

Tension superficielle avec la méthode de l'anneau (méthode Du Nouy)



Physique

Mécanique

Mécanique des liquides et des gaz

science appliquée

Ingénierie

Mécanique Appliquée

Mécanique des fluides et
aérodynamique

Niveau de difficulté

moyen



Taille du groupe

-



Temps de préparation

45+ procès-verbal



Délai d'exécution

45+ procès-verbal

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/65d761e4aaceda0002677415>

PHYWE

Informations générales



Application

PHYWE



Un pare-brise de voiture

La tension superficielle est présente dans de nombreux phénomènes naturels et domaines d'ingénierie liés à l'eau. Par exemple :

- Les striders aquatiques sont capables de marcher à la surface de l'eau,
- les gouttelettes d'eau sont fixées sur les feuilles et
- les revêtements des vitres des véhicules afin d'améliorer la visibilité par temps de pluie. Les revêtements doivent être conçus pour évacuer rapidement l'eau des vitres, afin qu'elles ne s'embuent pas.

Autres informations (1/2)

PHYWE

Connaissances

préalables



Principe scientifique



Aux interfaces liquide-air, les molécules de liquide ne sont pas entourées d'autres molécules de liquide. Par conséquent, la tension superficielle résulte de la forte cohésion des molécules de liquide qui se trouvent en dessous et à côté d'elles par rapport aux molécules de l'air. Par conséquent, les molécules à la surface du liquide subissent une traction nette vers le bas. Dans le liquide, une molécule interagit avec d'autres molécules dans toutes les directions de la sphère qui l'entoure. La force nette

Pour déterminer la tension superficielle d'un liquide, on plonge dans le liquide un anneau fixé à un appareil de mesure de la torsion au moyen d'un fil de soie. Le niveau du liquide est abaissé et la force qui agit sur l'anneau juste avant que le film liquide ne se déchire est mesurée. La tension superficielle peut être calculée à partir du diamètre de l'anneau et de la force de déchirement.

Autres informations (2/2)

PHYWE

Objectif

d'apprentissage



Tâches



Comprendre l'effet de la température et de la concentration du liquide sur sa tension superficielle.

1. Déterminer la tension superficielle de l'huile d'olive en fonction de la température.
2. Déterminer la tension superficielle des mélanges eau/éthanol en fonction du rapport de mélange.

Consignes de sécurité

PHYWE

Pour cette expérience, les instructions générales pour une expérimentation sûre dans les cours de sciences s'appliquent.

Porter des gants de protection pour protéger les mains des liquides chauffés.

Théorie (1/4)

PHYWE

Une molécule dans un liquide est soumise aux forces exercées par toutes les molécules qui l'entourent ; la force résultante est nulle. La force résultante agissant sur une molécule dans une couche limite de la surface d'un liquide n'est pas nulle mais est dirigée vers l'intérieur du liquide. Cette force est appelée cohésion. Elle maintient le liquide ensemble.

Chaque liquide s'efforce de réduire sa surface, afin que l'énergie de surface soit la plus faible possible. Ainsi, lorsqu'aucune autre force n'est active, tout liquide adopte une forme sphérique, car c'est la forme qui présente la plus petite surface pour un volume donné. Pour augmenter la surface d'un liquide d'une surface ΔA une certaine quantité de travail ΔE doit être effectuée.

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

ϵ est l'énergie spécifique de surface. Elle est identique à la tension superficielle

$$\gamma = \frac{F}{l} \quad (2)$$

Théorie (2/4)

PHYWE

où la force F agit le long du bord de longueur l tangentielle à la surface afin de maintenir le film liquide.

Lorsqu'un anneau de rayon r est utilisée, la longueur de l'arête est

$$l = 2 \cdot 2\pi r \quad (3)$$

Pour pouvoir comparer les tensions superficielles, il faut les rapporter à une surface qui contient 1 mole de molécules. 1 mole occupe un volume V_m et se compose de N_0 molécules, chacune d'entre elles occupant un espace de V_m/N_0 .

Si l'on considère que cet espace est de forme cubique, la longueur de chaque côté est la suivante $(V_m/N_0)^{1/3}$ et l'aire de chaque côté $(V_m/N_0)^{2/3}$. Il y a donc toujours le même nombre de molécules $N_0^{2/3}$ dans l'espace $V_m^{2/3}$.

