

蓝天小使者 在行动

内部交流资料



千校携手
1,000 Schools
Hands Together



编写组

(按照姓氏笔画排序)

编委会：尹 乐 沈雪松 刘海宁

余有根 周立东 周 杰

赵立建 荆 卉 郭建华

专家组：王丽莎 周又红

执行编辑：闫莹莹 赵 溪

编写组：王 兰 王 喆 毕 欣

刘浩然 刘建华 闫莹莹

李维刚 张俊菊 杨海燕

郝 冀 侯 越 赵 溪

高 颖 韩 静

责任编辑	殷玉婷	沈 建
特邀编辑	武 萍	杨诗琪
责任校对	尹 芳	
装帧设计	王 萌	
插 画	张 翀	

开 本	787×1092	1/16
印 张	6.5	
字 数	100 千字	

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

前言

建设生态文明，牢固树立创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念是关系人民福祉、关乎民族未来的长远大计。保护环境、善待自然，实现中华民族永续发展，是构成中华民族伟大复兴的中国梦的重要前提条件和坚实基础。让我们携起手来，共同努力，建设天蓝、地绿、山青、水净的美丽中国。

中国教育国际交流协会与能源基金会（中国）共同发起“千校携手，重现蓝天”活动，旨在通过开发面向小学生的环境读本，培养种子教师，推进环境教育实践等方式，用教育的力量让孩子养成陪伴终身的环保习惯，使他们成为保护环境的实践者。

本书主要面向小学中、高年级学生，以“做中学”为理念，以“雾霾”问题为切入点，让孩子乐于学习，易于理解。全书分为三个单元：第一单元介绍大气环境与雾霾，包括大气组成、雾霾的形成因素与扩散因素等；第二单元介绍人与雾霾的相互关系，包括雾霾对人体健康的影响，人如何保护自己，改变现状等；第三单元引导学生进行学习后的创新与表达，包括编演环保剧、制作环保展板、拍摄微电影等。

我们建议学校在开设的科学课或社会实践课中开展相关教学活动。为了便于活动推广，本书每个单元内容控制在 40 分钟内，且按照课堂教学环节分为引入、体验、实践与拓展四个部分。出版前，

编写组已围绕本书内容开展过三次教师培训，认为能够达到编写目的，并根据参训教师的建议进行了优化与完善。

本书得到了北京市西城区青少年科技馆和心创益传播机构共同支持。在此，向他们对环境教育事业的热爱致以衷心的感谢。

（欲查看本书的配套资源可登录 <http://qianxiaoxieshou.ceaie.edu.cn/> 或 <http://www.efchina.org/RestoringBlueSkies-zh>）

《蓝天小使者在行动》编写组

2016 年 7 月 1 日

目 录

第一单元 认识空气 / 1

- 一、珍贵的空气 / 4
- 二、大气层 / 14
- 三、“霾星人”的身世之谜 / 20
- 四、十面“霾”伏 / 28
- 五、四处逃逸的霾 / 38

第二单元 雾霾与我们 / 47

- 六、保护你的“个人机场” / 50
- 七、“颗粒物”战争 / 56
- 八、让空气更美好 / 62
- 九、通缉颗粒物 / 68
- 十、植物大战雾霾 / 72
- 十一、城市规划师 / 80

第三单元 行动吧 /91

- 蓝天小剧场 / 93
- 如何制作科学展板 / 94
- 科学地讲故事科普微电影的拍摄 / 98



第一单元 认识空气



第一单元 名词解释

	雾	霾	雾霾	霜
天气符号			—	—

1. 光合作用：在阳光照射下，植物能利用水和空气中的二氧化碳来制造自己生长所需要的养料，同时还能放出氧气，绿色植物的这种作用叫做光合作用。

2. 呼吸作用：植物体内的碳水化合物、脂肪等一系列物质在氧气的作用下，最终生成二氧化碳、水和其他物质，并释放出能量的过程。

3. 大气层：包围地球的整个空气层。也称“大气圈”。由氮、氧、氩、臭氧、二氧化碳和水汽等多种气体混合组成。

4. 对流层：位于大气圈的底部。夏季最厚，冬季最薄。对流层的大气密度最大，约占大气圈总质量的 79.5%(一说为 75%)。对流层的主要成分是氮 75.51%，氧 23.01%，氩 1.28%，二氧化碳 0.04%，并且集中了大量的水汽，成为一切气象活动的场所。

5. 平流层：对流层顶以上到离地面 55 千米的大气层，因大气多平流运动，故名平流层。层内下半部温度基本上是不变的（称等温层）或随高度增加而略有上升；上半部的温度则随高度增加而显著升高（称逆温层）。平流层内空气的垂直运动远比对流层弱，特别是上半部，几乎没有垂直气流。整个气层比较平稳，以平流运动为主，非常有利于飞行。平流层内水汽和尘埃含量稀少，空气较为稳定，很少出现云，

天气现象少见，能见度也很好。

6. 大气污染：当大气中污染物的浓度达到有害程度，以致破坏生态系统和人类正常生存和发展条件时，这种对人或物造成危害的现象。

7. 二次污染物：污染物受到阳光照射，污染物间相互发生化学反应，以及污染物与大气成分发生化学反应，又生成了新的有害物质，这种有害物质被称为二次污染物。

8. 氮氧化物：包括多种化合物，如一氧化二氮 (N_2O)、一氧化氮 (NO)、二氧化氮 (NO_2)、三氧化二氮 (N_2O_3)、四氧化二氮 (N_2O_4) 和五氧化二氮 (N_2O_5) 等。除二氧化氮以外，其他氮氧化物均极不稳定，遇光、湿或热变成二氧化氮及一氧化氮，一氧化氮又变为二氧化氮。

9. 二次颗粒物：又称二次气溶胶。是由排放源排放的气体污染物，经化学反应或物理过程转化为液态或固态的颗粒物。如二氧化硫 (SO_2)、氮氧化物、有机气体等经光化学反应可形成硫酸盐、硝酸盐和有机气溶胶等。

10. 静稳天气：是指近地面风速小，大气稳定的天气。

11. 扩散作用：当气象因素处在有利于污染物扩散的状态下，而且污染物的排出量并不非常大时，扩散作用的效果是很好的。一方面能将污染物浓度降低，另一方面可将一部分污染物转移出去。

12. 折线图：排列在工作表的列或行中的数据可以绘制到图中，可以反映同一事物在不同时间里的发展变化的情况。

13. 照度计：（或称勒克斯计）是一种专门测量光度、亮度的仪器仪表，用于测量光照强度（照度）是物体被照明的程度，也即物体表面所得到的光通量与被照面积之比。

一、珍贵的空气

生命气体

曾几何时，地球接受了一件弥足珍贵的礼物，那就是无处不在的空气。没有食物我们可以存活40天，没有水我们可以存活4天，但是没有空气我们连4分钟都活不了。不管是学习、玩耍还

是吃饭、休息，我们无时无刻都在呼吸着空气。空气无色无味，看不见摸不着，却又现实地存在着。那么空气是由什么物质组成的呢？



认识空气家族

1. “常住成员”

虽然我们时刻都在接触空气、呼吸空气，但因为空气无色无味的特点，我们无法直接看到和触摸到空气。人类对于空气的认识也经历了漫长的过程。在古代，空气曾被认为是一种简单的物质；随着时代的发展和科学家们的不断探索，如今我们有机会了解空气的构成。

空气是一种混合物，组成成分可分为恒定的、可变的和不定的3类，其中恒定的是氮气、氧气和稀有气体。在干燥空气气体组分中，氮气占总体积的78%，氧气占总体积的21%，稀有气体占总体积的0.9%。

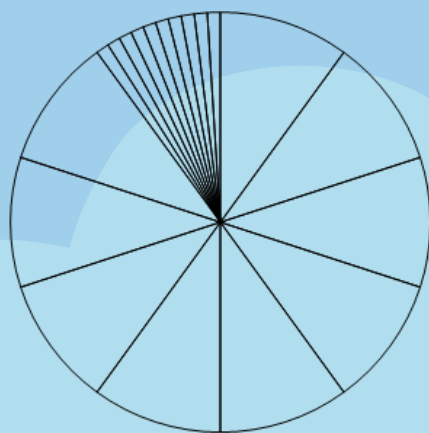
当然，除氧气、氮气、稀有气体这些恒定气体外，还有一部分为可变气体，如二氧化碳气体、水蒸气等。可变气体的含量会随着地区不同、季节变化、气象改变以及人类活动等发生相应的变化。其中二氧化碳气体占空气组分的0.03%(体积百分比)。

“常住成员”的信息

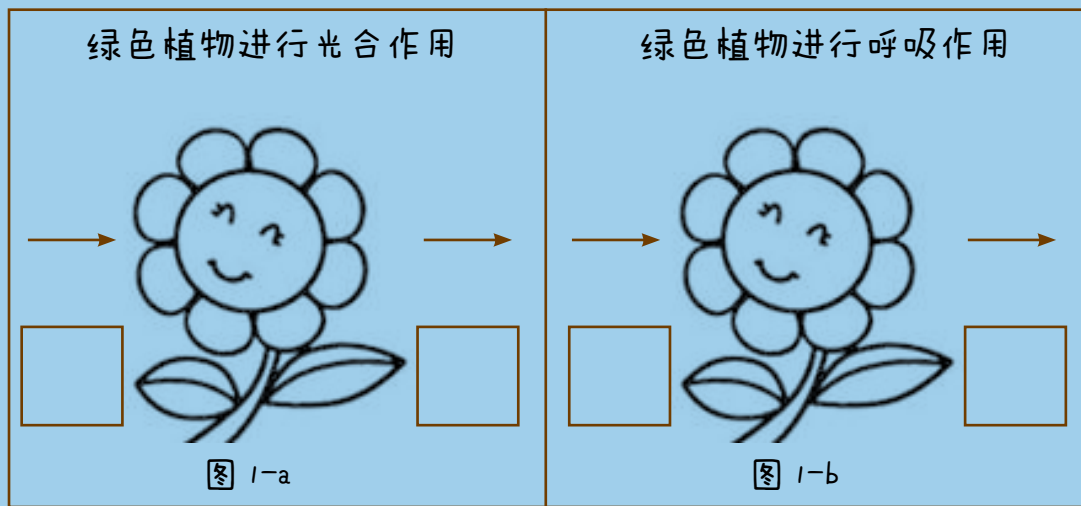
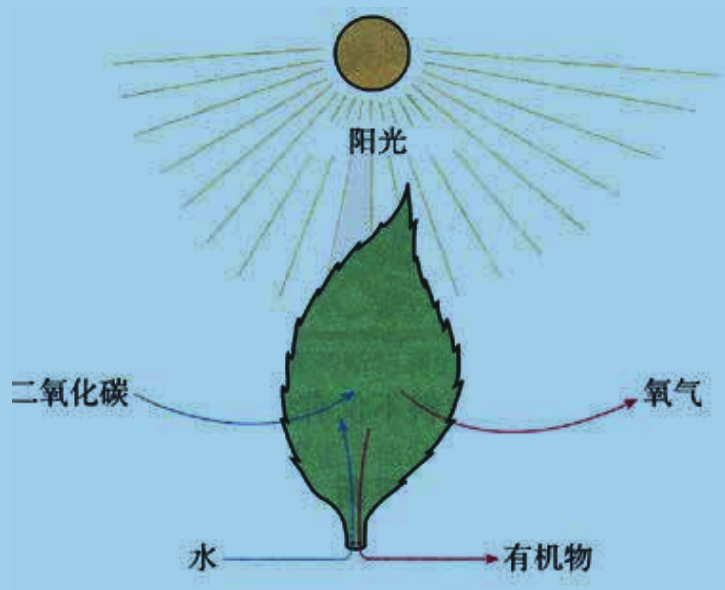
气体名称	化学式	基本性质	空气中所占 体积比例	用途
氮气	N_2	无色无味, 难溶于水	78%	防止食物的腐烂变质。 液氮可以作为一种冷冻干燥剂
氧气	O_2	无色无味, 不易溶于水	21%	人类维持生命不可缺少的物质。用于切割、焊接等冶金过程
稀有气体	He Ne Ar Kr Xe	无色无味的 气体, 很难进行 化学反应	0.9%	通电时, 发光颜色多样, 用于制作霓虹灯
二氧化碳	CO_2	无色无味, 略溶于水	0.03%	用于灭火。用于制作小苏打、碳酸饮料等。用于绿色植物进行光合作用

画一画

请根据图例, 用不同的颜色在下面的饼状图上标出空气中主要成员所在的比例。(饼状图已被十等分, 每份代表 10%, 其中一份又被十等分, 每份为 1%)



- 氮气
- 氧气
- 其他气体 (二氧化碳和稀有气体)



植物的“呼吸”

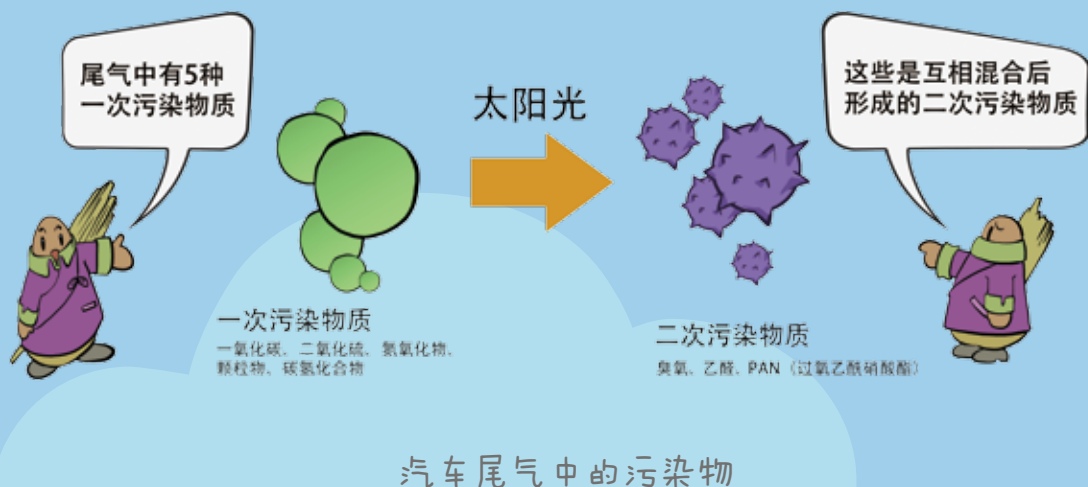
思考

在植物内，二氧化碳（ CO_2 ）和氧气（ O_2 ）又是如何进出的呢？请在图 1-a 和图 1-b 中标注出来。

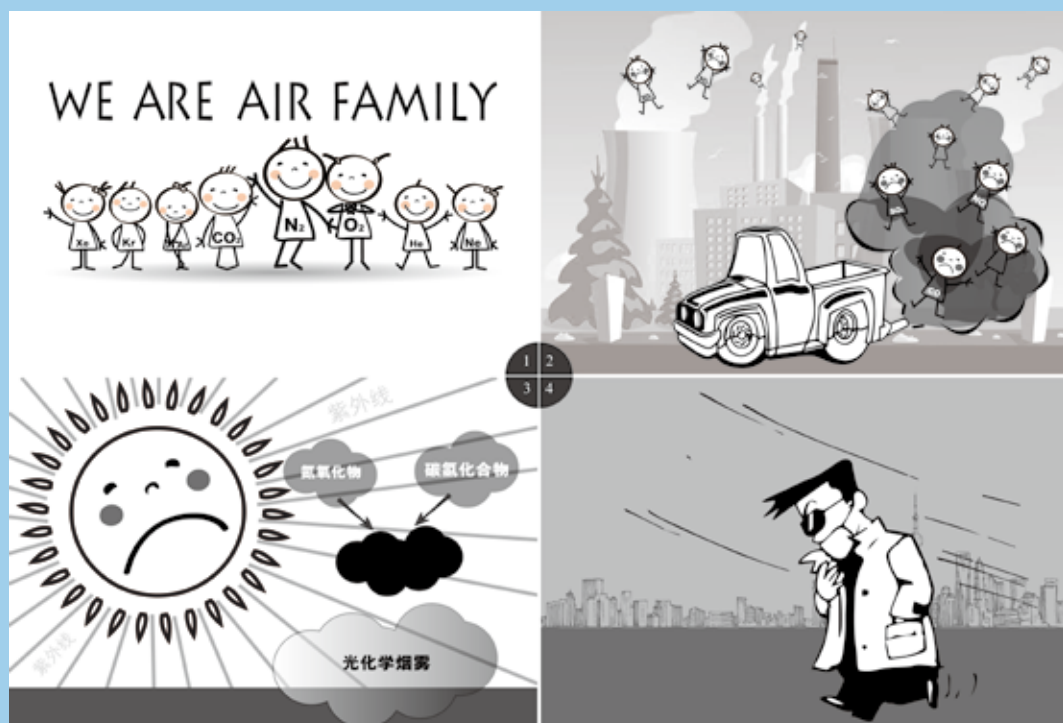
2. 外来成员

在空气中，除了那些“常住成员”以外，随着社会的发展、工业化的推进，也逐渐出现了一些“外来成员”，它们

是空气中那部分组分不定的气体。这些气体的产生有时是由于天然原因（如火山爆发、森林火灾、地震、海啸等），而更多的是由于人为原因（如燃料的燃烧和工厂排放的废气）。它们有一个共同的“称号”——大气污染物。当这些污染物的浓度达到有害程度，以致破坏生态系统和人类正常生存和发展条件时，这种对人或物造成危害的现象叫做大气污染。以前大气污染的罪魁祸首是工厂喷出的乌黑煤烟，现在各地工厂都受到了当地环保部门的监督，有些工厂安装了防煤烟设施，因此煤烟相对减少了。但是，汽车排放污染日益严重，汽车尾气排放成为大气污染的严重起因。在尾气中，主要有5种一次污染物质，它们是：一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、碳氢化合物。它们是从污染源直接排入环境的污染物。由于这些一次污染物受到阳光照射，污染物间相互发生化学反应，以及污染物与大气成分发生化学反应，又生成了新的有害物质，这种有害物质被称为二次污染物。



