SU D'UN FENOMENO SINGOLARE CHE SI PRESENTA ALLORCHÈ UN LIQUIDO SI FA CADERE A GOCCIE SOPRA LA SUPERFICIE D'UN ALTRO LIQUIDO DELLA STESSA NATURA O DI NATURA DIVERSA; A. CIMA.

Un fatto riportato da Buff in una lettera diretta a Tyndall parlando dello stato sferoidale che assume un liquido cadendo su d'un altro liquido (1), mi fece riflettere, più che non l'avessi fatto prima, su d'un fenomeno da me osservato accidentalmente anni sono.

Buff dice che una goccia liquida prende lo stato sferoidale allorchè si fa cadere sopra la superficie d' un altro liquido di diversa natura , portato ad una certa temperatura. Questo fatto è vero, come è vero altresì ciò che afferma questo fisico che la goccia in questo caso deprime alquanto la superficie liquida. Il fenomeno da me osservato, che, a quanto io sappia, non fu mai notato dai fisici, e sul quale si aggirano le ricerche che espongo in questo scritto, è il seguente.

Avendo colmato d'acqua alla temperatura ordinaria un bicchiere di piccolo diametro, in modo che la superficie liquida si era fatta convessa, ed avendo su questa superficie fatto cadere delle gocce dello stesso liquido alla stessa temperatura di quello che era nel bicchiere, vidi quelle gocce restare per qualche tempo intiere, scorrere su quella superficie e quindi saltar fuori in alcuni casi, superando gli orli del bicchiere, ed in altri casi diminuire successivamente di volume, conservandosi sferiche fino a scomparire affatto.

Questo fenomeno presenta tutte le apparenze di quello che costituisce lo stato sferoidale dei corpi, ma dipende certamente da una cagione ben diversa, in quanto che manca in esso la condizione essenziale per prodursi lo stato sferoidale, quale è appunto la temperatura determinata della superficie liquida, e la diversità fra questa temperatura e quella della goccia.

Questo risultato è più costante allorchè invece d'acqua si usa alcole, acido solforico, acqua zuccherata o gommata, sangue,

(1) *Philos. magaz. e Journal of sciences*, novembre 1855.

bile ecc. Ma, perchè succeda in tutti i casi il fenomeno, sono necessarie alcune precauzioni. È d'uopo che il liquido su cui si fanno cadere le gocce sia bene in riposo, è d'uopo che le gocce non siano molto grandi e che non cadano che da una certa altezza, varia e diversa per i liquidi differenti, e che vi cadano per il solo loro peso senza che vi vengano spinte. Nel fare queste sperienze avviene di frequente che le piccole gocce che si fanno cadere per le prime, anche usando le precauzioni ora accennate, non si mantengono allo stato, che per brevità dirò *globulare*, ma solo dopo qualche tempo da che dura l'esperienza.

La prima volta che osservai questo fenomeno, il bicchiere di 2 centimetri di diametro, era colmo di liquido, e la superficie di questo era convessa, come già dissi; ma mi avvidi ben tosto che succedeva lo stesso, anche quando il bicchiere era d'un diametro molto più grande, e la superficie del liquido era piana, specialmente adoperando certi liquidi. In questo caso se si fa cadere la goccia a certa distanza dalle pareti del vaso, essa resta ferma e va diminuendo successivamente di volume e finalmente scompare; se invece si fa cadere sul rialzo capillare formato dal liquido a contatto delle pareti del bicchiere, la goccia scorre allora per quella specie di piano inclinato verso la parte media del vaso.

Per studiare le circostanze principali del fenomeno era d'uopo prima di tutto poter far cadere le gocce costantemente dalla stessa altezza e quindi colla stessa velocità. A tal fine ebbi ricorso al vaso di Mariotte, disposto come si vede in A, nella figura, e munito nel suo foro inferiore d'un tubo di vetro *cd* orizzontale, che si ripiega in basso ad angolo retto e che finisce in punta capillare *e*. Con questo mezzo si ha che la goccia cade ad intervalli uguali sopra il liquido sottoposto contenuto nel bicchiere *v*, e sempre colla stessa velocità, allorchè la distanza tra la superficie di questo e l'estremità *e* di quel tubo ricurvo non cambia, e la posizione del tubo *ab* resta costante.

