

Oberflächenspannung

MESSUNG DER OBERFLÄCHENSPANNUNG NACH DER ABREISSMETHODE

- Erzeugung einer Flüssigkeitslamelle zwischen einer ringförmigen Schneide und der Flüssigkeitsoberfläche durch langsames Hochziehen der Schneide aus der Flüssigkeit.
- Messung der Zugkraft kurz vor dem Abreißen der Flüssigkeitslamelle.
- Bestimmung der Oberflächenspannung aus der gemessenen Zugkraft.

UE1080400
02/25 JS/UD

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit ist eine Eigenschaft der Grenzfläche zwischen der Flüssigkeit und der angrenzenden Luft. Sie resultiert aus der Tatsache, dass auf jedes Flüssigkeitsmolekül an der Oberfläche die Kräfte seiner Nachbarmoleküle nur von einer Seite wirken können, während auf ein Molekül in der Flüssigkeit Kräfte von allen Seiten wirken (siehe Fig. 1). Daher wirkt auf das Molekül an der Oberfläche insgesamt eine Kraft senkrecht zur Oberfläche ins Innere der Flüssigkeit. Um zur Vergrößerung der Oberfläche weitere Moleküle an die Oberfläche zu bringen, muss somit Energie zugeführt werden.

Den Quotienten

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

aus der bei konstanter Temperatur zugeführten Energie ΔE und der Änderung ΔA der Oberfläche bezeichnet man als Oberflächenspannung oder auch Oberflächenenergiedichte.

Zur Veranschaulichung dieser Definition kann man z.B. eine ringförmige Schneide betrachten, die zunächst vollständig in die Flüssigkeit eintaucht. Zieht man die Schneide langsam aus der Flüssigkeit, so wird an der Unterkante eine Flüssigkeitslamelle hochgezogen (siehe Fig. 2). Deren Oberfläche auf der Außen- und der Innenseite der Schneide ändert sich insgesamt um

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

R : Radius des Rings

wenn die Schneide um die weitere Strecke Δx hochgezogen wird. Hierfür muss eine Kraft

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

aufgebracht werden. Wird die Kraft F_0 beim Hochziehen überschritten, reißt die Flüssigkeitslamelle ab.

Im Experiment hängt ein Metallring mit einer scharfen Unterkante waagerecht an einem Präzisionskraftmesser. Der Metallring wird zunächst vollständig in die untersuchte Flüssigkeit, z.B. Wasser, eingetaucht und anschließend langsam nach

oben aus der Flüssigkeit herausgezogen. Die Flüssigkeitslamelle reißt ab, wenn die Zugkraft F den Grenzwert F_0 überschreitet.

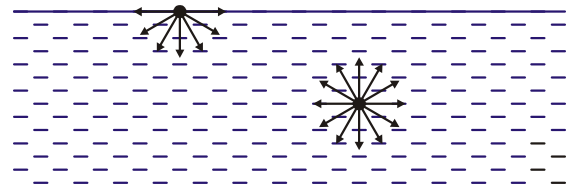


Fig. 1: Wechselwirkungskräfte auf ein Flüssigkeitsmolekül an der Oberfläche und ein Molekül im Inneren einer Flüssigkeit durch die jeweiligen Nachbarmoleküle

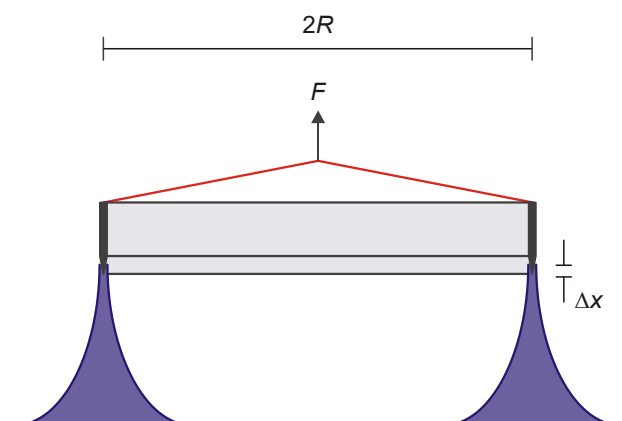


Fig. 2: Schematische Darstellung

GERÄTELISTE

| | |
|--|---------|
| 1 Ring für Experimente der Oberflächenspannung | 1000797 |
| 1 Präzisionsdynamometer 0,1 N | 1003102 |
| 1 Becherglas 800 ml niedrige Form | 1025693 |
| 1 Laborboy III | 1002942 |
| 1 Stativfuß, 3-Bein, 150 mm | 1002835 |
| 1 Stativstange, 750 mm | 1002935 |
| 1 Muffe mit Haken | 1002828 |
| 1 Messschieber, 150 mm | 1002601 |

