{,}4$ V

Le nostre bobine sopportano tensioni in ingresso ben più alte dei pochi volt (circa 3,4 V) forniti dal *generatore di segnali* (informazione reperita dalla scheda tecnica delle bobine Leybold presente nel nostro laboratorio)

Frugare fra scaffali e vecchi cataloghi, alla ricerca della frequenza misteriosa...



Il catalogo Leybold del 1961

PREFAZIONE

In questi ultimi anni l'importanza dell'insegnamento della Fisica per l'istruzione dei giovani è cresciuta oltre ogni previsione ed è stata sempre più riconosciuta la necessità di non limitare tale insegnamento ai soli concetti teorici. Perchè questi giovani possano ricordare e utilizzare per tutta la vita gli elementi fondamentali delle leggi fisiche che governano la natura, occorre infatti che questo insegnamento sia reso vivo e visivo da esperienze dimostrative.

Verso tale finalità didattica è già da molti decenni orientato il nostro indirizzo di sviluppo e di realizzazione delle apparecchiature che poniamo sul mercato, per cui questo catalogo non è limitato agli apparecchi della Fisica Classica, ma comprende invece in particolare anche tutti quegli apparecchi che consentono la trattazione delle più rivoluzionarie conquiste della Fisica moderna.

Con i nostri moderni apparecchi, l'allievo può essere introdotto attraverso la Fisica dei quanti nella Fisica Atomica, e da questa in quella Nucleare che suggestive dimostrazioni pratiche consentono di sviluppare anche quantitativamente. L'insegnamento della Fisica diventa così attuale ed avvincente.

L'ampiezza della materia comporta ovviamente una limitazione del tempo dedicato all'insegnamento della Fisica Classica ed è perciò nostro ulteriore orientamento facilitarne l'insegnamento con apparecchi più adatti, di nuova concezione. Ci è stato in ciò d'aiuto il progresso della Fisica, specialmente nel campo dell'Elettronica, che ha reso possibile la costruzione di mezzi ausiliari per le misure e gli esperimenti, apparecchi che, per precisione e visibilità a distanza, superano di gran lunga tutti quelli ai quali in precedenza i Docenti erano abituati.

Preghiamo perciò di non voler limitare l'esame ai capitoli abituali del catalogo, ma di dedicare uguale attenzione anche a quelli relativi alle nuove apparecchiature, che otterranno, ne siamo certi, lo stesso successo delle precedenti e contribuiranno così ad allargare sempre più la cerchia dei nostri Amici.

Siamo infine particolarmente lieti di poter presentare per la prima volta questo catalogo in edizione italiana, e siamo sicuri che esso faciliterà a tutti i Docenti italiani la migliore conoscenza della vasta gamma di apparecchi che noi produciamo, dotandoli sempre più di istruzioni per l'uso in lingua italiana.

Colonia, ottobre 1961

E. LEYBOLD'S NACHFOLGER

(Dr. Manfred Dunkel)

Colonia, ottobre 1961

Sfogliando il catalogo...

...a pag. 26 leggiamo:

"***376 01 - Esperienza modello sulla teoria cinetica dei gas*** *per chiarire l'agitazione termica di molecole e atomi in un miscuglio gassoso […]. Questo sistema è sincronizzato su una frequenza propria di 50 Hz*"

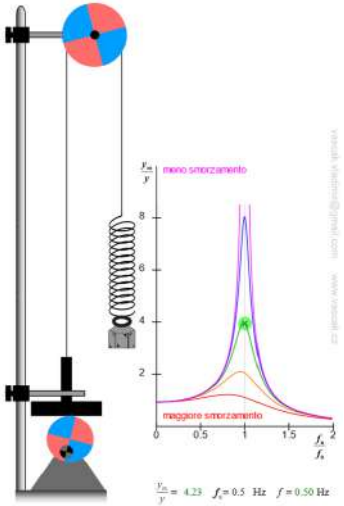
Riepiloghiamo

- Il campanello elettrico: un ingegnoso espediente per ottenere un'elettrocalamita "intermittente" (ma con scarso controllo della frequenza)

- L'oscillatore forzato, ovvero l'importanza della "sintonia" (la forzante deve avere la frequenza propria del sistema)

- La ricerca della giusta frequenza (con l'aiuto dell'antico catalogo) e…

- Il dispositivo adatto a fornirla



Calma...

Dal fallimento... nasce una nuova domanda:
quanto influisce il fatto di utilizzare la corrente alternata sull'intensità del campo magnetico che riusciamo a produrre con le bobine?