四格漫画——空气家族的大事件



(蜀彪 绘制)

通过上面这幅漫画，空气家族发生了怎样的一件大事？
请你用生动、详细的语言把它讲述出来。

这幅漫画给了你怎样的启示？



查找“外来成员”

1. 纸花变色实验

实验原理： SO_2 有漂白性，与品红结合生成无色物质。

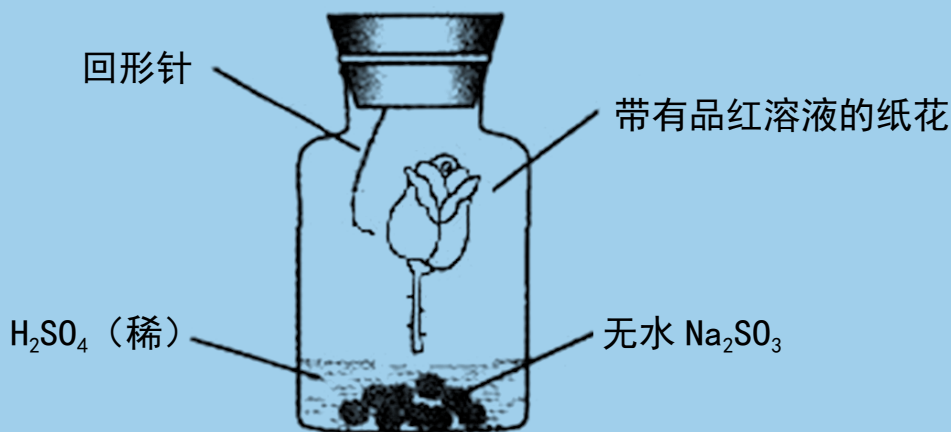
所需材料：白色纸花、品红溶液、无水亚硫酸钠、足量稀硫酸（质量分数 50%）、广口瓶。

实验方法：

(1) 将白色纸花浸泡在品红溶液中，一段时间后取出，备用。

(2) 在广口瓶中加入无水亚硫酸钠和足量稀硫酸，制取二氧化硫。

实验装置：



二氧化硫使纸花变色装置图

2. 空气中的有害气体检测

实验原理：利用比长式快速检测管可以对空气中特定气体进行快速检测。例如 CO、CO₂、H₂S、O₂、SO₂、NH₃ 等检测管的基本测定原理为线性比色法，即被测气体通过检定管与指示胶发生有色反应，形成变色层（变色柱），变色层的长度与被测气体的浓度成正比。

器材准备：比长式快速检测管。



各种气体检测管



小小记录员

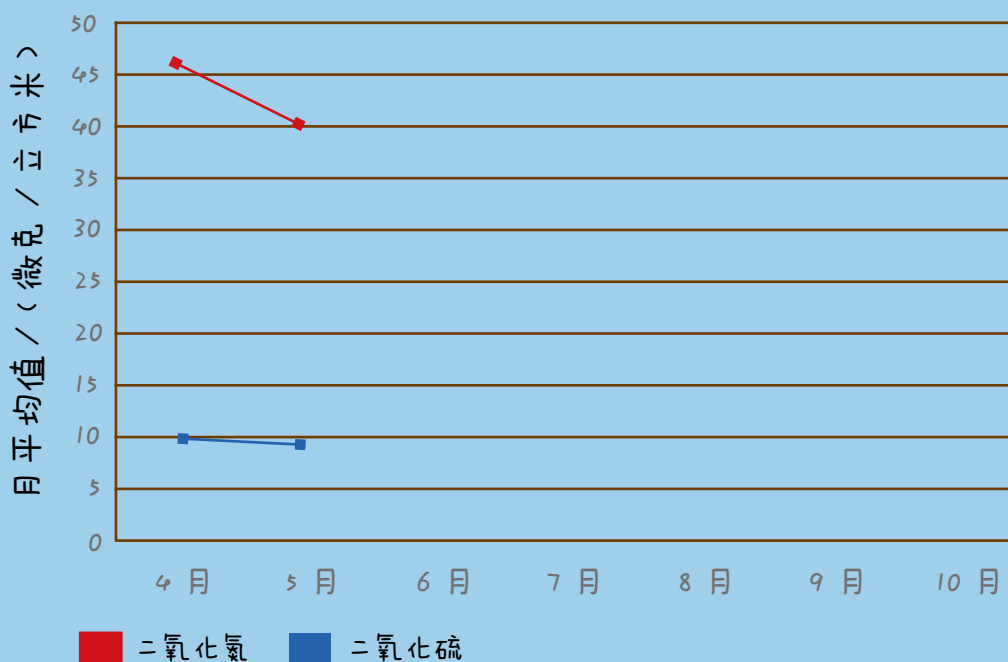
同学们可以通过网络与媒体得知空气中主要污染物的指数，下面是北京市一段时间内空气主要污染物的平均值及对应的趋势图，请记录下你所在地区的空气中主要污染物的数值，并画出一个趋势图。

下表是北京市 2015 年 4 月至 10 月空气中主要污染物平均浓度。

月份	空气中主要污染物月平均值	二氧化硫 (SO_2) / ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	二氧化氮 (NO_2) / ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
4 月		9.8	46.2
5 月		9.1	39.5
6 月		6.9	36.9
7 月		5.4	35.9
8 月		3.9	31.1
9 月		5.5	44.0
10 月		6.1	54.3

(数据来源于北京市环保局主页)

根据上表数据，绘制 2015 年 7 月至 10 月二氧化硫和二氧化氮的变化曲线。



思考

请你根据《北京市 2015 年 4 月至 10 月空气中主要污染物浓度》的数据，完成变化曲线图表。根据变化曲线尝试分析：在 4 月至 10 月里，哪个月份的二氧化硫和二氧化氮的浓度最高？哪个月份最低？尝试分析其原因是什么？

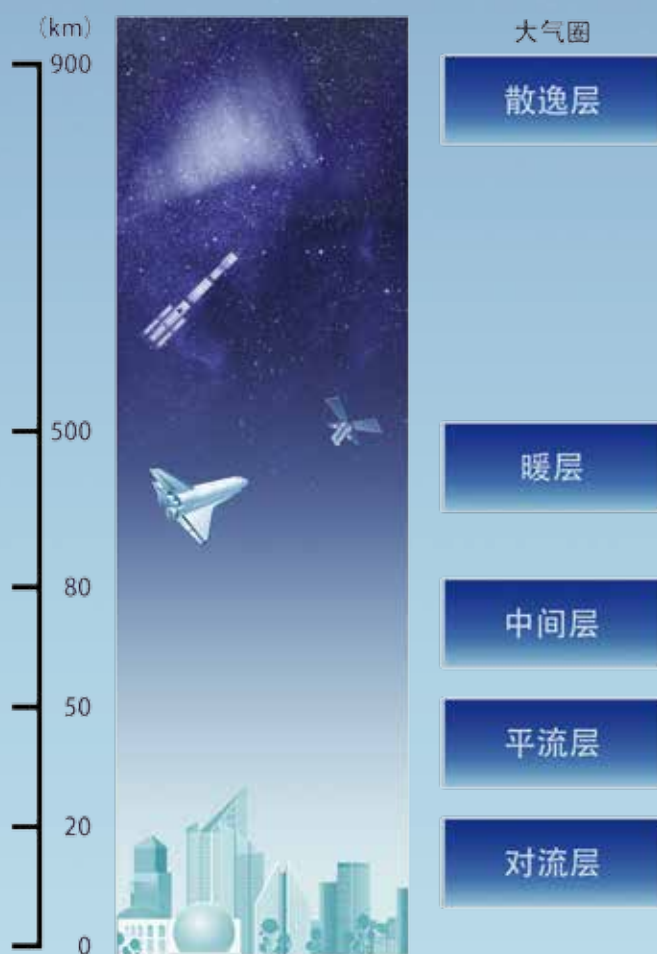
二、大气层

认识大气层

设想有一天我们乘坐热气球进行一次空中旅行。从海拔为零的温暖海域起飞后，热气球不断上升，我们离地面越来越远。随着高度的增加，我们感到越来越冷，空气也越发稀薄，这是怎么回事？

包在地球外面的空气被称为大气层（或大气圈）。如果把地球看做苹果，那么大气层就是苹果皮。由于地球引力的作用，大

气层始终围绕着地球，没有脱离地球飘走。整个大气圈随高度不同表现出不同的特点，从地面开始依次向上，分为对流层、平流层、中间层、暖层和散逸层，再往外就是星际空间。





大气圈模型制作

材料准备：5种颜色的超轻黏土（代表大气圈中的5个不同的层）、1块条形橡皮（代表地面）

制作步骤：

		
第一步：将5种不同颜色的超轻黏土，制作不同厚度的薄片。（厚度一定要符合大气层各层的比例哟！）	第二步：将它们按照大气层的顺序摞在一起。	第三步：用一块橡皮当做地面，将做好的大气圈覆盖在上面。

备注：对流层（0～17千米）；平流层（17～55千米）；中间层（55～85千米）；暖层（85～500千米）；散逸层（500～1000千米）。

思考

（1）还能想到利用其他材料来制作大气圈模型吗？！请结合大气圈各层的特点，想一想我们在地面上看到的各种天气现象出现在哪个层？

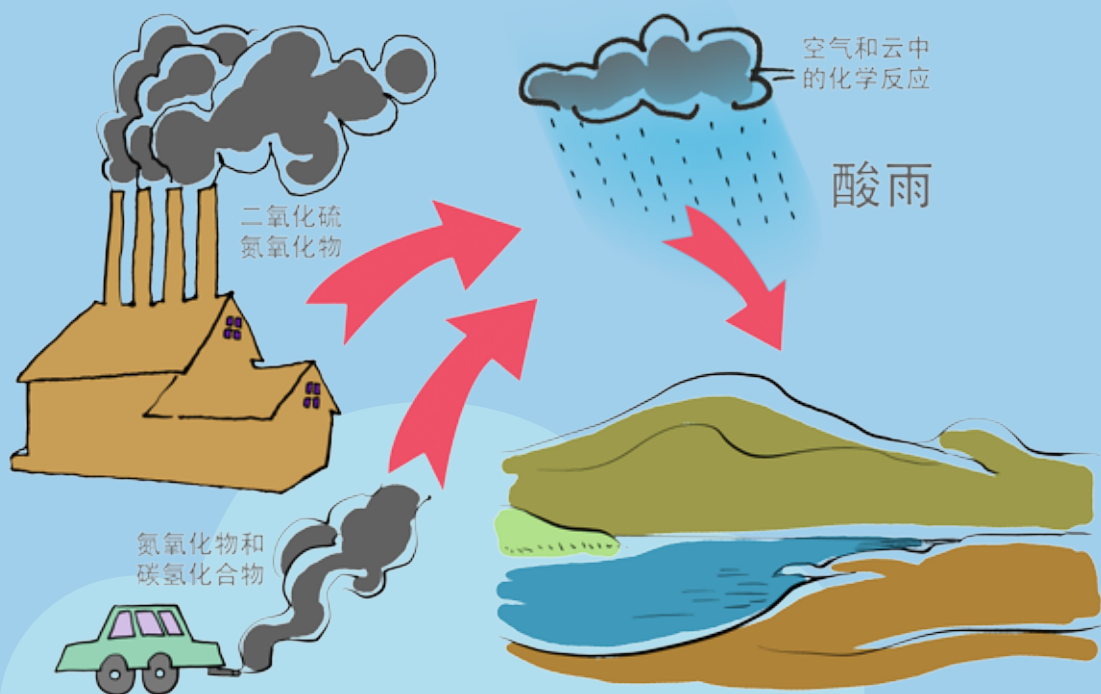
（2）飞机要在平流层飞行，为什么这一层最适合飞机飞行呢？



大气迷宫行

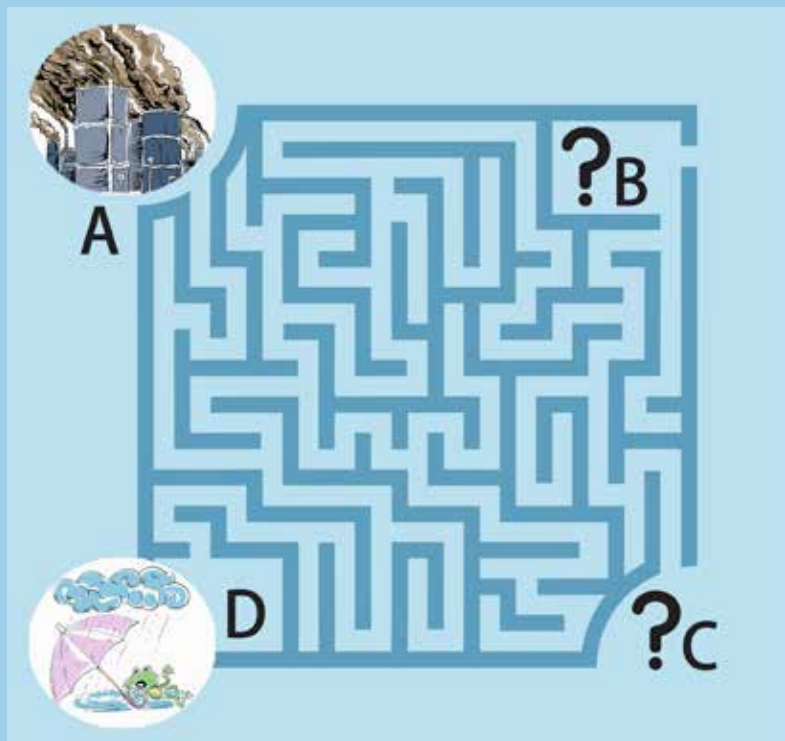
晴朗的春日清晨，天气微凉。随着太阳升起气温也随之上升。

地球是一个近似球体，赤道附近距离太阳近，而南北极距离太阳最远。这就导致近点所获得的太阳光更强，其地表附近的大气温度更高，而南北极地表附近的大气温度则较低。热空气上升而冷空气下降，就形成了一个大气环流，赤道附近的热空气从高空向南北极扩散，南北极的冷空气则从低空补充热空气扩散留下的空间，如此往复，各种大气污染物也随之运动，并且随着雨雪等天气现象沉降到海洋与地表。与此同时，许多污染物如二氧化硫、氯氟烃等也会随着大气运动而扩散。



思考

通过走迷宫，请你思考，一个地方发生空气污染问题，会给另一个区域带来什么影响？



(1) A 地区出现很多矿区、工厂排放大量废弃物的现象，随着大气的运动，会给 B 地区带来什么影响？

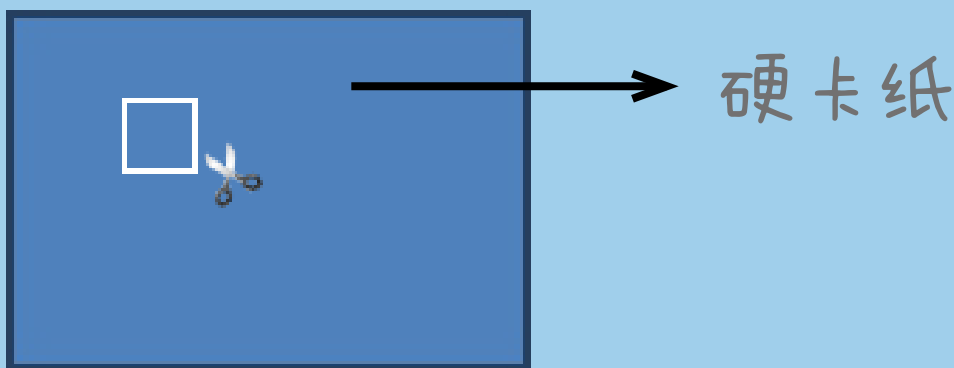
(2) 在 D 地区出现了酸雨，请推测是受到了哪个区域的影响？这个区域的环境可能是什么样子的？