- Laborboy mit Becherglas langsam absenken, bis die Flüssigkeitslamelle abreißt.
- Im Moment des Abrisses die Kraft auf den Kraftmesser ablesen und notieren.
- Differenz der Kräfte berechnen.
- Messung mehrfach wiederholen und die Reproduzierbarkeit überprüfen.

AUFBAU

- Becherglas mit destilliertem Wasser füllen und auf Laborboy stellen.
- Muffe an der Stativstange befestigen und Kraftmesser daran aufhängen.

MESSBEISPIEL

$d = 60 \text{ cm}$

Kraft bei eintauchendem Ring: $F_1 = 0,033 \text{ N}$

Kraft im Moment des Abrisses: $F_2 = 0,065 \text{ N}$

Differenz: $F_0 = F_2 - F_1 = 0,032 \text{ N}$

DURCHFÜHRUNG

- Laborboy auf maximale Höhe stellen.
- Durchmesser des Rings messen und Ring am Kraftmesser aufhängen.
- Muffe mit Haken samt Kraftmesser und Ring herunterlassen, bis der Ring vollständig ins Wasser eintaucht.
- Kraft auf dem Kraftmesser ablesen und notieren.

AUSWERTUNG

Aus (1), (2) und (3) folgt:

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

Also rechnet man:

$$\sigma = \frac{F_0}{4 \cdot \pi \cdot R} = 85 \frac{\text{mN}}{\text{m}}$$



Fig. 3: Messaufbau

Surface Tension

MEASURE THE SURFACE TENSION BY THE “BREAK-AWAY” METHOD

- Form a lamella of liquid between a ring-shaped “blade” and the surface of the liquid by slowly lifting the ring out of the liquid.
- Measure the pulling force shortly before the liquid lamella breaks away.
- Determine the surface tension from the measured pulling force.

UE1080400
02/25 JS/UD

BASIC PRINCIPLES

The surface tension of a liquid is a property of the interface between the liquid and the air in contact with it. It results from the fact that a molecule of the liquid at the surface only experiences the forces from its neighbouring molecules at one side, whereas a molecule within the liquid experiences forces from all sides (see Fig. 1). Consequently, the molecule at the surface experiences a net force perpendicular to the surface towards the interior of the liquid. Therefore, in order to increase the surface area by bringing more molecules to the surface, a supply of energy is required.

The quotient

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

resulting from energy ΔE added at a constant temperature divided by the increase in the surface area ΔA , is called surface tension or surface energy density.

To illustrate the meaning of this definition, consider the example of the ring-shaped “blade” which is initially completely immersed in the liquid. If the ring is slowly pulled out of the liquid, a lamella of liquid is also drawn upwards at its bottom edge (see Fig. 2). When the ring is lifted by an additional distance Δx , the total surface area of the lamella at the outside and inside of the ring increases by

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

where R is the radius of the ring.

For this, a force

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

must be applied. If the force applied while lifting the ring exceeds F_0 , the liquid lamella breaks away.

In the experiment, a metal ring with a sharp lower edge hangs in a horizontal position from a precision dynamometer. At first, the ring is completely immersed in the test liquid (e.g. water), then it is slowly pulled upwards out of the liquid. The lamella of liquid breaks away when the pulling force F exceeds the limiting value F_0 .