Nei primi esperimenti con le bobine abbiamo usato tensioni in ingresso basse (dell'ordine di alcuni volt) ottenendo campi magnetici abbastanza intensi.

E' vero, ma usavamo corrente continua...

...Calma...

Da un ennesimo esperimento... scaturisce una nuova risposta:
Nei circuiti in corrente alternata il solenoide oppone una resistenza al passaggio di corrente ulteriore rispetto alla resistenza ohmica (l'unica presente in corrente continua) dovuta ad un fenomeno detto "autoinduzione".

AUTOINDUZIONE: cenni...

Nei circuiti in corrente alternata la bobina oppone una resistenza al passaggio di corrente dovuta all'*autoinduzione*.
Pertanto, una corrente variabile nell'attraversare un circuito incontra, oltre alla resistenza elettrica (la resistenza "ohmica" R), una "resistenza apparente" detta reattanza induttiva, data dall'espressione:

$$\mathbf{X_L = \omega L}$$

[dove ω è la pulsazione ($2\pi f$) e L è l'induttanza della bobina].

Si vede che l'aumento della frequenza f fa aumentare la *reattanza* con conseguente diminuzione della corrente.
Stesso effetto si ha aumentando l'induttanza L, cosa che accade, ad esempio, inserendo il nucleo di ferro nella bobina.

Rivediamo la formula per l'intensità campo magnetico generato da un solenoide percorso da corrente

$$B = \frac{\mu \cdot N \cdot i}{l}$$

B ed ***i*** sono direttamente proporzionali: la grande "resistenza" opposta al passaggio di corrente alternata da parte del solenoide (*reattanza induttiva*) riduce notevolmente l'intensità di corrente ***i*** che circola nelle spire del solenoide riducendo, di conseguenza, l'intensità del campo magnetico ***B*** generato al suo interno

Ricapitoliamo

Ci serve:

- corrente alternata alla frequenza *esatta* di 50 Hz

- corrente circolante abbastanza intensa nonostante l'autoinduzione delle bobine che oppone molta resistenza

Ci serve, quindi, una sorgente abbastanza "potente" di corrente alternata alla frequenza di 50Hz

Dove la troviamo la "corrente" che fa al caso nostro?!

VIDEO:
luce artificiale ripresa in
“slow motion”

La frequenza della *tensione di rete*

SN:J120357DC1002061
INPUT:100-240V~ 50/60Hz 1.2A
OUTPUT: 5.0V ⎓ 2.0A 10.0W or
5.0V ⎓ 6.0A Max 30.0W Max

Standard elettrici nel mondo (dal sito “Wikipedia”)

Isole Vergini americane	D120/240	120 V	60 Hz	A, B	
Isole Vergini britanniche	D120/240	120 V	60 Hz	A, B	
Israele	S230/400	230 V	50 Hz	C, D, H	
Italia	S230/400	230 V[1]	50 Hz[2]	C, F, L	La presa più comune è chiamata bipasso (ufficialmente P 17/10) che incorpora la presa di tipo P 11 (10 A) e la P 17 (16 A, simile alla P 11 ma con interasse maggiore) e accetta le spine di tipo C e L. Sono frequenti anche le P 11. Le prese di tipo Schuko (P 30, per le spine di tipo F) hanno di solito un foro aggiuntivo per accettare anche le spine di tipo L a 10 A; non sono molto diffuse ma è facile trovare adattatori (omologati fino a 1 500 watt) per collegare le spine con terra laterale alle prese domestiche con terra centrale; più comuni sono le recenti prese P 40, unione tra la bipasso P 17/10 e la Schuko P 30. La tolleranza sulla tensione è del ±10% (da 207 a 253 volt).
Jersey	S230/400 S240/415	230 V	50 Hz	C, G	

Standard elettrici nel mondo (dal sito “Wikipedia”)