拓展

测量一下不同高度颗粒物的浓度。

操作步骤：

(1) 在一个硬卡纸的正中心画一个边长为 1cm 的正方形。



(2) 用剪刀将硬卡纸上的白色正方形区域挖空，贴上透明胶带。

(3) 将卡片放置在同一栋楼房、同一单元的不同楼层的窗外（有黏性的一面朝外），1 小时后取下。

(4) 将胶带从卡片上轻轻撕下，把具有黏性的一面贴到载玻片上，放在显微镜下观察。

(5) 认真填写记录。

时间	一层楼	三层楼	五层楼
颗粒物数量 (个)			
颗粒物大小			

三、“霾星人” 的身世之谜

近在咫尺，远在天边？

第一单元 认识空气

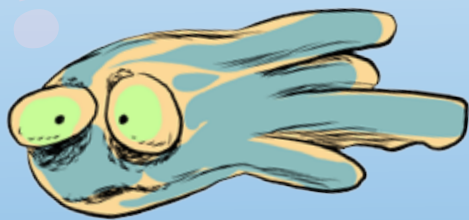


“**霾**星人”来啦！让原本
近在咫尺的景象，也变得模糊而
遥远了！

同学们，你们知道“霾星人”
是谁吗？它们是由什么构成的？

它们是什么时候出现的？它们的祖先和现在，又是怎样的呢？

霾星人，就是来自雾霾星球的成员。下面，我们就听一听霾星人如何讲述自己的前世今生。





霾星人的“前世今生”

1. 听霾星人讲“霾”字的前世——霾星人的祖先是什么呢？

(1) 分组竞猜：这是什么？（道具）



答案：



甲骨文



小篆

(2) 霾字古已有之，甲骨文里就有“霾”字，古时的霾是怎样的？大家猜猜“霾”形声字的含义？

从雨，貍声。本义：风夹着尘土。“雨”为下雨；“貍”，

俗字为“狸”，指狸子，也叫野猫、山猫。狸子以鸟、鼠等为食，常盗食家禽，其行为阴险，所居处阴暗，古人视其为不祥。“雨”、“狸”为“霾”，指阴霾，是一种大风扬尘、天气浑浊的景象。在东汉时期许慎所著的中国第一部系统分析汉字字形和考究字的《说文解字》中，对于霾字已有非常贴切的解释：“霾，风雨土也。”

(3) 霾的历史古诗：

元朝：“都门隐于风霾间”；

元至元六年“雾锁大都”、“都门隐于风霾间”；

明弘治十年“霾尘积聚难见路人”、“官军半掩城门以遮霾尘”；

明清：“霾尘积聚难见路人”；

清嘉庆十五年“琼岛雾锁霾封”“煤山隐于风霾土雨”。

2. 听霾星人讲“霾的今生”

(1) 分组竞猜：这是什么？



答案：气象霾预警预报

同学们，你们知道雾与霾的区别吗？

(2) 雾霾:

雾霾是雾和霾的组合词。因为空气质量的恶化，雾霾天气增多，危害加重。中国不少地区把阴霾天气现象并入雾，统称为“雾霾天气”。

雾，是一种自然现象，是悬浮在贴近地面的大气中的大量微细水滴（或冰晶）的可见集合体。雾的水平能见度小于1公里。

霾，又称灰霾（烟霞），主要是人为因素造成的，是由空气中的灰尘、硫酸、硝酸、有机碳氢化合物等粒子使大气浑浊，视野模糊并导致能见度恶化。霾的水平能见度小于10公里。



3. 区分：雾、霾、霭

说明：还有一个“霭”——在气象学中为细小的吸湿性小水滴，悬浮于空气中，它的水平能见度在一公里以上者。霭，又称为轻雾，相对湿度较雾更低。

互动游戏: 根据各组对“雾、霾、霾”三个字内涵的理解，分成三个组，各自抽取一个字，第一个队员用形体或者画图表示自己看到的字，一个一个传给本组队员，最后一个队员说出自己所理解的是哪个字。猜对组，获胜！

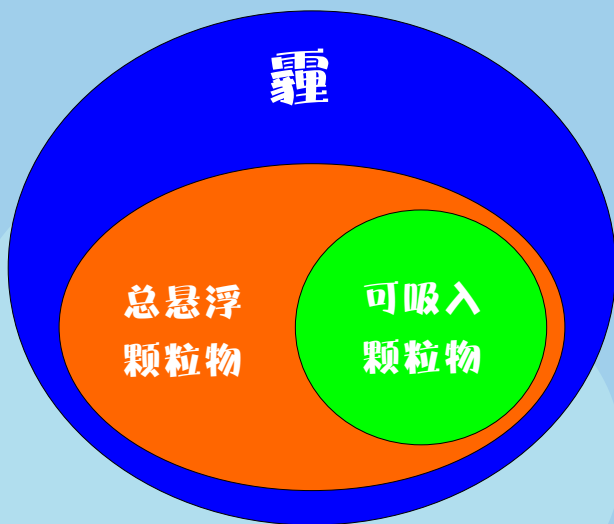
雾 霾 霾

4. 总悬浮颗粒物与可沉降颗粒物

总悬浮颗粒物是指飘浮在空气中的固态和液态颗粒物的总称，其粒径范围为 0.1~100 微米。

有些颗粒物因粒径大或颜色黑可以为肉眼所见，比如**烟尘**；

有些则小到使用电子显微镜才可以观察到。通常把粒径在 10 微米以下的颗粒物称为**可吸入颗粒物**，又称为 PM_{10} 。





烟灰的扩散

材料：白纸（玻璃）、蚊香、照度计。

注意事项：

- (1) 照度计使用步骤。
- (2) 准确摆放玻璃和白纸的不同位置。
- (3) 正确进行视觉测试。

步骤：

- (1) 点燃蚊香，烟灰扩散。
- (2) 在远近、上下不同的位置放白纸或者玻璃，看亮度深浅。
- (3) 过 5 分钟，观察、测试并量化白纸或者玻璃上的可吸入颗粒物。
- (4) 根据以上结果，判断烟灰在室内的扩散情况。
- (5) 学生分组填写实验报告。

白纸（玻璃） 的位置（cm）	可见度测试结果 （可采用视力测试方法）	烟灰扩散量化结果 （利用照度计的数值进行量化）
水平 10		
水平 20		
水平 30		
垂直 10		
垂直 20		
垂直 30		

空气质量今日播报

同学们，下面关于空气质量的数据，你知道是什么意思吗？你知道如何播报吗？



(中国环境监测总站官方网站空气质量信息发布系统)

四、十面“霾”伏

“霾”伏在我们身边的颗粒物

随着生活水平的提高，我们更加渴望优质的生活环境与自然环境。我们期待蓝天、碧水、青山，希望呼吸到的每一口空气都是洁净、新鲜的。然而，雾霾来势汹汹，空气质量的下降影响着生态环境，为人们工作和出行带来不便的同时，还给大家的健康带来严重的危害。



雾霾产生的原因是空气中飘浮着大量我们肉眼不可见的颗粒物，这些颗粒物“不以个头大小论英雄”，越小越“厉害”，其中对人类危害最大的是细颗粒物($PM_{2.5}$)。



使用便携式测试仪进行 PM_{2.5} 检测



工具：便携式 PM_{2.5} 测试仪

检测

点燃盘形蚊香会使房间内的 PM_{2.5} 超标吗？



盘形蚊香



密闭、透明的塑料
(或玻璃) 盒子

- 选取 2 个同样大小的密闭环境，检测试验前 PM_{2.5}，并记录；
- 选取盘形有烟型蚊香和无烟型蚊香；

- 点燃两种蚊香样品，分别放在两个密闭环境里；
- 使用便携式 $\text{PM}_{2.5}$ 测试仪检测；
- 每一分钟记录一次数值，持续记录 10 分钟。

注意：两次检测，仪器位置、监测时间要一致。

从实验结果来看，两种盘形蚊香在密闭空间，持续燃烧十分钟之后_____，而且呈现明显的趋势。



空气中颗粒物的来源

颗粒物的来源主要分为自然来源和人为来源两种，但危害较大的是后者。

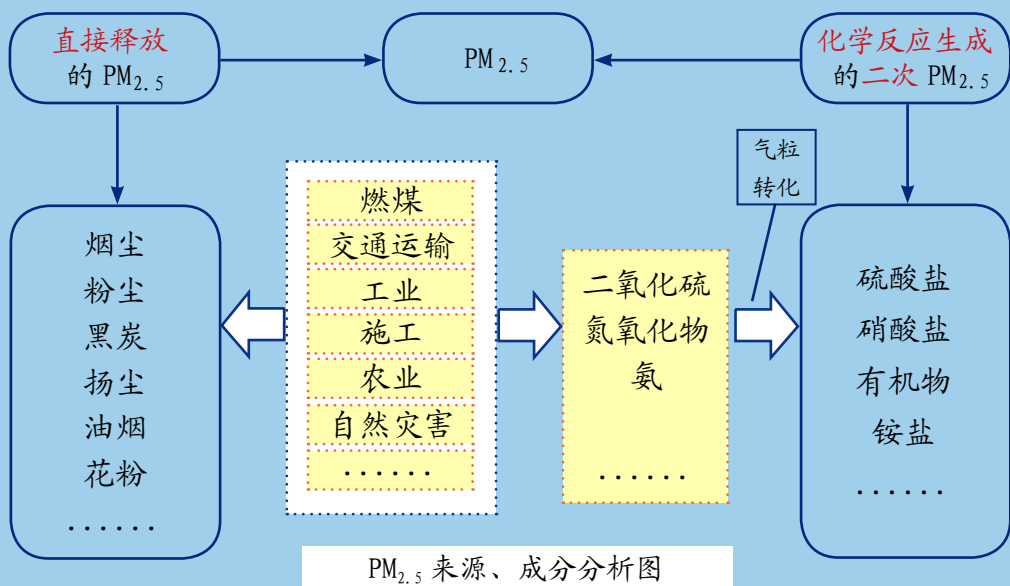
(1) 自然来源主要有：土壤扬尘、海盐、植物花粉、孢子、细菌等；火山爆发排放大量的火山灰，森林大火或裸露的煤原大火及尘暴事件输送到大气层中的大量细颗粒物等。

(2) 人为来源：固定源和流动源。

固定源主要有：燃煤、燃气、燃油或麦秸焚烧等排放的烟尘，发电、冶金、石油、化学、纺织印染等各种工业过程产生的细颗粒物。

流动源主要有：汽车等各类交通工具在运行过程中，使用燃料时向大气中排放的尾气。

大气中的二氧化硫、氮氧化物、氨等气体污染物，通过大气化学反应生成二次颗粒物，也会增加空气中细颗粒物的浓度。



二次颗粒物形成演示实验

实验工具：便携式PM_{2.5}测试仪、玻璃棒

实验材料：氨水、盐酸

演示过程：

(1) 打开便携式PM_{2.5}检测仪，监测空气中PM_{2.5}含量，读取、记录数据；

(2) 用不同的玻璃棒蘸取盐酸、氨水，分别靠近检测仪的感应器，读取、记录数据；

(3) 用不同的玻璃棒蘸取盐酸、氨水，同时靠近检测仪的感应器，读取、记录数据。

比较几次数据会发现：当盐酸、氨水分别靠近感应器时，检测仪数据几乎没有发生变化；当盐酸、氨水同时靠近感应器时，数据增加了5倍多。这是因为盐酸、氨水具有挥发性，在空气中呈气态，但氯化氢气体（盐酸）和氨气（氨水）相遇发生化学反应后，生成颗粒极小的氯化铵，且不易下沉。

宾果 (Bingo) 游戏

寻找 $\text{PM}_{2.5}$ 的来源，给它分类。

游戏规则：

(1) 每人画一个 4×4 (16 个) 方格，从左上角的方格开始，在每个格子里注上 1-16 的号码，如图示 (不要按照顺序排列)。

(2) 游戏主持人边走边提出 16 个关于 $\text{PM}_{2.5}$ 的来源及分类的竞猜题 (竞猜题可参考附件)。如果你回答正确，就在相应数字上打“√”。当 4 个“√”从横、竖或者斜向连成一条直线，你可以大声喊出“Bingo” (表示“你成功了”)。

1	2	12	4
16	5	3	8
7	11	9	13
6	15	10	14

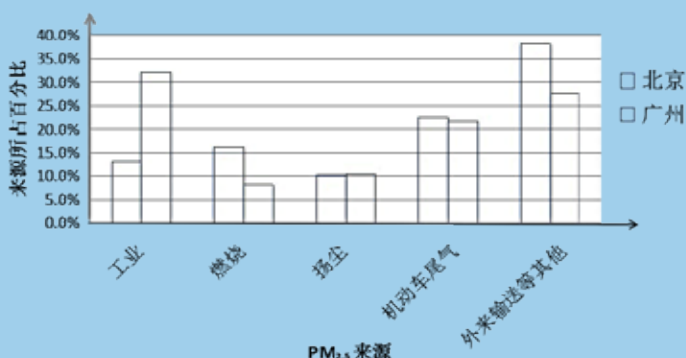
试一试

(1) 下表中的数据分别是北京、广州两地的 $\text{PM}_{2.5}$ 来源所占的百分比 (单位：%)，请对照下表中的数据，用不同颜色，分别在“北京、广州两地 $\text{PM}_{2.5}$ 来源对比”柱状图上涂色，并标注出来源占百分比的数据。

城市	工业	燃烧	扬尘	机动车尾气	外来输送等其他
北京	13.1%	16.1%	10.3%	22.4%	38.1%
广州	32.1%	8.2%	10.4%	21.7%	27.6%

(上表中的北京数据来源于新华网北京频道 2014 年 4 月 17 日“北京 PM_{2.5} 来源解析最新研究成果发布”；广州数据来源于 2015 年 4 月 20 日人民网广东频道“广州 PM_{2.5} 来源解析成果发布：雾霾‘元凶’揭开神秘面纱”)

北京、广州两地PM_{2.5}来源对比



(2) 仔细观察下列各图，请你根据图示提供的线索，找出哪些生活方式会使室内颗粒物增加？



雾霾天气
开窗通风



多油烟的
烹调方式



空调积尘



直接用刷子清扫床上用品



吸烟及用密封较差的
吸尘器打扫房间

(3) 室内油烟 $\text{PM}_{2.5}$ 比检测试验 (请在老师或家长指导下完成实验)。



① 检测试验前厨房内 $\text{PM}_{2.5}$ ，并记录，作为对照。

② 试验在不开抽油烟机与打开油烟机情况下，2次炒同样青菜时分别检测 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度。

步骤：

打开灶火，将油烧至冒烟后倒入青菜，翻炒1分钟，出锅。使用便携式 $\text{PM}_{2.5}$ 测试仪全程检测；

从打开灶火开始计时，每30秒钟记录一次数值，持续记录3分钟。

注意：检测过程中， $\text{PM}_{2.5}$ 测试仪要同一位置同时监测。

③ 对比分析①和②中的数据，你能得出的结论是：

④ 根据结论，你会建议：_____

⑤ 尝试设计其他试验方案，进行“室内油烟 $\text{PM}_{2.5}$ 对比检测试验”。



联防联控 $PM_{2.5}$

细颗粒物又称细粒、细颗粒、 $PM_{2.5}$ 。是指环境空气中直径小于等于 2.5 微米的颗粒物。它能较长时间悬浮于空气中，其在空气中含量浓度越高，就代表空气污染越严重。

虽然 $PM_{2.5}$ 在地球大气成分中含量很少，但它对空气质量和能见度等有重要的影响。与较大的大气颗粒物相比， $PM_{2.5}$ 粒径小，表面积大，质量轻，肉眼看不到，不容易自然沉降，活性强，易附带有毒、有害物质（例如，重金属、微生物等），且在空气中的存在时间较长，会随着气流向其他区域流动、传输，产生区域性的污染，因而对人体健康和大气环境质量的影响更大。

从 2015 年起，国家建立重点区域大气污染联防联控机制，统筹协调重点区域内大气污染防治工作，按照统一规划、统一标准、统一监测、统一的防治措施的要求，开展大气污染联合防治，落实大气污染防治目标责任。

其中，京津冀、长三角和珠三角等地区为重点区域。

附件

宾果游戏竞猜题，请判断下列说法是否正确？（参考题）

- (1) 爆竹燃放属于人为来源。(✓)
- (2) 厨房油烟可以使室内 $PM_{2.5}$ 瞬间超标。(✓)
- (3) 装修粉尘及装修材料释放的有毒物质，是室内 $PM_{2.5}$ 超标的原因之一。(✓)
- (4) 火山灰属于 $PM_{2.5}$ 来源中的自然源。(✓)
- (5) 打扫房间时，用吸尘器吸尘，不会增加室内 $PM_{2.5}$ 污染。(×)
- (6) 家中的空调使用之后，每隔一段时间就要进行一次彻底的清洗，避免空调积尘中细菌、霉菌超标，既能保养

