浙江大学

**物 理 实 验 报 告**

**实验名称： 液体表面张力系数的测定**

**指导教师：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**班 级 号： 周一上午345节**

专业：\_\_\_\_\_计算机科学与技术\_\_\_ \_\_

班级：\_\_\_\_\_ 计科2105\_\_\_\_\_\_\_\_\_

姓名：\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_

学号：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

实验日期:\_12\_月\_26\_日 星期一上午

**预习部分 认真书写**

|  |
| --- |
| 【实验目的】   1. 了解液体表面的性质 2. 了解测得焦立秤弹簧倔强系数的方法 3. 了解用焦立秤测定表面张力系数的原理和方法 |
| 【实验原理】（电学、光学画出原理图） 1. 液体分子受力情况 液体表面层中分子的受力情况与液体内部不同。在液体内部，分子在各个方向上受力均匀，合力为零。而在表面层中，由于液面上方气体分子数较少，使得表面层中的分子受到向上的引力小于向下的引力，合力不为零，这个合力垂直于液体表面并指向液体内部，如图1所示。所以，表面层的分子有从液面挤入液体内部的倾向，从而使得液体的表面自然收缩，直到达到动态平衡(即表面层中分子挤入液体内部的速率与液体内部分子热运动而达到液面的速率相等)。这时，就整个液面来说，如同拉紧的弹性薄膜。这种沿着表面，使液面收缩的力称为表面张力。想象在液面上划一条线，表面张力就表现为直线两侧的液体以一定的拉力相互作用。这种张力垂直于该直线且与线的长度成正比，比例系数称为表面张力系数。  213bfd9c20cf793e03a56dc6fed5983  **2. 矩形金属框架测量原理**  将一表面清洁的矩形金属薄片竖直浸入水中，使其底面水平并轻轻提起。当金属片底面与水面相平，或略高于水面时，由于液体表面张力的作用，金属片的四周将带起一部分水，使水面弯曲，呈图2所示的形状。这时，金属片在竖直方向上受到金属片的重力mg；向上的拉力F；水表面对金属片的作用力—表面张力fcosψ。  65be215c06846b5a4e4ddcda5a0f5b0  其中ψ为水面与金属片侧面的夹角，称为接触角。如果金属片静止，则竖直方向上合力为零，有 F = mg + fcosψ(1),在金属片临脱离液体时ψ ≈ 0，即cosψ ≈ 1,则F应当是金属丝重力mg与薄膜拉引金属丝的表面张力之和,则平衡条件变为：F = mg + f (2).  显然表面张力f是存在于液体表面上任何一条分界线两侧间的液体的相互作用拉力，其方向沿着液体表面，且垂直于该分界线。表面张力f的大小与分界线的长度成正比。由于表面张力f与接触面的周长 2\*(l+d) 成正比，即f = σ\*2\*(l+d)，所以由(2)式得：      因此，只要通过实验测出拉力F、mg 及 l和 d，代入(3)式，即可求出水的表面张力系数 α。  实验时，可用“斜C”型金属框架来代替金属薄片。这时，l为金属框架横梁的长度，d为金属丝的直径。  (3)式中，若l、d的单位为m，f、F的单位为N，g的单位为m/s^2，m的单位为kg，α称为表面张力系数，单位是N/m。表面张力系数与液体的性质有关，密度小而易挥发的液体α小，反之α较大；表面张力系数还与杂质和温度有关，液体中掺入某些杂质可以增加α，而掺入另一些杂质可能会减少α；温度升高，表面张力系数α将降低。  **3. 焦利氏秤工作原理**  测定表面张力系数的关键是测量表面张力F。用普通的弹簧称是很难迅速测出液膜即将破裂时的F的，应用焦力氏秤则克服了这一困难，可以方便地测量表面张力F。  焦利氏秤由固定在底座上的秤框、可升降的金属杆和锥形弹簧秤等部分组成，如图3所示。在秤框上固定有下部可调节的载物平台、作为平衡参考点用的玻璃管和作弹簧伸长量读数用的游标；升降杆位于秤框内部，其上部有刻度，用以读出高度，框顶端带有螺旋，供固定锥形弹簧秤用，杆的上升和下降由位于秤框下端的升降旋钮控制；锥形弹簧秤由锥形弹簧、带小镜子的金属挂钩及砝码盘组成。带镜子的挂钩从平衡指示玻璃管内穿过，且不与玻璃管相碰。  3659ed33f6adbb796acc1d9ace5743e  1-秤框；2-升降金属杆；3-金属杆高度调节按钮；4-锥形弹簧；5-带小镜子的挂钩；  6-平衡指示玻璃管；7-载物台；8-载物台调节螺丝；9-底脚螺丝；  焦利氏秤和普通的弹簧秤有所不同：普通的弹簧秤是固定上端，通过下端移动的距离来称衡，而焦利氏秤则是在测量过程中保持下端固定在某一位置，靠上端的位移大小来称衡。其次，为了克服因弹簧自重引起弹性系数的变化，把弹簧做成锥形。由于焦利氏秤的特点，在使用中应保持让小镜中的指示横线、平衡指示玻璃管上的刻度线及其在小镜中的像三者对齐，简称为三线对齐，作为弹簧下端的固定起算点。 |

