

Practical Test: 太阳，太阳系中唯一的能源

如果我们想要执行一次载人航天任务前往火星，太阳应该是最容易获得的能源。鉴于火星距离太阳相对较远，因此其可接受的太阳能源相对较少。因此，在火星殖民计划中，我们将需要计算太阳能电池板的表面积大小。

第一部分：太阳常数的测量

太阳常数的定义：在距离太阳一个天文单位处（即地球轨道处），在不考虑大气层影响的情况下，每平方米的平面在阳光垂直入射时所获得的能量功率。因此对地球而言，太阳常数对应于大气层顶端的能量通量。其单位为瓦特每平方米 (W/m^2)

图 1: 太阳常数的测量。(A) 测量仪器以及一系列支持设备，包括：

- (1) 支架、固定夹和螺母；
- (2) 一个热量计；
- (3) 一些塑料管、绝热泡沫以及可被太阳加热的黄铜或钢片；
- (4) 一个数字温度计以测量实验过程中的温度变化。

注意： IESO 将为你提供—个倾角仪、—个计时器和—个计算器供你自己使用。

(B) 测量太阳常数原理图。为了确保物体表面垂直指向太阳，—种方法是在物体后方防止—个平板，调整角度使该平板上的物体影子面积达到最小。

Question 1: 在测量太阳常数过程中，热量计的放置方式将保证黄铜片获得最大的能量。在以下四张图片中，哪种是正确的放置方式？（单选）

第二部分：测量地球的太阳常数

Instruction:

- 熟练掌握第一部分的内容（记笔记）。
- 调整仪器的方向，使得黄铜片垂直于太阳光的方向。
- 熟悉所有用于计算太阳常数的参数。这些参数将在表 1 中体现。
- 测量仪器与水平面的夹角。这一夹角代表了太阳在地平面上的高度角。
- 开始实验。记录初始时刻的温度。10 分钟后，记录最终温度。
- 将仪器放入阴凉区域。

在实验结束后，将测量数值填入 表 1:

表 1: 用于计算太阳常数的实验数据表

| 各相关参数 | 符号与单位 | 测量数值 |
|-------|--|------|
| 质量 | m (kg) | |
| 物体直径 | D (m) | |
| 比热容 | C_p ($\text{JK}^{-1}\text{kg}^{-1}$) | |
| 太阳高度角 | h (度) | |
| 初始温度 | T_i (摄氏度) | |
| 最终温度 | T_f (摄氏度) | |
| 实验耗时 | Δt (s) | |

现在，我们已在地球表面进行了实验。然而，太阳常数的数值本应排除大气层的影响。因此，我们需要使用一个校正系数。

或者说，我们测量获得的数值 (P_d) 还需乘上一个系数 (cor) 才能获得太阳参数 F 。这一系数 cor 取决于阳光穿越大气层的距离以及大气层透明度（见表 2）。这一关系可用公式表示为：

$$F = P_d * cor \quad (a)$$

表 2: 如何判断系数 cor

| 太阳高度角 h | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 65 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| 晴朗的蓝天 | 2.5 | 2 | 1.7 | 1.5 | 1.35 | 1.3 |
| 中等天空 | 4.2 | 3.5 | 2.6 | 2.1 | 1.8 | 1.5 |
| 阴天 | 5.3 | 4.3 | 3.2 | 2.5 | 2.2 | 2 |

Question 2: 关于太阳参数的大小，以下说法正确的是（单选）：

- 1- 小于地面测量的结果，取决于天气状况
- 2- 小于地面测量的结果，与天气状况无关
- 3- 与地面测量结果相同，取决于天气状况
- 4- 大于地面测量的结果，与天气状况无关
- 5- 大于地面测量的结果，取决于天气状况

我们此前假设了仪器的装配是完美无缺的，然而现实往往是残酷的。例如，物体绝热的问题会限制测量数据的准确度。因此我们测量的结果将低于一个更加精确的仪器获得的结果。

以下是相关的公式（吸收的太阳能量与温度变化、比热容、质量之间关系）：

$$E_{solar} = m * C_p * \Delta Temperature \quad (b)$$

能量与能量功率之间的关系：

$$E_{solar} = P_{solar} * \Delta t \quad (c)$$

考虑单位面积的能量功率：

$$P_{solar} = P_d * S \quad (d)$$

在这里，表面积 S 可以由 $S = \pi * r^2$ 给出。

Question 3: 根据以上公式，太阳常数 F 的正确表达式为（单选）：

- 1- $F = S * \Delta t * cor / (m * C_p * \Delta Temperature)$ ，因为表面积 S 上升时，太阳常数 F 也上升
- 2- $F = S * \Delta t / (m * C_p * \Delta Temperature * cor)$ ，因为表面积 S 上升时，有更多能量被吸收
- 3- $F = m * C_p * \Delta Temperature * cor / (S * \Delta t)$ ，太阳常数 F 与温度变化成正比
- 4- $F = m * C_p * \Delta Temperature / (S * \Delta t * cor)$ ，太阳常数 F 与校正参数 cor 成反比

回顾一下数量级的概念。一个数值的数量级即为与其最为接近的 10 的幂。例如，32 距离 10 比距离 100 更为接近，因此其数量级为 10^1 。另一方面，74 距离 100 比距离 10 更为接近，因此其数量级为 10^2 。

Question 4: 根据你的测量，地球上的太阳常数的数量级为（单选）：

- 1- 10^1 W/m^2
- 2- 10^2 W/m^2
- 3- 10^3 W/m^2
- 4- 10^4 W/m^2

第三部分：测量太阳系中不同位置的太阳常数

测量太阳系不同位置的太阳常数有助于理解这一参数如何随距离太阳的位置而变化。

Instruction:

- 熟悉我们给你提供的所有仪器。
- 测光表可以在管子内移动；你可以直接读出测光表与光源之间的距离。
- 在不同的距离处测量对应的光强度，以回答 Question 5。

Question 5: 关于太阳常数，以下说法正确的是（单选）：

- 1- 正比于距太阳距离
- 2- 正比于距太阳距离的平方
- 3- 反比于距太阳距离的平方根
- 4- 反比于距太阳距离
- 5- 反比于距太阳距离的平方

图 2: 在太阳系八大行星处，太阳常数与各行星距太阳距离之间的相关性。

Question 6: 关于在不同位置的太阳常数，以下说法正确的是（单选）：

- 1- 在火星位置，约为 700 W/m^2 。这一数值介于金星处太阳常数的 22%至 28%之间。
- 2- 在火星位置为地球位置的两倍
- 3- 在最远的四颗行星处，都非常微弱
- 4- 与距太阳的距离成正比
- 5- 在土星处的数值大于在天王星处的数值，因为前者的半径更大

图 3: (A) 位于地球轨道附近的国际空间站 (ISS) 照片。其长宽高分别为 110, 74 和 30 米，总重量约为 400 吨，其运行需要 8 个太阳能发电机才能维持。每个太阳能发电机中心均为类似桅杆的结构，在桅杆周围放置两个太阳能电池板，其长度与宽度分别为 32 和 11 米。(B) 在夏威夷 Kilauea 火山上，人们建立了模拟火星生命的穹顶式建筑。其能量需求与国际空间站相当。

Question 7: 从图 2 和图 3 中提供的信息可知，要维持一个在火星上的人类穹顶式建筑运转，需要多少个太阳能发电机？

- 1- 约 4 个
- 2- 约 8 个
- 3- 约 10 个
- 4- 约 12 个
- 5- 约 14 个
- 6- 约 16 个
- 7- 约 18 个