

LA SCIENZA DEL DOMANI

Mercoledì

24 maggio 2023

Numero 2



Jean Bernard Léon Foucault, fisico francese, noto per l'interpretazione del movimento di rotazione del piano di oscillazione di un pendolo (pendolo di Foucault).

Un passo nella fisica Scopri le interviste del passato

ALLA SCOPERTA DEL GENIO DI FOUCAULT

Giulia Cao

La nostra redazione raccoglie da oltre due secoli le più promettenti novità in campo scientifico e le interviste ai maggiori esperti in questo settore.

Nel 1864, in occasione della sua entrata come membro straniero alla Royal Society, abbiamo intervistato Jean Bernard Léon Foucault, noto fisico francese. Di seguito riportiamo la sua intervista, tradotta dai dipendenti della nostra redazione e recuperata dai nostri archivi:

Buongiorno signor Foucault, congratulazioni per questo importante riconoscimento. Cosa rappresenta per lei?

Buongiorno, grazie mille. Questo è sicuramente un premio alla mia carriera e un vanto per il lavoro svolto in questi anni.

Eppure non è il suo primo riconoscimento, nel 1855 ha ricevuto la medaglia Copley ed ha meritato il titolo di fisico dall'Osservatorio di Parigi. Quale valore ha in più, se lo ha, questo riconoscimento?

È l'ultimo (ridendo). Tralasciando gli scherzi, questi riconoscimenti hanno valore e fanno piacere perché permettono, e credo di parlare anche per i miei colleghi, di capire che la strada che stiamo seguendo è quella giusta. Il riconoscimento più grande è, oggi, e sarà anche in futuro, servire la scienza.

In che modo si sta preparando a servire la scienza?

Sto scrivendo una relazione sul regolatore di velocità inventato da Watt, uscirà a breve, ma non posso dire altro (verrà pubblicata nel 1865).

Ci racconta qualcosa della sua vita? Com'è nata la sua passione per la fisica?

Sono nato a Parigi nel 1819. Mio padre è un editore e mi aveva convinto a seguire la strada della medicina, ma la fisica è stata una vocazione. I miei primi interessi sono stati gli esperimenti di Daguerre sulla dagherrotipia (antenati della fotografia), poi mi sono dedicato all'anatomia microscopica.

Ha lavorato anche con Fizeau, come descriverebbe quest'esperienza?

Armand è un amico, abbiamo fatto una serie di esperienze confrontando l'intensità della luce del Sole con quella emessa nella lampada ad arco (fonte di luce elettrica) e quella della fiamma ossidrica. È stata un'esperienza educativa che mi ha avvicinato maggiormente alla fisica.

Ha ricevuto anche il supporto di un certo Napoleone III, non uno qualunque...

Sì, egli è un fruitore di cultura che sa apprezzare le bellezze e l'enigmaticità della scienza.

Nel 1851, proprio Napoleone è stato uno degli spettatori della dimostrazione sulla rotazione della Terra intorno al proprio asse. Può spiegare ai nostri lettori questo esperimento e come nasce?

L'idea nasce osservando un pendolo di due metri a casa e incuriosito dall'invariabilità del piano rispetto ad un

riferimento assoluto, ho effettuato successive sperimentazioni. Quel giorno, all'interno del Pantheon di Parigi, di fronte a colleghi e spettatori, ho fatto oscillare un pendolo di 67 metri alla cui estremità c'era una massa di 28 Kg. Per le leggi di inerzia l'oscillazione sarebbe dovuta rimanere inalterata, ma essa cambiava direzione, progressivamente rispetto alla Terra, per cui è possibile dedurre che la Terra ruota intorno ad un asse, punto di riferimento assoluto.

Da qui il nome pendolo di Foucault...

Sì, un bel nome, vero?

Direi... appropriato. Inoltre, ci sono anche delle correnti che tu hai scoperto e che hanno il tuo nome...

