

RISPOSTA ALLE OBBIEZIONI DEL SIG. MARANGONI CONTRO IL  
PRINCIPIO DELLA VISCOSITA' SUPERFICIALE DEI LIQUIDI;  
PER M. I. PLATEAU.

( *Acad. Roy. de Belgique. Bulletins de Novem. 1872* )

( Sunto )

Cartesio e Rumford, e molti altri fisici, prima del Plateau, furon d'opinione che i liquidi avessero una viscosità più forte nello strato superficiale che nel loro interno. Ma le esperienze del Plateau ebber lo scopo di dimostrare quella viscosità nello strato superficiale di alcuni liquidi, come l'acqua, le soluzioni saline, di saponina, d'albumina ec.; e mostrarono ancora che in certi altri liquidi, come l'alcool, l'etere, l'essenza di terebentina ec. lo strato superficiale è meno viscoso degli strati inferiori.

Fra quelle esperienze è la seguente. Nel centro di una capsula di vetro cilindrica, sta verticalmente un pernio sul quale posa orizzontalmente in equilibrio un ago calamitato. Il liquido si versa nella capsula fino a che sfiori la faccia inferiore dell'ago; e poi allontanando di 90° l'ago dal meridiano magnetico, dopo si abbandona a se stesso, e si misura il tempo ch'egli impiega nel percorrere un dato angolo. Ciò fatto si versa ancora del liquido, fino a che l'ago rimanga tutto immerso, e poi di nuovo si misura il tempo impiegato dall'ago a percorrere quello stesso angolo. Così facendo il Plateau vidde che, ad esempio, nell'acqua l'ago impiegava 2",34 nella seconda, e 4",53 nella prima di quelle due successive esperienze. Eppure nella seconda esperienza l'ago subiva in ambedue le faccie l'attrito del liquido.

Ma il Marangoni in un suo lavoro intese a dimostrare che tutti i liquidi hanno la stessa viscosità, così alla superficie come nel loro interno (1). Il Marangoni dice che se i liquidi coi quali non si possono con un tubicino soffiare bolle, come nelle

(1) Sul principio della viscosità ec. — *Nuovo Cimento*. Aprile 1872.

soluzioni di sapone, quella resistenza al moto si deve all'azione capillare esercitata dai menischi aderenti agl'orli dell'ago; e che negl' altri liquidi, quella resistenza è dovuta ad una sottil pellicola formata da elementi di natura solida, sparsi sulla superficie del liquido.

Per la narrata esperienza del Plateau, il Marangoni dice che se l'ago si muove per esempio da sinistra a dritta, il liquido tenderà ad innalzarsi a dritta, e che perciò da questa parte il menisco diverrà meno concavo; mentre che a sinistra il livello del liquido tendendo ad abbassarsi, il menisco diverrà più concavo di prima. Siccome l'attrazione dei menischi è proporzionale alla lor curvatura, ne segue, dice il Marangoni, che quell'azione capillare tenderà a trarre l'ago in senso opposto al suo moto.

Non pare al Plateau evidente la esattezza di quel ragionamento. Egli dice, che quando l'ago sfiora soltanto la superficie del liquido, esso movendosi spinge davanti a sè un menisco; ma l'attrito della base di quel menisco contro il liquido sottoposto, fa sì che il menisco medesimo tende a rimaner indietro, ed a diminuir di volume, passando sotto l'ago una parte del liquido che lo forma. E così si verrebbe ad una conclusione contraria a quella del Marangoni.

Si potrebbe dire che l'ago per aderenza portasse seco una certa massa di liquido, la quale spingesse una certa quantità di liquido per gonfiare il menisco anteriore; ma allora, dice il Plateau, in tutti i liquidi, e massime nei più vischiosi, si vedrebbe che un piccolo corpicciuolo galleggiante potrebbe esser mosso prima che urtato, dall'ago in movimento. Quel distinto fisico vidde che nell'essenza di terebentina, liquido più vischioso dell'acqua, l'ago si muove assai più celeremente, ed arriva ad urtare il galleggiante, prima che questi abbia fatto alcun piccolo movimento.

