

LIQUIDO NEL QUALE LA VELOCITÀ DEGLI ULTRASUONI È INDIPENDENTE DALLA TEMPERATURA (*)

(Con tre figure)

AMEDEO GIACOMINI

SUMMARIVM. — Velocitatem qua ultra-soni per aquam etilico alcoole mixtam propagantur, metitus est Auctor.

Diagrammata, quae exprimunt quomodo velocitas ad spissitudinem se habeat, cacumen semper habent, cuius situs caloris mutatione mutatur.

Constat autem, si mixtio ita fiat ut septendecim centesimae partes circiter ex alcoole sint, ultra-sonis eandem velocitatem servare quomodocumque caloris vis varietur.

I fisici si sono spesso proposti di costituire sostanze o corpi i quali godessero della proprietà, che un loro determinato parametro caratteristico fosse sensibilmente indipendente della temperatura.

In questo ordine di idee si possono ricordare, ad esempio, le leghe a resistività elettrica poco variabile⁽¹⁾, l'acciaio *invar*⁽²⁾, che ha coefficiente di dilatazione termica assai piccolo, l'acciaio *elinvar*⁽³⁾, avente modulo di elasticità quasi indipendente dalla temperatura.

Conviene inoltre citare le piastrine di quarzo usate come campioni di frequenza. Anche per queste si è studiato a lungo⁽⁴⁾ onde tro-

(*) Nota presentata dall'Accademico Pontificio Luigi Lombardi, nella Tornata del 30 novembre 1941.

(1) Vedi, ad es., G. WIEDEMANN, *Die Lehre von der Elektrizität*, vol. I, pag. 485. Ediz. Vieweg-Braunschweig, 1893.

(2) A. GUILLAUME, *Comptes Rendus des séances de la Troisième conférence générale des poids et mesures*. Gauthier Villars, Paris, 1901.

(3) A. GUILLAUME, *Le Génie Civil*, vol. 80, pag. 88, 1922.

(4) F. R. LACK, *Proc. I. R. E.*, vol. 17, pag. 1123, 1929. — A. SCHEIBE, V. ADELSBERG, *H. F. Tech. u. El. Ak.*, vol. 43, pag. 37, 1934. — F. R. LACK, G. W. WILLARD, I. E. FAIR, *Bell. Syst. techn. Journ.*, vol. 13, pag. 453, 1934. — W. P. MASON, *Proc. I. R. E.*, vol. 28, pag. 220, 1940.

vare un « taglio », che rendesse la frequenza di risonanza della piastrina sensibilmente indipendente dalla temperatura.

Non ci risulta che sino ad ora si fosse pensato di ricercare un liquido nel quale la velocità di propagazione degli ultrasuoni fosse, entro conveniente intervallo, indipendente dalla temperatura.

Per conseguire tale scopo abbiamo preso le mosse osservando che, per tutti i liquidi sui quali è stato sperimentato, la velocità di propagazione delle onde elastiche è funzione decrescente della temperatura, eccezione fatta per il caso dell'acqua. Ciò ha fatto pensare che una mescolanza di due liquidi, dei quali uno fosse l'acqua, potesse presentare coefficiente di temperatura per la velocità degli ultrasuoni sensibilmente nullo ⁽¹⁾ in ampio intervallo. Il coefficiente di temperatura cui si allude è ovviamente la grandezza $k = \frac{dv}{d\theta}$, (v velocità degli ultrasuoni, θ temperatura).

Abbiamo quindi intrapresa una serie di misure della velocità di propagazione di ultrasuoni, aventi frequenza uguale a 2019,4 kHz, in mescolanze di acqua ed alcool etilico. L'alcool adoperato è quello assoluto della ditta Merck.

Il metodo sperimentale seguito è sostanzialmente quello di Hiedemann e collaboratori. Una descrizione esauriente delle apparecchiature usate e del procedimento di misura è apparsa in altro lavoro ⁽²⁾ e ad essa il lettore viene rimandato per maggiori chiarimenti.

Qui conviene solo aggiungere che la precisione inerente alle presenti misure è lievemente inferiore a quella ottenuta in passato. Ciò dipende essenzialmente dalle difficoltà incontrate nello sperimentare a temperature discoste da quella ambiente.