Qui sento la necessità di interromperla. Io non ho scoperto le correnti parassite, i fenomeni non si scoprono, essi si osservano e si analizzano. Io ho analizzato nel dettaglio questo fenomeno, evidenziando, tra l'altro, anche degli aspetti negativi che esso produce. Poi vorrei farle notare che questi non hanno il mio nome, ma il mio cognome (ridendo).

Effettivamente... Quindi lei non può dirci proprio nulla riguardo alla scoperta di queste correnti?

No, se siete interessati a ciò andate a parlare con un ciarlatano. Io non racconto la fisica, ma la descrivo.

LEZIONE DI FISICA: LE CORRENTI DI FOUCAULT

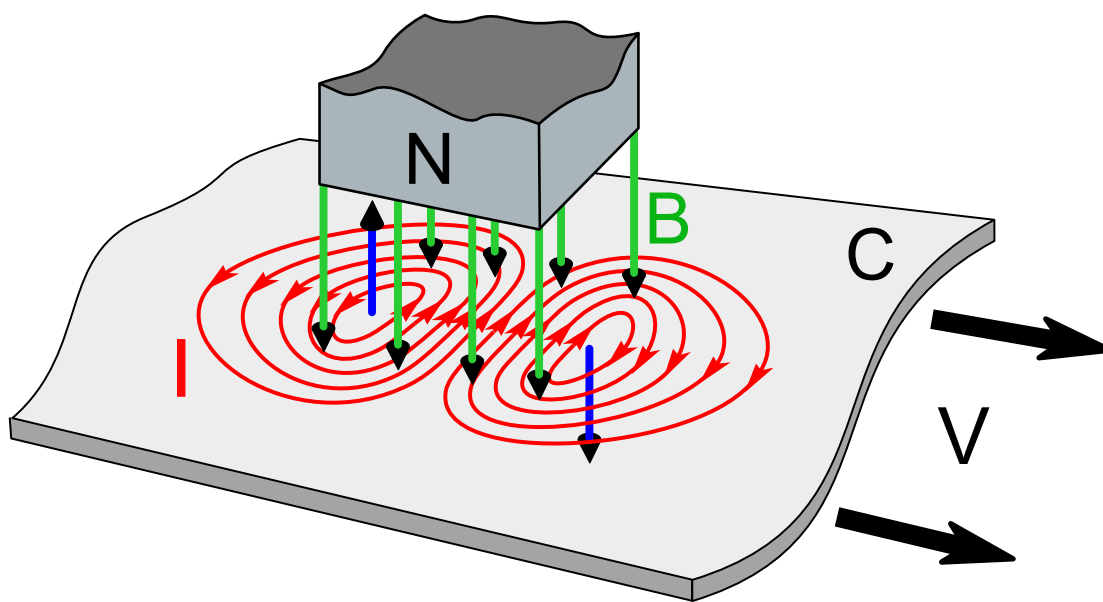


Illustrazione grafica del fenomeno delle correnti parassite

Visione interessante della fisica, ritornando alle correnti parassite, cosa sono e che effetti producono?

Le correnti parassite (*I*, rosso), sono correnti indotte in una piastra metallica (*C*) in movimento verso destra di un magnete stazionario (*N*). Il campo magnetico (*B*, verde), generato dal magnete, è diretto verso il basso. Il moto relativo genera la circolazione degli elettroni (legge di Faraday), che muovendosi in vortici generano a loro volta il proprio campo magnetico (*freccie blu*) in direzione opposta alla variazione del campo magnetico applicato (legge di Lenz).

Scusi la mia ignoranza, perché le correnti che si generano nel conduttore hanno una forma vorticosità?

Questo avviene perché gli elettroni sono soggetti alla Forza di Lorentz che è perpendicolare alla direzione degli elettroni stessi in movimento. Quindi, essi ruotano alla loro destra, o sinistra, a seconda del senso del campo applicato e della variazione del campo.