Il Marangoni non disse di aver verificate quelle deformazioni nei menischi; e ciò sarebbe molto difficile. Il figlio del Plateau, il sig. Felice Plateau, assicura che se fossero alquanto considerevoli, non gli sarebbero sfuggite. Ma quand'anche esistessero non se ne potrebbe esattamente parlando dedurre conclusione alcuna, fuorchè col mezzo dell'analisi matematica.

Spargendo della polvere di licopodio sulla superficie del liquido, oppure posandovi sopra un pezzetto di foglia d'oro, si vede che l'ago comunica parte del suo movimento all'intera superficie. Il Plateau vidde in ciò una novella prova della viscosità superficiale del liquido; e il Marangoni nel suo citato lavoro parla egli pure di quest'ultimo fatto. Ma per dimostrare che esso non è contrario al suo modo di vedere, il Marangoni dice soltanto che l'acqua può esser coperta di una sorta di pellicola resistente, che nell'acqua de'pozzi è di carbonato calcareo, e che nell'acqua distillata può, dopo lungo tempo, esser formata dalla polvere natante nell'atmosfera. Così sembra che il Marangoni attribuisca a simil pellicola quella rotazione della superficie del liquido. Ma in questo caso, dice il Plateau, bastava al Marangoni quella pellicola, senza ricorrere all'azion capillare dei menischi, per spiegare la resistenza della superficie al movimento dell'ago. Nelle sue esperienze il Marangoni non poteva attribuire quella pellicola alla polvere dell'atmosfera, perchè nell'acqua distillata di cui fece uso non vi fu alcun aumento di resistenza superficiale, abbenchè rimanesse per diversi giorni esposta all'aria. E se egli credeva che non vi si fosse formata pellicola alcuna, dovea, nell'interesse della sua teoria, assicurarsi che in tal caso la superficie del liquido non girava insieme con l'ago.

Fra le esperienze che il Plateau narra in prova della non esistenza di quella pellicola, è la seguente. Egli empì di acqua distillata un grande imbuto di vetro con chiavetta. L'imbuto era sopra, e vicinissimo, alla anzidetta capsula; e fu coperto, e lasciato così per ventiquattro ore in riposo. Poi fu aperta la chiavetta per empir la capsula nel modo narrato. Ciò fatto, la esperienza della foglietta di oro dimostrò la anzidetta rotazione della superficie del liquido; eppure l'acqua caduta nella capsula non era quella della superficie dell'acqua rimasta nell'imbuto, sulla quale soltanto si sarebbe potuto formare, con la polvere natante, una pellicola.

Hagen trovò che la tensione dell'acqua distillata diminuisce rapidamente, quando l'acqua rimane in un vaso scoperto; ed in alcune ore da 7,53 discende fino a 4,69. Dunque, dice il Plateau, se la resistenza al movimento dell'ago provenisse da un'azion capillare, il Marangoni avrebbe in tal caso veduto col tempo diminuire quella resistenza.

Il Luvini concluse pure dalle sue esperienze che i fatti che emergono dalle esperienze del Plateau, non dipendono da quella tensione. Dunque, dice il Plateau, io non vedo negli argomenti del Marangoni nulla che possa ispirare dei dubbi sulla viscosità della superficie dell'acqua, e dei liquidi della stessa categoria di quella.

Parliamo ora dei liquidi dell'altra categoria, cioè di quelli le di cui piccole gocce si lasciano gonfiare, come le bolle di sapone. In questo caso il Marangoni intende di provare, e il Plateau di negare, la esistenza di quelle pellicole.

La soluzione di saponina ha la maggior resistenza superficiale; in essa l'ago calamitato rimane immobile, anche a 90° dal meridiano magnetico.

