

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA NAZIONALE
DEI LINCEI

ANNO CCCXIX.

1922

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXXI.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1922

saremmo condotti a considerare, nella interpretazione newtoniana, il problema della propagazione nel caso in cui il piano sorgente delle onde si muova con una legge determinata da un'equazione della forma

$$\varphi(x' + ct') + \psi(x' - ct') = 0$$

dove φ , ψ sono funzioni arbitrarie. Il movimento avviene quindi ancora nella direzione x , ma con una velocità non più necessariamente costante, e che può variare in infiniti modi. La corrispondente teoria relativistica dovrebbe porre il postulato della indipendenza della velocità di propagazione della luce da un movimento della sorgente rettilineo, ma non più uniforme.

Per quanto ovvie possano apparire le considerazioni svolte in questa Nota, mi è sembrato che potessero presentare un certo interesse per collocare nella sua giusta luce, dal punto di vista meccanico-analitico, la trasformazione di Lorentz, fulcro iniziale di tutta la relatività; come anche mi è sembrato potessero portare qualche contributo a quella critica delle teorie relativiste che sembra ora così opportunamente iniziata.

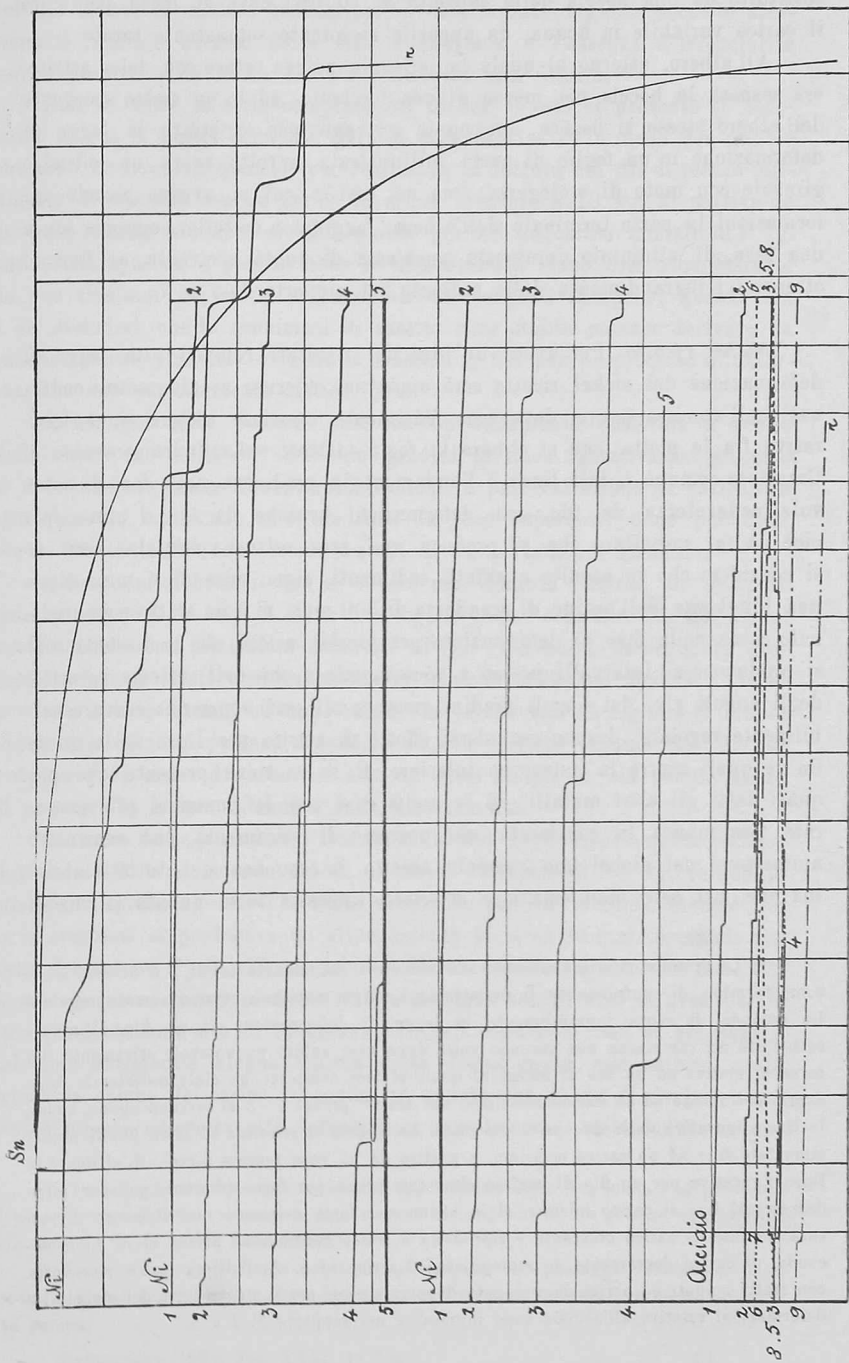
Fisico-chimica. — *Modalità sulla trazione del nichel e dell'acciaio* ⁽¹⁾. Nota del Socio M. CANTONE.