Ci sono delle cause che accentuano il fenomeno?

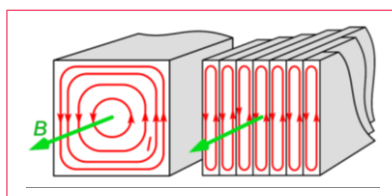
Certamente. Ogni fenomeno fisico che l'uomo ha imparato a conoscere nei suoi particolari può essere modificato secondo le proprie necessità e questo, di cui stiamo discutendo, non fa eccezione. Il fenomeno delle correnti parassite si accentua: con l'aumentare del campo magnetico applicato (se sinusoidale con il quadrato dell'ampiezza), con l'aumentare della conducibilità del conduttore attraversato dal campo magnetico, con l'aumentare della velocità relativa tra campo magnetico e conduttore e se il campo magnetico è variabile in modo periodico con l'aumentare della sua frequenza (se sinusoidale con legge proporzionale al quadrato della frequenza).

Quali sono gli effetti prodotti da queste correnti parassite?

Esse generano una trasformazione di energia, riscaldando il conduttore metallico.

Secondo lei è possibile attenuare questi effetti? Se sì, come?

Si possono attenuare scegliendo un nucleo magnetico con bassa conducibilità, ad esempio ferriti o acciaio al silicio, o suddividendo il nucleo magnetico in sottili strati, elettricamente isolati (laminazione). In questo modo gli elettroni non possono attraversare lo strato isolante tra i lamierini e l'area racchiusa dal loro percorso viene ridotta. Quindi, più grande è il numero di lamierini per unità di superficie, paralleli al campo magnetico applicato, maggiore è la riduzione delle correnti disperse.



Nucleo magnetico e nucleo magnetico in strati

Ha scoperto un fenomeno estremamente negativo da come lo descrive, non si sente un po' in colpa (ridendo)?

No. L'occhio di un inesperto vede gli aspetti negativi e si focalizza su di essi; l'occhio di uno scienziato, invece, analizza gli aspetti negativi e si focalizza sull'evoluzione in positivo di questi. Sono fiducioso. In un futuro prossimo, utilizzeremo queste correnti parassite per migliorare la nostra vita.

Grazie mille signor Foucault per averci dedicato il suo tempo.

Grazie mille a lei.

Il pendolo

La riduzione dell'effetto Joule

GIULIA CAO

Per comprendere la riduzione dell'effetto Joule, dovuto alle correnti parassite, utilizziamo un semplice pendolo. Immaginiamo un pendolo metallico posto in oscillazione in una regione di spazio, sede di un campo magnetico uniforme ortogonale al piano del pendolo.

Quando il campo magnetico è assente, le oscillazioni del pendolo si smorzano in un certo intervallo di tempo a causa dell'attrito con aria.

Invece, quando il campo magnetico è presente, lo smorzamento avviene più rapidamente perché parte dell'energia del pendolo viene dissipata per effetto Joule dalle correnti parassite che si manifestano nella lastra del pendolo stesso.

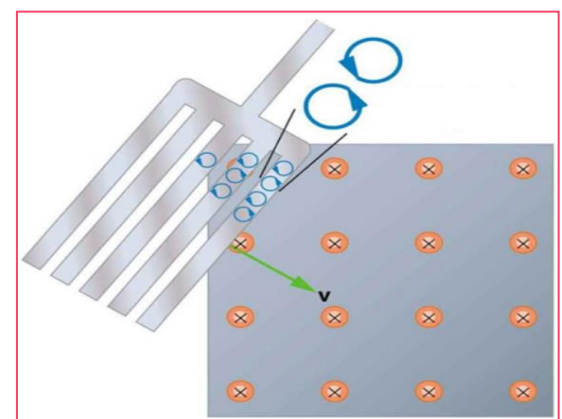


Immagine del pendolo metallico immerso in un campo magnetico

Il seguente grafico rappresenta l'ampiezza dell'oscillazione di uno stesso pendolo formato da uno stesso conduttore quando è in presenza di un campo magnetico e quando esso è assente.