- 好空调,也能减少细菌的危害,从而降低室内 $\text{PM}_{2.5}$ 污染。(✓)
- (7) 裸露土壤与 $\text{PM}_{2.5}$ 污染无关。(×)
- (8) 汽车尾气是 $\text{PM}_{2.5}$ 污染的主要来源之一。(✓)
- (9) 植物花粉、孢子等属于 $\text{PM}_{2.5}$ 来源中的自然源。(✓)
- (10) 化工厂排放的工业废气属于自然源。(×)
- (11) 农村烧荒开地、焚烧麦秸不会造成 $\text{PM}_{2.5}$ 污染。
(×)
- (12) 冬季供暖与 $\text{PM}_{2.5}$ 污染无关。(×)
- (13) 空气中的氮氧化物、二氧化硫等气体可以发生二次反应,增加 $\text{PM}_{2.5}$ 污染。(✓)
- (14) 清扫被单、沙发等床上用品,会导致 $\text{PM}_{2.5}$ 四处飞扬,加大室内 $\text{PM}_{2.5}$ 污染。(✓)
- (15) 纺织印染等工业过程,可以产生 $\text{PM}_{2.5}$ 。(✓)
- (16) 燃煤可以增加空气中的 $\text{PM}_{2.5}$ 。(✓)
- (17) 汽车尾气通过与大气进行化学反应可以生成二次颗粒物,增加空气中细颗粒物的浓度。(✓)
- (18) 静稳天气(是指近地面风速小,大气稳定的天气)不利于污染物扩散,容易形成霾天,造成空气中的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度加大。(✓)
- (19) “簸箕”地形结构成污染物“大容器”,不利于空气中污染物扩散,加剧 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度污染。(✓)
- (20) 垃圾焚烧是人为造成 $\text{PM}_{2.5}$ 增加的原因之一。(✓)
- (21) 长期的大量施用化肥,使我国土地氮氮含量极高。化肥的过度使用也是“雾霾”形成的原因之一。(✓)
- (22) 重型汽车柴油燃烧,增加空气中含硫量,从而带来严重的污染。(✓)
- (23) 煤炭直接燃烧的过程中,产生大量的氮氧化物、直接颗粒物、二氧化硫、一氧化碳、重金属等环境污染物,与水结合后直接导致雾霾的产生。(✓)

where

五、四处逃逸的霾

晴霾转换

每天公路上都行驶着很多汽车，工厂也都在生产，但天空有时蓝天白云，有时阴“霾”密布。为什么天气状况不一样呢？污染物为何时隐时现呢？这是因为大气污染物不会像建



筑物那样待在一个地方不动。
那污染物是如何消失的呢？它
们去了哪里？接下来让我们一
起来探究。



图表识别

(1) 找关系

下面是一张表格，里面有日期、天气状况、气温、风力等信息。观察其中的数据，找到哪个信息对大气污染物影响最大。

序号	日期	天气状况	气温(℃)	风向和风力
1	2014 年 10 月 5 日	晴	21	北风 3 ~ 4 级
2	2014 年 10 月 8 日	霾	22	无持续风向 ≤ 3 级
3	2015 年 2 月 2 日	霾	3	无持续风向 ≤ 3 级
4	2015 年 2 月 4 日	晴	4	北风 4 ~ 5 级
5	2015 年 8 月 19 日	雷阵雨	28	无持续风向 ≤ 3 级
6	2015 年 8 月 20 日	晴	33	无持续风向 ≤ 3 级
7	2015 年 11 月 3 日	霾	17	南风 3 ~ 4 级

(数据来源于中国天气网)

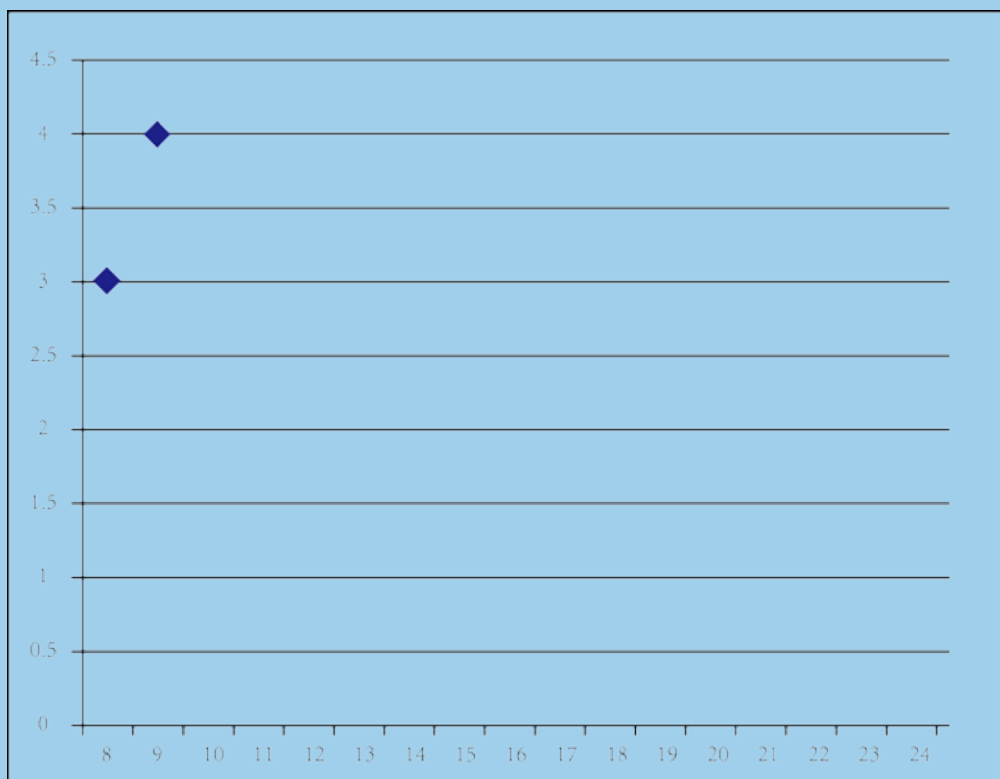
你的答案是 () 天气现象之后，会出现晴天。

风力的大小是时刻变化着的，所以在监测天气的时候，就会得出下列表格中的数据。

时间 /h	8	9	10	11	12	13	14	15	16
风力 / 级	3	4	4	4	4	4	4	4	4
时间 /h	17	18	19	20	21	22	23	24	—
风力 / 级	4	3	2	2	2	2	3	2	—

(2) 绘折线图

看着密密麻麻的数据，不容易找到规律，所以在预报天气的时候，就会用到折线图，它可以直观地看出数据变化情况。请在老师的指导下绘制一张关于时间与风力的折线图（已经有两个点完成了）。



大气污染物扩散

风向以及地形对大气污染物扩散起着至关重要的作用。

实验用具：吹风机、报纸（四开）、碎纸屑、纸团、塑料泡沫颗粒、纸板、胶带、剪刀、脸盆、漏斗、烧杯、喷壶。

制作步骤：

(1) 制作地面——将撕开的报纸用力捏成纸团，然后打开。注意要保持报纸上面的褶皱，不能摊平。揉过的报纸用来模拟起伏不平的地面。



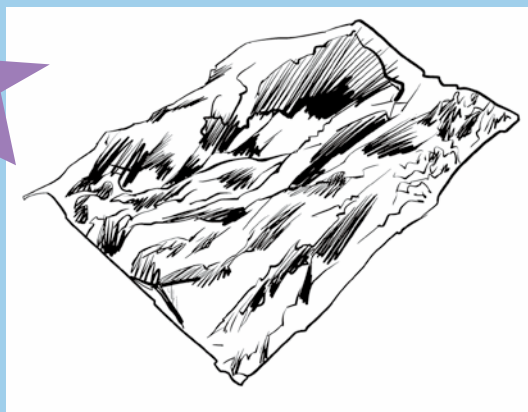
(2) 制作山峰——把事先准备好的3个纸团放在靠近报纸的一个角的下面，轻轻地按压报纸，让纸团和报纸尽量挨在一起，当作高出地面的小山。



(3) 固定——为防止小山被风吹跑，请将胶带用剪刀裁成8条长约4厘米的小条儿。然后把报纸的四个角和四个边粘贴固定。

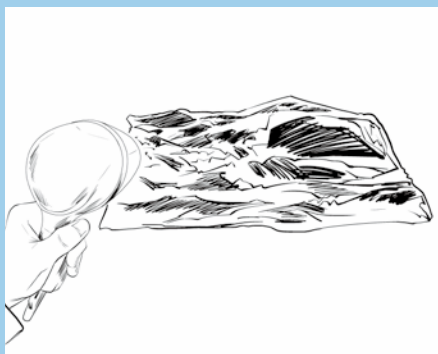


完成上面的三步，地面模型制作完成啦！



测试

测试一：碎纸屑和塑料泡沫颗粒模拟大气污染物，散落在我们制作的“地面”上，吹风机距离模型1米，利用吹风机产生轻微的风，将“污染物”吹走。

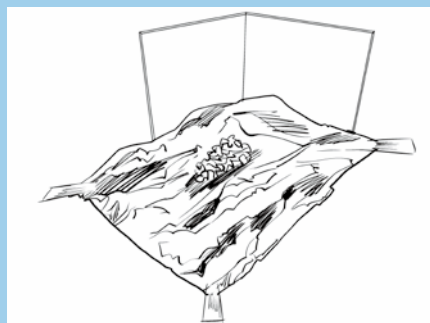


问题：大气污染物是否消失了？（是/否）
它们去了哪里？

回答：_____

如果遇到较高的山会怎么样呢？

测试二：在有“山峰”的报纸一角周围竖立纸板，将纸板固定好，更高的“山”就出现啦。这时再将“污染物”重新散落在报纸上，用吹风机将碎纸屑和塑料泡沫颗粒扇向纸板，距离保持1米。



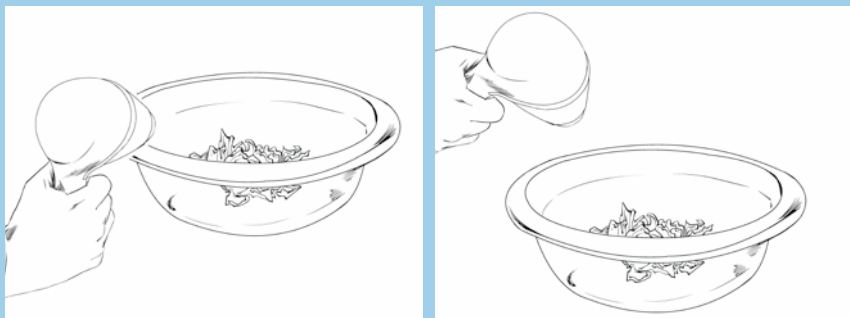
问题：你看到了什么？

回答：_____

当风遇到较高的山峰，大气污染物是否能越过去？

测试三：盆底代表我们生活的地面，盆的边缘是围绕我们的山峰，请将“大气污染物”放在脸盆之中，然后用吹风

机沿脸盆平面吹风，观察现象，使吹出来的风变成斜向下。多次尝试，看看是否可以把“大气污染物”吹散。



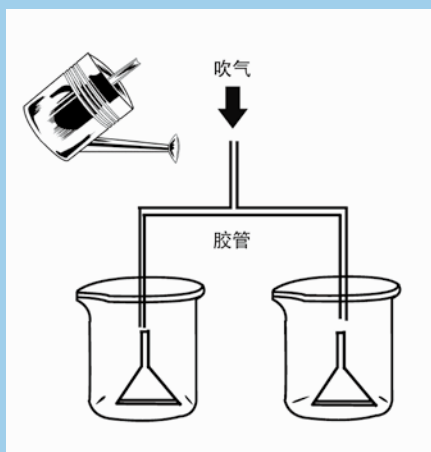
问题：“污染物”能否吹散？风向对“污染物”扩散起到什么作用？

回答：_____

测试四：除了风，还有什么天气现象能够让大气污染物消散呢？

雨后的空气也特别清新，空气中的污染物都消散了。让我们来做实验。

在两个大烧杯中加入等量淀粉，利用漏斗和胶管制作的简易吹气装置将淀粉吹起。用喷壶在其中一个大烧杯上方洒水，另一个烧杯不作处理，记录粉尘降落的时间。



问题分析

测试一中，“大气污染物”并没有消失，而是被风吹到了其他地方，而且“污染物”变得非常分散。这说明，风对“大气污染物”的扩散有两个作用：一是整体的输送作用，二是冲淡稀释作用。在一段时间内，风速越大，“大气污染物”

就会被吹得越远，变得越稀薄，它产生的危害就越小。

测试二中，可以看出，风向对“大气污染物”的扩散起很重要的作用。如果风吹向山，山又比较高，大气污染物就不能越过山峰，这样会使得携带大量“污染物”的风返回到原地；又或者风的移动距离较短，也起不到污染物扩散的作用。

测试三中，斜向下的风在脸盆中产生了一个小型的空气循环，将“大气污染物”沿着脸盆侧面吹向上空，从而将“污染物”吹散。通常低层大气温度较高，高层大气温度较低，这样大气层结构容易发生上下对调，使得近地面层的污染物向高空乃至远方输散，从而城市空气污染程度减轻。

测试四中，喷出的水滴会吸附飘浮在空中的淀粉尘，使它们聚集成较大的淀粉颗粒，从空中降落下来。同理可得，雨水能将空气中的大气污染物溶解聚集，然后带到地面上。

北京的大气污染物扩散原因

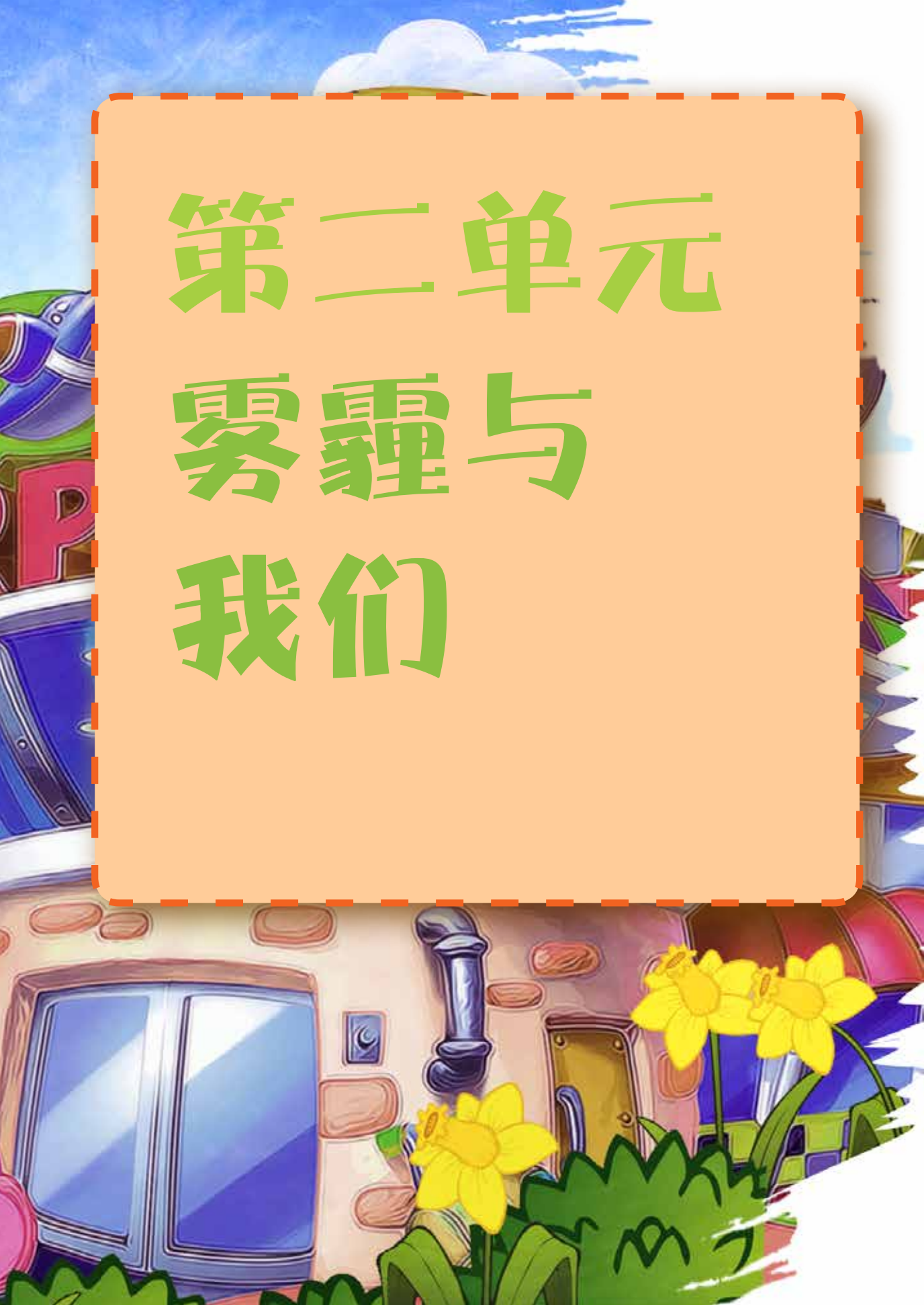
北京地势西北较高，逐渐向东南方向缓慢下降，像一个下坡一样。北京的西面是太行山西山，北面是燕山山脉的军都山，东北也是连绵不断的群山，而东南是一片缓缓向渤海倾斜的平原，这就形成了一个向东南展开的半圆形开口，很像一个大“簸箕”。在无风的情况下，这种地理条件是非常不利于污染物扩散的。如果刮起西北风，风就像扫帚一样，将污染物扫出了北京，北京的天气变好了。