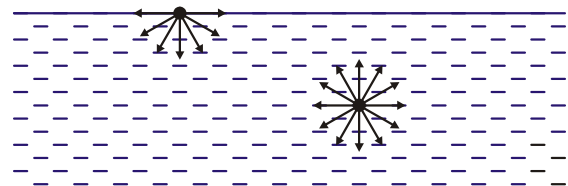


Fig. 1: Interaction forces exerted by neighbouring molecules on a liquid molecule at the surface and a molecule in the interior of the liquid

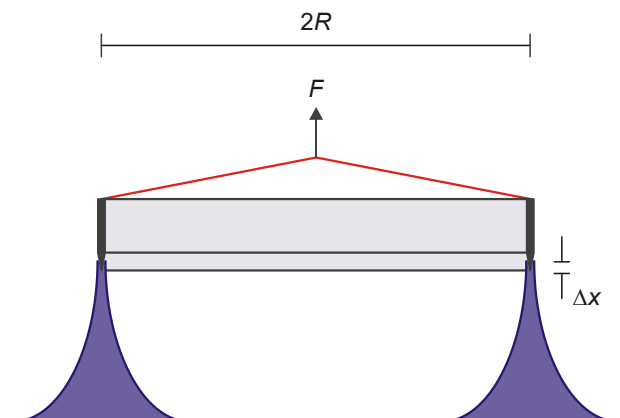


Fig. 2: Schematic diagram

LIST OF APPARATUS

| | |
|-------------------------------|---------|
| 1 Surface Tension Ring | 1000797 |
| 1 Precision Dynamometer 0.1 N | 1003102 |
| 1 Beaker 800 ml low form | 1025693 |
| 1 Laboratory Jack III | 1002942 |
| 1 Tripod Stand 150 mm | 1002835 |
| 1 Stainless Steel Rod 750 mm | 1002935 |
| 1 Clamp with Hook | 1002828 |
| 1 Calipers, 150 mm | 1002601 |

- Slowly lower the laboratory jack with the beaker until a lamella of liquid breaks away.
- At the instant of breaking away, read the force from the dynamometer and record it.
- Calculate the difference between the two forces.
- Repeat the measurement several times and check the reproducibility.

SET-UP

- Fill the beaker with distilled water and place it on the laboratory jack.
- Fix the clamp with hook onto the vertical rod and hang the dynamometer on it.

SAMPLE MEASUREMENT

$d = 60 \text{ cm}$

Force with ring immersed: $F_1 = 0.033 \text{ N}$

Force at instant of breaking away: $F_2 = 0.065 \text{ N}$

Difference: $F_0 = F_2 - F_1 = 0.032 \text{ N}$

EXPERIMENT PROCEDURE

- Adjust the laboratory jack to its maximum height.
- Measure the diameter of the ring and hang it on the dynamometer.
- Lower the clamp with hook together with the dynamometer and the ring until the ring is fully immersed in the water.
- Read off the force from the dynamometer and record it.

EVALUATION

From equations (1), (2) and (3) follows:

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

From this we obtain:

$$\sigma = \frac{F_0}{4 \cdot \pi \cdot R} = 85 \frac{\text{mN}}{\text{m}}$$



Fig. 3: Experiment set-up for surface tension measurements

Tensión superficial

MEDICIÓN DE LA TENSIÓN SUPERFICIAL POR EL MÉTODO DEL DESPRENDIMIENTO.

- Producción de una lámina de líquido entre una cuchilla en forma de anillo y la superficie del líquido extrayen lentamente la cuchilla del líquido.
- Medición de la fuerza de tensión poco antes de que se desprenda la lámina de líquido.
- Determinación de la tensión superficial tomando como base la fuerza de tensión medida.

UE1080400

02/25 JS/UD

FUNDAMENTOS GENERALES

La tensión superficial de un líquido es una propiedad de la superficie límite entre el líquido y el aire colindante. Ésta resulta del hecho de que sobre cada molécula de la superficie del líquido sólo pueden actuar las fuerzas de las moléculas vecinas en una dirección, mientras que sobre una molécula interna del líquido actúan fuerzas en todas direcciones (ver fig. 1). Por lo tanto, sobre la molécula en la superficie actúa una fuerza total perpendicular a la superficie en dirección hacia el interior del líquido. Para ampliar la superficie, llevar más moléculas hacia la superficie, es necesario hacer entrar energía

El cociente

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

conformado por la energía entrada ΔE y el cambio de la superficie ΔA , manteniendo la temperatura constante, se denominada tensión superficial o densidad de energía superficial.