**预习部分 认真书写**

|  |
| --- |
| 【实验内容】（重点说明） 1. 用逐差法求弹簧的倔强系数 （1）测量前焦利氏秤的安装和调节  调节支架底座的底脚螺丝，使秤框竖直，弹簧自然下垂并与升降杆平行，使小平面镜在玻璃管中心，不与管壁相碰，将砝码托盘放到焦利氏秤挂钩上。  （2）测量数据  逐次向砝码托盘内放入砝码，调节升降钮，使三线对齐，分别记下对应砝码个数为1、2、3、4、5、6时刻度尺的读数，再逐次减少砝码，记录刻度尺读数；用逐差法或作图法处理数据，计算弹簧的倔强系数。 2. 用金属框测量液体的表面张力系数 （1）用游标卡尺测量金属框横梁的长度。  （2）用螺旋测微器测量金属框金属丝的直径。  （3）取下砝码，将金属框挂到砝码托盘挂钩上，仍保持三线对齐，记下刻度尺读数。  （4）把盛有自来水的烧杯放在焦利氏秤载物台上，调节载物台的微调螺丝和升降钮，使金属框浸入水面以下。  （5）同时缓慢地旋转载物台微调螺丝和升降钮，注意烧杯下降和金属杆上升时，始终保持三线对齐。当液膜刚破裂时，记下金属杆的读数。测量6次，取平均，计算自来水的表面张力系数。 3. 用金属环测量液体的表面张力系数 （1）用游标卡尺分别测量金属环外径和内径。  （2）取下金属框和砝码托盘，将金属环挂到焦利氏秤挂钩上，仍保持三线对齐，记下刻度尺读数。  （3）把盛有自来水的烧杯放在焦利氏秤载物台上，调节载物台的微调螺丝和升降钮，使金属环浸入水面以下。  （4）同时缓慢地旋转载物台微调螺丝和升降钮，注意烧杯下降和金属杆上升时，始终保持三线对齐。当液膜刚破裂时，记下金属杆的读数。测量6次，取平均，计算自来水的表面张力系数。 |
| 【实验器材及注意事项】  实验器材：  焦利氏秤测量液体表面张力系数实验中的实验仪器包括：焦利氏秤、砝码托盘、金属环、金属框、镊子、砝码盘（实验台上盛放砝码）、游标卡尺、螺旋测微器、烧杯。  （焦利氏秤的具体结构与使用说明详见实验原理模块）  仪器用途说明：  1.砝码托盘：实验中可以悬挂在焦利氏秤挂钩上，可往里放入砝码。  2.金属环：浸入液体中，提升时产生液膜。  3.金属框：浸入液体中，提升时产生液膜。  4.镊子：实验中用来夹取砝码。  5.砝码盘：实验中用来盛放砝码。  6.游标卡尺：实验中用来测量金属框和金属环长度；  注意事项：  1.在现实实验环境正，由于杂质和油污可使水的表面张力显著减小，所以务必使蒸馏水、烧杯、金属框等仪器保持洁净。实验前需要对装蒸馏水的烧杯、金属环（框）进行清洁处理，依次用NaOH溶液→酒精→蒸馏水将以上用具清洗干净，烘干后备用。  2.清洁后的用具，切勿用手触摸，应有镊子取出或存放。  3.在现实环境实验时，测量F时要缓慢小心，尽量避免因桌面的震动、空气的流动、金属圆环底部不水平等原因造成的水膜提前破裂，导致实验误差较大的情况。  4.结合虚拟实验，在实验过程中要为载物台微调旋钮保留足够的下降区间，使实验过程连续；同时在调节载物台过程中，要实时关注砝码托盘的位置，砝码及砝码托盘不能浸入水中。  5.实验完成后，要从下至上依次取出实验器材，按顺序取下金属框--砝码--砝码托盘。 |