Osservando il grafico si può notare che, quando il campo magnetico è nullo, l'oscillazione del pendolo, rappresentata in blu, ha un periodo di tempo più lungo rispetto all'oscillazione del pendolo in presenza del campo magnetico, rappresentata in arancio.

Come spiegato precedentemente, l'insorgere delle correnti parassite, nel secondo caso, tendono a far dissipare più velocemente l'energia che possiede il pendolo e che gli permette di mantenere la propria oscillazione.

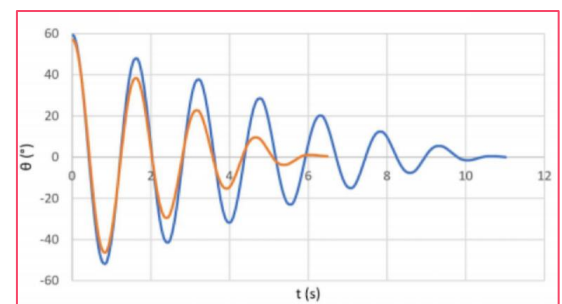


Grafico che rappresenta l'oscillazione del pendolo. Linea blu quando il campo magnetico è nullo. Linea arancione quando c'è il campo magnetico

SPERIMENTIAMO CON LA FISICA LE CORRENTI INDOTTE

GIULIA CAO

Nelle pagine precedenti abbiamo parlato di correnti parassite. Le correnti parassite sono delle correnti indotte, ma cosa si intende per correnti indotte? Come si può dimostrare la loro esistenza? Le correnti indotte sono correnti elettriche generate da un campo magnetico, attraverso un fenomeno chiamato induzione elettromagnetica. La fisica non è certezza, ma un continuo sbagliare e sperimentare; per tale ragione, in questa sezione, vi proponiamo quattro semplici esperimenti che dimostrano l'esistenza di queste correnti indotte.

ESPERIMENTO 1

Per questo esperimento abbiamo bisogno di tre elementi, facilmente reperibili: un galvanometro un magnete e una spira. Il magnete genera un campo magnetico; al cui interno, muoviamo perpendicolarmente al campo stesso e di moto rettilineo uniforme con velocità \vec{v} la spira collegata al galvanometro, che ci permetterà di analizzare il moto degli elettroni.

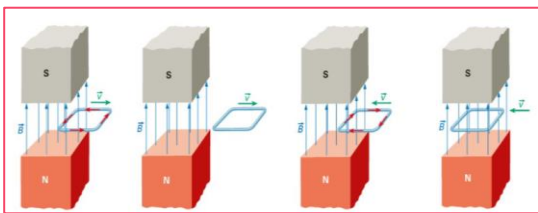


Illustrazione statica delle quattro fasi analizzate

Nella prima fase, la spira esce dalla regione del campo magnetico e osservando il galvanometro, notiamo che è essa è percorsa da corrente elettrica.

Nella seconda fase, uscita completamente dal campo magnetico, la corrente nella spira cessa rapidamente di circolare.

Nella terza fase, la spira rientra nel campo magnetico e in essa ritorna a circolare la corrente, ma con verso opposto rispetto alla prima fase.

Nella quarta fase, la spira rimane nel campo magnetico, non si muove e non passa la corrente.

L'esperimento ci mostra che si genera una corrente indotta quando varia la superficie attraversata dalle linee del campo magnetico.

ESPERIMENTO 2

Per questo esperimento sono necessari gli stessi strumenti utilizzati nel primo. In questo caso, ruotiamo la spira in un campo magnetico con una velocità angolare ω .