Théorie (3/4)

PHYWE

La tension superficielle est donc liée à cette surface, et cette quantité est appelée tension superficielle molaire. γ_m .

$$\gamma_m = \gamma \cdot V_m^{2/3} \quad (4)$$

Lorsqu'un liquide est chauffé, l'énergie cinétique des molécules augmente. Il en résulte un affaiblissement des forces de cohésion. La tension superficielle diminue linéairement et, pour tous les liquides, atteint la valeur 0 à la température critique T_K .

$$\gamma_m = k_\gamma (T'_K - T) \quad (5)$$

où (T'_K) est une température proche de la température critique T_K et k_γ est le coefficient de température.

k_γ est égale pour presque tous les liquides (équation d'Eotvos) : $k_\gamma = 2.1 \cdot 10^{-7} \text{ J/K}$

Théorie (4/4)

PHYWE

Les écarts indiquent une association ou la formation de molécules doubles. Pour le calcul du coefficient de température, on a supposé que le même nombre de molécules $N_0^{2/3}$ est contenue dans la zone $V_m^{2/3}$. Pour les substances qui s'associent, ce nombre est plus petit, de sorte que le coefficient de température doit également être plus petit.

Lorsque deux liquides sont mélangés, le liquide dont la tension superficielle est la plus faible s'enrichit en surface. La tension superficielle γ_m d'une solution de concentration c est définie selon Szyskowski par

$$\gamma_0 - \gamma_c = \alpha \cdot \ln(1 + bc)$$

où α et b sont des constantes qui dépendent de la substance. La tension superficielle de ces mélanges a une relation non linéaire avec le rapport de mélange.

Equipment

Position	Matériau	Numéro d'article	Quantité
1	Agitateur magnétique avec chauffage	35754-93	1
2	Dynamomètre de torsion, 0,01 N	02416-00	1
3	Anneau de mesure de la tension superficielle	17547-00	1
4	Support d'autoclave, h = 750 mm	37694-00	1
5	Tige supp.stainl.st.,50cm,M10-thr.	02022-20	1
6	Barre d'agitation magnétique 30 mm, cylindrique	46299-02	1
7	Pince universelle	37715-01	2
8	Pince à tête bosselée à angle droit	37697-00	2
9	Expert en serrage à angle droit avec vis d'appui	02054-00	1
10	Plat de cristallisation, boro3.3, d = 150 mm	46245-00	2
11	Plat de cristallisation, boro3.3, d = 125 mm	46244-00	2
12	Fil de soie, l = 200 m	02412-00	1
13	Tubes en verre, droits, 150 mm, 10	MAU-16074542	1
14	Robinet d'arrêt, 1 voie, droit, en verre	36705-00	1
15	Tuyau en silicone, diamètre intérieur 7 mm, 1 m	39296-00	2
16	Pipette jaugée, 10 ml	36578-00	1
17	Pipette jaugée, 20 ml	36579-00	1
18	Pipette	36592-00	1
19	Plat à pipette	36589-00	1
20	Eprouvette graduée, Borosilicate, 100 ml	36629-00	1
21	Alcool éthylique absolu 500 ml	30008-50	1
22	Huile d'olive pure 100 ml	30177-10	5
23	Eau distillée 5 l	31246-81	1

PHYWE

Mise en place et procédure

Mise en place

PHYWE



Dispositif expérimental

Dégraisser l'anneau de mesure avec de l'alcool, le rincer à l'eau distillée et le sécher.

Utiliser un fil de soie pour attacher l'anneau au bras gauche du dynamomètre de torsion.

Réglez l'indicateur sur "0" et compensez le poids de l'anneau à l'aide de la molette de réglage arrière de manière à ce que le bras de levier se trouve dans la zone blanche entre les marques.

Procédure (1/3)

PHYWE

Tâche 1 :

Verser le liquide à étudier dans un plat à cristalliser de 1000 ml et remplir également le tube d'immersion et le tuyau en caoutchouc en aspirant brièvement avec la pipette. L'anneau doit être complètement immergé.

Mettre en marche l'agitateur magnétique et régler le contrôle électronique de la température à la température de mesure requise. Lorsque la température s'est stabilisée, arrêter l'agitateur et laisser le liquide se reposer.

Ouvrez ensuite le robinet d'arrêt qui est relié au tube d'immersion par le tuyau en caoutchouc et laissez le liquide s'écouler lentement du plat de cristallisation de 1000 ml dans le plus petit. Réajuster continuellement le dynamomètre de torsion pendant que le liquide s'écoule afin de maintenir le bras de levier dans la zone blanche entre les deux marques.

Arrêter la mesure au moment où le film liquide se détache de l'anneau et lire la dernière valeur réglée sur le dynamomètre de torsion. Verser le liquide recueilli dans la petite coupelle de cristallisation dans la coupelle placée sur l'agitateur magnétique et répéter la procédure ci-dessus à des intervalles de 5 °C sur une plage de température allant de 20 °C à 130 °C.

