

Formulazione, formalizzazione e ... rischio di formulite

Francesco di Paola Bruno*

* Già docente di Matematica e Fisica – Castellammare di Stabia (NA);
effe.bruno@virgilio.it



DOI : 10.53159 /PdM(IV).v4n4.094

Sunto: *Vengono presentati quattro argomenti di Fisica previsti per la secondaria di 2° grado, tratti da ottica geometrica, meccanica, elettromagnetismo che, nonostante l'applicazione di differenti leggi e principi fisici, vengono descritti dalla stessa legge matematica. Tale formalizzazione permette di cogliere analogie e differenze tra i vari fenomeni e fornisce lo spunto per dare significato fisico alle condizioni di esistenza matematiche, suggerendo anche possibili nuove interpretazioni in contesto reale. Viene anche sottolineata la centralità del concetto di legge fisica generale e di modello matematico contrapposta alle formulette "magiche" il cui uso, o abuso, spesso conduce all'errata risoluzione dei problemi.*

Parole Chiave: *legge fisica, formalizzazione matematica, modellizzazione*

Abstract: *In this article I present how four different physics topics, usually taught in high school and stemming from geometric optics, mechanics and electromagnetism, can be described by the same mathematical formula, despite starting from the application of diverse physics laws and principles. This general mathematical formalization highlights the similarities between different physics phenomena while also suggesting novel and different interpretation of these*

phenomena. This general approach is also opposed to the application of ad hoc "magic" formulas, which often lead to flaws when mistakenly chosen to solve physics problems.

Keywords: *physics laws, mathematical formalization, modelling*

1 - Introduzione

Nel seguito saranno esaminate quattro leggi fisiche: legge dei punti coniugati per lenti sottili; molla equivalente di molle in serie; resistenza equivalente di resistori in parallelo; capacità equivalente di condensatori in serie. Pur richiedendo l'applicazione di differenti principi e leggi fisiche, vengono formalizzate con la stessa legge matematica che ricorda la formula della media armonica. Ciò consente di fare qualche considerazione su analogie e differenze tra le quattro situazioni presentate, immaginando un ipotetico "dialogo" tra Fisica e Matematica, in cui ciascuna disciplina considera la situazione dal proprio punto di vista.

2 - Legge dei punti coniugati per lenti sottili

L'ottica geometrica è uno dei temi di Fisica, previsti per il primo biennio della scuola secondaria di 2° grado e del liceo scientifico in particolare, che spesso per vari motivi vengono trascurati, facendo perdere così un'importante occasione per dare una connotazione reale a costruzioni e proprietà trattate in forma astratta nella geometria euclidea. È interessante anche cogliere le analogie tra il modello matematico e il modello fisico coinvolti, osservando che, come è difficile definire che cosa sia una "retta" in geometria euclidea, così è controverso definire che cosa sia un "raggio luminoso" in

ottica. Non va trascurato poi il fatto che con una spesa irrisoria si può portare in classe una comune lente di ingrandimento e sperimentare direttamente come e dove vengono a formarsi le immagini.

L'esperienza mi dice che può anche capitare che qualche alunno più motivato possa portare in classe un rudimentale videoproiettore realizzato fissando il suo smartphone all'interno di una scatola di cartone e coprendo con una comune lente di ingrandimento il foro praticato sulla parete opposta della scatola.

La "legge dei punti coniugati" valida sia nella rifrazione con lenti "sottili", sia nella riflessione con specchi parabolici o "sferici di piccola apertura", lega le posizioni di oggetto e immagine prodotta, con la distanza focale della lente o dello specchio.

Intanto vale la pena di sottolineare come la modellizzazione matematica di un fenomeno reale può richiedere delle semplificazioni di carattere fisico. Nel nostro caso, la caratteristica "sottile" riferita a una lente convergente indica che il raggio di curvatura delle superfici della lente è molto più grande del diametro della lente stessa. Ciò rende trascurabile il suo spessore al centro e quindi consente di affermare che un raggio luminoso, comunque inclinato, incidente sul centro della lente, possa essere modellizzato con un'unica retta sia nella parte incidente sia in quella rifratta dopo l'attraversamento della lente. Così la caratteristica "di piccola apertura" riferita a uno specchio sferico consente di affermare che un raggio luminoso incidente sullo specchio parallelamente all'asse ottico venga sempre riflesso verso un

unico punto detto fuoco, proprietà che a rigore è vera solo per specchi parabolici.