**数据结果 不得涂改**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 【实验数据与结果】（数据处理过程统一取 g = 9.80 m/s^2）  1.倔强系数 k的测定   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 砝码质量/mg | 增重读数/cm | 减重读数/cm | 平均值/cm | | 0 | 10.35 | 10.34 | 10.35 | | 500 | 10.87 | 10.85 | 10.86 | | 1000 | 11.39 | 11.39 | 11.39 | | 1500 | 11.92 | 11.90 | 11.91 | | 2000 | 12.46 | 12.42 | 12.44 | | 2500 | 12.97 | 12.97 | 12.97 | | 3000 | 13.50 | 13.50 | 13.50 | | 3500 | 14.04 | 14.02 | 14.03 |      |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 每增加四个砝码读数差 | L5-L1 | L6-L2 | L7-L3 | L8-L4 | | △N(cm） | 2.09 | 2.11 | 2.11 | 2.12 |   用逐差法计算倔强系数 k,  k = 4\*4mg/(L5-L1 + L6-L2 + L7-L3 + L8-L4) = 0.93 N/m.  2.用金属框测量液体表面张力系数  多次测量金属框长度和直径   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 平均 | | 长度L/cm | 4.500 | 4.502 | 4.502 | 4.500 | 4.500 | 4.496 | 4.500 | | 直径d/cm | 0.0700 | 0.0704 | 0.0700 | 0.0700 | 0.0698 | 0.0698 | 0.0700 |   L 的不确定度为 Ul = 9\*10^-4 cm,  d 的不确定度为 Ud = 9\*10^-5 cm,   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 测量次数 | 拉脱读数h1/cm | 初始读数h0/cm | 表面张力读数△h=h1-h0 /cm | | 1 | 11.24 | 10.50 | 0.74 | | 2 | 11.23 | 10.52 | 0.71 | | 3 | 11.22 | 10.49 | 0.73 | | 4 | 11.24 | 10.49 | 0.75 | | 5 | 11.26 | 10.50 | 0.76 | | 6 | 11.25 | 10.51 | 0.74 | | 平均值 | 11.24 | 10.50 | 0.74 |   多次拉脱法测量表面张力  根据公式： 可得，α= 0.075 N/m.  先计算 △h 的不确定度，Uh = 8\*10^-3 cm,  根据不确定度合成公式，计算液体表面张力系数的不确定度  （对于原表达式中 L+d 项，因为主导变量为长度L，且L的不确定度较d的不确定度高出一个量级；因而为了方便计算过程，我们在实际的运算过程中，采取选择两不确定度简单求和的方法，当做长度变量总不确定度参与计算）  此时可以得出，Uα= 9.0\*10^-4 N/m,  因而液体表面张力系数为 (0.075±0.001）N/m.  3.用金属圆环测量液体表面张力系数  多次测量金属圆环内外直径   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 平均 | | 内径D1/cm | 2.200 | 2.202 | 2.200 | 2.200 | 2.198 | 2.200 | 2.200 | | 外径D2/cm | 1.998 | 2.010 | 2.000 | 1.996 | 1.998 | 1.998 | 2.000 |   多次拉脱法测量表面张力   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 测量次数 | 拉脱读数h1/cm | 初始读数h0/cm | 表面张力读数△h=h1-h0 /cm | | 1 | 3.41 | 2.36 | 1.05 | | 2 | 3.42 | 2.36 | 1.06 | | 3 | 3.39 | 2.37 | 1.02 | | 4 | 3.40 | 2.36 | 1.04 | | 5 | 3.43 | 2.36 | 1.07 | | 6 | 3.41 | 2.36 | 1.05 | | 平均值 | 3.41 | 2.36 | 1.05 |   根据公式： 可得，α = 0.074 N/m.  计算当前实验下 △h 的不确定度，Uh = 7\*10^-3 cm,  根据前述公式计算α的不确定度，Uα = 5\*10^-4 N/m,  所以液体表面张力系数α = (0.074±0.001)N/m. |