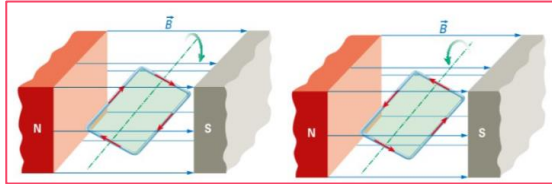


Illustrazione statica delle due situazioni analizzate

Nella prima situazione, la spira ruota in senso orario, generando una corrente alternata, poiché ruota ogni mezzo giro. Quando la spira si ferma, la corrente smette di circolare.

Nella seconda situazione, la spira ruota in senso antiorario, si genera anche in questo caso la corrente, ma il suo verso sarà opposto rispetto a quello della prima situazione.

L'esperimento, come nel precedente, ci mostra che la variazione del numero delle linee del campo magnetico che attraversa la superficie della spira, completamente immersa nel campo magnetico, genera una corrente indotta. Non è necessario, quindi, che la spira esca e rientri nel campo.

ESPERIMENTO 3

Per questo esperimento abbiamo bisogno di un magnete, un galvanometro e una bobina. Avviciniamo e allontaniamo di moto rettilineo uniforme il magnete alla bobina, collegata al galvanometro (come in figura).

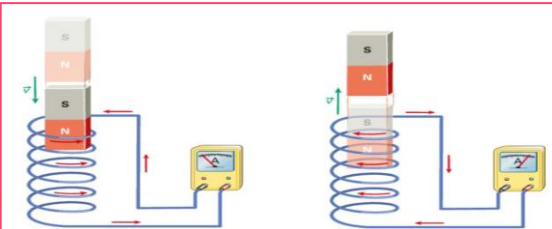
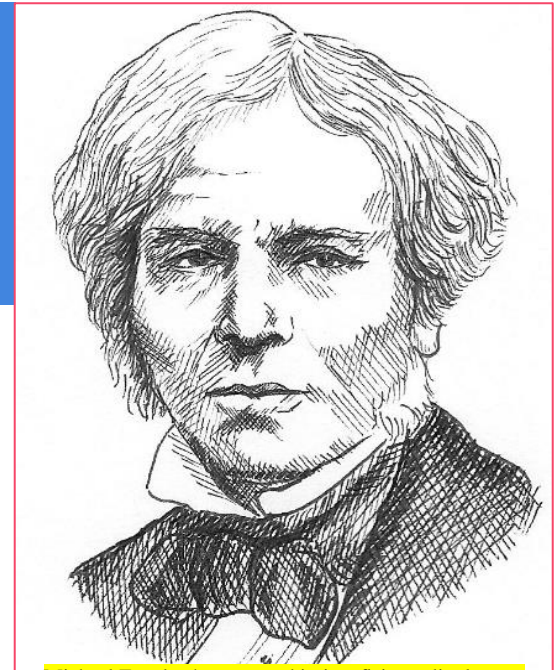


Illustrazione statica delle due situazioni analizzate

Sia nella prima situazione (quando il magnete si avvicina), sia nella seconda situazione (quando si allontana), si genera nella bobina una corrente che cessa di circolare nel momento in cui il magnete si ferma. Il verso delle correnti generate è l'una l'opposta dell'altra.



Michael Faraday è stato un chimico, fisico e divulgatore scientifico britannico. Ha contribuito in maniera determinante allo studio dell'elettromagnetismo e dell'elettrochimica

L'esperimento, a differenza dei due precedenti, ci mostra che anche la variazione del campo magnetico genera una corrente indotta.

ESPERIMENTO 4

Per questo esperimento abbiamo bisogno di due bobine, le cui spirali avvolgono un anello di materiale ferromagnetico; una collegata ad un circuito secondario S non alimentato, che ha solo un amperometro e l'altra, collegata ad un circuito primario P che presenta un interruttore.