Per la formalizzazione matematica della legge, supponiamo di avere (Fig. 1) una lente convergente con lunghezza focale f , a sinistra della quale, a distanza p , si trovi un oggetto. Il punto P appartenente all'oggetto emette dei raggi luminosi che, dopo essere stati rifratti, si incontrano nel punto Q appartenente all'immagine che si forma a destra della lente, a distanza q da essa. Degli infiniti raggi partenti da P , possiamo considerarne due particolari, il primo PL parallelo all'asse ottico che verrà deviato verso il fuoco F_2 , il secondo PC passante per il centro della lente che, come osservato precedentemente, prosegue inalterato. I raggi rifratti LQ e CQ si incontreranno nel punto Q che determina la posizione dell'immagine.

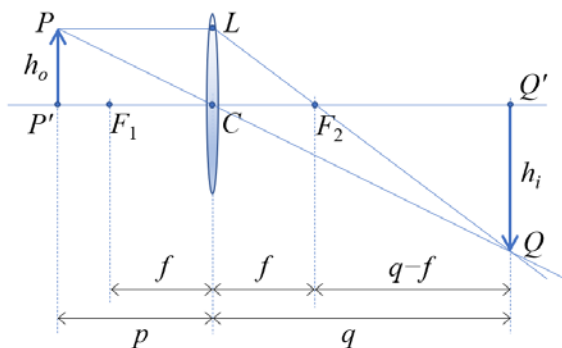


Fig. 1 - Costruzione dei punti coniugati per una lente convergente.

Pensando di operare nel piano euclideo, possiamo applicare la similitudine ai triangoli $PP'C$ e $QQ'C$ e ai triangoli LCF_2 e $QQ'F_2$, oppure, se preferiamo il piano cartesiano, possiamo più semplicemente usare la definizione di pendenza delle rette PQ ed LQ , ottenendo le seguenti uguaglianze:

$$\frac{h_o}{p} = \frac{h_i}{q} \Rightarrow \frac{h_i}{h_o} = \frac{q}{p} \quad \frac{h_o}{f} = \frac{h_i}{q-f} \Rightarrow \frac{h_i}{h_o} = \frac{q-f}{f}$$

$$\frac{q}{p} = \frac{q-f}{f} \Rightarrow \frac{q}{p} = \frac{q}{f} - 1 \Rightarrow \frac{q}{p} + 1 = \frac{q}{f}$$

Si perviene così alla nota legge dei punti coniugati:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

Se vogliamo che la formula risponda al problema di determinare a quale distanza q dalla lente deve essere posizionato uno schermo su cui visualizzare nitidamente l'immagine dell'oggetto che si trova dall'altra parte della lente a distanza p , dovremmo scrivere:

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{f} - \frac{1}{p} \quad q = \frac{fp}{p-f}$$

dove q risulta funzione della variabile p , una volta che si sia fissato il parametro f . Tale funzione può essere tabulata con l'uso della calcolatrice per poi essere rappresentata graficamente per punti (Fig. 2).

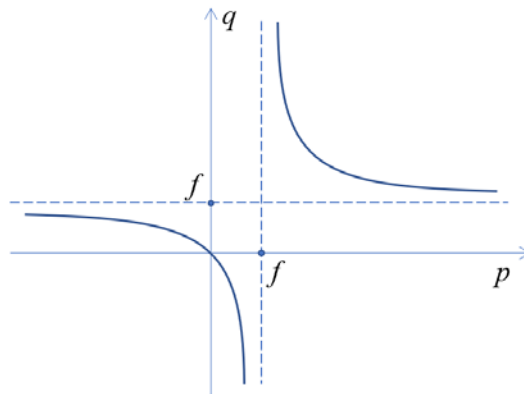


Fig. 2 - Grafico cartesiano della legge dei punti coniugati.

