长度与时间的测量基础

一、长度的测量

1. 长度：用来表示一个物体长短的物理量。

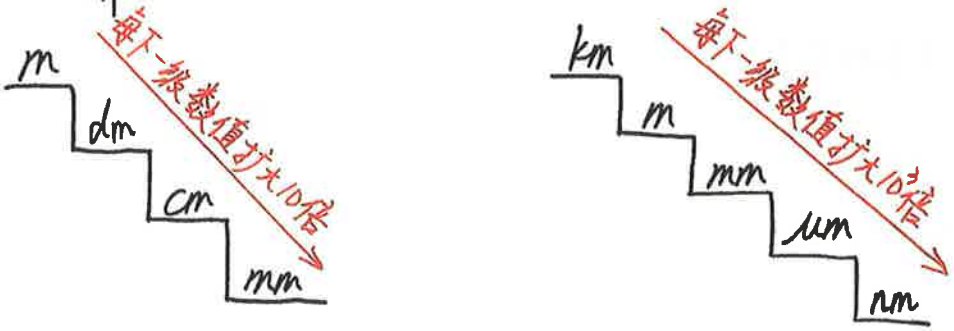
2. 单位

(1) 国际单位：米　　符号：m

(2) 常用单位：

千米	米	分米	厘米	毫米	微米	纳米
km	m	dm	cm	mm	μm	nm

3. 单位换算



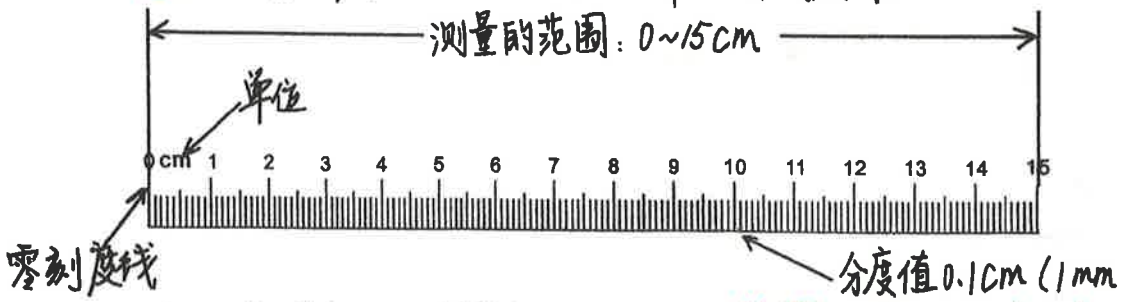
4. 常见物体的长度

一元硬币的直径为2.225cm　教室的高度约3.5m　一张纸的厚度约0.1mm

物理课本的宽度约18cm　$PM_{2.5}$的当量直径≤2.5μm

5. 刻度尺的使用

(1) 认：认清刻度尺的量程、分度值、单位、零刻度线。



[刻度尺上最小的一格代表的长度]

(2) 选：选择合适的刻度尺。

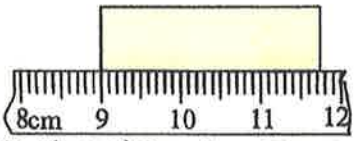
(3) 放：刻度线紧贴被测物体。

(4) 看：视线垂直于刻度线。

(5) 读：估读到分度值的下一位. ☆分度值越小越精确.

(6) 记：记录数字与单位.

注意：测量物体长度时，不一定非要从零刻度线开始测量，若零刻度线磨损，可以从整刻度线处开始测量，读数时注意减去起始值.



此时，物体长度为 2.73cm.

6. 误差〔测量值与真实值之间必然存在的差异〕

(1) 特点：只能减小，不能避免 !

(2) 减小误差的方法.

① 多次测量求平均值.

② 选用更精密的仪器.

③ 改进测量方法.

二. 时间的测量

1. 单位

(1) 国际单位：秒　　符号：s

(2) 常用单位：分(min)、时(h)、天(d)

2. 单位换算

$1d = 24h$　　$1h = 60min$　　$1min = 60s$　　$1h = 3600s$

注意：光年是长度单位，而不是时间单位.