Para mostrar claramente esta definición se puede observar p. ej. una cuchilla en forma de anillo que se sumerge totalmente en el líquido. Si se extrae la cuchilla lentamente del líquido, en el borde inferior se eleva una lámina de líquido (ver fig. 2), cuya superficie aumenta en total en los lados interno y externo de la cuchilla en un valor:

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

R : Radio del anillo

cuando la cuchilla se extrae un recorrido Δx hacia arriba. En este caso se debe aplicar una fuerza

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

Si al elevar la cuchilla se sobrepasa la fuerza F_0 la lámina de líquido se desprende.

En el experimento un anillo metálico, con borde cortante en la parte inferior, se cuelga horizontalmente de un dinamómetro de precisión. Primeramente se sumerge totalmente el anillo metálico en el líquido a estudiar, p. ej. agua y a continuación se alza lentamente del líquido. La lámina de líquido se

desprende cuando la fuerza de tensión F sobrepasa la fuerza límite F_0 .

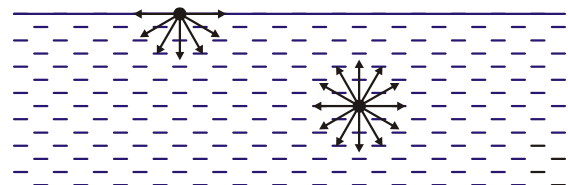


Fig. 1: Fuerzas de interacción sobre una molécula de líquido en la superficie y en el interior del mismo producidas por las moléculas vecinas

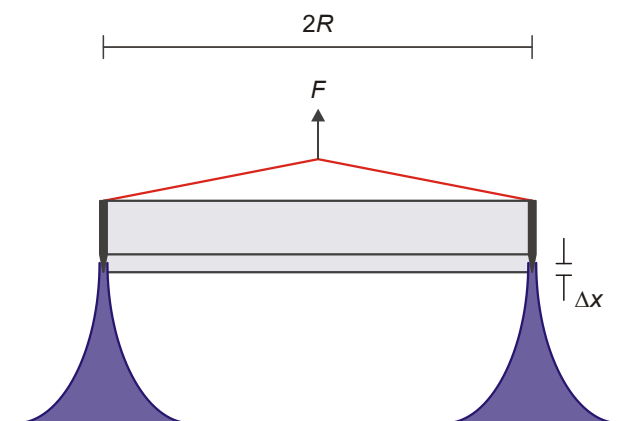


Fig. 2: Representación esquemática

LISTA DE EQUIPOS

| | |
|---|---------|
| 1 Anillo para tensión superficial | 1000797 |
| 1 Dinamómetro de precisión 0,1 N | 1003102 |
| 1 Vaso de precipitados de forma baja 800 ml | 1025693 |
| 1 Laborboy III | 1002942 |
| 1 Pie soporte, 3 patas, 150mm | 1002835 |
| 1 Varilla de soporte, 750 mm | 1002935 |
| 1 Nuez con gancho | 1002828 |
| 1 Pie de rey, 150 mm | 1002601 |

MONTAJE

- Se llena de agua el vaso de precipitados y se coloca sobre la plataforma de laboratorio.
- Se cuelga el dinamómetro de la nuez con gancho fijada en la varilla soporte.

EJECUCIÓN

- Se fija la plataforma de laboratorio en su altura máxima.
- Se mide el diámetro del anillo y se cuelga del dinamómetro.
- La nuez con gancho junto con el dinamómetro y el anillo se hacen descender hasta que el anillo se encuentre completamente sumergido en el agua.
- Se lee y se anota la fuerza en el dinamómetro.

- La plataforma de laboratorio con el vaso de precipitados se hace descender hasta que la lámina de líquido se desprenda.
- Se lee y se anota la fuerza en el dinamómetro en el momento del desprendimiento.
- Se calcula la diferencia de las fuerzas.
- Se repite la medición varias veces y se comprueba la reproducibilidad.

EJEMPLO DE MEDICIÓN

$d = 60 \text{ cm}$

Fuerza con el anillo sumirgiendo: $F_1 = 0,033 \text{ N}$

Fuerza en el momento del desprendimiento: $F_2 = 0,065 \text{ N}$

Diferencia $F_0 = F_2 - F_1 = 0,032 \text{ N}$

EVALUACION

De (1), (2) y (3) se obtiene:

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

Es decir, se obtiene:

$$\sigma = \frac{F_0}{4 \cdot \pi \cdot R} = 85 \frac{\text{mN}}{\text{m}}$$



Fig. 3: Montaje de medición

Tension superficielle

MESURE DE LA TENSION SUPERFICIELLE SELON LA METHODE D'ADHERENCE

- Production d'une lamelle de liquide entre une lame de forme circulaire et la surface du liquide en extrayant lentement la lame du bain de liquide.
- Mesure de la force de traction peu avant la rupture de la lamelle de liquide.
- Détermination de la tension superficielle à partir de la force de traction mesurée.