Anche in classi del primo biennio, sperimentalmente è possibile costruire il grafico di quella che poi, nei successivi anni, verrà classificata come funzione omografica, così come è molto intuitivo, sempre numericamente, ricavare le tendenze:

$$\lim_{p \rightarrow +\infty} q = f \qquad \lim_{p \rightarrow f^+} q = +\infty$$

che poi saranno chiamate limiti. È da considerare, infatti, che la didattica della matematica, invece di svilupparsi lungo una retta, dovrebbe piuttosto procedere su di una spirale in cui i concetti, per livelli successivi, vengono ripresi, approfonditi e consolidati sempre di più, creando nuovi collegamenti con gli altri concetti che nel frattempo vengono introdotti. Andrebbe sfatato il fatto che ci siano contenuti matematici “vietati” ad alunni minori di una certa età perché fanno parte del “programma” di anni scolastici successivi. Il problema non sta nei contenuti, ma nella modalità con cui vengono presentati. Solo a titolo di esempio, i concetti di integrale definito e di derivata, che la Fisica nel corso della storia ha suggerito alla Matematica, sono sicuramente più semplici e intuitivi da comprendere di quanto non lo siano alcuni contenuti di algebra o di geometria razionale che normalmente vengono trattati nel primo biennio.

Il confronto tra situazione fisica e formalizzazione matematica della legge delle lenti, consente di osservare alcuni casi particolari come la simmetria che si crea con oggetto e immagine posizionati entrambi a distanza $2f$ dalla lente (Fig. 3).

Nel caso in cui la distanza dell’oggetto sia uguale alla distanza focale (Fig. 4), dal punto di vista fisico, i raggi rifratti

risultano paralleli e non consentono la formazione di alcuna immagine. Dal punto di vista matematico, la legge che esprime q in funzione di p presenta una discontinuità per $p = f$ non essendo definita a causa del denominatore nullo. In corrispondenza il grafico cartesiano presenta un asintoto verticale.

Tale situazione è estremamente interessante, perché ci pone di fronte a un caso concreto di discontinuità anche fisica, facilmente verificabile guardando attraverso la lente.

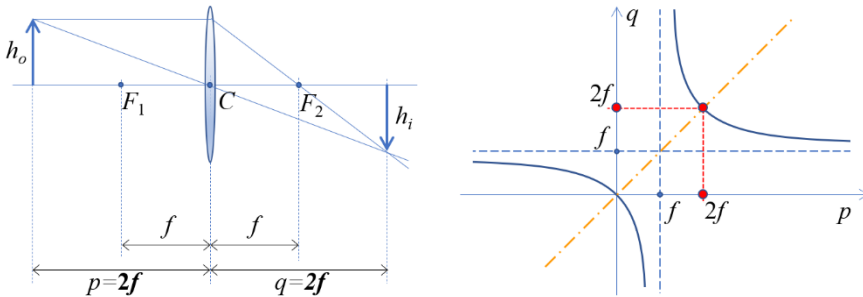


Fig. 3 - Caso di simmetria con oggetto e immagine a distanza $2f$.

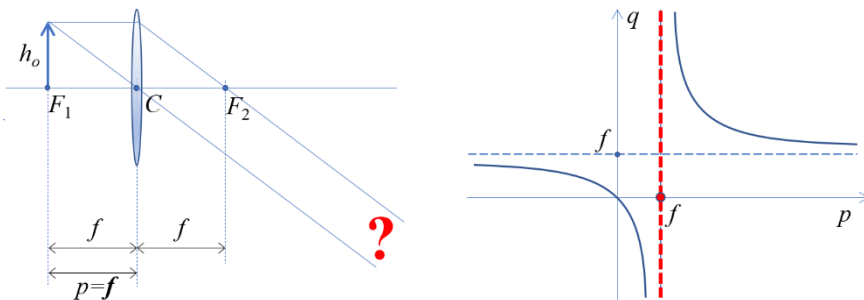


Fig. 4 - Caso di oggetto posto a distanza f con immagine mancante.

Infine, se la distanza dell'oggetto è minore della distanza focale (Fig. 5), la matematica ci dice che $q < 0$. L'esperienza

fisica, interpreta questa condizione col fatto che non si forma alcuna immagine reale come nel caso precedente però, essendo i raggi rifratti divergenti, l'osservatore avrà la sensazione che essi provengano da un punto Q posto dalla stessa parte di P rispetto alla lente e che quindi l'immagine si formi, non capovolta, dalla stessa parte dell'oggetto. La lente funziona da lente di ingrandimento e in tal caso l'immagine si dice "virtuale".