$1光年 \approx 9.46 \times 10^{15} m$

3. 估测

(1) 呼吸一次：3s

(2) 行跑：60~100次/分

(3) 眨眼一次：0.3s

(4) 大脑反应时间：0.3s

(5) 地球公转：1年　　地球自转：1天　　月球公转：1个月

4. 测量工具 —— 机械秒表

(1) 小表盘：量程 15 min　　分度值 30 s

(2) 大表盘：量程 30 s　　分度值 0.1 s

(3) 读数

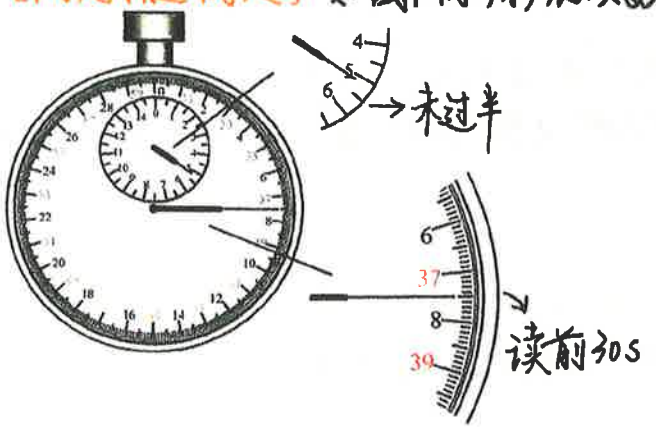
① 先看小表盘，读分钟.

② 再看小表盘指针是否过半.

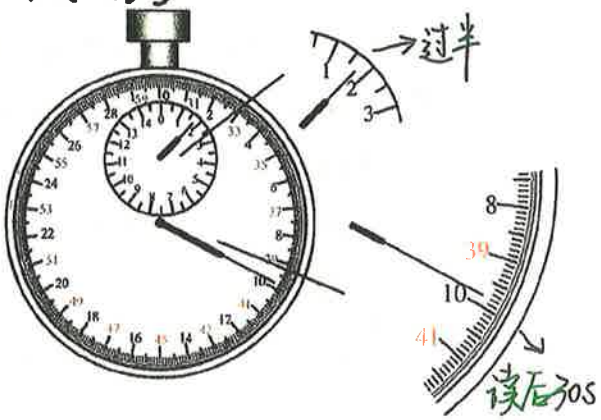
- 未过半：大表盘读前 30 s.
- 过半：大表盘读后 30 s.

③ 读数 = 大表盘 + 小表盘

[阿超精选例题] 如图所示，秒表读数分别是多少？



5 min 7.5 s，合 307.5 s



1 min 39.8 s，合 99.8 s



3 min 38.4 s，合 218.4 s



注意：不同规格的秒表分度值可能不同哦！

机械运动基础

一、机械运动

1. 定义：一个物体相对于另一个物体位置随时间的变化.
   - 一个物体 → 研究对象
   - 另一个物体 → 参照物



注意：机械运动是宏观世界中物体的运动，微观分子运动不属于机械运动

2. 运动的相对性：同一个物体，选择的参照物不同，运动状态可能不同.
3. 参照物：描述一个物体运动状态时，假设为标准（假定不动）的另一个物体.
   (1) 任选
   (2) 不选：不选研究对象本身.
   (3) 一般选：大地或静止在大地上的物体
4. 相对静止：两物体以相同的速度朝同一个方向运动.

二、比较物体运动快慢的方法

1. 相同路程比时间：时间越短，运动越快.［赛跑中裁判的依据］
2. 相同时间比路程：路程越长，运动越快.［赛跑中观众的依据］



注意：这里用到了控制变量法.

↳ 当A、B、C 3个因素都会影响结果P，要探究A对P的影响，必须控制B、C保持不变，以排除B、C对结果的干扰.

三、速度

1. 定义：物理学中，把路程与时间之比叫作速度.
   物理意义：描述物体运动的快慢.
2. 符号：v
3. 公式：速度 $=\frac{\text{路程}}{\text{时间}}$　　$v=\frac{s}{t}$ → $s=vt$，$t=\frac{s}{v}$

4.单位

(1)国际单位：m/s　读作：米每秒

(2)常用单位：km/h　读作：千米每小时

$1\ m/s = 3.6\ km/h$

★推导：$\frac{1m}{1s} = \frac{\frac{1}{1000}km}{\frac{1}{3600}h} = \frac{3.6\ km}{1\ h} = 3.6\ km/h$



注意：以下单位换算你最好背下哦～考试超级有用！

$36\ km/h = 10\ m/s$　　$54\ km/h = 15\ m/s$

$72\ km/h = 20\ m/s$　　$108\ km/h = 30\ m/s$

5.常见物体的速度

$V_{人(步行)} \approx 1.1\ m/s$　　$V_{自行车} \approx 5\ m/s$　　$V_{光} \approx 3\times10^8\ m/s$

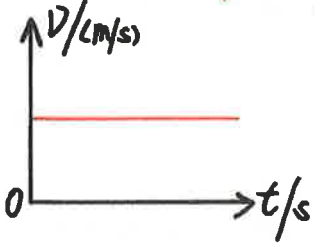
博尔特的百米世界纪录：9秒58

↑一中学生不可能跑得比他快，做题时注意咯～

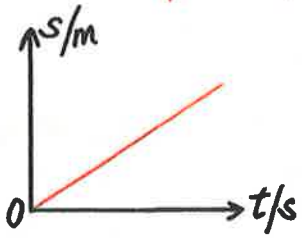
四、运动的分类

1. 按运动轨迹分：直线、曲线.
2. 按速度变化分：匀速、变速.
3. 匀速直线运动：物体沿着直线且速度大小不变的运动.