**分析合理 善于思考**

|  |
| --- |
| 【误差分析】  1.因为实验仪器精度有限，必然对实验数据产生截断误差的影响，且读数过程特别是长度测量时的估读与对齐，往往存在较大的主观性，因而会使后续的计算产生较大的误差。  2.形成水膜后若拉脱过程不匀速，往往会造成其提前断裂的现象，从而带入数据误差。  3.在虚拟实验中，微调载物台，三条刻度线（一条为玻璃成的像）移动微小，难以调节铁杆使得一直保持三线重合的状态；因为水膜破裂的突然性，这使得在其破裂的临近值附近，铁杆调节高度往往小于真实值，从而引入误差。  4.在现实实验中，金属圆环不水平、仪器底座不水平、波动较大干扰较多的实验环境等状况，均会对水膜破裂产生影响，从而引入测量数据误差。 |
| 【实验心得及思考题】   1. 拉脱法测量模型中没有考虑浮力的作用，这一近似合理吗？   合理。首先，拉脱法需要拉取水膜直至其断裂，真正的测量过程，金属框已离开水面，根据浮力计算的表达式 F浮= ρ\* g \* V（其中ρ为液体密度，g为重力加速度，V为排开液体的体积），V排可以近似视为接触面积S乘以厚度△d，对于水膜本身而言，其△d趋近于零，且随着水膜高度的提升，其厚度会进一步减小，因而V排会同比例趋近于0，从而F浮也同样趋近于0；而在水膜真正断裂的时刻，浮力并不存在，因而这样的实验近似是合理。   1. 如果使用圆环之外的物体测量，可行吗？要注意什么问题，结果会有什么区别？   可以，如前述实验中使用的金属框，也可以完成液体表面张力系数的测定。  在选取物体时，尽量选取接触周长利于计算的物体，方便实验测定后数据的处理与得出；另外，需要注意所选物体要保证水平，与液体的接触边需要保证在同一平面，这样可以保证水膜的拉取周长可以叠加运算，不会产生其他特殊的情况。  也可以使用其他的方法测定液体表面张力系数，如毛细管法、最大气泡压力法等等。   1. 测量时，如果想设计测量不同温度下的表面张力，如何改进？   另取以带有放水管的大烧杯，在实验过程中，将此烧杯置于加热器上；设定加热器测量温度，加热烧杯中液体，在升温过程中不断用磁力搅拌器搅拌；当温度接近测量温度时，关闭加热器，利用余热升温；当温度到达测量温度时，关掉搅拌器，并使液体静止下来，慢慢打开放水管让液体从大烧杯流到旁边的小烧杯中进行操作。  当有液体流入的同时就需开始上述实验步骤，匀速拉出水膜直至断裂，记录焦立秤对映的铁杆高度，并记录液体温度值，在整个操作过程中，要确保仪器不受振动。  测量完某一温度下的实验数据后，需将收集在小烧杯内的液体倒回大烧杯中，再参照上述步骤，进行下一温度的测量。  实验心得：  线上实验的体验也是渐近尾声，大物实验的课程也终将完结；虽然疫情席卷，学校为了大家的安全取消了线下的授课方式，这确实会使实验等实操类课程少了不少趣味，但换个角度思考，在同一课程中，既体验了线下实验的氛围感，又体验了线上实验的沉浸感，确乎也是增添了一份别样的学习经历。  液体表面张力系数，一个熟悉的名词，但在高中课本与大物课程理论学习中，却不曾详细讲解，也是借实验操作的机会，更加深刻地了解了这一物理量，也洞悉着一个听似熟悉，看似复杂的物理量，其实验验证计算并不一定那么耸人听闻。  大物实验的课程可能就要以此落下帷幕，期待我们有缘再见！ |

**仔细读数 认真记录**

|  |
| --- |
| 【数据记录及草表】  实验部分：  数据记录部分：  814a588e59ac3fdc989f37ba1fac9f4    dc302d177b58f39ff2ee79373e2136a  04228b501e8c10236bbb4683e65207a  教师签字： |