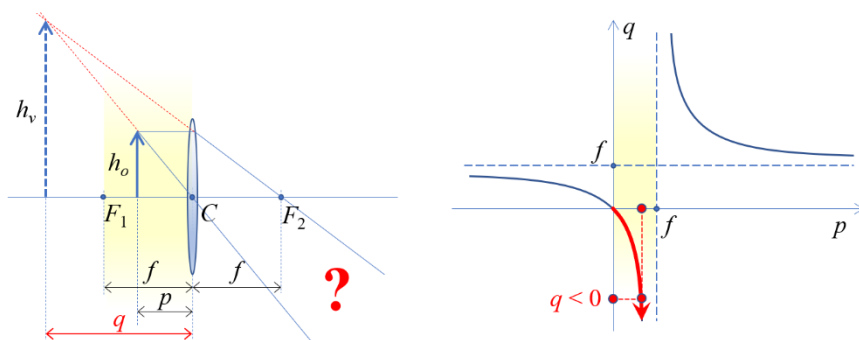


Fig. 5 - Caso di oggetto posto a distanza $0 < p < f$ con immagine virtuale.

La legge matematica, senza alcun problema, potrebbe fornire risultati anche nel caso $p < 0$ che invece, dal punto di vista fisico, non sono significativi.

3 - Molla equivalente di molle in serie

Cambiamo tema e, sempre nel primo biennio, possiamo studiare forza elastica e legge di Hooke. Ci chiediamo poi come si comporti, in seguito a deformazione, un sistema di due molle di costanti elastiche k_1 e k_2 collegate in serie, cioè una di seguito all'altra (Fig. 6).

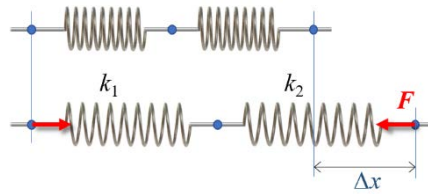


Fig. 6 - Allungamento totale di due molle in serie.

È facile verificare che il sistema delle due molle si comporta come un'unica molla che, reagendo con la forza elastica F , si allunga del tratto Δx e in base alla legge di Hooke si avrà:

$$F = k \cdot \Delta x \quad \Delta x = \frac{F}{k}$$

Se si considera ciascuna molla singolarmente (Fig. 7) si nota che ognuna reagisce sempre con la stessa forza elastica F perché il punto di collegamento intermedio sarà in equilibrio quando le forze dovute alle due molle sono opposte.

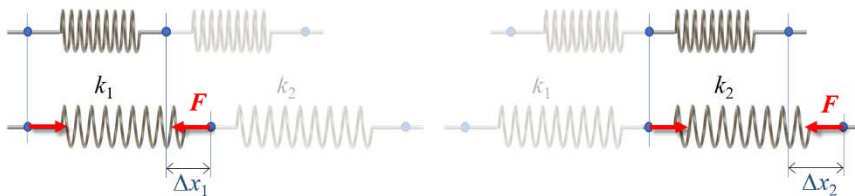


Fig. 7 - Allungamento singolo di ciascuna delle molle in serie.

La legge di Hooke applicata a ciascuna molla assicura che:

$$F = k_1 \cdot \Delta x_1 \quad \Delta x_1 = \frac{F}{k_1}$$

$$F = k_2 \cdot \Delta x_2 \quad \Delta x_2 = \frac{F}{k_2}$$

tenendo poi presente che l'allungamento totale è uguale alla somma degli allungamenti si ha:

$$\Delta x_1 + \Delta x_2 = \Delta x \qquad \frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2} = \frac{F}{k}$$

Si perviene così alla legge della molla equivalente:

$$\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} = \frac{1}{k}$$

che formalmente è uguale alla legge dei punti coniugati trovata per le lenti.

4 - Resistenza di resistori in parallelo

Passando a contenuti tipici del quarto e quinto anno, affrontiamo il classico problema del calcolo della resistenza equivalente di due resistori collegati in parallelo (Fig. 8) aventi resistenze rispettivamente R_1 ed R_2 .

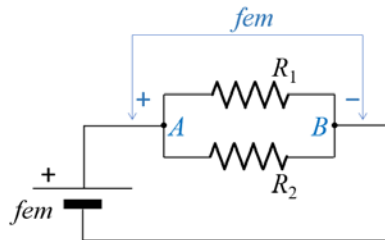


Fig. 8 - Resistori collegati in parallelo.