Somalia	D220/440 S220/380 D110/220	220 V	50 Hz	C	In alcune zone la frequenza di rete è poco stabile.
Spagna	S230/400 S127/220	230 V	50 Hz	C, F	In vecchi impianti si possono trovare prese di tipo C, J o L.
Sri Lanka	S230/400	230 V	50 Hz	D, M	
Stati Uniti	S120/208 D120/240 T460	120 V	60 Hz	A, B	Standardizzato a 120 V. I fornitori di elettricità hanno lo scopo di mantenere in dotazione alla maggior parte dei clienti una tensione tra i 114 e 126 V per maggior parte del tempo. 240 V/60 Hz è utilizzato per grandi elettrodomestici. Grandi edifici residenziali hanno spesso tre fasi di alimentazione a 120/208/240V, con grandi elettrodomestici che sono connessi tra due delle fasi, dando una tensione di 240 volt. Dal 1962, le prese di tipo B sono richieste dal codice di nuova costruzione e ristrutturazione. Le prese da 20A sono usate esclusivamente in cucina o in altri luoghi dove si trovano grandi elettrodomestici.
Sudafrica	S220/380 S230/400	220/230 V	50 Hz	M, IEC (N)	A Grahamstad e Port Elizabeth la tensione è 250 V; tale tensione è anche presente a King Williams.
Sudan	S230/400	230 V	50 Hz	C, D	
Sudan del Sud	S230/400	230 V	50 Hz	C, D	

Si torna a sperare...

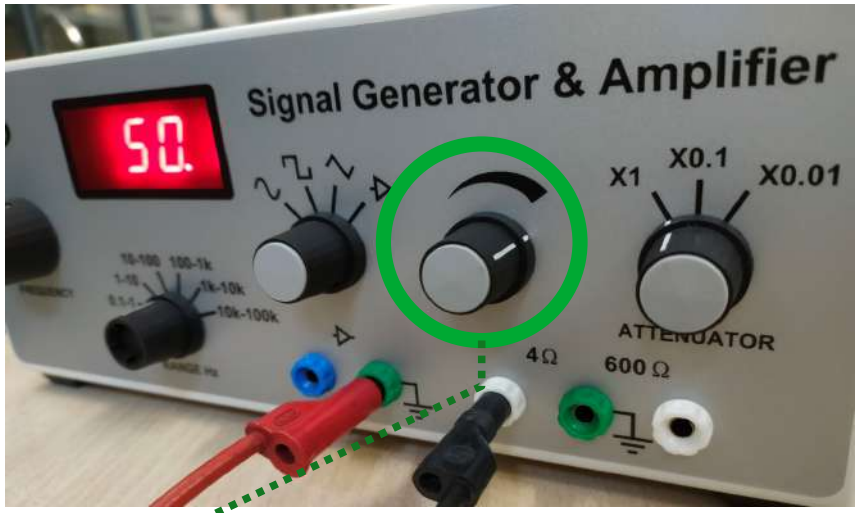
Se abbiamo capito bene la situazione, possiamo alimentare il nostro dispositivo semplicemente con la rete elettrica!

Forse questa volta ce l'abbiamo davvero fatta!

Quasi …

Un’ultima difficoltà

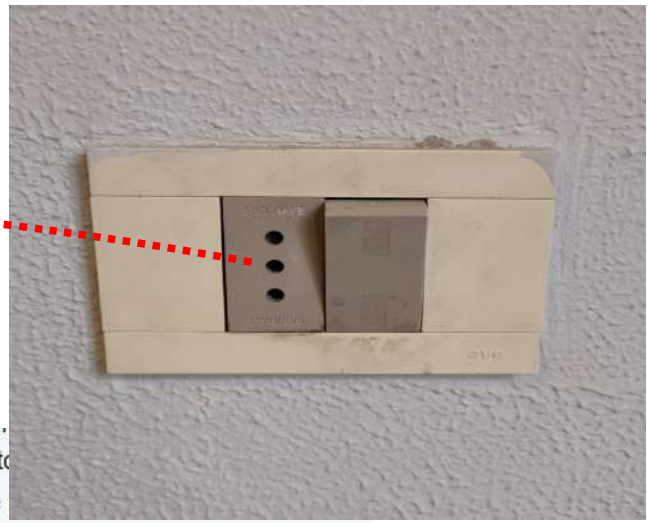
Abbiamo bisogno di “dosare” la tensione di alimentazione…



… ci serve una “manopola”!

Un’ultima difficoltà

Allora, a un passo dalla meta, abbiamo una nuova domanda, un’ennesima sfida: come facciamo a “dosare” la corrente che circola nel dispositivo se la preleviamo direttamente dal muro, dove la tensione è *fissa* a 230 Volt?!?