Il Marangoni dice che versando in una piccola capsula un poco di quella soluzione, e tuffandovi un tubo di vetro di 15<sup>mm</sup> di diametro, si può avere una prima bolla di 10, ai 15 centimetri; ma che le altre van sempre diminuendo, e dopo 15 o 20 volte non se ne ottiene più. Nulladimeno in una lettera scritta a Van-der-Mensbrughe, lo stesso Marangoni dice che con una soluzione meno concentrata egli ottenne bolle fin che volle, egualmente grosse. Ma poi, nel suo citato lavoro, egli dice che se si versasse la soluzione di saponina in modo che non sortisse o non cadesse nella capsula la parte che forma lo strato superficiale, sul quale cade il sospetto di avere quella pellicola già formata, non si potrebbe gonfiar più la menoma bolla.

Ora il Plateau empi di quella soluzione un imbuto di vetro a chiavetta, lasciandovela coperta e in riposo per lungo tempo, onde tutti i possibili invisibili filamenti potessero ascendere fino alla superficie libera; e poi con tutte le precauzioni aprendo la chiavetta empi la piccola capsula. Per soffiare le bolle servì un tubo di vetro di 20 centimetri di diametro, ben lavato con alcool e poi con acqua distillata. La soluzione era nella proporzione di un centesimo. Dunque quella asserzione del Marangoni non è sostenibile, perchè si hanno bolle anche prendendo il liquido a molta distanza dalla superficie libera. E d'altronde non si potrebbe in quella esperienza la pellicola esser rapidamente formata nella capsula, sia dall'azione dell'aria, sia dall'ascensione di filamenti invisibili. Anche molto tempo dopo che

fu empita la capsula, le bolle erano sensibilmente le stesse; solo una tendenza nel senso di una diminuzione di diametro, ma leggerissima, prendendo il liquido più sotto alla superficie, e spiegabile ammettendo la influenza di alcune impurità che ascendevano alla superficie medesima.

Il Marangoni dice anche che girando la boccia della soluzione, la superficie superiore gira insieme alla boccia, mentre che il liquido sottoposto resta fermo; e che le piccole calotte formate alla superficie, dalle bolle di aria, prendono forme molto irregolari; e se allora dopo avervi gonfiata una bolla si lascia aperto il tubo che servì per formarla, la bolla si piega e diventa conica. Ma, dice il Plateau, simili fenomeni possono spiegarsi ugualmente, sia ammettendo la pellicola, che la viscosità superficiale.

Il Marangoni osserva che quando la bolla si piega e si deforma, e perde la sua trasparenza; ma il Plateau dimostrò che cioè risulta da una infinità di piccole masse di aria che rimangono fra le ripiegature della sottil lamina che forma la bolla. Finalmente il Marangoni disse che quando la bolla diventa conica, la goccia, che riman sospesa nel vertice del cono, contiene un precipitato bianco; ma poi nella citata lettera, il Marangoni dichiarò che con una soluzione meno concentrata quel precipitato non si vedeva più.

La soluzione di albumina offre gli stessi fenomeni; in grado minore, è vero, ma non vi sarebbe ragione per concludere, con essa o con altri liquidi, diversamente circa alle pellicole.

Il Marangoni vidde che adoperando una soluzione di sapone di Marsilia, dopo un' ora e mezza, la durata del movimento dell'ago, nella narrata esperienza del Plateau, diviene dieci volte più grande, e che dopo venti ore circa l'ago non può muoversi. Il Marangoni vede in ciò la prova della graduale formazione di una pellicola superficiale, generata, secondo lui, dalla azione dell'acido carbonico dell'aria. Ma, risponde il Plateau, anche questa asserzione non è ben dimostrata; perchè il Marangoni doveva avere prima in ogni prova ben ripulito l'ago, che poteva esser chimicamente attaccato dalla soluzione, specialmente, se quel sapone conteneva del cloruro di sodio, e così esser realmente generata una pellicola di natura estranea alle presenti

ricerche. E ciò infatti accadde al Plateau. Ma dopo che questo fisico ebbe verniciato l'ago, sparì affatto quell'aumento di resistenza.