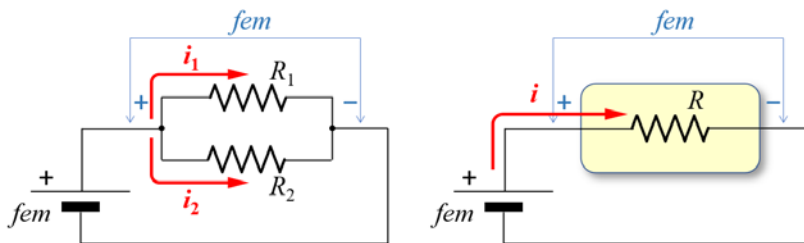


Fig. 9 - Differenze di potenziale e correnti in gioco.

Da notare (Fig. 8) che i due resistori sono sottoposti, tra i punti A e B, alla stessa differenza di potenziale uguale alla forza elettromotrice fem fornita dal generatore, mentre sono attraversati dalle correnti di differente intensità i_1 e i_2 (Fig. 9). Se si immagina di sostituire i due resistori in parallelo con uno equivalente di resistenza incognita R , esso sarà sottoposto sempre alla stessa differenza di potenziale fem e sarà percorso dalla corrente di intensità i . Applicando la prima legge di Ohm alle tre situazioni si ottengono le intensità di corrente:

$$i_1 = \frac{fem}{R_1} \quad i_2 = \frac{fem}{R_2} \quad i = \frac{fem}{R}$$

che sono legate dalla legge dei nodi di Kirchhoff:

$$i_1 + i_2 = i \quad \frac{fem}{R_1} + \frac{fem}{R_2} = \frac{fem}{R}$$

Si perviene così alla nota legge della resistenza equivalente:

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R}$$

che formalmente è ancora identica alle due ricavate nei paragrafi precedenti.

5 - Capacità di condensatori in serie

Esaminiamo infine il classico problema della capacità equivalente di due condensatori, di capacità C_1 e C_2 , collegati in serie (Fig. 10).

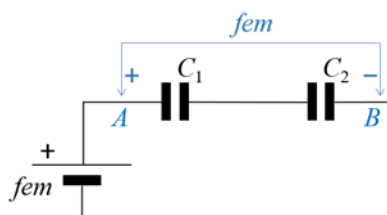


Fig. 10 - Condensatori collegati in serie.

Il sistema dei due condensatori è sottoposto, tra i punti A e B, alla differenza di potenziale uguale alla forza elettromotrice fem fornita dal generatore, mentre ognuno di essi è sottoposto alla propria differenza di potenziale ΔV_1 e ΔV_2 . Su ciascuna delle quattro armature si accumula sempre la stessa carica elettrica di valore assoluto Q (Fig. 11).

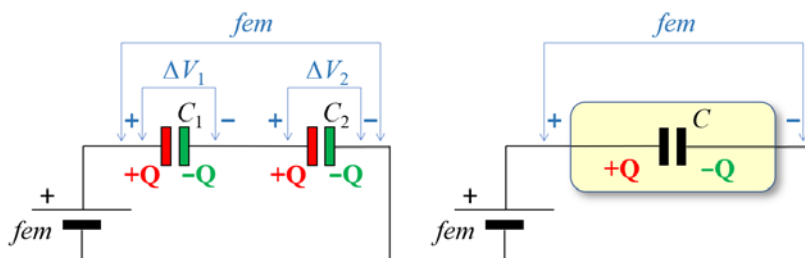


Fig. 11 - Differenze di potenziale e cariche in gioco.

Se si immagina di sostituire i due condensatori in serie con uno equivalente di capacità incognita C , esso sarà sottoposto sempre alla stessa differenza di potenziale fem accumulando ancora la stessa carica Q . La definizione di capacità di un condensatore, applicata nelle tre situazioni, consente di determinare le varie differenze di potenziale:

$$C_1 = \frac{Q}{\Delta V_1} \quad C_2 = \frac{Q}{\Delta V_2} \quad C = \frac{Q}{fem}$$

$$\Delta V_1 = \frac{Q}{C_1} \quad \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2} \quad fem = \frac{Q}{C}$$

che sono legate dalla legge delle maglie di Kirchhoff:

$$\Delta V_1 + \Delta V_2 = fem \quad \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} = \frac{Q}{C}$$

Si perviene così alla nota legge della capacità equivalente:

$$\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C}$$

che formalmente è ancora identica a tutte quelle ricavate finora.

