# 第 1 章 分子动理论与气体实验定律 第 2 节 科学测量：用油膜法估测油酸分子的大小

组成物体的分子很小，直接测量它们的大小是很困难的。那么，通过什么方法能测量分子的大小呢？下面我们用油膜法粗略测量油酸分子的大小。

实验目的

（1）估测油酸分子大小的数量级。

（2）体验通过油膜法测量油酸分子大小的思想方法。

实验器材

油酸、酒精、清水、滴管（或注射器）、量筒、笔、爽身粉、玻璃片、浅水盘、坐标纸。

安全警示

实验中，应避免将水和爽身粉撒到其他地方，更不可把爽身粉弄到人的眼睛里。

实验原理与设计

油酸是一种脂肪酸，把一滴油酸滴到平静的水面上，油酸会展开成一片油膜。油膜面积最大且稳定时，可近似认为是单层油酸分子油膜。若把油酸分子视为球体，则单分子油膜的厚度就近似等于分子的直径。只要测量出这一滴油酸的体积 *V* 和油膜的面积 *S*，就可估算出油酸分子的直径 *d* = ［图 1 – 10（a）］。

实验步骤

（1）用滴管（或注射器）将配制好的油酸酒精溶液一滴一滴地滴入量筒中，记下量筒内溶液增加一定体积（如 1 mL）时的滴数，由此求出一滴油酸酒精溶液的平均体积 $\overbar{V}$。

（2）向浅水盘内倒入清水，在水面上轻轻而均匀地撒一层爽身粉。用滴管在其上滴一滴油酸酒精溶液，待油层不再扩散、形状稳定时，就近似形成了单分子油膜［图 1 – 10（b）］。

*d*

水

油膜

爽身粉

水

（a）

（b）

图 1 – 10 粗略测量油酸分子直径的示意图

**物理在线**

请上网查询，了解为什么将油酸酒精溶液滴到水面，容易在水面形成单分子油膜。

（3）将玻璃片盖在浅水盘上，用笔将油膜的轮廓描绘在玻璃片上。

（4）将描有油膜轮廓的玻璃片放在坐标纸上，算出油膜的面积 *S*。求面积时以坐标纸上边长为 1 cm 的正方形为单位，数出轮廓内正方形的个数（不足半个的舍去，多于半个的算一个）。

（5）根据油酸酒精溶液的浓度，算出一滴溶液中纯油酸的体积 *V*。根据油酸的体积 *V* 和油膜的面积 *S* 算出油酸分子的直径。

数据分析

请将测量的数据记入你设计的表格中，并分析数据，形成结论。

实验结论

请写出实验结论。

讨论

在实验中为什么要取非常小的一滴油酸酒精溶液做实验？为什么实验时要使油膜尽可能地散开？假如油酸分子不是紧密排列的，对实验结果会产生怎样的影响？

### 方法点拨

估测法广泛应用于物理学研究。用油膜法估测油酸分子的大小，利用宏观手段研究微观问题，将微小的不易直接测量的物理量（分子直径）转化为易于测量的物理量（体积和面积），从而通过间接的方法估测油酸分子的大小。这是估测法在物理学中巧妙应用的案例。

### 素养提升

能针对真实情境提出与实验相关的物理问题，作出有依据的假设；能在他人帮助下制订实验方案，用相关器材完成实验，获得实验数据；能分析数据，估测分子的大小，并能进行解释；能撰写规范的实验报告，在报告中能呈现实验表格、数据分析过程及实验结论，能提出改进措施，能与他人分享研究成果。

注意提升实验设计能力与估算能力。

能体会物理研究中估测的重要性，知道人类认识自然是有不同层次的；能感受用常规方式认识微观世界的实验设计的美妙。

——科学探究，科学态度与责任

## 节练习

1．请撰写“用油膜法估测油酸分子的大小”的实验报告。注意在报告中呈现设计的实验表格、数据分析过程和实验结论。请与同学交流实验中产生误差的原因，提出改进措施。

【参考解答】该实验对学生实验操作技能要求较高，操作不仔细或不熟练就有可能产生较大的误差。比如撒痱子粉太厚、不均匀的问题，控制液滴的问题，油膜面积计算的问题等。在实验结束后，需要反思实验操作，分析误差原因，提出改进的措施。比如，针对撒粉太厚、不均匀的问题，可以用广口的饮料瓶，瓶盖中心凿一个略小于盖口的大孔，在瓶口和瓶盖之间夹一块轻质纱布。将筒倒立并轻敲筒底。

2．某同学在做“用油膜法估测油酸分子的大小”的实验时，测得油酸分子的直径明显偏大。可能的原因是

A．油酸还未完全散开

B．所用油酸溶液中含有大量酒精

C．计算油膜面积时，将所有不足一格的正方形都当成一格计算

D．在计算一滴溶液的体积时，少算了液滴数

【参考解答】AD

3．在“用油膜法估测油酸分子的大小”的实验中，已知配制的油酸酒精溶液纯油酸与溶液体积之比为 1∶500。测出 1 mL 此溶液有 25 滴，在三次实验中分别取其中一滴在水面上自由扩展后形成的油膜面积 *S* 见下表。试完成表格并算出测量结果，看看测量结果与公认的油酸分子大小的数量级 10−10 m 是否一致。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 次数 | *S*/m2 | *d*/m | *d*的平均值 /m |
| 1 | 0.533 |  |  |
| 2 | 0.493 |  |
| 3 | 0.563 |  |

【参考解答】

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 次数 | *S*/m2 | *d*/m | *d*的平均值 /m |
| 1 | 0.533 | 1.50×10−10 | 1.51×10−10 |
| 2 | 0.493 | 1.620×10−10 |
| 3 | 0.563 | 1.42×10−10 |

4．在做“用油膜法估测油酸分子的大小”的实验时，某同学的操作步骤如下：

①取一定量的无水酒精和油酸，制成一定浓度的油酸酒精溶液；

②在量筒中滴入一滴该溶液，测出它的体积；

③在蒸发皿内盛一定量的水，再滴入一滴油酸酒精溶液，待其散开并稳定；

④在蒸发皿上覆盖透明玻璃，用彩笔在玻璃上描出油膜的轮廓，用透明坐标纸测量油膜的面积。

（1）请指出上述步骤中的错误之处并改正。

（2）实验中，用彩笔在玻璃板上描出油膜的轮廓，其在坐标纸上的形状如图所示。已知坐标纸上小正方形的边长为 1 cm，该油膜的面积是多少平方米？（结果保留 1 位有效数字）

【参考解答】（1）步骤 ②、③ 中有错误。

步骤 ② 中应在量筒中滴落 *N* 滴溶液并测出其体积。若在量筒中滴入一滴该溶液，测出一滴溶液的体积，测量误差较大。

步骤 ③ 中为了使一滴油滴酒精溶液散开后界面比较清晰，应撒入爽身粉，再滴入油酸溶剂。

（2）计算油膜的面积时，需要计算轮廓内正方形的个数，不足半个的舍去，多余半个的算一个。从图中共数得 650 个小方格，每格面积为 1×10−4 m2，则该油膜的面积为 6.5×10−2 m2。