UE1080400
02/25 JS/UD

NOTIONS DE BASE GENERALES

La tension superficielle ou interfaciale d'un liquide est une propriété de la surface de séparation entre le liquide et l'air avoisinant. Elle résulte du fait que les forces des molécules voisines de chaque molécule de liquide située à la surface ne peuvent s'exercer que d'un seul côté sur celle-ci, alors qu'elles s'exercent de tous les côtés sur une molécule qui se trouve dans le bain de liquide (cf. fig. 1). La molécule située à la surface subit donc une force verticale par rapport à la surface, à l'intérieur du bain de liquide. Pour amener d'autres molécules à la surface afin d'agrandir celle-ci, un apport d'énergie est nécessaire.

On désigne le quotient

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

tiré de l'énergie ajoutée à température constante ΔE et de la modification ΔA de la surface comme tension superficielle ou encore densité de flux énergétique de la surface.

Pour mieux illustrer cette définition, on peut par exemple observer une lame de forme circulaire, dans un premier temps entièrement plongée dans le liquide. Si l'on retire progressivement la lame du bain de liquide, une lamelle de liquide remonte sur le bord inférieur de la lame (cf. fig. 2). La surface de cette lamelle sur les côtés extérieur et intérieur de la lame varie dans l'ensemble de

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

R : rayon de l'anneau

si la lame est retirée de la distance supplémentaire de Δx . Une force

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

est nécessaire. Si la force F_0 est dépassée lorsque la lame est retirée du liquide, la lamelle de liquide se détache.

Dans le cadre de l'expérience, un anneau métallique possédant un bord inférieur vif est suspendu à l'horizontale à un dynamomètre de précision. L'anneau métallique est dans un premier temps entièrement plongé dans le liquide d'essai (de l'eau par ex.) et ensuite retiré progressivement du bain de liquide

dans un mouvement ascendant. La lamelle de liquide rompt si la force de traction F dépasse la valeur limite F_0 .

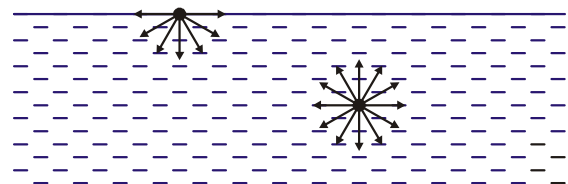


Fig. 1 : Forces d'interaction exercées sur une molécule de liquide à la surface et sur une molécule située à l'intérieur du liquide par les molécules voisines

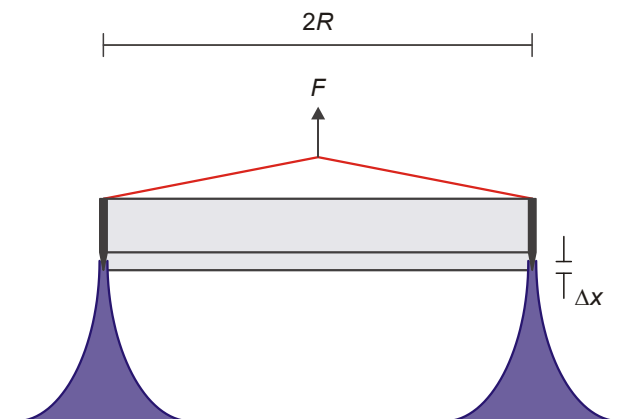


Fig. 2 : Représentation schématique

LISTE DES APPAREILS

| | |
|--|---------|
| 1 Anneau pour la tension superficielle | 1000797 |
| 1 Dynamomètre de précision 0,1 N | 1003102 |
| 1 Bêcher forme basse 800 ml | 1025693 |
| 1 Laborboy III | 1002942 |
| 1 Socle pour statif, trépied, 150 mm | 1002835 |
| 1 Tige statif, 750 mm | 1002935 |
| 1 Noix de serrage avec crochet | 1002828 |
| 1 Pied à coulisse, 150 mm | 1002601 |

- Faites descendre lentement le laborboy avec le bêcher gradué jusqu'à ce que la lame liquide se détache.
- Au moment du détachement, relevez la force sur le dynamomètre, puis consignez-la.
- Calculez la différence des forces.
- Répétez ces mesures plusieurs fois, puis vérifiez-en la reproductibilité.