Procédure (2/3)

PHYWE

Tâche 2 :

Pour déterminer la tension superficielle de divers échantillons d'éthanol et d'eau, répéter la procédure précédente sans chauffer et utiliser les rapports de mélange suivants :

Éthanol / ml	Eau / ml	Éthanol / %
90	-	100
90	10	90
90	20	81.8
90	50	64.3
90	70	56.3
90	90	50

Concentration d'éthanol

Procédure (3/3)

PHYWE

Tâche 2 :

Réalisez une autre série d'expériences comme ci-dessus mais en commençant par de l'eau pure :

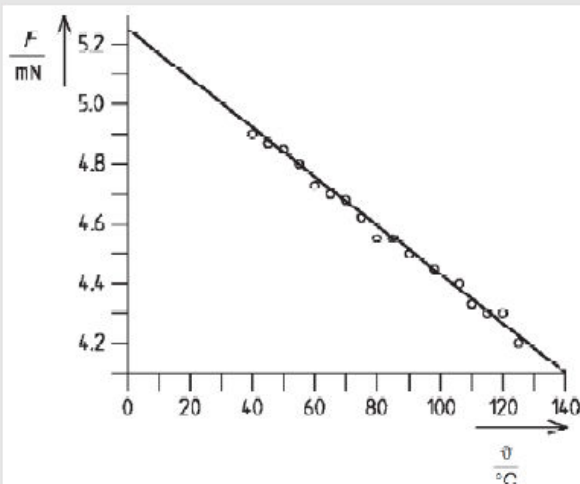
Eau / ml	Éthanol / ml	Éthanol / %
90	-	0
90	10	10
90	20	18.2
90	50	35.7
90	70	43.7
90	90	50

Eau / ml	Éthanol / ml	Éthanol / %
90	-	0
90	10	10
90	20	18.2
90	50	35.7
90	70	43.7
90	90	50

Concentration d'éthanol

Évaluation (1/4)

PHYWE



Dépendance de la tension superficielle de l'huile d'olive en fonction de la température

Le diamètre de l'anneau de mesure utilisé dans cet exemple est de $2r = 19.65 \text{ mm}$ de l'équation 3, l est obtenu :

$$l = 122.90 \text{ mm}$$

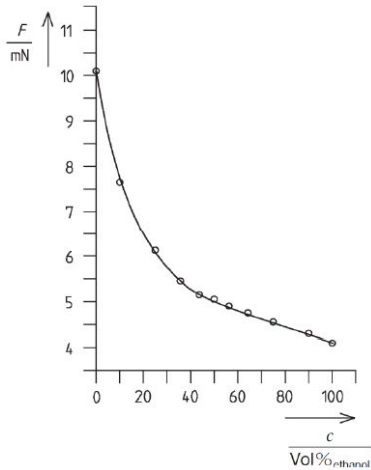
Tâche 1 :

Les résultats de mesure obtenus pour l'huile d'olive montrent une relation linéaire inverse avec la température. La tension superficielle de l'huile d'olive calculée à partir des équations (2) et (3) est dans le résultat de cet échantillon :

$$\gamma_{\text{oliveoil}} = 40 \frac{\text{mN}}{\text{m}}$$

Évaluation (2/4)

PHYWE



Tension de surface des mélanges eau/éthanol en fonction de la concentration d'éthanol

Tâche 2 :

La relation non linéaire entre la tension superficielle et le rapport de mélange dans le cas des mélanges eau/éthanol est démontrée. Valeurs de la littérature pour la tension superficielle de l'éthanol et de l'eau à (25 °C) :

$$\gamma_{\text{water}} = 72.8 \frac{\text{mN}}{\text{m}} \quad \text{et} \quad \gamma_{\text{ethanol}} = 21.97 \frac{\text{mN}}{\text{m}}$$

Valeurs expérimentales (calculées à partir de (2) et (3)) :

$$\gamma_{\text{water}} = 82.0 \frac{\text{mN}}{\text{m}} \quad \text{et} \quad \gamma_{\text{ethanol}} = 33 \frac{\text{mN}}{\text{m}}$$

Évaluation (3/4)

PHYWE

Parmi les raisons suivantes, lesquelles sont à l'origine de la tension superficielle ?

☐ Forces de cohésion

☐ Processus adiabatique

☐ Forces adhésives

☒ Vérifier

À la température critique, la tension superficielle d'un liquide est la suivante

☐ maximum

☐ zéro

☐ l'infini

☒ Vérifier

Évaluation (4/4)

PHYWE

La tension superficielle d'un liquide dépend de la

- ☐ Température du liquide
- ☐ Aire de la surface du liquide
- ☐ Impuretés présentes dans le liquide

☒ Vérifier

Gouttelettes d'eau

Diapositive

Score / Total

Diapositive 18: Tâches multiples

0/3

Diapositive 19: Tension superficielle

0/2

Score total

 0/5 Montrer les solutions Réessayer