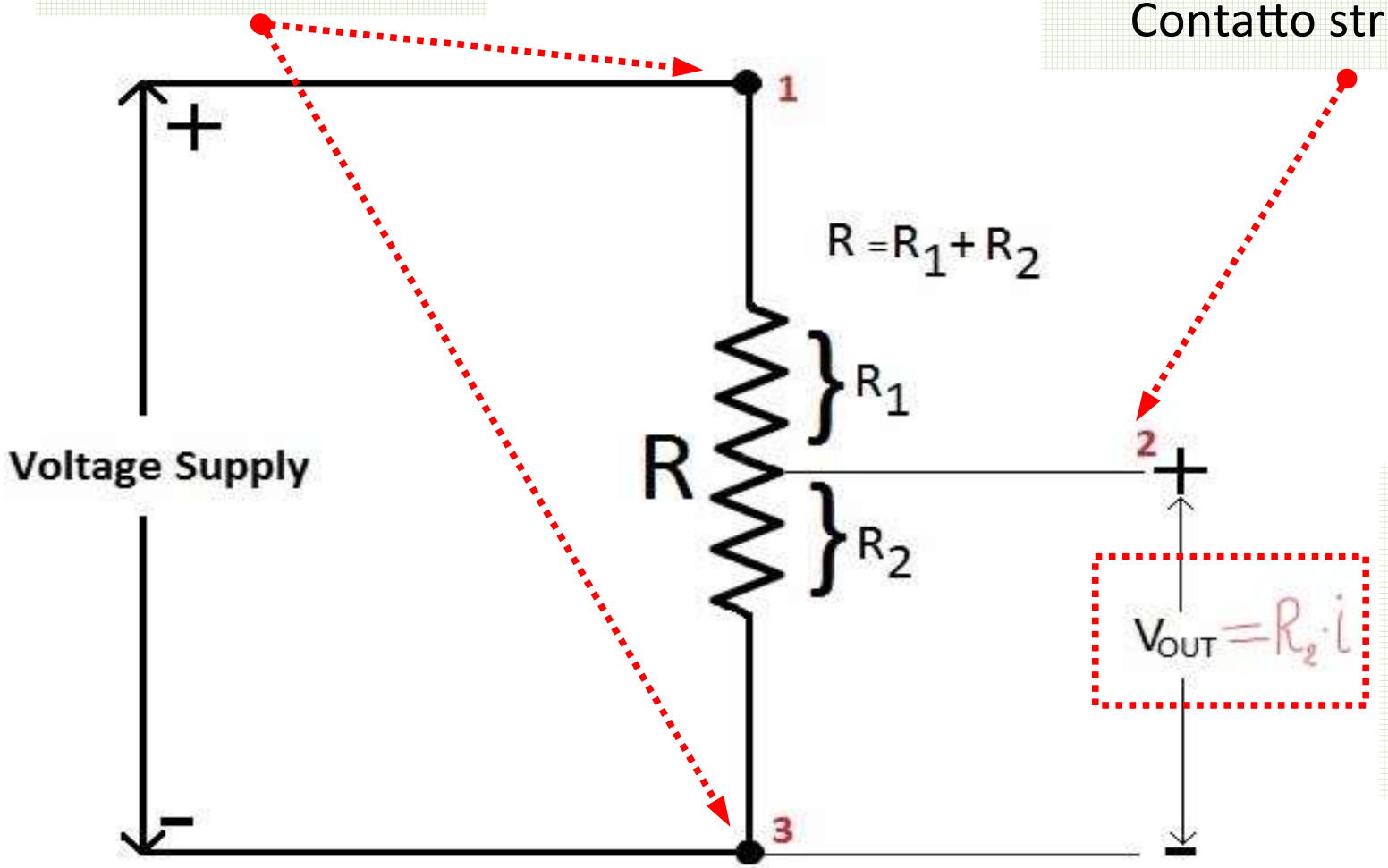


Italia	S230/400	230 V[1]	50 Hz[2]	C, F, L	spine di tipo F) hanno di solito 10 A; non sono molto diffuse collegare le spine con terra laterale alle prese domestiche con sono le recenti prese P 40, unione tra la bipasso P 17/10 e la S La tolleranza sulla tensione è del ±10% (da 207 a 253 volt).