除了利用风来使污染物扩散，还可以依靠污染物本身的重力，让它们从空气中逐渐降落到地面上。直径比较大的颗粒污染物，可以像羽毛一样自由降落到地面上。直径比较小的颗粒污染物可以聚在一起形成大颗粒降落到地面。另外雨雪也会将大气污染物冲洗降到地面，使大气清洁，这也就是下雨或者下雪后天气变清新的原因。



第二单元

雾霾与 我们



第二单元 名词解释

1. 能见度：是反映大气透明度的一个指标，一般定义为具有正常视力的人在当时的天气条件下还能够看清楚目标轮廓的最大距离。

2. 雾：是一种自然现象，是悬浮在贴近地面的大气中的大量微细水滴（或冰晶）的可见集合体。雾的水平能见度小于 1 公里。

3. 霾：又称灰霾，是由空气中的灰尘、硫酸、硝酸、有机碳氢化合物等多种粒子使大气混浊，视野模糊并导致能见度恶化。霾的水平能见度小于 10 公里。

4. 雾霾：是雾和霾的组合词。因为空气质量的恶化，雾霾天气增多，危害加重。中国不少地区把阴霾天气现象并入雾，统称为“雾霾天气”。

5. 总悬浮颗粒物（TSP）：是在能长时间悬浮于空气中，由大小为 0.05 至 100 微米不等的颗粒物组成的固体颗粒物。

6. 可吸入颗粒物（ PM_{10} ）：指的是空气动力学当量直径小于 10 微米以下的颗粒物。

7. 细颗粒物（ $PM_{2.5}$ ）：指的是空气动力学当量直径小于 2.5 微米的颗粒物。

	总悬浮 颗粒物	可吸入 颗粒物	细颗粒物
英文缩写	TSP	PM_{10}	$PM_{2.5}$
空气动力学 当量直径	≤ 100 微米	≤ 10 微米	≤ 2.5 微米

8. 空气质量指数：英文为 Air Quality Index，简称 AQI。是定量描述空气质量状况的无量纲指数。针对单项污染物还规定了空气质量分指数，目前我国参与空气质量评价的主要污染物有六项，分别为细颗粒物、可吸入颗粒物、二氧化硫、二氧化氮、臭氧和一氧化碳。

空气质量指数	0-50	51-100	101-150	151-200	201-300	301-500
空气质量级别	一级	二级	三级	四级	五级	六级
空气质量状况	优	良	轻度污染	中度污染	重度污染	严重污染

9. 植物滞尘：是指植物的吸尘降尘的作用。当尘埃飘（经）过植物时，被树叶、树干吸附，或者滞留在植物周围，最后降落到地面。

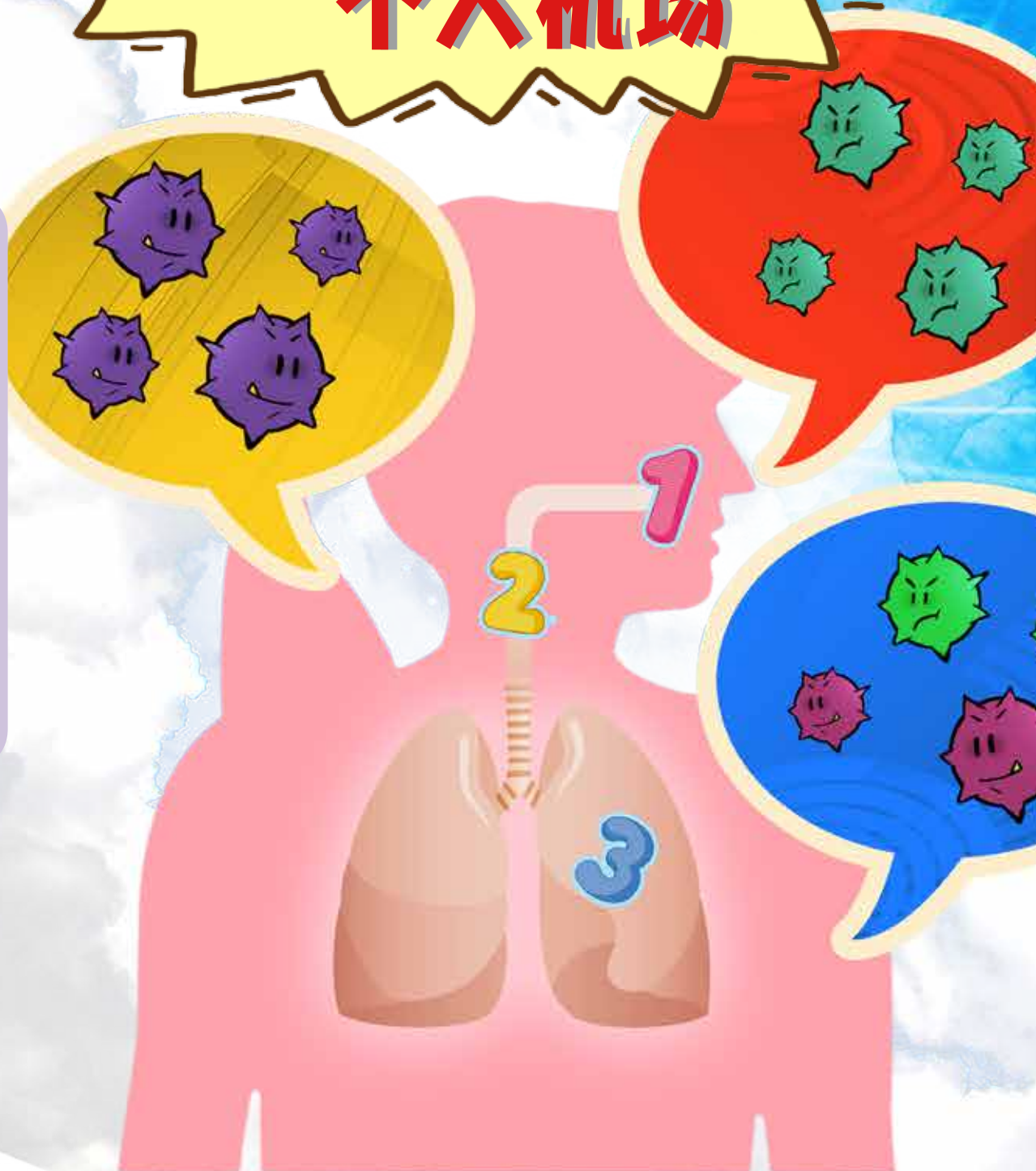
10. 叶片滞尘量：是指叶片阻挡、吸附和黏滞大气颗粒物的质量大小，以 g 为单位。

11. 光散射：在光学性质均匀的介质中或两种折射率不同的均匀介质的界面上，无论光的直射、反射或折射，都仅限于在特定的一些方向上，而在其他方向光强则等于零，我们沿光束的侧向观察就应当看不到光，但当光束通过光学性质不均匀的物质时，从侧向却可以看到光，这种现象叫做光的散射。

12. 浓度：单位溶液中所含溶质的量叫做该溶液的浓度。

六、保护你的 “个人机场”

第二单元 雾霾与我们



肺部机场

你知道吗？我们每个人的身体里都有一个很大的机场，新鲜的空气从“鼻子大门”出发，沿着“气管”“支气管”等航线飞翔，最终降落在“肺部机场”。当空气进入肺部后，对我们有用的氧气将被血液吸收带到身体各处，而氧气以外的其他气体及人体呼吸产生的二氧化碳则从“肺部机场”起飞，从“鼻子大门”飞离我们的人体。

如果“肺部机场”的健康出现了问题，那可就麻烦啦。空气中的污染物会堵塞我们的“肺部机场”，导致“肺部机场”的容量减小，这样的话我们整个身体就会出毛病。

机场很重要

你想知道
“肺部机场”对
我们到底有多重
要吗？



那就在老师的带领下试一试吧。

- 请老师倒计时 3 秒钟，在这 3 秒钟时间内，深深地吸一口气。
- 3 秒钟后，计时正式开始，不能呼吸喽。
- 老师每 5 秒钟进行一次报时，坚持得越久越好。
- 看一看，你坚持了多久，并把你的感觉写到下面。

我坚持了 _____ 秒。

我的感觉是：



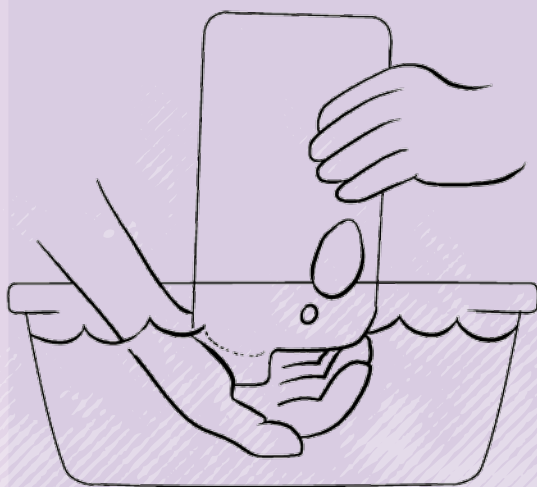
你的机场运转良好吗？

实验用具：

水、塑料瓶（2.5 升以上）、秒表、软塑料管、水槽、500 毫升烧杯、薄膜塑料袋、米尺。

实验步骤：

- (1) 大塑料瓶中装满水，并拧紧盖子。
- (2) 将大塑料瓶倒置在装有水的水槽中，并拧下盖子（由一名小组成员负责扶正瓶子，以防歪倒）。
- (3) 测试者将塑料袋中的空气尽力挤出，并将塑料袋的口弄成气球吹气口的形状。
- (4) 深吸一口气，并在一秒钟的时间内尽力向塑料袋里吹气，吹气完毕后，用手捏紧塑料袋口。

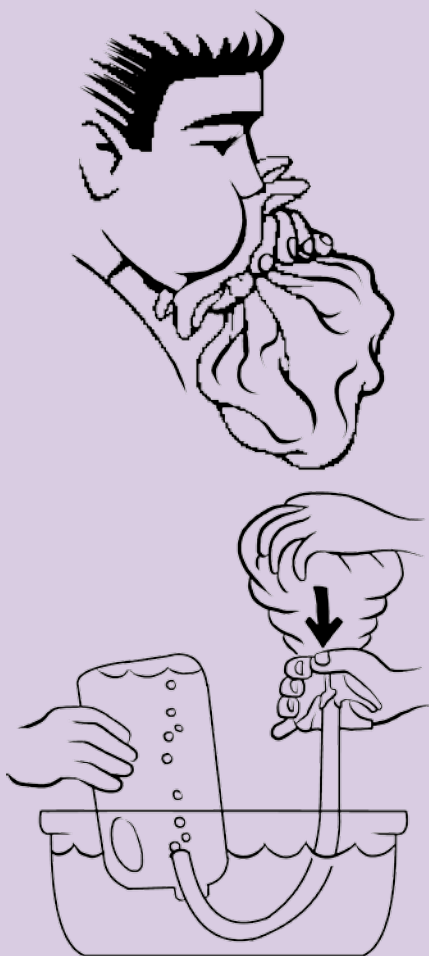


(5) 将软管一端插入塑料瓶中，另一端连接塑料袋，用力挤压塑料袋，让塑料袋中的空气全部进入塑料瓶中。

(6) 将塑料瓶盖重新拧好，拿出水槽。

(7) 用量筒测量塑料瓶中剩余的水量，并计算自己一秒内呼出的气体体积。将这个数值填写在数据记录表的“fev1 实际值”中。

(8) 用米尺测量自己的身高，填写于以下数据记录表。



(9) 通过公式，计算自己的 fev1 理论值，填写于数据记录表。

$$FEV1 \text{ 理论值} = \text{身高} \times 3.44 - \text{年龄} \times 0.033 - 1$$

数据记录表

姓名	身高(m)	年龄	Fev1 实际值(L)	Fev1 理论值(L)

数据分析

这个体积在医学上被称为 fev1（一秒用力呼气容积），医生常常用这个数值来判断肺部的健康程度。如果一个群体的实际值与理论值相差 0.5L 以上，则说明这个群体的肺部有阻塞性肺病的风险，空气中的颗粒污染物会导致肺部被阻塞，所以数值的不正常说明他们可能已经遭受到空气污染的威胁。

在老师的带领下，统计同学们测得的数值并进行讨论：我们班的同学是否遭受到空气污染的威胁？



伦敦烟雾事件

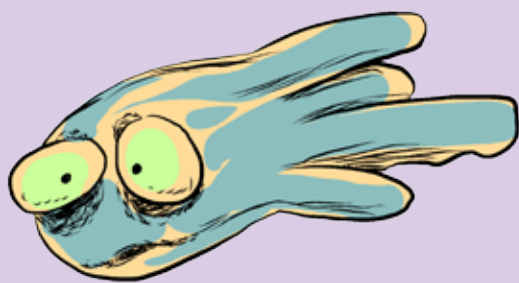
1952 年的伦敦正值工业高度发展时期，工厂燃烧大量的煤炭，日以继夜地进行生产，排放出大量的污染物。那一年的 12 月 4 日至 9 日，伦敦市上空的扩散条件不佳，这些空气污染物笼罩在城市上空不能散去，且越积越多。浓厚的雾霾阻挡了行人的视线，也严重影响了人们的呼吸健康。雾霾浓度太大，导致白天如黑夜一般，交通警察要拿着灯站在路中央为汽车照亮前路。这种状况一直持续到 12 月 10 日，一股强劲的西风吹散了笼罩在伦敦上空的恐怖烟雾。

有毒颗粒物的危害巨大，短短五天里就让很多人出现了急性呼吸道疾病，人们感到胸闷、窒息等，严重者甚至死亡。据英国官方统计，这 5 天里丧生者达 5000 多人，在大雾过去之后的两个月内又有 8000 多人相继死亡。此次震惊世界的空气污染事件被称为“伦敦烟雾事件”，成为 20 世纪十大环境公害事件之一。



七、“颗粒物”战争

我的卫兵



空气中分布着的大大小小的颗粒物，是不被我们身体所接受的。所以在前往肺部的路径上，我们的身体设置了许多层防线来抵挡这些颗粒物。这就好像是一

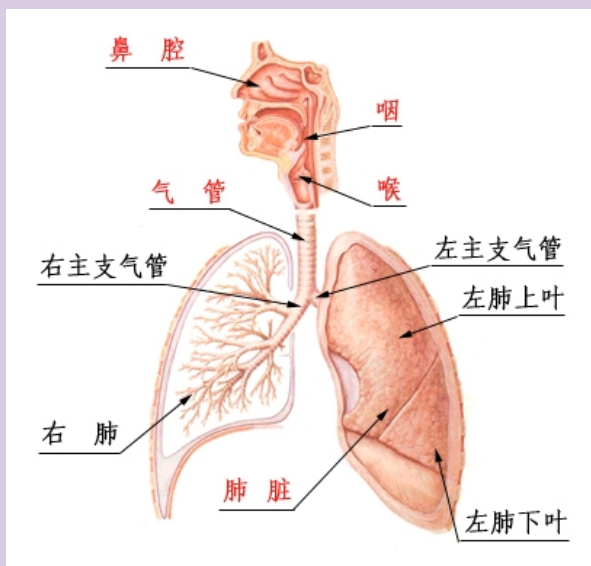




场守城战，为了保护我们的肺部健康，鼻毛、黏液等战士日以继夜地战斗着。让我们来看一看，他们是如何保护我们的。

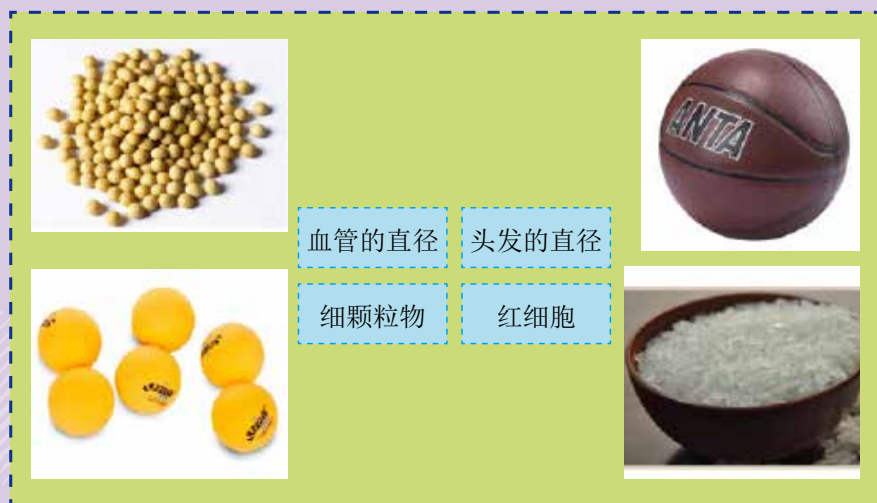


战略部署



我们的整个呼吸道都设有防御系统，颗粒物越大，越难进入。试一试，将下列不同大小的颗粒物（大于 PM_{10} ， PM_{10} ， $PM_{2.5}$ ）对应填写在上图中呼吸道可以防御过滤这种颗粒物的位置。