In occasione di ricerche da me eseguite sulla tenacità ⁽²⁾ ebbi modo di rilevare alcune anomalie nel comportamento del nichel ricotto e dell'acciaio crudo cimentati per trazione, anomalie che credetti meritevoli di particolare esame: a tale studio si riferisce appunto la presente Nota.

La disposizione sperimentale da me adottata si discosta alquanto da quelle che ordinariamente si attuano, perchè, avendo di mira la valutazione del carico di rottura, interessava assicurarsi che i legami agli estremi dei fili cimentati non ne alterassero l'uniformità di struttura o di sezione, e pertanto ricorsi al ripiego di adattare la parte media del filo in esame alla gola di una puleggina mobile, e di fermare con viti i capi del filo sopra un cilindro fisso soprastante di ugual diametro, dopo aver fatto compiere un giro sul cilindro stesso a ciascuna delle parti terminali, onde risultavano due tratti paralleli alla distanza di 16 mm. col semplice legame di forte adesione al cilindro fisso ed alla gola della puleggina. I moti di oscillazione di quest'ultima vennero soppressi mediante opportune guide, epperò queste la lasciavano libera di spostarsi verticalmente per l'azione del peso tensore,

⁽¹⁾ Lavoro eseguito nell'Istituto Fisico dell'Università di Napoli.

⁽²⁾ I risultati di queste ricerche saranno esposti negli Atti del R. Istituto d'Incoraggiamento di Napoli.



costituito da una boccia della capacità di 10 litri dove si faceva pervenire il carico variabile in acqua, da apposito recipiente soprastante tarato.

All'albero, attorno al quale la puleggia poteva rotare con dolce attrito, era sospesa la boccia per mezzo di una forchetta, ed in un tratto sporgente dell'albero stesso si fissava una punta scrivente per registrare la legge di deformazione in un foglio di carta millimetrata avvolto sopra un cilindro girevole con moto di orologeria; ma nei casi in cui si aveano piccole deformazioni la parte terminale dell'albero, foggjata a coltello, poggiava sopra una leva di alluminio, provvista anch'essa di punta scrivente, al fine di ottenersi l'ingrandimento delle ordinate nel rapporto di 1 a 5.

Nichel ricotto. Per avere un'idea dei risultati relativi alla legge di deformazione del nichel ricotto sarà opportuno riferirsi ai diagrammi contenuti nell'annessa figura, dove sono fedelmente riportate alcune linee figurative fra le molte, che si ebbero in fogli adattati sul cilindro girevole (2). Carattere comune a tali linee è l'andamento a gradinata nella fase di notevole cedevolezza del filo, con deformazioni brusche da 1 a 6 mm., tali cioè da far sospettare che si produca una vera rottura parziale; però se si considera che in seguito a siffatti cedimenti, siano pure di 6 mm. sopra una lunghezza dell'ordine di grandezza di 300 mm., vi è un tratto poco inclinato come nella fase di deformazione per piccoli carichi, che le discontinuità si producono ad intervalli presso a poco uguali, e che nell'insieme i vertici degli angoli vivi dei singoli gradini riescono allineati sopra una curva sensibilmente regolare, devono escludersi effetti di attrito per l'uso delle guide fra le quali scorre la puleggia inferiore. E se si tiene presente che per quasi tutti gli altri metalli, ed in molti casi con deformazioni più esagerate, non manca la continuità nel processo di stiramento, può senz'altro ammettersi nel nichel uno speciale assetto interno non del tutto stabile, ma che, per ogni manifestazione esteriore, interessa tutta quanta la massa