E quand' anche quella pellicola non avesse per causa quella azione chimica, il Plateau non vedrebbe perchè si dovesse ritenere che quella pellicola fosse la cagione di quella resistenza, al moto dell'ago, in una soluzione preparata di recente, quando anche con l'acqua distillata non si trovasse che quella resistenza aumentasse sensibilmente col tempo; e crede che se pure quella pellicola appartiene al liquido, essa non può acquistare tenacità ed influenza sensibile che dopo un tempo assai più lungo, di quello che si richiede nella narrata esperienza.

Riguardo ai liquidi meno viscosi alla superficie che nell'interno, il Marangoui si limita, dice il Plateau, a considerarli come aventi tensioni troppo deboli, perchè l'azion capillare, da esso precedentemente invocata, possa avere una sensibile influenza, senza occuparsi dei lavori del Plateau relativi a quei liquidi medesimi.

Anche il Luvini espose dei dubbi sul principio della viscosità superficiale; e crede che i fenomeni osservati dal Plateau provengano da una alterazione dello strato superficiale, pel contatto dell'aria e pel pulviscolo.

Il Luvini variò il gas ove era la capsula piena col liquido e con l'ago; e così ripeté la esperienza con l'aria, con l'idrogeno, con l'acido carbonico e con l'ossigeno; ma non ebbe notabili differenze nei risultati. Egli sostituì all'ago delle lamine di forma e sostanza diversa, sospendendole al filo di una bilancia di Coulomb. Vidde che il combaciare più o meno esatto della superficie del liquido con la lamina avea poca influenza; ma che la durata del moto della lamina, così all'interno che alla superficie, cresceva col tempo. E ricordando l'anzidetto fatto trovato dall'Hagen, concluse che quella resistenza non avea che fare colla tensione del liquido. Ma il Luvini non diede alcuna misura circa a quell'aumento di resistenza della superficie, che il Plateau crede abbia dovuto esser ben lento, se il Luvini pensò di accagionarne il pulviscolo dell'aria; e quanto all'aumento di resistenza nell'interno, il Luvini lo spiega naturalmente, coll'aumento progressivo di adesione fra il liquido e la lamina.

Il Luvini dice anche che quelle resistenze variano a seconda della natura della lamina. Ma al Plateau non sembra molto concludente il solo esempio che, in appoggio di tale asserto, fu addotto dal Luvini. Finalmente il Luvini trovò che la forma della lamina solida influì molto sui risultati, ed a quella conclusione arrivò pure il Marangoni; ma il Luvini sa molto giudiziosamente osservare che ciò è dovuto e al rapporto fra il contorno e la superficie della lamina, e alla direzione del moto.

Ma infn de' conti, dice il Plateau, il lavoro del Luvini non contiene alcun serio argomento contro il principio della viscosità superficiale dei liquidi.

Questo sunto supplisce ad una traduzione che per mancanza di spazio ora non avremmo potuto inserire in questo giornale, e non volevamo tardar troppo perchè, anche astrazione fatta dall'interesse ispirato dal nome del Plateau, dopo la pubblicazione del citato lavoro del Marangoni, la Direzione del Cimento era in dovere di fare per parte sua conoscere la risposta che il Plateau fece alle obbiezioni mossegli dal Marangoni. E nel tempo stesso abbiamo anche potuto parlare dei lavori del Luvini, sullo stesso soggetto trattato da quei due fisici.

Però dobbiamo dire che non ci ha mossi il desiderio di tener viva, e molto meno di suscitare, una polemica fra quei fisici. Noi soltanto desideriamo che quelle ricerche, onde essere ancor più utili, prendano una forma opportuna alle applicazioni delle analisi algebriche.