颗粒物究竟有多大？让我们更直观地看一看，连连看。
如果我们将身体中那些微小的东西放大 500 倍至肉眼可见，它们分别是多大呢？将你认为符合它们大小的物体用线连接在一起。





肺部攻略战

桌面游戏 污染物 大闯关



起点

2

1

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

终点



第二单元 雾霾与我们

说明

- 2~6 人游戏，用橡皮做标志物，每个人拥有一个标志物。每组准备一个骰子。
- 在每个格子投出相应的数字，方可继续前进。具体如下：

起点—2：这里是鼻腔，可以阻挡大部分直径大于 2.5 微米的颗粒物和 42% 的 $\text{PM}_{2.5}$ 。想要通过这里，你需要投出 1、3、5。没有投出则原地不动。

3—5：这里是咽喉，会黏住一部分直径大于 2.5 微米的颗粒物和 8% 的 $\text{PM}_{2.5}$ 。想要通过这里，需要投出 1 到 4。投出 5 原地不动，投出 6，你随着咳嗽回到起点。

6—8：这里是气管，最后那部分直径大于 2.5 微米的颗粒物和 4 的 $\text{PM}_{2.5}$ 被气管黏液拦截了下来。需要投出 1 到 3，方可通过。4 和 5 原地不动，6 随着痰液回到 3。

9—11：这里是支气管，11% 的 $\text{PM}_{2.5}$ 被支气管黏液截留了下来。投出 1、2 方可通过。3 到 5 原地不动，6 随着痰液回到 7。

12—终点：这里是肺泡，最终将有 35% 的 $\text{PM}_{2.5}$ 进入这里。这里已经是肺部的深处，人体没有办法将你们清理出去。到达这里，代表着人体防御的失败，污染物的胜利。



防线介绍

鼻毛与纤毛

在我们的鼻腔里有很多黑色的毛，我们把它叫做鼻毛。鼻毛就是颗粒物战争中的第一道防线，大一些的颗粒物会被鼻毛直接阻挡下来。鼻腔会分泌出很多黏液，这些粘液可以增加鼻毛“捕获”颗粒物的能力。最终形成鼻涕排出体外。对于大一些的异物，例如小虫子、草屑等，鼻毛不但会加以阻拦，还会向神经系统传递信息，引起打喷嚏，直接把它们喷射出鼻腔。

所以，剪鼻毛、拔鼻毛、用力挖鼻子等行为，相当于

撤除了这道防线，会减弱鼻腔阻拦颗粒物的能力。

在我们的气管中，还分布着一道非常重要的防线——纤毛。纤毛分布在气管的内壁上，非常纤细，长度仅仅为2~5微米，和细颗粒物的大小差不多。这些纤毛无时无刻不在向上摆动，好像是汽车挡风玻璃的雨刷器一般，细小的颗粒物会被纤毛一直向上运送到喉咙，再经由咳嗽排出体外。

纤毛的效率非常高，但当你得了感冒、气管炎等疾病，它们就会暂时失效、停止摆动；当人体吸入香烟等有毒气体，也会导致纤毛罢工。所以要保护好这些卫兵，就要锻炼身体，远离香烟。

连连看答案：

当放大500倍后，直径5毫米的血管直径相当于篮球的直径，直径80微米的头发直径相当于乒乓球的直径，直径8微米的红细胞相当于黄豆的大小，而直径2.5微米的细颗粒物好似一粒米。所以细颗粒物如果进入人体，可以在身体中畅通无阻，阻碍肺部的呼吸，堵死肺泡，造成严重的疾病与后果。



八、让空气更美好

智慧的产物



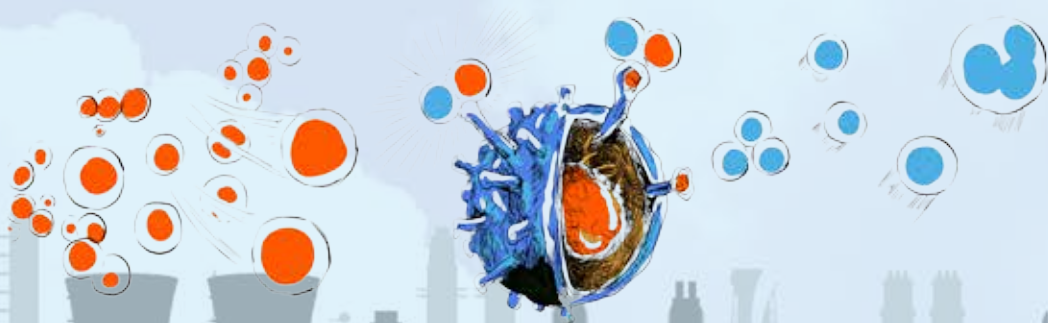
雾

霾似乎在加快着它的进攻步伐，而聪明的我们利用智慧的武器与之抗衡。“空气净化器”便是武器之一。市面上的空气净化器种类繁多，名称也是五花八门。这些看上去各具特色的净化器，其工作原理主要有以下两种：

一种是被动吸附过滤。被动式的空气净化，是利用风机将空气抽入机器，通过内置的滤网过滤净化空气，之后再通过风机排出。这种方式主要能够过滤粉尘颗粒、异味、消毒等。

另一种是主动空气净化。主动式的空气净化，是有效、主动地向空气中释放净化灭菌因子，通过气体弥漫性的特点，到达室内的各个角落，对空气进行无死角净化。

主动式的空气净化与被动式的空气净化的根本区别在于：主动式的空气净化器放出“安全卫士”与空气中的“侵袭者”进行斗争；被动式的空气净化器则是利用“风机与滤网”这两种武器的配合对“侵袭者”进行拦截。





解读智慧结晶

了解了净化器的工作原理后，我们再来认识它们的工作方式。净化器按照工作方式不同可分为物理式、静电式、化学式、负离子式和综合式。

物理式净化器：直径大的颗粒物通过滤孔小的滤网就会被拦截住；**静电式净化器：**通过静电感应把颗粒物吸附；**化学式净化器：**利用化学滤料及催化剂去除颗粒物；**负离子式净化器：**空气中的正离子和负离子结合发生化学反应来中和产生沉降颗粒物；**综合式净化器：**兼有多种方式。

下面我们就利用实验模拟静电式的工作方式：

实验材料：

A4 纸一张，气球一个。

实验步骤：

(1) 向气球内部吹气直至气球鼓起来，气球的大小自己掌握；把 A4 纸撕成碎片，摊放在桌子上。

(2) 将充满气的气球在头发或衣服上进行摩擦。

(3) 摩擦完成后，将气球放在碎纸片上方，观察实验现象。

记录发生的状况

生活中的小侦探：家中有没有具有静电吸附的装置呢？

蛛丝马迹：



变身智慧工程师

我们来研究一下被动式空气净化器的构造。净化器由以下部分构成：机箱外壳、过滤段、风道、电机、电源、

显示器。机箱外壳、过滤段、风道、电机决定装置是否安静，过滤段决定净化效果，电机决定工作寿命。净化器的关键部分是过滤段和风机：一个滤网加一个风机就可以制作一个简易的空气净化器。（请在教师或家长的监护、指导下开展！）

材料

螺丝刀 × 1、美工刀 × 1、宽胶带 × 1、笔、纸盒（最好为 $35 \times 35 \times 40$ ）、风机（轴流风机、离心式风机）、HEPA 滤网、螺丝钉若干。



制作

（1）选取纸盒一侧描画出风机通风口的形状，利用美工刀刻出图样。

（2）将风机的通风口和裁剪出来的风口对齐，并将风机与纸盒连接固定。固定方式：螺丝和螺母垫片组合。

（3）在风机固定平面的对立面描画出滤网轮廓，利用美工刀刻出图样。

（4）将滤网镶入裁刻出来的轮廓内部，滤网四周与纸盒连接黏合，利用胶带将连接处密封固定。



用电需家长指导

一个简易的空气净化器就这样诞生了！结构构造：纸盒一侧为滤网，对面一侧为风机。两个平面之间所形成长方形空间为风道。

来测试一下你空气净化器的过滤效果吧！测试前别忘记要检测漏气效果和用电安全！

时间结点	$PM_{2.5}$ 含量
过滤前	
过滤后	



智慧发散

通过上面的学习，我们了解了净化器的工作原理和工作方式，在你选购净化器时是否有帮助呢！下面还有一些“秘籍”供你参考！

挑选重点——过滤技术

颗粒污染物过滤技术主要依靠 HEPA(高效空气微粒过滤材料) 滤网，而 HEPA 滤网材质的不同也导致质量参差不齐，有的滤网虽然具有较高的过滤效率，但是阻力大，能效比较低，且容易堵塞，寿命短。HEPA 滤网材质多为 PP(聚丙烯) 高效滤纸，PET 滤纸，PP 和 PET (聚对苯二甲酸乙醇酯) 复合高效滤纸以及玻纤高效滤纸。滤纸的选择要根据你的使用目的来决定。

能力的象征——关注适用面积或颗粒物洁净空气量 (CADR)

空气净化器净化能力的强弱，主要是由适用面积和颗粒物洁净空气量决定，也就是 CADR 值，此值越大说明净化效率越高。

节能环保不能少——能效比和能效等级

空气净化器通常是长期连续使用的，能效比作为衡量空气净化器净化能力与电力消耗的重要指标，值得大家关注。能效比和能效等级越高，代表空气净化器越节能，使用成本越低。数字越小代表等级越高。

不能忽略的它——臭氧释放量

臭氧作为强氧化剂具有一定的净化能力，但对人体是有伤害的。国家对空气净化器臭氧释放量有强制性安全要求，臭氧的浓度必须小于 0.16 毫克 / 立方米。

九、通缉颗粒物

PM_{2.5} 通缉颗粒物

追击装置

在上一章节中我们认识了净化器，知道了净化器可以一定程度降低室内可吸入颗粒物和细颗粒物的浓度。那么怎么证明环境中可吸入颗粒物和细颗粒物减少了呢？你是否想到了它——PM_{2.5} 检测仪！那么什么是 PM_{2.5} 检测仪？





它的结构与原理又是什么？带着一系列问题我们来一起学习并且制作 $PM_{2.5}$ 检测仪！

全城重金悬赏



追击装置的结构及工作方式

PM_{2.5}检测仪，是检测大气中粒径小于2.5微米细颗粒物质量浓度的仪器。现在国际上比较公认的测量方法为重量法，但是重量法的测试方法非常复杂，且测试仪器昂贵。生活中的手持检测仪都是以光散射技术进行检测的。

光散射检测仪的主要部分有：激光模块（也有少部分红外线探头）、处理器、传感器和显示模块，有的会加装报警器。激光模块相当于是检测器神奇的手，可以感知那些看不见摸不着的颗粒物。传感器是检测仪的眼睛，处理器相当于大脑，而显示模块就很好理解了——“嘴巴”。其原理是：专用的激光模块产生一束特定的激光，当颗粒物经过时会反射激光，激光微小的反射与散射都会被灵敏的“眼睛”——传感器记录下来，再将这些情况传递给聪明的“大脑”——处理器。处理器会通过一系列的计算，将其转换为PM_{2.5}的浓度，并告诉“嘴巴”——显示模块，最后经由显示模块告诉我们。



追击罪犯

学习了检测仪的工作原理。接下来做个小检测吧！

还记得上节课制作的净化器吗？用你手中的检测仪检测一下它的效果如何吧。检测前我们要先检查环境，确定环境中有哪些因素会对测量结果造成影响，比如室内的湿度、采光程度等。

房间干燥和潮湿，这两种环境下的测试结果会有差异吗？

影响因素	测试结果1	测试结果2	测试结果3
湿度A			
湿度B			

房间内光亮和阴暗，测试结果又会怎样？

影响因素	测试结果 1	测试结果 2	测试结果 3
开灯			
不开灯			

环境中还有什么因素会影响测试结果吗？想一想，试一试，测一测！

影响因素	测试结果 1	测试结果 2	测试结果 3

通过实验和对检测仪原理的理解，你学到了什么？



追击装置好与坏

按测试技术分类，检测仪可分为光散射技术和称重技术。光散射技术的一个缺点，是不能区分空气中小水滴与颗粒物对光的散射，所以在一个湿度很高的地方，空气中充满的小水滴也会使得光被散射反射，增加所测得的 $PM_{2.5}$ 数值。因此，“光散射”方法不是当前国家认证的检测方法，国家认证的 $PM_{2.5}$ 检测方法包括“微量震荡天平”称重法和“ β 射线”称重法，这两种方法可以排除水汽等其他物质影响，相对较准确，目前北京市环境监测中心采用的就是“微量震荡天平法”。

十、植物大战

雾霾

雾霾反击战

近几年来，“细颗粒物”时常以“雾霾”的形式，一波又一波地向我们发起攻击，侵害着我们的健康，赶之不尽，驱之不散。这件事引起了整个社会的关注，社会各界的专家被调动起来，研



究应对“雾霾”的措施。专家们一致认为，植物在抵抗“雾霾”上有神奇功效，是我们治理雾霾最有力的“同盟军”！呵哈，你一定想知道植物是如何做到这些的？这很简单，当然是通过叶子，因为叶子是它们的“兵器”。植物有多少种，它们的“兵器”就有多少种。不同的植物，它们的“兵器”的外形不同，威力的大小也不同。来吧，让我们一起走近植物，看看它们是如何大战“雾霾”的。





植物大战雾霾之术

活动一 植物“兵器”识别

材料用具：

枝剪、塑料袋、植物叶片、旧报纸或草纸、刷子、书、台纸、标签、胶水、胶带、毛笔、刀片、剪刀、玻璃纸。

活动过程：

- (1) 我们分成若干小组，每组 2 ~ 3 人。
- (2) 分散到校园里，寻找不同的植物。
- (3) 用枝剪从每种植物上剪下一枚健康完整的叶片，放进塑料袋，带回教室。
- (4) 用刷子刷去叶片上的污物，保持叶片清洁美观。
- (5) 把整理好的叶片夹在干燥的旧报纸或草纸中，把植物夹在吸水纸里，用熨斗熨平，烘干。
- (6) 用毛笔蘸胶水涂在标本的一面，粘贴在台纸上，阴干。
- (7) 台纸的右下角贴上标签，注明编号，植物名称，叶片类型，采集日期、采集者。

活动任务：完成下列表格

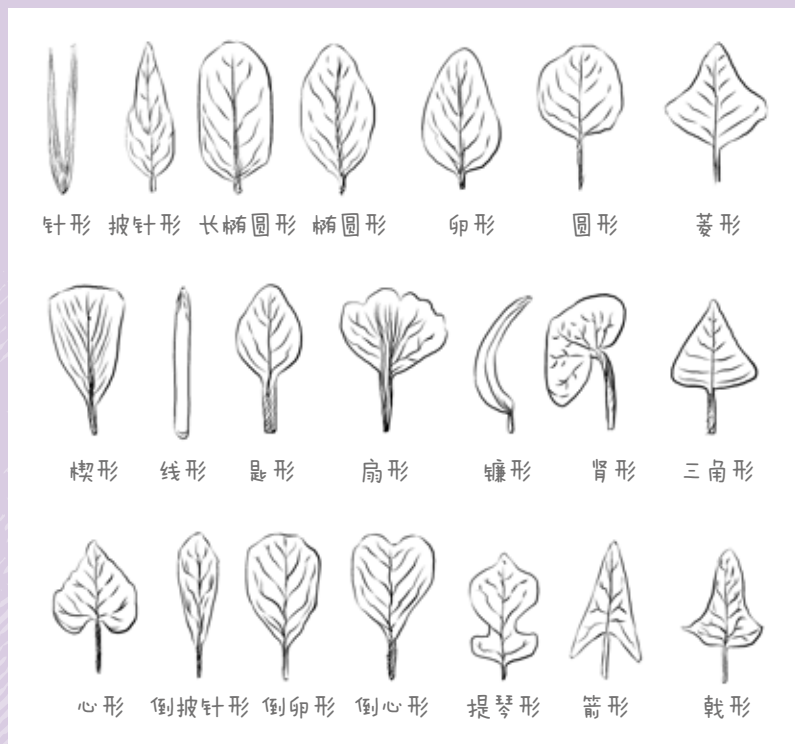
叶子的种类

编号	植物中文名称	俗称	叶子的形状特征	图片
1	油松	东北黑松等	针形叶	
2	桃树、柳树等		披针形	
3				
4				
5				
6				

参考资料：表 1 叶子形状对照表

	长宽相等 (或长比宽 大得很少)	长是宽的 $1\frac{1}{2}$ ~2 倍	长是宽的 3~4 倍	长是宽的 5 倍以上
最宽处的 最近基部	阔卵形 	卵形 	披针形 	线形 
依全形分 最宽处 在中部	圆形 	阔椭圆形 	长椭圆形 	剑形 
	倒阔卵形 	倒卵形 	倒披针形 	
最宽处 在先端				