Il potenziometro

Contatti fissi

Contatto strisciante

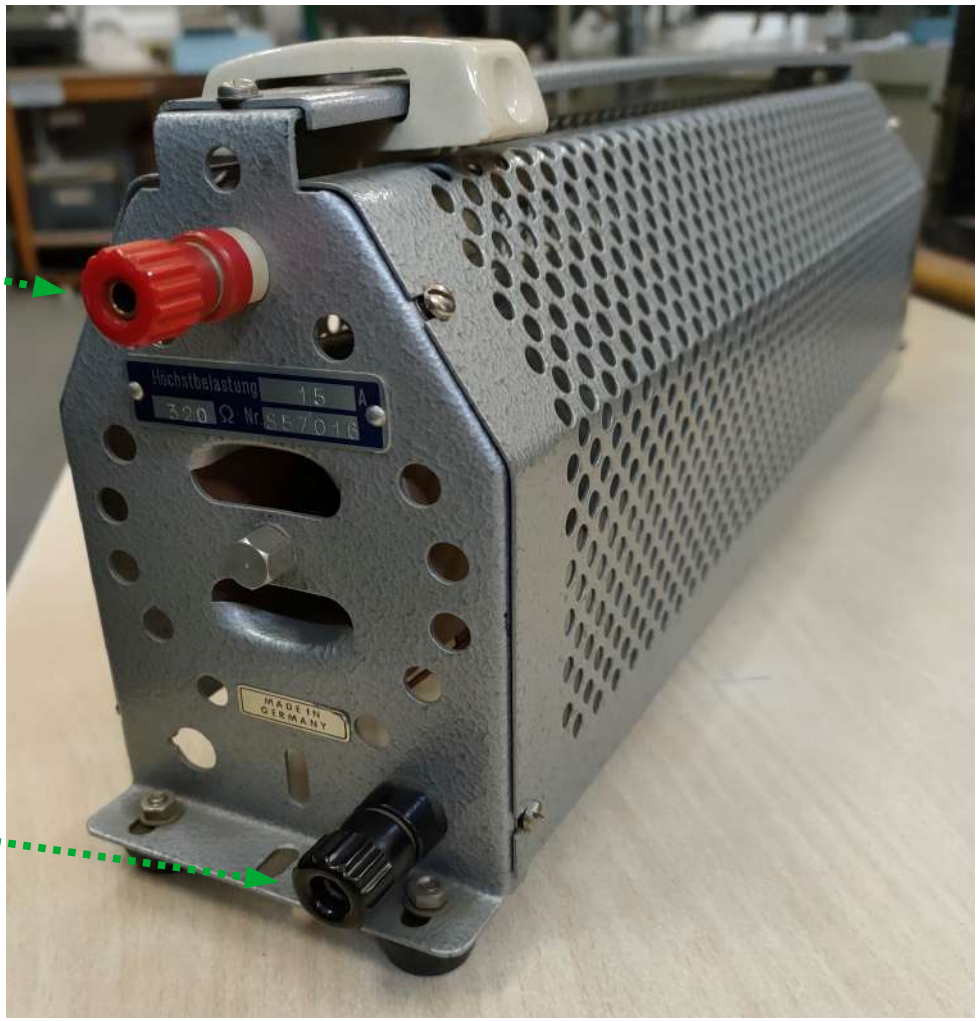


La tensione variabile prelevata fra i capi "2" e "3"

Il nostro reostato

CONTATTO STRISCIANTE

UNO DEI DUE CONTATTI FISSI



Per salutarci...

"Con l'aiuto delle teorie fisiche cerchiamo di aprirci un varco attraverso il groviglio dei fatti osservati, di ordinare e intendere il mondo delle nostre impressioni sensibili. Aneliamo che i fatti osservati discendano logicamente dalla nostra concezione della realtà. Senza la convinzione che con le nostre costruzioni teoriche è possibile raggiungere la realtà, senza convinzione nell'intima armonia del nostro mondo, non potrebbe esserci scienza. Questa convinzione è, e sempre sarà, il motivo della ricerca scientifica. In tutti i nostri sforzi, in ogni drammatico contrasto fra vecchie e nuove interpretazioni riconosciamo l'eterno anelo d'intendere, nonché l'irremovibile convinzione nell'armonia del nostro mondo, convinzione ognor più rafforzata dai crescenti ostacoli che si oppongono alla comprensione"

Albert Einstein e Leopold Infeld "L'evoluzione della fisica"

Riferimenti esterni

APPLET dal sito *phet.colorado.edu*

APPLET dal sito *vascak.cz*

VIDEO AGITAZIONE TERMICA da *youtube: https://youtu.be/WTrdZNZ_rVA*
(canale youtube di Ugo Morra)

LE IMMAGINI (ad eccezione di quelle indicate di seguito) e LA GIF ANIMATA "campanello elettrico" sono prese da internet sotto licenza *Creative Commons*

LE DUE IMMAGINI "La più semplice elettrocalamita" e "L'elettrocalamita: una magnetizzazione reversibile" sono presi da internet sotto licenza non nota

TUTTE LE ALTRE FOTO sono state appositamente scattate nel laboratorio di fisica del *Liceo Classico "Pilo Albertelli" - Roma*