Sin dalle prime determinazioni abbiamo appurato che non era soddisfatta la regola di addittività. Infatti avviene, in alcuni casi, che la velocità nelle mescolanze è più grande che nei liquidi componenti puri. In altre parole, la curva rappresentativa della velocità in funzione della percentuale di un componente (a temperatura costante) presenta un massimo. Questo fatto, che nel caso particolare della mescolanza

⁽¹⁾ A. GIACOMINI, *La Ricerca scientifica*, vol. 12, pag. 384, 1941.

⁽²⁾ A. GIACOMINI e B. PESCE, *La Ricerca Scientifica*, vol. 11, pag. 605, 1940.

etanolo-acqua non era stato constatato da altri, trova riscontro nei risultati ottenuti precedentemente su alcune poche altre miscele, per le quali appunto la curva rappresentativa della velocità in funzione della concentrazione presenta un massimo ⁽¹⁾(²) od un minimo ⁽³⁾.

La constatazione che la regola di addittività non era soddisfatta fece in un primo tempo dubitare che la meta prefissata potesse venir raggiunta. Tuttavia tracciate, sulla scorta dei dati sperimentali che si andavano accumulando, le curve rappresentative della velocità in funzione della temperatura, abbiamo ottenute le grafiche mostrate in fig. 1. Da una semplice ispezione di esse risulta palese quanto segue:

1°) Le curve $v = f(\theta)$ non sono sempre situate nella porzione del piano compresa fra le curve relative ai liquidi componenti allo stato puro. Ciò dimostra indirettamente il carattere generale dell'osservazione prima fatta, circa l'andamento anomalo delle caratteristiche velocità-concentrazione ricavate a temperatura costante.

2°) Se si esclude la curva relativa all'acqua pura, le altre sono con buona approssimazione delle rette, aventi equazioni del tipo $v = k\theta + \text{costante}$. In altre parole il coefficiente di temperatura k appare sensibilmente costante, per assegnata percentuale dell'alcool e nell'intervallo di temperatura considerato.

3°) Al crescere della percentuale p dell'alcool i valori di k , dapprima positivi, decrescono regolarmente e divengono poi negativi. Ciò assicura la possibilità di costituire una mescolanza avente $k = 0$, con le limitazioni derivanti dall'aver assimilato le curve $v = f(\theta)$ a delle rette.

Per cercare il valore di p , al quale si annulla k , abbiamo costruita la grafica di fig. 2, ove sono riportate in ascisse le percentuali di alcool ed in ordinate le variazioni totali di velocità che si hanno quando la temperatura passa da 5°C a 45°C.

Come si vede, la percentuale di alcool cui corrisponde l'annullamento del coefficiente di temperatura è prossima al 17%. Per riprova

(¹) A. SMITH e M. EYING LEWIS, *Journ. of. Chem. Phys.*, vol. 7, pag. 632.

(²) B. PESCE e A. GIACOMINI, *La Ricerca scientifica*, vol. 11, pag. 619, 1940.

(³) K. SACHER, *Phys. ZS.*, vol. 41, pag. 360, 1940.