表 2 叶子的形状



活动二 观察叶表面有什么？

材料用具：

材料：15种植物的叶片，分别是悬铃木、榆树、枣树、侧柏、国槐、榆叶梅、银杏、鸡爪槭、紫叶小檗、女贞、小叶女贞、大叶黄杨、小叶黄杨、丁香、紫荆。

用具：放大镜、镊子、干净密封塑料袋、笔、枝剪、刷子等。

实验过程：

采集叶片：

(1) 采集叶片：春末夏初，在相对稳定的环境中，从上述15种常见乔木、灌木和绿篱中，用修枝剪剪下成熟、健康、新鲜的叶片，轻轻放进准备好的塑料袋中，带回实验室备用。

(2) 给每种植物的叶片编号1、2、3……15

(3) 用镊子取一枚叶片，用毛刷刷去表面的污物，用放大镜依次观察叶表面，记录观察的结果。

表3 叶表面特征（有无绒毛、光滑或粗糙、有无尘埃等）

编号	表面特征	编号	表面特征	编号	表面特征
1	举例：有绒毛、有尘埃	6		11	
2		7		12	
3		8		13	
4		9		14	
5		10		15	

活动三 探索植物滞尘的秘密武器

在开展这个活动之前，我们需要把两个概念弄清楚，并且要准确地记住它们：一个是植物滞尘，另一个是叶片滞尘量。

植物滞尘是指植物的吸尘降尘的作用。当尘埃飘（经）过植物时，被树叶、树干吸附，或者滞留在植物周围，最后降落至地面。

叶片滞尘量是指叶片阻挡、吸附和黏滞大气颗粒物的质量大小，以克（g）为单位。

材料用具：

植物叶片、烧杯、小毛刷、镊子、分析天平、烘干机、滤纸。

实验过程：

（1）将采集的叶片浸入盛满水的烧杯中，用小毛刷清洗叶片上的附着物，然后用镊子轻轻将叶片夹出。

（2）用 1/10000 分析天平称量烘干后的滤纸（W1），然后用它来过滤浸洗液。

（3）将滤纸在 60℃ 下再次烘干，再以精度为 0.0001g 的分析天平称量（W2）。

记录结果：

叶片上所附着的颗粒物质量 = W2 - W1

单位叶面积的滞尘量 $PS = (W2 - W1) / S$

表 4 叶表面绒毛滞尘量

编号	滞尘量	编号	滞尘量	编号	滞尘量
1		6		11	
2		7		12	
3		8		13	
4		9		14	
5		10		15	

（4）比较植物叶片的滞尘量，分析叶表面绒毛的作用，以及在抵抗雾霾中的意义。

活动四 叶子能吸收细颗粒物吗？

材料用具：

生物显微镜、镊子、棉签、盖玻片、载玻片、烧杯、水、笔等。

实验过程：

（1）取不同叶片的叶下表皮，做成临时装片。

(2) 放在显微镜下观察。

(3) 生物绘图的方法记录叶表皮细胞、气孔的排列方式及细微变化，分析与判断植物抵抗雾霾的能力。并按照下面的图例，记录你所观察到的结果。



图例：植物叶下表皮气孔及细颗粒物

通过上述活动，我们终于明白，植物是我们人类最忠诚的卫士，当我们遭受雾霾侵袭时，植物用它们的叶表面绒毛阻挡大型尘埃，通过气孔吸收细颗粒物，保证我们的安全。因此，我们应该积极参加植物保护活动，加入到保护生态环境的队伍中来。

室内种什么植物好？

(1) 能吸纳颗粒物的植物：

叶片粗糙的、表面有毛的、能分泌黏液的，要比那些表面光滑的、无毛的、无分泌物的有效。如薄荷、燕子掌、绿萝、发财树、吊兰、小叶榕、虎尾兰、橡皮树等。

一般而言，叶片面积越大，越粗糙，单位滞尘量越大。例如，雪松的叶子是针形的，面积较小，而虎尾兰的叶子

是片状的，面积较大，因此，雪松叶子的滞尘能力不及虎尾兰叶片的滞尘能力。

(2) 空气加湿器的植物：

散尾葵：最有效的空气加湿器。

龟背竹：夜间可吸收二氧化碳。

(3) 能吸收有害物质的植物：

风信子、鹅掌柴：可吸收尼古丁和其他有害物质，每小时能把甲醛浓度降低大约 9 毫克。

铁线蕨：可吸收甲醛，因此被认为是最有效的生物“净化器”。



十一、城市 规划师

冬季供暖惹的祸？

2015 年，随着北方纷纷进入供暖期，多个城市遭遇重度雾霾，其中尤以东北、华北地区为甚。东北某城市的 $PM_{2.5}$ 浓度突破 1400，达到



能见度不足一百米的境遇。罪魁祸首到底是冬季供暖？还是……？





体验——城市记忆



正文：

“登上景山最高处，
京华历历在目，
炊烟相招，鸽哨相邀，
半城宫墙半城树。
我住北京城里，
北京住我心里。
纵然今日分袂，
毕竟终生相忆。”

这是一首 50 年代的民谣。如今北京的景山早已淹没在高楼大厦之中。宫墙还在，但已不是半城，只是城市的一角。

思考：

了解一下长辈们儿时的城市记忆。

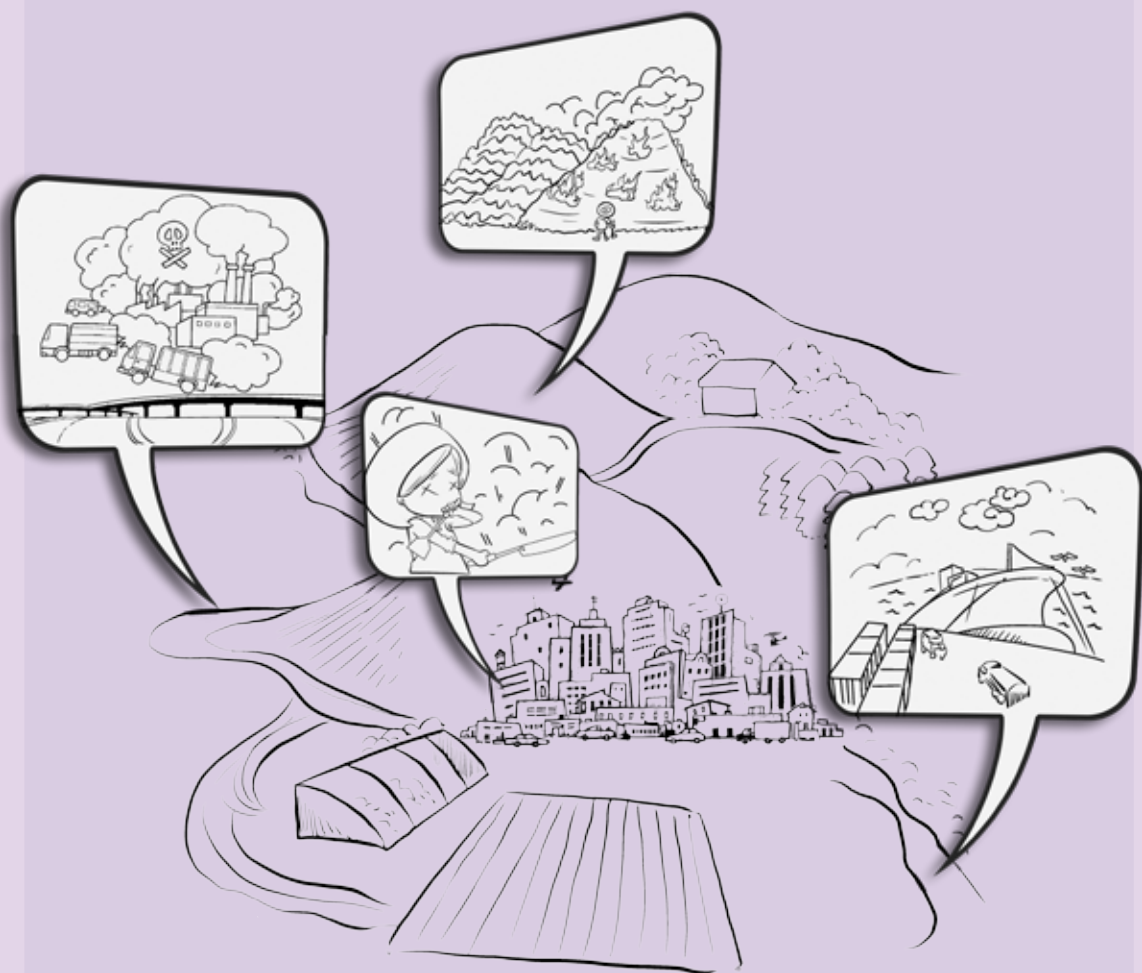
长辈们如何形容环境的变化？

你能给自己生活的这座城市画一张速写画吗？

城市化高速发展的同时也会带来全新的问题。你的城市有哪些突出问题？



城市规划师



第二单元 雾霾与我们

(1) 观察上图，分小组讨论，在这个城市中，现在的规划是否合理？

(2) 如果你是城市设计师，你准备如何重新规划这个城市？你的理由是什么？

(3) 你规划的城市是否有厂房和工厂？它们给城市带来什么？但是，如果关闭了周围的工厂？城市中人们的生活会有什么变化？

	植被与水资源	地势情况	工业发展现状	人口	机动车保有量/万辆
A城	无天然河流，需要靠不断地从其他地方调水补充。 四季分明，夏季由原来的雷阵雨天气到现在的梅雨季节。冬季由原来的西北风呼呼刮到现在的阴霾不能挥散。 植被面积占城市面积的62%。多为石头山，因此只有草生长。城市内部多为草坪，行道树。树种单一。	四面环山，属于内陆地区，总面积是16807平方公里。 其中平原面积占总面积的38.6%，山区面积占61.4%。 总体西北高、东南低，地势垂直高差大。	作为周边地区的经济中心，城市内高楼林立，人口在中心地区高度密集，每天从早到晚到处堵车。	从五年前的1385万人，到现在的2174万人，迅猛发展。 人口集中在城市地区，山区人口稀少。	537.1
B城	雨水充足，因此植被茂密。但因城市化，大量树种消失，胡同中可见更多。 其余以草坪为主。冬夏季节明显，海洋性气候，冬季不冷，夏季雨量丰沛。	境内除西南部有少数丘陵山脉外，全为坦荡低平的平原，是三角洲冲积平原的一部分，平均海拔高度为4米左右。 陆地地势总趋势由东向西低微倾斜。平均海拔高度为4米左右。 陆地面积6218平方公里，水域面积122平方公里。 境内有岛屿，面积为10491平方公里。	位于三角洲前缘，北部、东部和南部都临海，是一个良好的江海港口。 从一个小渔村变成现在的大都市港口货运中转站，从早到晚码头各种忙忙碌碌。成为周围城市的核心枢纽。	人口相对稳定，但是在2430万人左右。 人口分布在整个城市中，相对平均。	272.3

	植被与水资源	地势情况	工业发展现状	人口	机动车保有量/万辆
C城	一年四季分明，风沙较大，但是植被也丰富，尤其古树和大片森林保存完整，阳光灿烂。	黄土高原之上。北临大河，南依大山，周围曲流环绕。面积 9977 多平方千米。	从古到今，城市变化不大，人们生活悠闲，因为位于高原，所以物产丰富。	618 余万	215

现在有 3 座城市，请你仔细阅读表格，和同学们一起分析。

(1) 根据 3 个城市现状的分析，经过讨论后列出上述每个城市中的优势和存在的问题（可以根据地形/地貌/工业发展/植被情况/人口等各个因素进行判断）。

(2) 3 个城市是否都会有雾霾产生？为什么？

(3) 如果雾霾减少了，会有其他影响人体的天气现象产生吗？如果有，怎么办？

(4) 你希望生活在什么样的城市？空气和水源是什么状态的？

游戏 追踪塑料瓶

请对“玻璃瓶”的产品生命周期进行追踪，分析其污染物排放的踪迹：

● 参与者将被分为 5 到 6 组，分别围绕一个桌子坐好。每张桌子发放一个信封，内装 1 号卡片，如下：



开挖沙子 	在非常高温的熔炉中加热 (1700 °C) 	购买玻璃瓶装可口可乐 	扔掉玻璃瓶 
从烤炉中取出 冷却玻璃 	饮用可口可乐 	玻璃瓶中 灌装可口可乐 	

思考

按照一个玻璃饮料瓶的生产流程，它的生产顺序应该是什么呢？请把它们按照时间顺序排列出来。

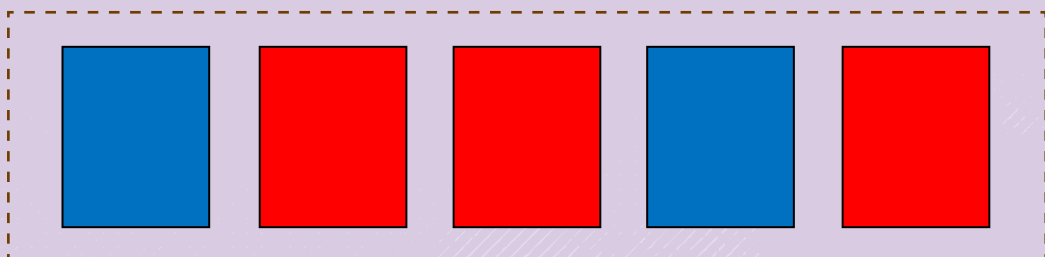
评论

在流程中缺失了什么环节？

下面，你将收到第二个信封，内装 2 号卡片（9 张红色卡片）。

请将 2 号卡片插入桌上按时间顺序摆好的 1 号卡片中间。

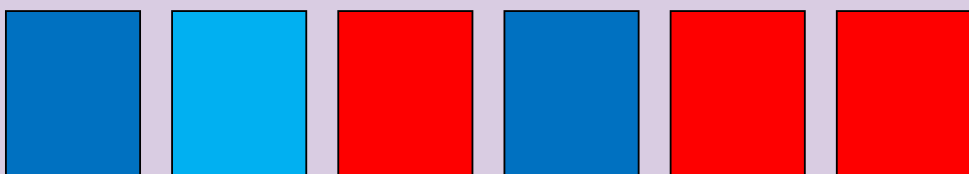
参考示意图



思考

在你排列好的这个流程中是否需要运输过程？

你将继续收到 3 号卡片（8 张浅蓝色卡片），请将它们插入到流程中。



至此，如果把 1 ~ 3 号卡片定义为事件的“原因”，那么它会带来哪些“后果”呢？

你将收到第 4 个信封，里面装有 4 号卡片（8 张黄色卡片），也就是“后果”卡片。

重型柴油车尾气 	化学废物 
7 张	1 张

思考

在这个产品环节中，哪些环节会发生卡车尾气污染？哪些环节会产生化学废物？除此之外，也可以自己写出新的卡片，放在流程线的上面或下面。

讨论

这些足够了吗？还有什么被忽略了？我们对污染物的排放到此停止了吗？

现在，你将收到最后一个信封，里面是 5 号卡片（灰色若干张）。

请你参照已经完成的产品生命周期，每个小组现在必须完成自己的生态影响卡片，可以包括土地污染、沼气排放、氧化亚氮排放、水污染、噪声污染等。

附：“玻璃瓶”产品循环参考流程

1) 开挖沙子

2) 运送沙子到加工厂

3) 卡车尾气

4) 清洗并处理沙子

5) 化学废物

6) 生产精制硅砂

7) 运送硅砂到玻璃工厂

8) 卡车尾气

9) 混合硅砂和其他原料

10) 在一个非常高温的熔炉中加热 (1700 °C)

11) 将融化的液体倒入金属模具

12) 将模具放入烤炉

13) 从烤炉中取出并冷却玻璃

14) 运送包装到工厂

15) 卡车尾气

16) 包装玻璃瓶

17) 运送玻璃瓶到装瓶工厂

18) 卡车尾气

19) 玻璃瓶中灌装可口可乐

20) 运送瓶盖到工厂

21) 卡车尾气

22) 玻璃瓶盖上瓶盖

23) 运送玻璃瓶到商店

24) 冷藏

25) 购买瓶装可口可乐

26) 运送可口可乐到家

27) 卡车尾气

28) 饮用可口可乐

29) 扔掉玻璃瓶

30) 运送到垃圾填埋场

31) 卡车尾气

32) 垃圾填埋



在城市中

在城市中，什么地方细颗粒物浓度最高？室外为马路边、大公交站旁边；室内为厨房和不禁烟的餐厅。汽车尾气对 $\text{PM}_{2.5}$ 的影响很大。

在城市中，什么时段密度最大？一天中的上下班高峰期；一年中的冬季供暖期。每天早晚的上下班高峰是路上汽车最多的时候，所以该时段的细颗粒物浓度也最高。

在城市中，什么天气情况下的细颗粒物浓度最高？雾霾天气、秋季阴雨天。空气中的二氧化硫、氮氧化物等气态污染物，在阴霾天等特定气象条件下，很容易转化成二次污染物，导致细颗粒物增加。潮湿的空气会给悬浮的污染物“穿上”一层“水衣”，更易造成污染物累积。此外，刚下雨雪或下小雨、小雪时，空气质量并不能立刻改善；无风、无雨雪的降温天气，也会因冷空气带来的颗粒物，导致污染更严重。

在城市中，什么职业最受污染物侵害？出租司机等。汽车尾气的污染，让需要长时间在公路上工作的人成了最大受害者。



第三单元 行动吧！



通过前面的学习,相信你对于雾霾、细颗粒物已经有了一定的认识和理解。现在,请你来做老师,把你学习到的知识传播给更多的人。雾霾防治需要每个人的努力。

你可以把学习到的知识编排成科普剧,为学校的同学进行演出:你可以扮演倡导绿色交通的老师,或者是进入人体的颗粒物;你还可以在老师的帮助下,把实验过程拍摄成微电影,与更多的人分享,或者是做主题展板,在校园或者社区进行宣传展示。

不管戏剧、影像还是绘画、写作,请你行动起来,发挥自己的特长,为我们共同的蓝天出一份力吧!