Per poter determinare esattamente in tutti i casi una tale distanza e per poterla far variare all'uopo, feci uso dell'altra parte B dell'apparato, la quale consiste in un piccolo piatto sostenuto da una traversa orizzontale *mn*, fissata ad angolo retto ad un'asta verticale che scorre entro il sostegno *s*. Quest'asta è dentata, ed i suoi denti ingranano in un rocchetto che si muove orizzontalmente per

mezzo d'un bottone, e che fa muovere sul quadrante *q* una freccia, mentre che la traversa *mn*, e quindi il bicchierino *v* che è pieno di liquido, si eleva o si abbassa. La circonferenza del quadrante *q* è divisa in 240 parti uguali; e un ventesimo di millimetro di elevazione della traversa *mn* corrisponde alla corsa della freccia per una delle suddette divisioni. È chiaro come portando la superficie del liquido del bicchiere *v* a contatto della punta affilata *e* del tubo *cd*, mentre la freccia è allo zero di quella divisione, e quindi abbassando la traversa *mn* nel modo indicato, si possa determinare esattamente la distanza verticale tra l'estremità suddetta del tubo *cd* e quella superficie liquida.

I liquidi sopra i quali sperimentai sono i seguenti, alle densità sotto indicate, prendendo $\equiv 1$ la densità dell'alcole.

	<i>Densità.</i>
Alcole	1,000
Olio d' ulive	1,058
Acqua distillata	1,134
Soluzione di gomma arabica	1,155
Altra id. id.	1,162
Soluzione di solfato di rame	1,305
Id. di sal marino	1,322
Acido solforico	1,882

Trovai che una goccia di questi liquidi cadendo sulla superficie, sia concava, sia piana e molto meglio convessa, dello stesso liquido, alla stessa temperatura, assume lo stato *globulare*; ma che per prodursi il fenomeno coi diversi liquidi è duopo che la goccia cada da un' altezza diversa, data la stessa temperatura.

Chiamerò per brevità, *distanza massima* quella altezza al di là della quale cadendo la goccia sulla superficie liquida, non si presenta più il fenomeno in discorso.

Quanto ho ora detto si può riconoscere osservando i numeri contenuti nei seguenti quadri, e che rappresentano in millimetri le *distanze massime* a cui avviene il fenomeno, operando coi liquidi corrispondenti e presi tutti alla stessa temperatura, che fu di 19°C. in un caso e di 26°C. nell'altro.

Temperatura 19°C.

Distanza massima.

Soluzione di solfato di rame	9 ^{mm} ,50
Acqua	10 , 00
Alcole	10 , 75
Olio	12 , 50

Temperatura di 26°C.

Distanza massima.

Soluzione di sal marino	8 ^{mm}
Acido solforico	8 , 50
Soluzione di solfato di rame	9 , 25
Alcole	9 , 25
Soluzione di gomma arabica	20 , 25

Le distanze massime qui accennate si riferiscono al caso in cui si fanno cadere le gocce sopra una superficie liquida convessa. Esse variano per ciascuno dei liquidi precedenti, a un dipresso nello

stesso rapporto, allorchè quelle gocce cadono su superficie liquida piana, sebbene si trovino in generale per ciascun liquido, minori in questo che nel caso precedente.

Facendo cadere le gocce sopra una superficie liquida piana, si riconosce poi come la massa del liquido di cui essa fa parte, non abbia influenza alcuna sulla produzione del fenomeno. Infatti questo succede anche quando si fanno cadere le gocce da conveniente altezza sopra un velo liquido che bagni appena il fondo d'un bicchiere.

Confrontando intanto fra di loro i numeri che corrispondono nel precedente quadro alla soluzione di solfato di rame e all'alcole, si riconosce l'influenza che sul fenomeno esercita la temperatura. Ma una tale influenza si deduce più chiaramente dalle sperienze comparative che ho fatto a questo proposito, i risultati delle quali sono compresi nel seguente quadro.