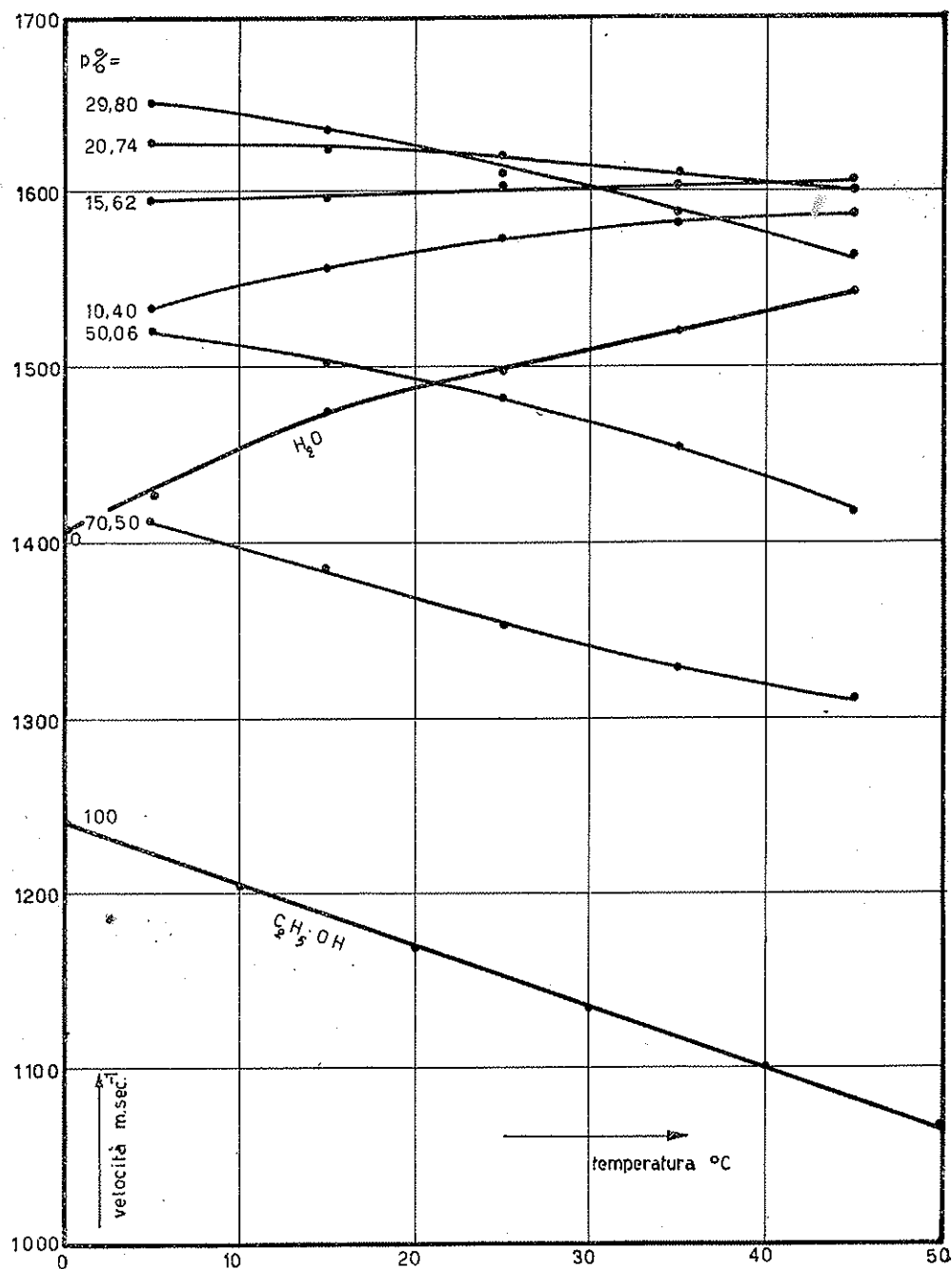


FIG. 1.

Dipendenza dalla temperatura della velocità di propagazione degli ultrasuoni in mescolanze alcool etilico-acqua.

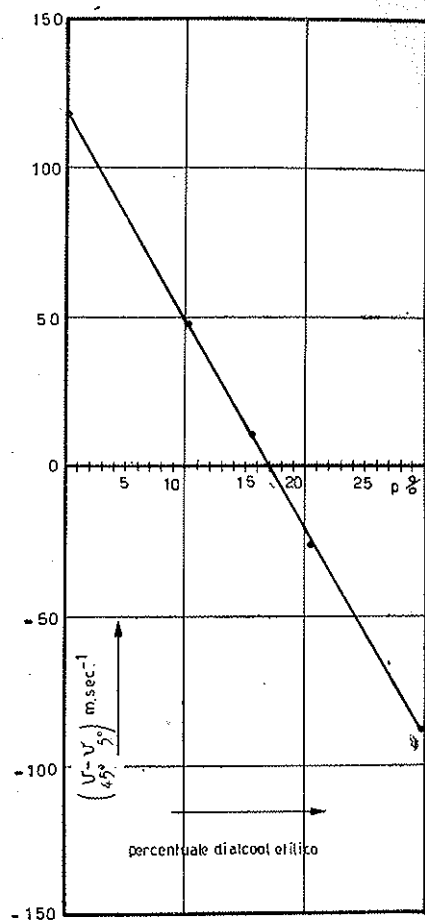


FIG. 2.