蓝天小剧场

戏剧表演既是将学习到的东西内化的过程，也可以将有价值的信息传递给其他人，是非常有意义、有意思的事情。接下来，让我们一起排演一出与雾霾有关的戏剧吧。

这里有一些关于戏剧表演的小提示，希望能够帮到你：

每个角色的台词不要超过五句，更多地依靠动作、表情进行表演。如果需要语言解释，可以设立旁白。

- 可以利用一些简单的道具，来向观众表明你的身份，例如老人可以用拐杖，盲人可以戴墨镜等。
- 戏剧是展示自我的艺术，所以请尽情地展现自己的表情吧！
- 现在，可以分成小组，试着排演这个小话剧。

《风姐姐》

人员：旁白、风姐姐、老王、大王、小王（爷孙三代）。

第一幕 三十年前

旁白：现在是1986年的春天，风姐姐带着黄沙吹到了北京城。

风姐姐高兴地在舞台上来回奔跑，呼啸。

老王、大王进场，眯着眼睛，挡着脸，做大风眯眼状。

老王：昨天没看天气预报，沙尘暴啊！！

大王：这该死的风，把天都刮成黄色的了！真讨厌，别再刮了！

风姐姐沮丧地离场，老王、大王也艰难地退场了。

旁白：今年的春天，并没有刮以往那样的风。

大王、小王戴着口罩进场，由于雾霾严重，能见度差，他们走得很小心、很慢。

小王：爸爸，这天气怎么这样糟糕啊，咳咳，呛人呢。

大王：孩子，因为好久没有刮风了啊。走，今天咱们开车上学。

大王与小王上了车，嘟嘟嘟地离开了，留下一阵尾气。

风姐姐进场，呼啸而过，不开心的样子。

风姐姐：三十年前，你们不希望我来；三十年后，你们怨我不来，唉，我该怎么办？

旁白：风起风落风无罪，人来人往人怪谁。环境不是天能定，要靠你我共保卫。

如何制作科学展板

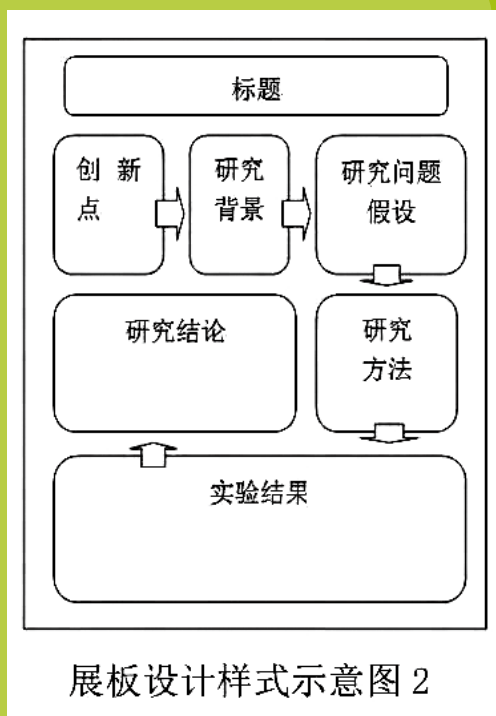
把你的蓝天研究项目做成科学展板，借助它，让更多的人关注和了解你的研究项目。接下来，一起动手制作一块引人瞩目的科学展板吧。

1. 展板的规格与布局

常见的展板材料为KT版，尺寸是90cm×120cm（宽×高），版式有以下两种可参考：

（1）整版式

利用整块展板面积，按照一定的逻辑顺序进行整体布局。



(摘自：全国创新大赛参赛手册)

(2) 三折式展板

为更好地体现展板的立体性与可视性，也便于携带，我们还可以制作三折式展板。展板材料可以选用KT版，也可以用大号的硬纸板。以90cm×120cm（宽×高）的KT版为例，先用壁纸刀在展板上轻轻刻线，划分成90cm×30cm、90cm×60cm、90cm×30cm三个区域（切忌不要完全裁成三块），然后沿线折成U字型。



2. 展板内容安排

一块科学展板应包含如下基本要素：

(1) 研究题目——标题，下面一般列学生和指导老师名字；

(2) 研究目的——为什么要做这个实验，目标是什么；

(3) 提出假设——在实验前根据已学的知识做出假设；

(4) 变量——影响实验结果的主要变量是什么；

(5) 研究材料——需要哪些材料；

(6) 研究步骤——按照什么步骤去做；

(7) 数据与结果——实验中收集到的数据，得到的实证结果；

(8) 结论——结论；

(9) 参考文献——参考和引用资料；

(10) 图标与照片——说明图表和照片。

需要注意的是，不要完全逐条罗列这些要素，我们应根据项目本身的内容和特色，突出重点，图文并茂。版式上，字体尽可能大一些，照片要能说明问题，色彩明快、反差适宜。对文字内容进行加工时，要用最概括简洁的语言准确、清楚地表达，达到清晰、一目了然的效果。在选择图片、图表时，应选择与研究项目紧密相关、支撑效果强的图片图表；在确定好展示的图片图表后，应补充好相应的文字说明。如果是借用他人的图片图表，还应该征得原作者的同意并注明出处。此外，还要避免使用可能对观看者产生心理压力或侵犯个人隐私的图片，如展示某些疾病患者的图片。

3. 作品分享

杨婉（北京市宏庙小学六年级1班）、靳雨濛（北京市西城区西四北四条小学六年级1班）两位同学制作了《一种新型骑车用PM_{2.5}防护面罩》，来看看她们制作的展板吧。

问题的提出
简明扼要地提出问题是如何发现的。

数据与结果
通常以数据列表，
曲线图表等方式呈现研究结果。

方法与过程

该同学的项目研究涉及的照片很多，如果不采用新颖的方法，展板没有空间安排这么多照片，为了解决这个问题，展板采用翻转板结构，翻转板部分正反面贴照片，然后利用转轴和展板主体相连，成功地解决了照片多和照片有限的矛盾。图片中红色方框区域是可以翻转活动的，以便承载更多地照片。

结论与讨论

这部分内容不要简单重复、罗列实验结果，要认真阐明本人对所研究课题的成果和见解。

一种新型骑车用PM_{2.5}防护面罩

作者：杨婉（北京市宏庙小学六年级1班）
靳雨濛（北京市西城区西四北四条小学六年级1班）

- 一、问题的提出
1. PM_{2.5} 对骑车人的健康有着严重的危害；
 2. 国家提出了“节能减排”和“绿色出行”的政策；
 3. 骑车人戴口罩骑车，非常不舒服，希望开发一种新型的PM_{2.5}防护面罩。
- 于是，我们想发明一种既能防护PM_{2.5}又能舒适的口罩。

二、方法与过程



三、数据与结果

PM _{2.5} 过滤效果				
环境 PM _{2.5} 值	123	187	286	393
污染程度	轻度	中度	重度	严重
过滤后 PM _{2.5} 值	18	20	29	32

试验结果		
憋气感	2	显著改善
压迫感	4	有些改善
舒适性	4	有些改善

四、讨论与结论

本项目的创新点为

- (1) 新型 PM_{2.5} 防护面罩采用分体式结构；
- (2) 通过增加过滤面积，减小呼吸阻力；
- (3) 采用百叶窗式导流罩，提高面罩的过滤效果；
- (4) 充分利用骑车时空气的流动性，进一步减少了呼吸阻力，提高了面罩的舒适性。

实物展示

对于有实物的项目作品，可以将实物摆放在展板前。如作品小巧，也可以零星点缀在展板周边。

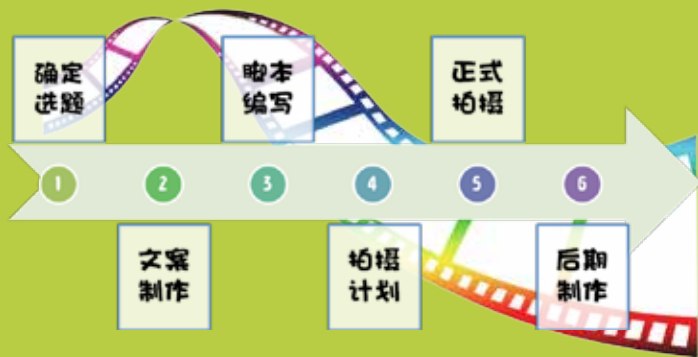


科学地讲故事 / 科普微电影的拍摄

——用故事的视角表述科学的探究

1. 科普微电影的创作六流程

这里列出的是创作微电影的重要环节，有些可以同时进行，甚至颠倒顺序，可以根据具体情况进行调整。

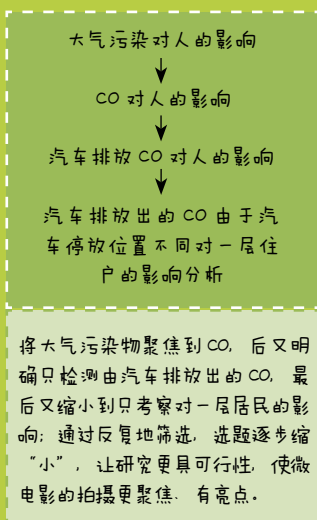


(1) 确定选题

确定选题是明确主题和方向的过程，是决定微电影作品质量高低的关键。

学生拍摄科普微电影时，我们建议题目要尽量做到“小（贴近生活）中有大（完整逻辑、丰富思考）”，划定一个范围后要反复筛选缩小范围。

这一步，可以培养学生的反思意识和逻辑思维。



(2) 文案制作

文案、脚本三核心：※ 充分表现事实与证据 ※
※ 必须设计抓人亮点 ※
※ 尽量简化研究过程 ※



文案制作包括影片名称、台词、解说词等所有文字材料的设计、编辑，也包括为拍摄顺利进行而制订的拍摄计划、人员分工等。

镜号：

景别：

技巧：

时间：

内容：

解说词：

同期声：

音乐：

字幕：

备注：

镜号：

景别：

技巧：

时间：

内容：

解说词：

同期声：

音乐：

字幕：

备注：

镜号：

景别：

技巧：

时间：

内容：

解说词：

同期声：

音乐：

字幕：

备注：

(3) 脚本编写

脚本编写也称剧本准备，是前期准备中最关键的一步，文案里的故事在这里转换成立体、鲜活的视听形象。因此，剧本的编写需要足够的逻辑条理，也需要细心和耐心。

脚本编写包括编写“剧本故事梗概”和“分镜头剧本”的写作：

“剧本故事梗概”相当于论文的摘要，要简单又清楚地说明①为什么要做这个研究、②过程中经历了哪些步骤环节 & 使用了哪些方法、③最后得到了什么结果，以及④是谁、⑤在哪儿、⑥用了多少时间来完成这一研究。

“分镜头剧本”要把微电影中会出现的每一个镜头 one by one 地详细描述出来，是对头脑中预想画面的文字化呈现，包括地点、时间、景别、拍摄手法、画面内容、台词字幕、背景音乐、时长、人物、备注等内容。

(4) 拍摄计划

为使拍摄活动顺利进行，拍摄内容更好地反映探究过程，制订拍摄计划也是必不可少的。这相当于在做科学研究时确定的研究方法和流程图，需要包括人员安排、物品准备、经费使用、时间安排、拍摄内容及注意事项等，如果能预设拍摄的画面、角度等细节则更好。拍摄计划做得越详尽，拍摄

过程就会越清晰、顺畅。

这一步，可以培养学生的统筹计划能力和分工合作意识。

（5）正式拍摄

前几个环节都准备好后，就可以开始正式的拍摄工作了。拍摄时除了要注意参照脚本、遵循计划、兼顾科学性和艺术性外，还要在拍摄角度、光线明暗、背景处理、整体构图等方面有所注意。很多书籍、网上论坛（帖子）都有详尽的教学指导，多看多练定有收获。

拍摄景别的选择

特写——人体肩部以上

近景——人体胸部以上

中景——人体膝部以上

全景——既包括人体的全部还会有周围背景

远景——主要体现被摄体所处的环境

拍摄科学微电影，主要根据怎样能完整、舒服地呈现出被摄物来选择景别。

拍摄手法的选择

推——由大连续过渡变小

拉——由小连续过渡变大

摇——摄像机不动，拍摄角度变化

移——水平方向上移动摄像机

跟——摄像机随被摄主体一同运动

甩——速度更快地“摇”

对于初涉拍摄的小伙伴们来说，固定镜头其实是最好的选择。要记住所有手法都只是技巧，是为突出主题而服务的，千万不要过度使用。

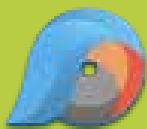
（6）后期制作

如何把拍摄的素材编辑成完整、好看的影片，如何加入字幕、解说和音乐？如何添加一些炫酷的特效？目前很多视频编辑软件都可以实现，也简单实用、容易上手，比如：会声会影、数码大师、优酷 iDo……等。

XXX 项目网页上提供了科普微电影拍摄教学片，里面为大家介绍了如何使用手机和照相机拍摄微电影，并以会声会影和 i-movie 为大家展示了后期制作的基本操作。



会声会影



优酷 iDo



魔影工厂



数码大师

2. 科普微电影的拍摄三原则

“微”——微电影的精髓就在“微”这个字上，要体现在拍摄的各个方面，概括来说，要在保证充分表现事实与证据的基础上，兼顾“四微原则”：



故事情节
微短

尽量简化研究
过程的故事情
节，力求简短



播放时
间微短

一般在 5
分钟内



制作周
期微短

在 1 周内
即可完成



投资规
模微小

避免大规
模的人力
物力投入

这样的拍摄过程更易于让学生参与和完成，拍摄出的作品也更适合在移动媒体上播放。

“科学性”——科普/科学探究微电影是对一个完整的科学探究过程，或探究过程中某个环节的记录，对，你可以把TA看做一份动态的“科学笔记”或“实验报告”；科学探究则必须是剧本的主体，保证科学性和正确性也是重要原则。



图1 科学探究步骤

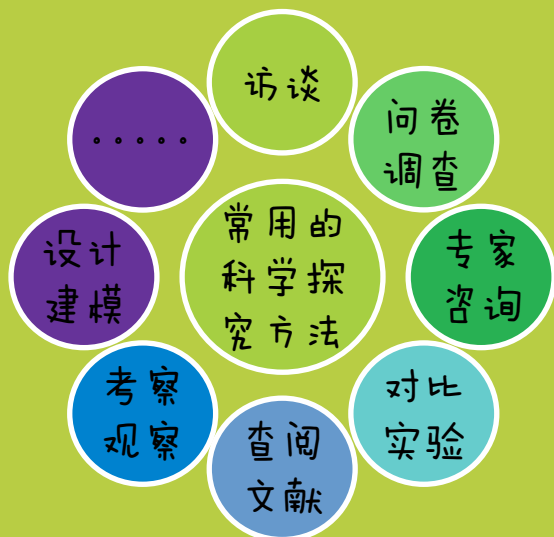


图2 科学探究方法

科学步骤要严谨、研究方法要得当、数据记录要准确、语言表达要规范……如果不便于在画面中展示，也要尽量配合旁白或说明文字。如：拍摄显微镜下的空气粒子，最好在屏幕右上方标明放大的倍数；拍摄对比实验时，可用快放体现进行多组平行试验等。

“艺术范”——剧情既要吸引观众眼球，又要保证科学性、正确性；解说词的设计也必须设计抓人的亮点。

3. 科普微电影的评价三标准

- (1) 科学：科学探究，选题及探究的过程
- (2) 技术：多媒体技术，拍摄、剪辑及制作
- (3) 社会：人文精神，情感、态度及价值观