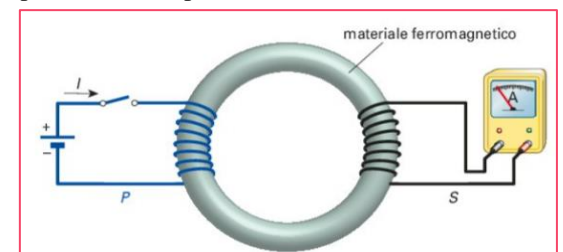


Illustrazione statica dell'esperimento

Quando il circuito primario è aperto o è attraversato da corrente d'intensità costante, nel circuito secondario non c'è corrente.

Quando chiudiamo l'interruttore I, la bobina del circuito P viene attraversata da corrente variabile, che genera un campo magnetico variabile, il quale attraversa la bobina di S. Il numero delle linee di forza del campo magnetico che attraversano le spire della seconda bobina varia, per cui nel circuito S si genera una corrente indotta. L'anello di materiale ferromagnetico ha il compito di accentuare il fenomeno, perché in sua assenza l'esperimento si ripete, ma più debolmente.

L'esperimento ci mostra che è possibile generare correnti indotte, anche in assenza di un moto.

L'IMPORTANZA DI UN "−"

GIULIA CAO

$$fem_{indotta} = - \frac{\Delta\Phi(\vec{B})}{\Delta t}$$

Il duo di fisici Faraday-Neumann riuscì a stabilire la relazione matematica che misurasse la forza elettromotrice indotta da una variazione del flusso di campo magnetico in un intervallo di tempo. Questa relazione è stata successivamente completata dallo scienziato russo Emilij Lenz nel 1834. La legge di Lenz afferma che: "Il verso della corrente indotta è tale da generare un campo magnetico che si oppone alla variazione del flusso che l'ha generata". In altre parole, egli ha aggiunto alla

legge di Faraday-Neumann un segno negativo che determina il verso della corrente indotta. Alla luce di quanto affermato, possiamo descrivere con più precisione il fenomeno delle correnti indotte.

Quando avviciniamo il magnete alla spira, si genera in essa una corrente indotta che a sua volta genera un campo magnetico indotto, il cui verso è opposto rispetto a quello del campo magnetico che l'ha generato, in modo da contrastarne l'aumento.

Invece, quando allontaniamo il magnete alla spira, il campo magnetico indotto ha il verso è concorde al campo magnetico che l'ha generato, in modo da contrastare la sua diminuzione.

Immaginiamo che un magnete si avvicini ad una spira, generando una corrente indotta e, quindi, un campo magnetico indotto, il cui verso è concorde con quello del campo magnetico, da cui ha avuto origine. Questo campo indotto aumenterebbe la variazione di flusso totale e quindi l'intensità della corrente indotta che, a sua volta, genererebbe un campo magnetico indotto ancora più grande. Di fatto, questo processo non avrebbe fine e creerebbe una quantità infinita di energia. In altri termini si verificherebbe una produzione di energia dal nulla, violando il principio di conservazione dell'energia.

Il fenomeno immaginato, appena descritto, evidenzia l'importanza di un "meno".



Esterno ed interno di un piano cottura ad induzione elettromagnetica.

Notizie dell'ultim'ora Il piano cottura senza fiamma

GIULIA CAO

Le correnti parassite possono essere faultrici di effetti indesiderati, come avviene nei motori elettrici, ma possono, anche, essere fonte di inestimabile valore. Negli ultimi decenni, l'uomo è stato in grado di trarre beneficio, anche, da queste correnti parassite con l'invenzione di microfoni dinamici, freni magnetici per i treni e forni ad induzione.