MONTAGE

- Remplissez un bêcher gradué d'eau distillée et placez-le sur le laborboy.
- Accrochez le dynamomètre de précision à la noix de serrage avec crochet qui se trouve sur la tige de statif.

RÉALISATION

- Réglez le laborboy à la hauteur maximale.
- Mesurez le diamètre de l'anneau pour la tension superficielle, puis accrochez-le au dynamomètre.
- Faites descendre la noix de serrage avec crochet ainsi que le dynamomètre et l'anneau pour la tension superficielle jusqu'à ce que l'anneau plonge complètement dans l'eau.
- Relevez la force sur le dynamomètre, puis consignez-la.

EXEMPLE DE MESURE

$d = 60 \text{ cm}$

Force lorsque l'anneau pour la tension superficielle est plongé :

$$F_1 = 0,033 \text{ N}$$

Force au moment du détachement :

$$F_2 = 0,065 \text{ N}$$

Différence :

$$F_0 = F_2 - F_1 = 0,032 \text{ N}$$

EVALUATION

De (1), (2) et (3), on déduit :

$$F_0 = \frac{\Delta E}{\Delta X} = 4 \cdot \pi \cdot R \cdot \sigma$$

Nous calculons donc :

$$\sigma = \frac{F_0}{4 \cdot \pi \cdot R} = 85 \frac{\text{mN}}{\text{m}}$$



Fig. 3 : Dispositif de mesure

Tensione superficiale

MISURAZIONE DELLA TENSIONE SUPERFICIALE SECONDO IL METODO DEL DISTACCO.

- Produzione di una lamina di liquido tra un tagliente ad anello e la superficie del liquido mediante lento sollevamento del tagliente fuori dal liquido.
- Misurazione della forza di trazione appena prima del distacco della lamina di liquido.
- Determinazione della tensione superficiale sulla base della forza di trazione misurata.

UE1080400

02/25 JS/UD

BASI GENERALI

La tensione superficiale di un liquido è una proprietà della superficie limite tra il liquido e l'aria limitrofa. Risulta dal fatto che su ogni molecola di liquido in superficie le forze della molecola a essa adiacente possono agire solo da un lato, mentre su una molecola all'interno del liquido agiscono forze da tutti i lati (vedere la fig. 1). Sulla molecola in superficie viene pertanto esercitata nel complesso una forza verticale rispetto alla superficie verso l'interno del liquido. Per portare altre molecole in superficie al fine di ingrandire la superficie, è necessario l'invio di energia.

Il quoziente

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

ricavato dall'energia ΔE alimentata a temperatura costante e la variazione ΔA della superficie è definito tensione superficiale o densità dell'energia superficiale.

Per illustrare questa definizione è possibile per esempio osservare un tagliente ad anello inizialmente immerso completamente nel liquido. Sollevando successivamente lentamente il tagliente per farlo fuoriuscire dal liquido, in corrispondenza del suo bordo inferiore si solleva una lamina di liquido (vedere la fig. 2). La superficie sul lato esterno e interno del tagliente varia nel complesso di

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

R : raggio dell'anello

quando il tagliente viene sollevato di un ulteriore tratto Δx . A tale scopo deve essere applicata una forza

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

Se nel sollevamento viene superata la forza F_0 , la lamina di liquido si distacca.

Nell'esperimento, un anello metallico con il bordo inferiore tagliente viene sospeso orizzontalmente a un dinamometro di

precisione. L'anello metallico viene dapprima immerso completamente nel liquido analizzato, per es. acqua, e successivamente sollevato lentamente verso l'alto fuori dal liquido. La lamina di liquido si distacca quando la forza di trazione F supera il valore limite F_0 .