SOLUZIONE DI SALMARINO		ACQUA		ALCOLE	
TEMPERATURA	DISTANZA MASSIMA	TEMPERATURA	DISTANZA MASSIMA	TEMPERATURA	DISTANZA MASSIMA
22°.C.	9 ^{mm} ,5	7°C.	15 ^{mm}	8°C.	9 ^{mm} ,25
26°.	8.	10°.	12.	10°.	9 , 50
35°.	(1)	19°.	10.	14°.	10 , 25
		26°.	(2)	19°.	10 , 25
				22°.	9 , 50
				26°.	9 , 25
				35°.	5 , 25
				60°.	(3)

(1, 2) A queste temperature il fenomeno cessa, anche a piccolissime distanze, per la soluzione di sal marino e per l'acqua rispettivamente.

(3) Non ho potuto fare sperienze per le temperature intermedie fra 35° e 60°, e però non ho potuto riconoscere a quale temperatura cessi il fenomeno. A 60° intanto la goccia non prende più lo stato globulare anche a distanze piccolissime.

Riflettendo su ciò che avviene colla soluzione di sale marino e coll'acqua si vede come la distanza massima vada successivamente diminuendo, crescendo la temperatura in grado uguale, tanto nel liquido che cade a gocce, quanto in quello che lo riceve sulla sua superficie. Si vede inoltre che una tale diminuzione non è esattamente proporzionale a quell'accrescimento. Si riconosce finalmente esservi un certo grado di temperatura, maggiore per quella soluzione salina, minore per l'acqua, alla quale la goccia non prende più lo stato globulare cadendo sul liquido avente una temperatura uguale alla sua.

Osservando poi ciò che si ottiene coll'alcole si riconosce invece che la distanza massima cresce successivamente come cresce la temperatura; ma che quando questa è giunta ad un certo grado essa distanza massima segue la stessa legge che negli altri due liquidi, cessando la goccia di assumere lo stato globulare, allorchè la temperatura giunge ad un certo grado.

Quanto ho detto si riferisce semplicemente al caso in cui la temperatura sia la stessa per la goccia e per la superficie liquida. Infatti se esiste una differenza notevole di temperatura tra quella e questa, non cessa di manifestarsi il fenomeno dello stato globulare. Così la goccia più calda prende quello stato cadendo sopra una superficie fredda e viceversa, come nel caso da Buff attribuito allo stato sferoidale.

Volli pur vedere se il fenomeno succedeva anche tra due liquidi di diversa natura, ma presi alla temperatura medesima. Trovai innanzi tutto essere cosa difficile poter trarre conseguenze esatte da ciò che avviene allorquando si fa cadere a gocce un liquido su di un altro liquido che abbia un peso specifico maggiore, in quantochè, siccome è raro che le prime gocce che si fanno cadere restino allo stato globulare, succede che si forma uno strato del liquido da cui esse risultano sopra la superficie dell'altro, per cui allora il fenomeno avviene tra due liquidi della stessa natura. Si è perciò che ho preferito far cadere a gocce un liquido più denso sopra la superficie d'un altro meno denso.

A tal fine ho fatto cadere delle gocce di soluzione di gomma arabica sull'olio, delle gocce d'olio sull'alcole, delle gocce d'acqua sull'olio. In tutti questi casi le gocce prendono lo stato globulare, restano quindi galleggianti sulla superficie del liquido per un

tempo tanto più lungo, quanto minore è l'altezza da cui cadono; traversano poi la massa del liquido cadendo al fondo del vaso e mantenendovisi per qualche tempo sotto forma sferica.

Più curioso riesce il fenomeno in questo caso, se si fa cadere una goccia degl' indicati liquidi sopra un altro di minor densità in un largo recipiente, sopra il rialzo capillare formato a contatto delle pareti di questo. Si vede allora, come nel caso consimile di due liquidi della stessa natura, la goccia sotto forma globulare scorrere sulla superficie del liquido di minor peso specifico e quindi affondarvisi.