Una delle maggiori novità introdotte è stato il piano cottura ad induzione elettromagnetica. Essa è caratterizzata da una bobina realizzata con filo litz di rame e posta immediatamente sotto la superficie vetrosa. Quando una pentola viene posta in cima, viene fatta scorrere nella bobina una corrente elettrica alternata, ad una frequenza in genere tra i 20 kHz e i 50 kHz. Il limite inferiore di 20 kHz serve a evitare una possibile emissione acustica, la cui frequenza è percepibile dall'uomo; quello superiore viene dall'esigenza di proporre un buon compromesso tra i costi di consumo e l'alta efficienza. La corrente elettrica alternata che scorre nel filo della bobina produce un campo magnetico variabile nel tempo. Secondo la legge Faraday-Neumann-Lenz, una variazione nel tempo del flusso di campo magnetico su una superficie produce una forza

elettromotrice indotta non nulla. Questa produce correnti elettriche indotte sul fondo del recipiente conduttore posto sul fornello e, per effetto Joule, l'energia elettrica si trasforma in calore provocando il riscaldamento del recipiente e del contenuto.

La generazione della corrente alternata e la regolazione in potenza del piano cottura è affidato ad un sistema elettronico contenuto nel fornello stesso azionabile con comandi touch. Ad oggi, molti prodotti commerciali effettuano, anche, la regolazione della potenza semplicemente riducendo il duty cycle, ossia la frazione di tempo in cui il fornello resta acceso alla massima potenza.

Per una buona efficienza del riscaldamento a induzione, sono importanti anche le pentole adatte alla cottura ad induzione. Il contenitore dev'essere di materiale ferroso, in grado di attirare il campo magnetico. In questo caso l'accoppiamento tra bobina e contenitore migliora, perché la distribuzione spaziale delle linee di forza del campo magnetico viene concentrata sul fondo e quindi, non viene dispersa nello spazio circostante al fornello. Il contenitore deve essere di materiale conduttore elettrico affinché al suo interno si generino le correnti indotte. Queste hanno verso opposto rispetto alla corrente della bobina che produce il campo magnetico col risultato che, quanto migliore è il conduttore con cui il recipiente, tanto maggiore è la corrente indotta e tanto più le linee di forza del campo magnetico vengono "espulse" dalla superficie riducendo l'accoppiamento magnetico ed il trasferimento di energia, con conseguente esigua produzione di calore.

**L'OCCHIO DI UNO SCIENZIATO
ANALIZZA GLI ASPETTI NEGATIVI
DI UN FENOMENO E DA ESSI
EVOLVE LA PROPRIA RICERCA AL
MIGLIORAMENTO DELLA VITA
DEGLI ESSERI UMANI**

La scelta di introdurre nelle nostre cucine un piano cottura ha i suoi vantaggi, ma anche degli svantaggi. I vantaggi maggiori sono: assenza di rischi legati a perdite di gas, assenza di fiamme, velocità di riscaldamento maggiore e cottura uniforme, dovuta alla diffusione omogenea del calore su tutta la superficie della pentola. Gli svantaggi maggiori sono: la necessità di un impianto elettrico casalingo sufficiente per un utilizzo in sicurezza di una potenza maggiore di 3 kW, pentole specifiche, impossibilità di utilizzo durante un black-out, possibili interferenze con impianti elettromedicali come pacemaker cardiaci o microinfusori di insulina a controllo wireless per i diabetici; costo di acquisto più elevato rispetto ai piani di cottura a gas e una spesa maggiore per la fornitura di energia elettrica.

L'utilizzo di un piano di cottura ad induzione riduce, ma non annulla l'impatto ambientale: cucinare con un piano di cottura ad induzione porta ad un notevole risparmio di emissioni di CO₂ rispetto ad un piano di cottura a gas, poiché il tempo di cottura si riduce fino al 50%. Una famiglia risparmia mediamente 245kg di CO₂ l'anno, l'equivalente della quantità assorbita da 13 alberi.

Le novità introdotte grazie alle correnti parassite mettono in luce un aspetto importante della fisica e della scienza in generale: la scienza non è né Male né Bene, ma è un progredire giornalmente verso la conoscenza di sé e di ciò che ci circonda. È stato, e sarà sempre l'uomo a scegliere come utilizzarle.