6 - Leggi a confronto

Dal confronto delle quattro leggi ricavate:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} = \frac{1}{k} \quad \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R} \quad \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C}$$

si può osservare che la prima differisce dalle seguenti per la tecnica dimostrativa. Infatti le ultime tre sono scaturite dall'applicazione delle tre somme:

$$\Delta x_1 + \Delta x_2 = \Delta x \quad i_1 + i_2 = i \quad \Delta V_1 + \Delta V_2 = fem$$

mentre la prima è scaturita da considerazioni geometriche. La domanda che è naturale porsi è se ci sia un modo per uniformare le dimostrazioni ricavando anche la prima da una somma di rapporti. La risposta è affermativa infatti, modificando leggermente il procedimento relativo alla Fig. 1, si può ricondurre anche la formalizzazione della legge dei punti coniugati alla somma di rapporti (Fig. 12)

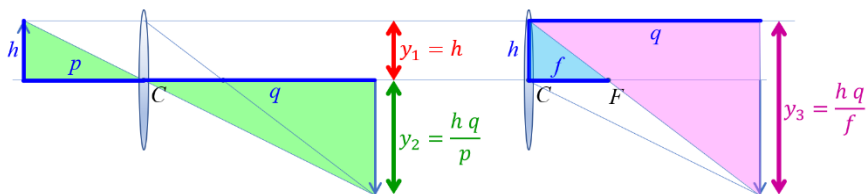


Fig. 12 - Legge dei punti coniugati dimostrata mediante somma.

$$y_1 = h = \frac{h q}{q} \quad y_2 = \frac{h q}{p} \quad y_3 = \frac{h q}{f} \quad y_1 + y_2 = y_3$$

Nonostante ciò, la legge dei punti coniugati, formalizzata matematicamente come le altre tre, continua ad essere diversa per la sua formulazione fisica, perché queste ultime si possono estendere ad n oggetti, mentre quella per le lenti è valida solo con 2 termini:

$$\frac{1}{k_1} + \dots + \frac{1}{k_n} = \frac{1}{k} \quad \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n} = \frac{1}{R} \quad \frac{1}{C_1} + \dots + \frac{1}{C_n} = \frac{1}{C}$$

7 - Formulazioni geometriche

Nel *Saggiatore* si legge che:

La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo) ... Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola.

Se da un lato ci colpisce il fatto che per Galileo Galilei la Matematica con la quale è scritto il libro della Natura si limiti alla geometria con i suoi triangoli, cerchi e altre figure, da un altro lato vi si può leggere una sfida che la Fisica lancia e che

la Matematica raccoglie, nel tentare la strada geometrica per formulare anche le altre tre leggi che sono state ricavate algebricamente, ad esempio la legge sui resistori in parallelo.

Sulla semiretta orizzontale di origine O (Fig. 13), fissata una certa lunghezza unitaria, vengono riportati i punti A e B a distanze R_1 ed R_2 da O . Si costruiscono poi i segmenti uguali AA' e BB' perpendicolari alla semiretta data, la cui lunghezza in una scala arbitraria rappresenterà il valore fem . Si possono poi costruire i due triangoli rettangoli OAA' e OBB' che intercetteranno, a distanza unitaria da O , due segmenti verticali di lunghezze i_1 e i_2 la cui somma è DD' .

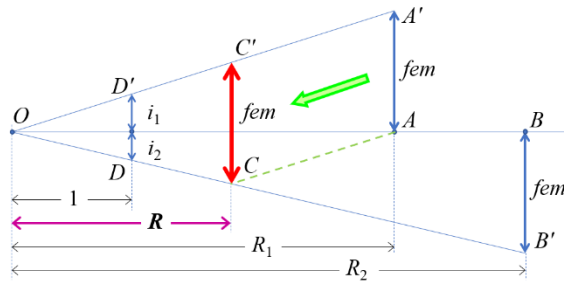


Fig. 13 - Costruzione geometrica della legge dei resistori in parallelo.