Variazioni di velocità degli ultrasuoni tra 5°C e 45°C
in funzione della percentuale di alcool.

sono state eseguite quattro misure di velocità in una miscelanza con $p = 17,35 \%$, ottenendo i valori seguenti:

- per $\theta = 5^\circ\text{C}$ $v = (1,610 \pm 0,0017) \times 10^5 \text{ cm. sec.}^{-1}$
 » $\theta = 15^\circ\text{C}$ $v = (1,611 \pm 0,0008) \times 10^5 \text{ cm. sec.}^{-1}$
 » $\theta = 25^\circ\text{C}$ $v = (1,611 \pm 0,0020) \times 10^5 \text{ cm. sec.}^{-1}$
 » $\theta = 35^\circ\text{C}$ $v = (1,609 \pm 0,0020) \times 10^5 \text{ cm. sec.}^{-1}$

Si deduce che la variazione di velocità, entro tutto l'intervallo $5^{\circ}\text{C} \rightarrow 35^{\circ}\text{C}$, non supera l'errore da cui sono affetti i valori sperimentali.

Ammettendo, per prudenza, che l'errore assoluto sia, in tutte le determinazioni, di ± 2 m. sec.⁻¹ si calcola immediatamente un limite superiore per variazione media di velocità, per grado centigrado, nell'intervallo $5^{\circ}\text{C} \rightarrow 35^{\circ}\text{C}$. Esso risulta di quattro parti su centomila.

Ci proponiamo di elaborare in seguito un metodo che consenta di valutare, con precisione assai grande, anzichè i valori assoluti delle velocità le variazioni di questa rispetto ad un valore iniziale, conosciuto per altra via con buona precisione. Si potrà così accertare se esiste una miscela nella quale la costanza della velocità con la temperatura sia assicurabile entro limiti ancor più ristretti di quelli già segnalati di alcune unità su centomila.

Con riferimento allo studio della velocità in funzione della concentrazione si son potute tracciare le grafiche della fig. 3. Da esse appare che vi è una percentuale di alcool cui corrisponde un massimo per la velocità. Tale massimo è tanto meno pronunciato quanto più alta è la temperatura, e la sua posizione dipende da quest'ultima. Le stesse cose è probabile si verifichino anche nelle mescolanze acido acetico-acqua, metanolo-acqua, alcool etilico-tetracloruro di carbonio, che furono studiate ⁽¹⁾ ad una sola temperatura.

Premesso che i risultati così ottenuti forniscono fin da ora indicazioni utili per una migliore conoscenza della struttura molecolare dei liquidi è lecito segnalare alcune possibili utilizzazioni della mescolanza a velocità costante, che logicamente potrebbe chiamarsi *takinvar*.

È senz'altro palese che essa potrà servire da liquido campione ogni qual volta si possano compiere misure di velocità degli ultrasuoni adottando metodi di confronto.

Altra possibile applicazione, della quale non è dato in questo momento valutare l'importanza, è la seguente. In quei ricevitori per televisione che utilizzano una cella ultrasonora per modulare la luce, il punto luminoso che, per così dire, costruisce l'immagine, si muove con velocità proporzionale alla velocità degli ultrasuoni nella cella. Il riscaldamento del liquido contenuto in quest'ultima provoca, a cagione delle

⁽¹⁾ Vedi note 1, 2 e 3 a pag. 89.