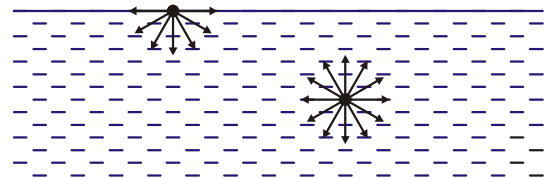


Fig. 1: Forze di interazione che agiscono su una molecola di liquido in superficie e su una molecola all'interno del liquido da parte delle rispettive molecole adiacenti

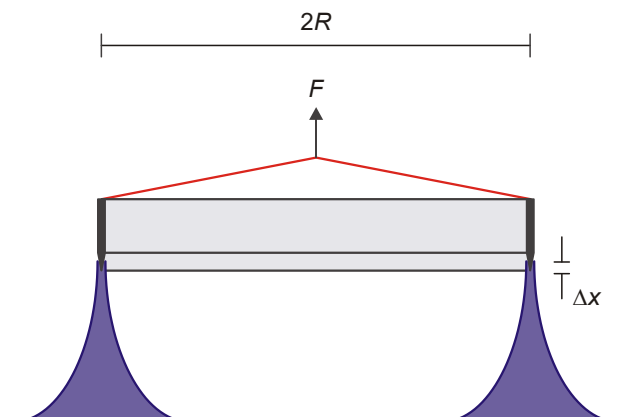


Fig. 2: Rappresentazione schematica

ELENCO DEGLI STRUMENTI

| | |
|-------------------------------------|---------|
| 1 Anello per tensione superficiale | 1000797 |
| 1 Dinamometro di precisione 0,1 N | 1003102 |
| 1 Becher forma bassa 800 ml | 1025693 |
| 1 Laborboy III | 1002942 |
| 1 Base di supporto, 3 gambe, 150 mm | 1002835 |
| 1 Asta di supporto, 750 mm | 1002935 |
| 1 Manicotto con gancio | 1002828 |
| 1 Calibro a corsoio, 150 mm | 1002601 |

- Abbassare lentamente il laborboy con il becher, finché la lamina di liquido non si distacca.
- Leggere la forza sul dinamometro al momento del distacco e annotarla.
- Calcolare la differenza delle forze.
- Ripetere più volte la misurazione e verificarne la riproducibilità.

MONTAGGIO

- Riempire il becher con acqua distillata e posizionarlo sul laborboy.
- Appendere il dinamometro con il gancio al manicotto fissato sull'asta di supporto.

ESEMPIO DI MISURAZIONE

$d = 60 \text{ cm}$

Forza all'immersione dell'anello: $F_1 = 0,033 \text{ N}$

Forza al momento del distacco: $F_2 = 0,065 \text{ N}$

Differenza: $F_0 = F_2 - F_1 = 0,032 \text{ N}$

ESECUZIONE

- Collocare il laborboy all'altezza massima.
- Misurare il diametro dell'anello e appendere l'anello al dinamometro.
- Far scendere il manicotto con il gancio insieme al dinamometro e all'anello, finché l'anello non si immerge completamente nell'acqua.
- Leggere la forza sul dinamometro e annotarla.

ANALISI

Da (1), (2) e (3) deriva:

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

Si calcola quindi:

$$\sigma = \frac{F_0}{4 \cdot \pi \cdot R} = 85 \frac{\text{mN}}{\text{m}}$$



Fig. 3: Struttura di misura

Tensão Superficial

MEDICAÇÃO DA TENSÃO SUPERFICIAL SEGUNDO MÉTODO DE SECCIONAMENTO.

- Produção de uma película de líquido entre uma lâmina circular e o líquido da superfície através do lento levantamento da lâmina de dentro do líquido.
- Medição da força de tração pouco antes do rompimento da lâmina de líquido.
- Determinação da tensão superficial pela medição da força de tração.

UE1080400

02/25 JS/UD

FUNDAMENTOS GERAIS

A tensão superficial de um líquido é uma propriedade da superfície divisória entre o líquido e o ar que a circunda. Ela resulta do fato, que cada molécula de líquido na superfície só pode agir sobre a molécula vizinha pela lateral, enquanto que numa molécula imersa no líquido, as forças podem agir de todos os lados (ver fig. 1). Por essa razão uma força vertical dentro do líquido, em relação à superfície age sobre a molécula na superfície. E para aumento da superfície e trazer outras moléculas para a superfície, deverá haver um acréscimo de energia.

O quociente

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

define a Tensão Superficial ou também a Densidade de Energia Superficial, obtido a partir da Energia ΔE acrescentada e da mudança da área superficial ΔA , à temperatura constante.