(2) La prima si riferisce all'oro e si ottenne coll'ingrandimento di 1 a 5: essa serve come termine di confronto per la registrazione con un metallo a comportamento regolare. La seconda dà senza ingrandimento la legge di deformazione di un filo di nichel sottoposto ad esperienza una seconda volta dopo aver subito un notevole stiramento. La terza è relativa ad un filo di nichel al quale si fece compiere un ciclo unilaterale dopo averlo sottoposto ad un carico massimo: sul tratto grosso 5-5 si sovrappongono, quasi, le linee figurative delle due metà del ciclo. La quarta si riferisce ad altro filo di nichel cementato fino ad un carico massimo, a partire da un peso tensore piccolo. L'ultima è la linea figurativa per un filo di acciaio cementato prima per forze crescenti poi per forze decrescenti fino al carico iniziale ed in ultimo per forze crescenti fino al carico di rottura: la fase di carico crescente è riprodotta a tratto continuo ed arriva al n. 4; la seconda, di carico decrescente, è punteggiata ed arriva al n. 7; l'ultima fase è riprodotta con tratti e punti ed arriva in r , punto di rottura come per la prima linea del nichel. Le deformazioni relative all'acciaio sono ingrandite nel rapporto di 1 a 5.

del filo invece di restare circoscritta in determinate regioni, secondo attestano il limitato decorso della fase discontinua e l'assenza d'irregolarità vera e propria nella forma dei tratti ottenuti alla rottura.

Non in tutte le serie compiute col nichel ricotto si presentò il fenomeno di cui ci siamo occupati, però si poté constatare in modo non dubbio che esso interveniva quando, per realizzare la rottura dei fili di mezzo millimetro di spessore con un carico in acqua inferiore a 10 kg., si partiva da un peso traente alquanto elevato, poichè già con un carico iniziale di 8 kg. l'anomalia spariva, o per lo meno le discontinuità erano così poco marcate da non rivelarsi coi mezzi sperimentali da me posti in opera; quindi non è da escludere che le condizioni di assetto poco stabile possano derivare da lesioni interne prodotte in tutta la massa del filo per un processo di deformazione non perfettamente statico (1).

È ad ogni modo notevole che, con un andamento conforme a quello della curva che collega i vertici dei gradini, la linea figurativa del processo di deformazione senza discontinuità indichi, a pari variazione di carico, un allungamento totale non inferiore, anzi un poco superiore; onde può dirsi che le discontinuità non lascino traccia di comportamento anomalo.

Allungamenti bruschi non si ebbero mai durante l'azione di un peso tensore costante: la cosa è facile a spiegarsi ove si consideri che nel nichel ricotto, anche con dilatazioni superiori ad $\frac{1}{3}$, l'elasticità susseguente produce variazioni relative di lunghezza di qualche *millesimo* appena: epperò la constatazione fattane ha importanza, sia perchè serve a togliere il dubbio che le discontinuità possano dipendere da non perfetto legame del filo al sostegno o da cause disturbatrici atte ad agire su questo, sia perchè tende ad assodare la natura dinamica della discontinuità.

Come era facile prevedere, l'isteresi nel nichel ricotto risultò molto grande; si vide infatti che, facendo uso di un carico variabile di 10 kg. (alquanto inferiore a quello che sarebbe stato necessario per la rottura), mentre per forze crescenti si produceva un allungamento di circa 30 mm., operando per forze decrescenti (2) il sistema dei due fili si accorciava solo di mm. 0,2 e, col ritorno al carico massimo, valore assoluto non diverso si avea per il corrispondente aumento di lunghezza. In tali condizioni non si apprezzava nel ciclo unilaterale alcuna traccia delle discontinuità così notevoli nella primitiva azione del carico in acqua, in quanto che queste si rivelano sempre in misura adeguata alle deformazioni complessive e tutto induce a con-

(1) Vuolsi qui ricordare che anche nell'applicazione del carico iniziale si procurava di procedere gradualmente, ma non poteva certo evitarsi che il filo subisse una notevole deformazione in un tempo assai piccolo.

