



目的

吊環法で液体の表面張力を測定すること。

まとめ

液体の表面張力を測定するために、刃のついた金属環を水平に液体に沈めます。そして金属環に加わる力を測定しながら、ゆっくりと引き上げます。この力がある一定の大きさを超えると、金属環に付いていた液体の薄膜が破れ、下に落ちます。この時の力の大きさと金属環の周囲長から、液体の表面張力を求めることができます。

実験の手順

- ・刃のついた金属環をゆっくりと引き上げるにより、液体表面との間に液体の薄膜を作ります。
- ・その薄膜が破れる寸前の金属環にかかる力を測定します。
- ・この力から表面張力を計算します。

必要機器

品番	品名	数量
U8412160	表面張力測定リング	1
U20030	高精度バネばかり 0.1N	1
U14210	短形ビーカー 600ml・10個セット	1
U15022	実験用ジャッキ・30Kg 対応	1
U13270	水平調整式三脚・支持穴 2つ付き・15cm	1
U15003	ステンレス鋼性支柱・75cm	1
U13252	フック付きムッフ	1
U10071	ノギス・150mm	1

応用実験

基本原理

液体の表面張力は、液体と気体の界面での特性の一つです。これは液体表面では、液体を構成する分子に働く力が液体側だけにあり、液体中の他の分子と比べて力が片側にしか働いていないことによります(図1参照)。その為、液体表面の分子には液体内部方向への力が働いています(例えば水で言えば、水素結合による力が働いています)。これにより液体表面の面積を増やすためには、エネルギーが必要となります。

$$(1) \quad \sigma = \frac{\Delta E}{\Delta A}$$

この等式に表れる σ は表面張力または表面エネルギー密度と呼ばれ、右辺の内容のように変化表面積 ΔA あたりのエネルギーの変化 ΔE として定義されます。

この定義の意味を説明するために、吊環法を見ていきましょう。最初、液体中に沈められていた刃を持った金属製円環が、徐々に引き上げられていく様子を考えます。円環が液体中から引き上げられると、刃の下部分に液体の薄膜がついていきます(図2参照)。ここから更に Δx だけ円環を持ち上げたときとします。

この時増加する薄膜(液体)の表面積 ΔA は、円環の半径を R とすると

$$(2) \quad \Delta A = 4 \cdot \pi \cdot R \cdot \Delta x$$

となります。ここで円環に加わる力を F_0 とすると、

$$(3) \quad F_0 = \frac{\Delta E}{\Delta x}$$

です。もし円環を引き上げる力が F_0 より大きいと、薄膜は破れます。

実験では表面張力リングを、刃の部分を下にして高精度バネばかりに水平に取り付けます。まず試験液体中にリングを完全に埋没させ、その後ビーカーのステージを下げることで、リングを徐々に引き上げていきます。そして表面張力による液体の薄膜が破れる直前の力 F_0 を記録します。

評価

(1), (2), (3) 式より

$$(4) \quad F_0 = \frac{\Delta E}{\Delta x} = 4 \cdot \pi \cdot R \cdot \sigma$$

よって表面張力 σ は次のように表されます。

$$(5) \quad \sigma = \frac{F_0}{4 \cdot \pi \cdot R}$$

注意

吊環法では、引き上げている液体に働く重力も含んでいること、また薄膜が切れる直前では液柱半径が一定でない(内側に引き込まれる)ことなどもあり、様々な補正項が提案されています。

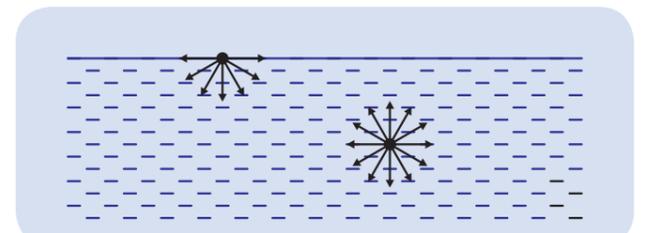


図1：液体表面にある分子と液体中の分子にそれぞれ働く、近傍分子との引力。

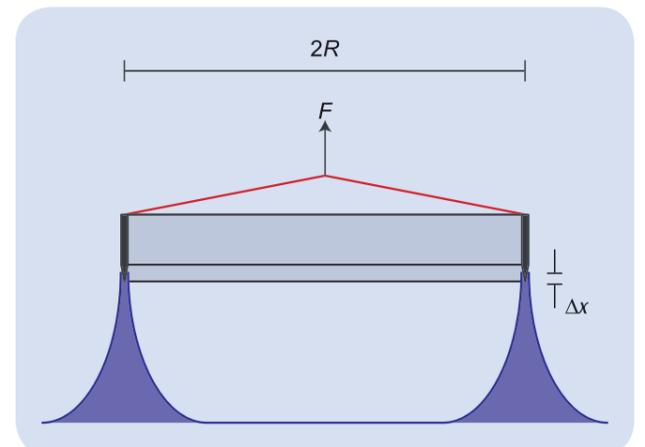


図2：実験の概念図。