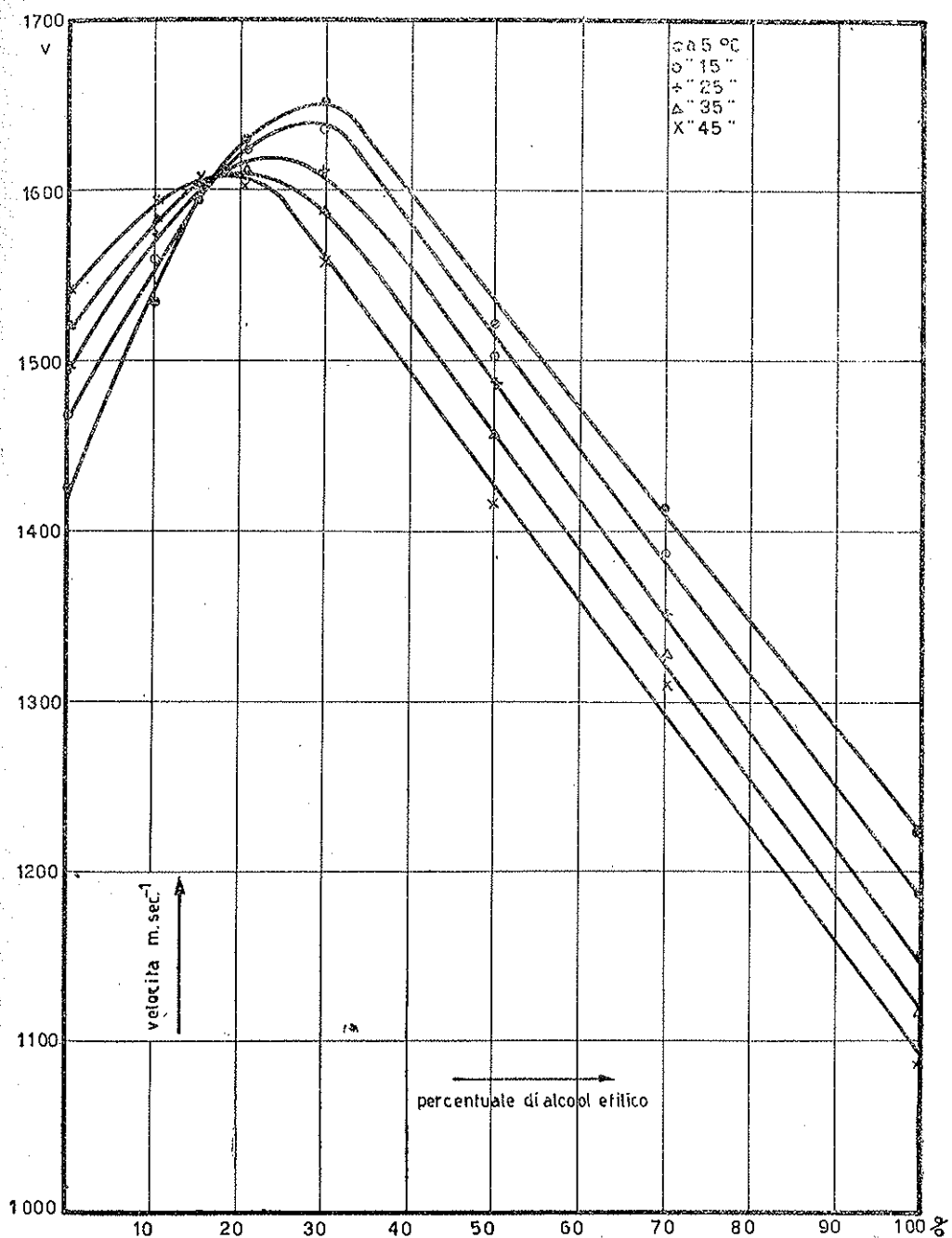


FIG. 3.

Dipendenza dalla percentuale di alcool
della velocità di propagazione degli ultrasuoni.

variazioni di velocità degli ultrasuoni, una alterazione del sincronismo nel processo di costruzione dell'immagine. È presumibile che la miscela a velocità costante possa eliminare totalmente questo inconveniente.

È cosa gradita ringraziare l'Accademico Luigi Lombardi per il suo interessamento a questo lavoro, e la Sig.na M. Giannoli perchè ha intelligentemente curata la esecuzione di gran parte delle misure.

Istituto Nazionale di Elettroacustica « O. M. Corbino »
Roma, 25 novembre 1941-xx