(2) La diminuzione graduale del carico si operava col passaggio dell'acqua dalla bocca al serbatoio soprastante, dove si produceva l'aspirazione lenta per mezzo di apposita pompa.

siderare il comportamento del nichel ricotto nei cicli unilaterali come di sostanza elastica perfetta non molto diversa dalla originaria sotto l'azione di piccole forze esterne. Del resto la piccolezza stessa delle deformazioni nei cicli unilaterali anzidetti porta ad escludere una sensibile trasformazione in calore dell'energia meccanica in giuoco, trasformazione che appare invece legata in modo particolare alle discontinuità del processo elastico nel caso in cui queste si presentano; sicchè viene sempre meglio affermandosi il concetto che le grandi deformazioni del nichel ricotto, anche se accompagnate da saltuari cedimenti bruschi, non lascino effetti residui di eterogeneità nella struttura interna del metallo.

Acciaio crudo. — L'acciaio usato per queste ricerche è di ottima qualità e presenta uno spessore di mm. 0,225. Per forze deformatrici non grandi si comportò come sostanza perfettamente elastica, con un modulo di trazione di 22.000 kg. per mm.q.; ma con carichi superiori a 9 kg. si riottennero le anomalie riscontrate nel nichel, e con regolarità maggiore: nei diagrammi ottenuti coll'ingrandimento di 1 a 5 comparvero infatti, ad intervalli di circa 1 kg. di carico, gradini di altezza compresa fra 0,2 e 0,3 mm.; ed in tal modo con un carico in acqua di 10 kg. si ottenne per i salti un valore complessivo di mm. 2,4 sopra un allungamento totale apparente di mm. 12,5; per cui risultò il fatto interessante di una deformazione complessiva inerente ai tratti nei quali si svolgeva il processo continuo, con un valore del modulo quale si dedusse nella fase di perfetta elasticità, come se i salti (più netti che nel caso del nichel) rappresentassero semplici lacune istantanee in un processo perfettamente elastico e prive d'influenza su questo. Ad uguali deduzioni ero condotto nel precedente studio sul nichel; ma nel caso attuale, avendosi da fare con un metallo assai meno cedevole, era consentita una ricerca di carattere quantitativo con criterio più sicuro, per quanto meno facile fosse la valutazione; epperò sta il fatto, interessante a mio modo di vedere, che sotto il medesimo aspetto si manifestino le deviazioni dalla legge di Hooke in due metalli, come il nichel ricotto e l'acciaio crudo, i quali, pur possedendo lo stesso modulo di trazione, stanno agli antipodi per quanto riguarda l'apparente cedevolezza ai grandi sforzi di trazione, perchè, di fronte ad una dilatazione longitudinale complessiva di 0,352 in fili di nichel di mezzo millimetro di spessore, se ne ha una di circa 0,0075 in un filo di acciaio crudo del diametro di mm. 0,225.

Nè può non rilevarsi che nell'acciaio i gradini assumono altezza maggiore a misura che cresce il peso a partire dal quale si fa agire il carico in acqua: così, mentre partendo da 8 kg. si erano avuti sul foglio salti per un ammontare complessivo di mm. 2,4 sopra un abbassamento totale della punta scrivente di mm. 12,5, con un peso tensore iniziale di 11 kg. in tre serie successive con fili identici al primo, cimentati fino alla rottura, si

ottennero per le somme delle altezze dei gradini (ugualmente distanziati) i valori di mm. 6,4 6,6 6,5 in corrispondenza agli abbassamenti complessivi della punta di mm. 16,2 16,0 16,0; e siccome questi sistemi di valori si riferiscono nelle tre ultime serie ad un carico in acqua di circa kg. 9,5, si arriva al risultato che, non ostante il grande divario del peso iniziale e le conseguenti nette deviazioni dalla legge di Hooke quando si giunge al carico di rottura, in corrispondenza a 10 kg. di maggior peso tensore si riottterrebbe lo stesso allungamento *effettivo* di 2 mm. che si era riscontrato per i puri allungamenti elastici nella serie primitiva non tenendo conto delle discontinuità; e ciò importa che nei fili di acciaio crudo da me cimentati le deviazioni dalla legge di Hooke sarebbero da attribuire agli speciali processi di carattere quasi istantaneo. Nel nichel una legge così semplice non esiste, perchè deviazioni dalla legge di Hooke, e crescenti col carico, si verificano anche negl'intervalli fra due salti successivi; ma riescono sempre di entità *relativamente* piccola.