$$\frac{fem}{R_1} = \frac{i_1}{1} \qquad \frac{fem}{R_2} = \frac{i_2}{1}$$

Conducendo da A la parallela ad OA' fino ad incontrare OB' nel punto C si ottiene la distanza R incognita, infatti dalla similitudine dei triangoli ODD' e OCC' si arriva alla relazione cercata:

$$\frac{i_1 + i_2}{1} = \frac{fem}{R} \qquad \frac{fem}{R_1} + \frac{fem}{R_2} = \frac{fem}{R} \qquad \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R}$$

Viceversa se sono date R_1 ed R e vogliamo ricavare R_2 , analogamente al caso precedente, a partire dal punto A della semiretta orizzontale di origine O (Fig. 14) si costruisce il segmento AA' e quindi il triangolo rettangolo OAA' . A distanza R da O si individua il segmento CC' parallelo e uguale ad AA' con C' appartenente al segmento OA' . Si può così tracciare la semiretta di origine O e passante per C per poi condurre da C' la parallela ad OC fino a incontrare in B la semiretta di partenza. Viene così a definirsi la distanza incognita R_2 , come cateto OB del triangolo rettangolo OBB' .

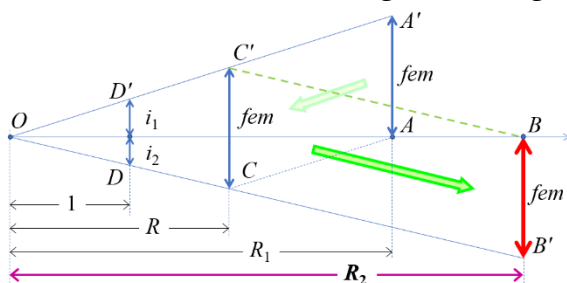


Fig. 14 - Costruzione geometrica della formula inversa per resistori in parallelo.

8 - Il condensatore, una sorta di “molla elettrica”

La somiglianza tra le leggi matematiche conduce talvolta a una somiglianza fisica dei fenomeni modellizzati, ma occorre prestare attenzione per non incorrere in errori grossolani da uso inconsapevole o improprio delle formule. Considerando la seconda e la quarta delle leggi esaminate, abbiamo già notato come, nella formalizzazione matematica, i Δx coinvolti nelle molle giochino lo stesso ruolo dei ΔV coinvolti nei condensatori. È abbastanza semplice poi scoprire l’analogia

nel comportamento fisico di una molla e di un condensatore, perché entrambi sono in grado di accumulare energia. Una molla accumula energia potenziale quando viene accorciata o allungata di un tratto Δx , un condensatore accumula energia elettrica quando viene caricato con una differenza di potenziale ΔV , secondo le formule:

$$U_{elastica} = \frac{1}{2} k \Delta x^2 \quad U_{elettrica} = \frac{1}{2} C \Delta V^2$$

È naturale abbinare Δx con ΔV , cosa che conduce ad affermare che un condensatore di capacità C si comporta analogamente a una molla di costante elastica k . Le cose però non sono così semplici. Esaminiamo infatti il loro comportamento "dinamico" introducendo un elemento che produce inerzia; una massa m abbinata a una molla tende ad opporsi alle variazioni di velocità; un'induttanza L abbinata a un condensatore tende ad opporsi alle variazioni di corrente.

Entrambi i sistemi tendono così ad oscillare con legge armonica. Il sistema massa-molla, in assenza di attrito, oscilla con moto armonico, il sistema condensatore-induttore, in assenza di resistenza costituisce un circuito oscillante che può produrre onde elettromagnetiche armoniche. Ma accade un fatto, forse inaspettato, esaminando una diversa formulazione dell'energia potenziale e le espressioni della pulsazione dei due sistemi oscillanti:

$$U_{elastica} = \frac{1}{2} k \Delta x^2 \quad U_{elettrica} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

$$\omega_{massa-molla} = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \omega_{induttore-condensatore} = \frac{1}{\sqrt{L C}}$$

Quindi una molla di costante elastica k deformata inizialmente di Δx , oscillando, si comporta questa volta come un condensatore di capacità $1/C$ caricato inizialmente con carica Q .

9 – Resistori con resistenza negativa?