Misurando poi la *distanza massima* al solito modo trovai:

	distanza massima
Goccia d'acqua gommata sull'olio . . .	12 ^{mm} ,75
Id. d'olio sull'alcole	10 , 00
Id. d'acqua sull'olio	5 , 25.

Il fenomeno descritto e studiato in questa memoria è, a parer mio, del genere di quelli che si dicono complessi, in quantochè diverse cagioni sembrano concorrere alla sua produzione. La cagione principale credo debba riporsi in quella resistenza che oppongono le superfici liquide a lasciarsi penetrare, e che viene dimostrata da parecchi altri fatti, alcuni dei quali vennero esposti e discussi da Simon in una memoria sulla capillarità (1), sia che una tale resistenza dipenda unicamente dalla forza di coesione dei liquidi, sia che proceda da quella, così detta, forza contrattile superficiale, proveniente dalla trazione reciproca, che le considerazioni tratte dalla meccanica razionale, ne inducano ad ammettere tra le particelle formanti una superficie liquida. Una tale trazione si trova in esercizio, qualunque sia la forma della superficie liquida; ma nel caso di superficie convessa, che è quello in cui le gocce prendono più facilmente lo stato globulare, la forza contrattile tirerà in dentro con maggiore energia la superficie liquida impedendo che il liquido si espanda. In modo identico a questo agirà la forza contrattile, allorchè un liquido trovandosi in piccola quantità e non essendo sottomesso ad alcuna forza estrinseca, si dispone in forma sferica.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*. Tomo 32 della 3^a serie.

L'esistenza di questa forza contrattile, tanto nella superficie liquida su cui cade la goccia, quanto in quella della goccia stessa, potrebbe forse bastare per darci ragione della produzione del fenomeno. Se non che non mi sembra improbabile che vi abbia anche parte la presenza d'uno strato d'aria sottilissimo in spessore, ma di densità molto grande che si forma forse alla superficie dei liquidi, e che impedisce fino a certo punto, il contatto tra questa superficie e quella della goccia. Il concorso di questa cagione potrebbe essere comprovato dall'osservazione quasi costante che le prime gocce che cadono su d'una superficie liquida recentemente formata non assumono lo stato globulare, forse perchè si richiede, come è naturale, un certo tempo onde quella superficie fissi, per così dire, quel sottile strato d'aria.

Se poi si vanno a confrontare fra di loro i numeri che, stando alle sperienze di Gay-Lussac, di Avogadro e di Frankenhein, esprimono la forza contrattile superficiale dei diversi liquidi, si trova che essi non corrispondono a quelli che nelle mie sperienze esprimono le distanze massime a cui una goccia prende lo stato globulare; ossia in altri termini, che esprimono la resistenza della superficie liquida a lasciarsi rompere dalla goccia stessa. Ciò per altro non credo debba far meraviglia, se si considera che nella produzione del fenomeno in discorso influisce anche evidentemente la forza viva della goccia che cade sul liquido, e che deve variare, data la stessa altezza della caduta, colla massa della goccia, e perciò colla densità del liquido che la forma.

Finalmente credo abbia influenza grandissima sul fenomeno la viscosità dei liquidi, la quale non è in rapporto colla densità e la coesione dei liquidi stessi, nello stesso modo che la durezza, che sarebbe la proprietà analoga nei solidi, non è in rapporto della densità e della coesione di questi. I liquidi più viscosi infatti prendono più facilmente degli altri lo stato globulare, e l'alcole stesso che è uno dei liquidi coi quali meglio riesce il fenomeno, stando alle sperienze di Ure (1), sarebbe più viscoso dell'acqua. Inoltre l'accrescimento di temperatura che diminuisce la viscosità dei liquidi, riduce la distanza massima a cui questi possono prendere lo stato globulare.

Torino, 1 luglio 1856.

(1) *Le Technologiste*. Tomo 1, 1840, pag. 155 e seg.