E per quanto riguarda i fenomeni d'isteresi abbiamo nell'acciaio crudo un fatto assai strano che non si verifica nel nichel ricotto, e cioè la presenza di discontinuità quando si procede per forze decrescenti fino al carico iniziale, nel senso di accorciamenti e per un ammontare complessivo più piccolo in valore assoluto di quello prodotto dal primo carico crescente in acqua, ma pressocchè uguale all'allungamento avutosi nella successiva seconda metà del ciclo unilaterale. Si avrebbe dunque una tendenza alla sovrapposizione delle due linee figurative delle due metà del ciclo compiuto a partire dallo stato di massima deformazione, sicchè, considerata la cosa dal punto di vista energetico, se si suppone (come appare legittimo) che al brusco allungamento corrisponde uno sviluppo di calore, dovrebbe ammettersi nel rapido accorciamento un lavoro fatto a spese dell'energia interna; e se fosse lecito parlare nel primo caso di molecole che si rendono libere, sarebbe da ammettere nel secondo il ritorno ai legami della primitiva rigidità con perdita della forza viva acquistata nella fase dell'opposto processo dinamico.

Ad ogni modo le discontinuità riscontrate nel senso cui corrisponde il sollevamento del peso tensore costituiscono la prova più convincente della reale esistenza delle discontinuità, come insite alle proprietà elastiche delle due sostanze prese qui in particolare esame, perchè, se cause disturbatrici di natura estranea al processo elastico possono provocare l'abbassamento di un grande peso tensore, è assai difficile concepire un effetto delle medesime cause nel senso di un innalzamento.

I fenomeni di cui ci siamo occupati non appaiono in altri metalli: si rivela per alcuni un andamento ondulato nelle linee rappresentatrici, e talvolta con indizio di periodicità, o qualche punto angoloso che accenna ad una variazione brusca di regime; laddove per altri, come per l'oro ad es., si manifesta un andamento continuo e molto regolare; tuttavia non può

escludersi che le anomalie avanti studiate siano d'indole generale e che si rendano sensibili in alcuni casi soltanto, vuoi per maggiore ampiezza dell'effetto, vuoi per minore frequenza. Ma, anche se circoscritti a pochi metalli, non possono non attirare l'attenzione dei fisici, perchè il loro esame potrebbe mettere in nuova luce alcune modalità delle imperfezioni elastiche facendone risaltare il carattere dinamico in rapporto con una periodica instabilità di struttura lungo il processo di deformazione.

Non si può dare termine a questa comunicazione senza tener conto delle interessanti ricerche di Barkhausen van der Pol Jr., Weiss e Ribaud ⁽¹⁾, dalle quali risulta che per gl' intervalli di forze magnetizzanti cui corrispondono valori assai elevati della suscettività differenziale nei cicli magnetici, ossia nelle fasi in cui si determina la irreversibilità dei processi magnetici, il ferro, la magnetite e le leghe di ferro e nichel accusano variazioni brusche accidentali dell'intensità magnetica, pur con variazioni continue nel campo. E risulta del pari, dallo studio esteso ed accurato di van der Pol, che le correnti indotte rivelatrici del fenomeno si producono simultaneamente per punti a notevole distanza lungo il filo sottoposto ad esperienza, e che le discontinuità non mancano quando intervengono ripetuti cicli di trazione, torsione, o flessione atti a modificare il magnetismo residuo dei fili in esame. I fenomeni da me studiati, qualora siano posti in rapporto con quelli dei quali ora si è fatto cenno, acquistano un particolare rilievo: non voglio con ciò dire che le discontinuità nel processo elastico, perchè riscontrate da da me in modo netto in due metalli magnetici, si debbano essenzialmente alle proprietà magnetiche; ritengo piuttosto che le modalità accertate nel caso del magnetismo dipendano dalle condizioni elastiche reali, che nelle mie esperienze si rendono manifeste anche in assenza di forze magnetiche; ed in tale ipotesi il fatto scoperto da Barkhausen, col carattere di una struttura *quantistica* dell'energia messa in giuoco nei processi irreversibili, sarebbe da considerare come appartenente alla vasta categoria dei fenomeni magnetoelastici.

⁽¹⁾ V. Journ. de Phys., T. III, p. 74, 1922.