Torniamo alla legge dei punti coniugati e ricordiamo che, di fronte a valori di p positivi ma minori di f , la Matematica forniva risultati q negativi. La Fisica interpretava tale situazione con la formazione di immagini virtuali. Ora nel caso di due resistori in parallelo, se il primo dovesse avere la resistenza R_1 minore della resistenza R equivalente, per la Matematica non ci sarebbero problemi ad affermare che il secondo resistore deve avere resistenza R_2 negativa. Ma la Fisica riesce a dare senso a una resistenza negativa?

Per fissare le idee esaminiamo la tabella di alcuni valori della funzione:

$$R_2 = \frac{R R_1}{R_1 - R}$$

R	R_1	R_2
100 Ω	500 Ω	125 Ω
100 Ω	300 Ω	150 Ω
100 Ω	200 Ω	200 Ω
100 Ω	150 Ω	300 Ω
100 Ω	125 Ω	500 Ω
100 Ω	100 Ω	non esiste
100 Ω	75 Ω	-300 Ω
100 Ω	50 Ω	-500 Ω

Ovviamente nel caso $R = 100 \Omega$, $R_1 = 100 \Omega$, il fatto che R_2 non esista (o tenda a ∞) fisicamente vuol dire che il ramo parallelo del secondo resistore è interrotto o mancante. Nel caso $R = 100 \Omega$, $R_1 = 75 \Omega$, il valore negativo $R_2 = -300 \Omega$, in base alla prima legge di Ohm, dovrebbe corrispondere a un dispositivo che, sottoposto alla differenza di potenziale fem , faccia passare una corrente elettrica in senso inverso. Se per esempio $fem = 30 \text{ V}$ si dovrebbe avere:

$$i_2 = \frac{fem}{R_2} = \frac{30}{-300} = -0.1 \text{ A}$$

Praticamente ciò si può ottenere sostituendo l'ipotetica resistenza R_2 negativa con una resistenza R^* collegata in serie a un ulteriore generatore di forza elettromotrice fem^* con polarità invertita in modo da produrre sul ramo parallelo con R_2 la corrente inversa richiesta (Fig. 15).

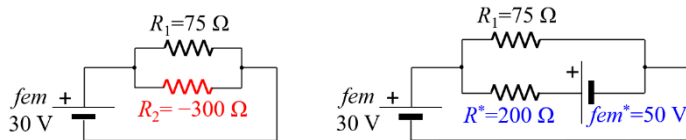


Fig. 15 - Circuito equivalente della resistenza R_2 negativa.

Applicando la legge delle maglie di Kirchhoff alla parte di circuito formato da fem , R^* , fem^* si ottiene:

$$fem - i_2 R^* - fem^* = 0$$

$$fem - \frac{fem}{R_2} R^* - fem^* = 0$$

che risulta verificata per infinite coppie di valori R^* , fem^* . Se si fissa, per esempio, $R^* = 200 \Omega$ allora risulta che $fem^* = 50 \text{ V}$.

$$fem^* = fem \left(1 - \frac{R^*}{R_2}\right) = 30 \left(1 - \frac{200}{-300}\right) = 50 V$$

10 - Conclusioni

Il “dialogo” tra Matematica e Fisica potrebbe proseguire, per esempio tentando di costruire un dispositivo meccanico, tipo pendolo inverso in equilibrio instabile, che si comporti come una molla con costante elastica negativa, oppure un sistema che si comporti come un condensatore con capacità negativa.

Da quanto esposto è evidente che è importante tenere sempre presente i principi fisici generali con la loro modellizzazione matematica senza lasciarsi fuorviare dall’uso, e spesso abuso, di formule e formulette create ad hoc per ogni singolo caso. Ciò può condurre a una sorta di “formulite” patologica, consistente nella ricerca spasmodica della formula risolutiva piuttosto che nell’analisi della situazione fisica da studiare, tendenza che è responsabile il più delle volte dell’errata risoluzione dei problemi di Fisica da parte degli studenti. Infatti persino nelle fiabe le “formule magiche” non sono infallibili!

Va infine sottolineato che, tralasciare alcuni argomenti di Fisica, cosa che spesso per motivi vari accade, può costituire un’occasione mancata per introdurre in maniera accattivante un certo argomento di Matematica. Così come, molte volte, trattare alcuni argomenti di Matematica in maniera astratta, senza la naturale implicazione fisica, fa perdere di vista il fatto che le più belle idee matematiche la maggior parte delle volte sono nate dalla Fisica.