

Practical Test: 西欧的一段空气污染时期

在过去的几十年，因空气质量而导致的公众健康问题（慢性病、过敏反应）逐渐增加。其中细颗粒物（粒子直径小于 2.5 微米，PM2.5）被联合国健康组织（WHO）认定为首要原因。这里，我们感兴趣如何观测因人类活动（交通、化石燃料燃烧、等等）导致的 PM2.5 污染。

THE CALITOO?

- 是什么？
- 怎么用？
- 能用来测什么？

Calitoo 本质上是一个测量大气透明度的光度计，可用于实时地测量大气中可悬浮颗粒物的直径。

它可计算大气光学厚度（AOT），并得到一个 AOT 系数 α ，这个系数 α 与可悬浮颗粒物的直径大小呈反比，即 α 越大（小）越说明是细（粗）粒子。

确定光学厚度 AOT: 通过在蓝（465nm）、绿（540nm）、红（650nm）这三个波段取样测量大气透明度

确定系数 α : 使用 AOT 测量得到的大气透明度数据，再辅以采样地点的基本信息（GPS 经纬度坐标、时间、气压），将其转换为 AOT 系数 α

测量结果的准确性检查: 计算代表误差水平的 R^2 指数。这个指数要在 0.9-1 之间才被认为该次测量可靠，在误差允许范围内。若低于 0.9 则被认为该次测量误差过大，不可接受。

第一部分: 直接测量大气光学厚度 AOT**Instructions:****如果晴天**

- 熟悉你的设备和操作（参考 Quick start guide）
- 进行 3 次测量，需确保其对应的 R^2 大于 0.9
- 把结果记在答题表格里，并计算 3 次观测的平均值

如果多云

- 你不必进行任何观测，我们将直接给你 α 值

以下是 2 个被观测到的 α 值:

- 2010 年 Eyjafjalajokull 火山喷发时：法国的 α 值接近 0.4
- 冬季在 Antibes 高速公路附近： α 值接近 1.6

Question 1: 测量结果的平均值表明，今天 Sophia Antipolis 上空的颗粒物直径…（单选）

- 1 大于汽车尾气造成的颗粒物直径
- 2 小于汽车尾气造成的颗粒物直径
- 3 大于火山灰中的颗粒物直径
- 4 此次观测无法确定当前大气的颗粒物直径

第二部分：将观测值与已知直径的粒子样本相比较**Instructions:**

- 熟悉关于测量试管中样本 α 值的基本知识（参见 Tutorial<<Measuring global AOT of the atmosphere>>）
- 对每一个样本进行 3 次测量，测其 α 值：牛奶/水（试管 1），粘土/水（试管 2）
- 在答题表格里记录测量结果，并计算每个样本的 3 次测量平均值

Question 2: 基于你的测量结果，Sophia Antipolis 上空大气的颗粒物粒子的直径…（单选）

- 1 小于牛奶样本
- 2 大于粘土样本
- 3 介于牛奶样本和粘土样本之间
- 4 此次测量无法确定

第三部分：2016 年春季的一次特殊事件

2016 年 4 月的一个早晨，空气中充满肉眼可见的颗粒物细粒子，连汽车挡风玻璃上都覆盖满了黄色的颗粒物沉降。**你的任务，就是确定这些颗粒物粒子的基本性质。**

图 1: (A) 从车窗上收集的颗粒物的光学显微镜照片。

(B) 多种不同的颗粒物粒子的直径分布图

Industrial smog 工业粉尘; Limestone dust 石灰粉尘;
 Pollen 花粉; Tobacco smoke and incense 烟灰和香灰;
 Virus 病毒; Cloud of clay dust 粘土扬尘;
 Wood ash 木灰; Sea salt crystals 海盐晶体

在 4 月的这一天，观测到的 α 值小于木灰(富含钙盐)。

表 1: 用于确定颗粒物性质的化学试剂

待测颗粒物粒子	化学试剂、剂量、以及随后发生的反应			
	HCl (一滴盐酸)	H ₂ O ₂ (一滴过氧化氢)	AgNO ₃ (一滴硝酸银)	Ammonium oxalate (一滴草酸铵)
石灰石	嘶嘶声/冒泡	无反应	无反应	白色沉淀
生物分子	无反应	嘶嘶声/冒泡	无反应	无反应
粘土	无反应	无反应	无反应	无反应
氯化钠/食盐	无反应	无反应	白色沉淀	无反应
钙盐(非碳酸钙)	无反应	无反应	无反应	白色沉淀

Instructions:

- 熟悉你工作台可用的设备
- 在开始前，**请务必带上安全护目镜**
- 只做 2 次检测，来测定未知颗粒物的属性

Question 3: 参考图 1 和表 1, 哪两种试剂是检定黄色颗粒物所必须的 (双选):

- 1 HCl
- 2 H₂O₂
- 3 AgNO₃
- 4 草酸铵

Question 4: 根据你得到的数据, 下面描述这些黄色颗粒物属性正确的是 (单选):

- 1 工业粉尘
- 2 烟灰和香灰
- 3 粘土颗粒物
- 4 盐颗粒物
- 5 病毒
- 6 燃烧导致的烟尘
- 7 花粉
- 8 周边采石作业导致的石灰粉尘

第四部分: 2017 年冬季西欧爆发的一次污染事件

图 2: (A) 2017 年 1 月 25 日大气中细颗粒物 (小于 2.5 微米) 的浓度. 此图基于观测数据, 并使用了“PREV’ AIR 网络”模型。(B) 2017 年 1 月 25 日西欧地区的海平面气压图, 其中黑线代表图 3 中卫星所扫过的轨迹。

图 3: (A) CALIPSO 卫星上用于观测剖面廓线的激光雷达 (LIDAR) 工作示意图. 当 CALIPSO 卫星飞跃所关注地区时, 向下发出激光束并获取散射信号, 以此推算大气中各种颗粒物粒子的浓度. 因此所获得图像是大气的一个垂直剖面。

(B) 2017 年 1 月 25 日当卫星飞跃西欧上空时所获得的卫星图片. 黄色和红色代表 PM_{2.5} 粒子. 沿地表、很贴近地表的灰色代表云。

表 2: 测量得到的垂直大气温度廓线. 该气象气球从一个德国气象站释放, 如图 3B 中的大白圆点所示。

高度 (m)	376	748	998	1249	1408	4013	6001	10007	12008	14004
温度 (° C)	-4.7	-8.3	-10.1	2.1	3.3	-11.0	-25.3	-58.2	-69.2	-65.2

Question 5: 在答题表格里, 画出表格中所示温度随高度变化的曲线

Question 6: 在图 3B 中 Limit A 所示界面是什么: (单选)

- 1 平流层顶
- 2 对流层顶
- 3 中层顶
- 4 逸散层底

Question 7: 根据 Question 5, 在该德国气象站上空多高的位置发现了 PM2.5 颗粒层 (单选)

- 1 约 500 米
- 2 约 1000 米
- 3 约 2000 米
- 4 约 12000 米

Question 8: 下列哪几项是在低高度发展出 PM2.5 颗粒层的必要条件? (多选)

- 1 低压区
- 2 高压区
- 3 较高的颗粒物源排放 (自然源或人为源)
- 4 近地面冷空气被其上的逆温层盖住
- 5 近地面暖空气被其上的逆温层盖住