Para demonstrar esta definição, podemos, por exemplo, usar uma lâmina em forma anelar, que inicialmente é imersa totalmente em um líquido. Quando se puxa lentamente a lâmina do líquido, sobe uma película de líquido do lado inferior da lâmina. (ver fig. 2). A superfície desta película, do lado interno e externo da lâmina altera-se quando a lâmina for puxada a uma distância Δx maior.

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

R : Raio do anel

Para isto, uma força tem que ser aplicada.

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

Se a força F_0 de suspender a lâmina for ultrapassada, a película de líquido se rompe.

Na experiência, um anel metálico com uma face afiada é pesado em uma balança de precisão.

O anel metálico é então imerso completamente em um líquido, por exemplo, água e a seguir lentamente puxado em retirada

para cima do líquido. A película se quebra, quando a força adicional F ultrapassa o valor limite F_0 .

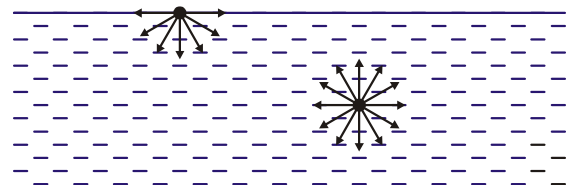


Fig. 1: Forças de ação de mudança de uma molécula líquida na superfície e uma molécula no interior de um líquido exercidas por moléculas vizinhas.

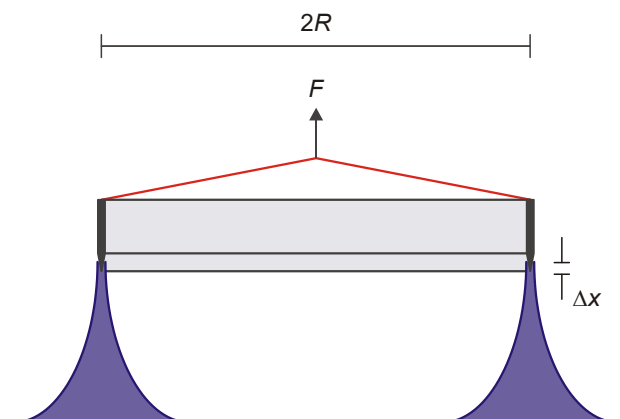


Fig. 2: Demonstração esquemática

LISTA DE APARELHOS

| | |
|------------------------------------|---------|
| 1 Anel para a tensão de superfície | 1000797 |
| 1 Dinamômetro de precisão 0,1 N | 1003102 |
| 1 Copo forma baixa 800 ml | 1025693 |
| 1 Laborboy III | 1002942 |
| 1 Tripé 150 mm | 1002835 |
| 1 Vara de apoio, 750 mm | 1002935 |
| 1 Manga com gancho | 1002828 |
| 1 Paquímetro, 150 mm | 1002601 |

MONTAGEM

- Encher o copo de vidro com água destilada e colocar sobre o Laborboy.
- Fixar o dinamômetro na vara de apoio e pendurar a manga com gancho.

EXECUÇÃO

- Colocar o Laborboy na altura máxima.
- Medir o diâmetro do anel e pendurá-lo no dinamômetro.
- Descer a manga com gancho junto com o dinamômetro e o anel até que o anel fica totalmente submerso na água.
- Ler a força no dinamômetro e anotar.
- Descer o Laborboy com o copo de vidro lentamente, até que a lamela do líquido se rompe.

- No momento do rompimento ler a força no dinamômetro e anotar.
- Calcula a diferença das forças.
- Repetir várias vezes a Medição para verificar a reprodutibilidade.

EXEMPLO DE MEDIÇÃO

$d = 60 \text{ cm}$

Força do anel submerso: $F_1 = 0,033 \text{ N}$

Força no momento do rompimento: $F_2 = 0,065 \text{ N}$

Diferença: $F_0 = F_2 - F_1 = 0,032 \text{ N}$

ANÁLISE

De (1), (2) e (3) obtém-se:

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

Para isso se calcula:

$$\sigma = \frac{F_0}{4 \cdot \pi \cdot R} = 85 \frac{\text{mN}}{\text{m}}$$



Fig. 3: Arranjo de medição