★v-t图像：水平直线



★s-t图像：过原点的倾斜直线



4. 平均速度

公式：平均速度 $= \frac{总路程}{总时间}$　　$v = \frac{s_总}{t_总}$

测量与运动进阶

一、测量基础

题型1：长度和时间的估测



1. 头发直径：60~90μm
2. 一张纸的厚度：0.1mm
3. 物理教科书的长度：26cm
4. 课桌高度：80cm
5. 中学生身高：160cm
6. 教室高：3.5m

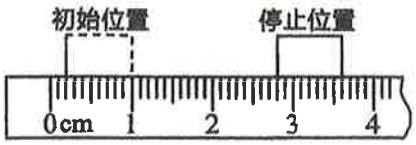


1. 眨眼一次：0.3s
2. 1s脉：60~100次/分
3. 笔从课桌掉到地上：1s
4. 呼吸一次：3s
5. 中学生百米赛跑成绩：14s
6. 中华人民共和国国歌演奏时长：46s

题型2：刻度尺读数



1. 刻度尺读数时必须估读，估读到分度值的下一位.
2. 刻度尺的准确程度由分度值决定，分度值越小越精确.
3. 刻度尺的零刻度线磨损也可使用，可从任意整刻度线开始测量.
4. 确定距离选择的起点和终点必须是物体上的同一位置.



选取物体左边观察对比

起点：0.20cm　终点：2.80cm

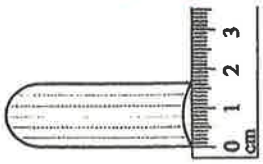
物体运动距离：2.60cm

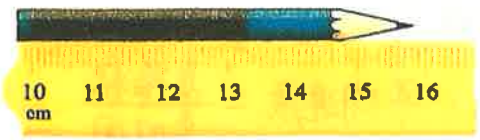
二、测量综合

题型3：长度的特殊测量

方法1：累积法

- 适合测量较薄、较细的物体——纸、硬币的厚度，铁丝的直径.



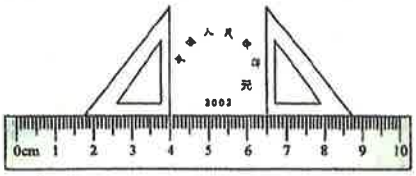


方法2：化曲为直法

- 适合测量圆的周长、地图上的铁路长.

方法3：辅助测量法

- 适合测量圆柱的直径、圆锥的高.

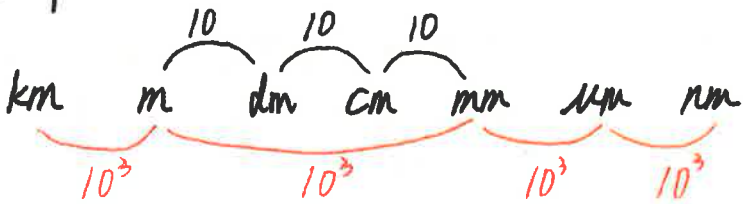


题型4：长度的单位换算

换算原则：大化小乘以进制，小化大除以进制.

换算过程中，大单位前面数小，小单位前面数大.

基础换算



$1m = 10\,dm = 100cm = 10^3mm = 10^6\mu m = 10^9nm$

$1mm = 10^{-3}m$　$1\mu m = 10^{-6}m$　$1nm = 10^{-9}m$　$1nm = 10^{-12}km$

换算格式：先换单位，再乘数.

$6.9m = 6.9 \times 100cm = 690cm$

$5400km = 5400 \times 10^5cm = 5.4 \times 10^8cm$

题型5：误差

注意.

1. 误差只能减小，不能避免；多次测量求平均值可以减小误差.
2. 给出多个测量数据，求物体长度.
   (1) "抓鬼"（去除错误数据）.
   (2) 剩余数据求平均值.
   (3) "一家人就要整整齐齐"（四舍五入，小数位数保持一致）.

【阿赵精选例题】小叶子同学多次测量一本书的厚度，结果分别为：1.52cm、1.50cm、1.49cm、1.510cm、1.91cm，则这本书的厚度应为（C）

A. 1.586cm　　B. 1.505cm　　C. 1.50cm　　D. 1.51cm

解析：1.510cm与其余几组数据代表的分度值不同，1.91cm与其余测量数据相差较大，为错误数据，应该去掉。则这本书的厚度应为：

$$L=\frac{1.52cm+1.50cm+1.49cm}{3}\approx 1.50cm$$（四舍五入保证位数一致）

三 机械运动

题型6、参照物

注意：

类型1：已知参照物，判断运动状态；已知运动状态，选取参照物。

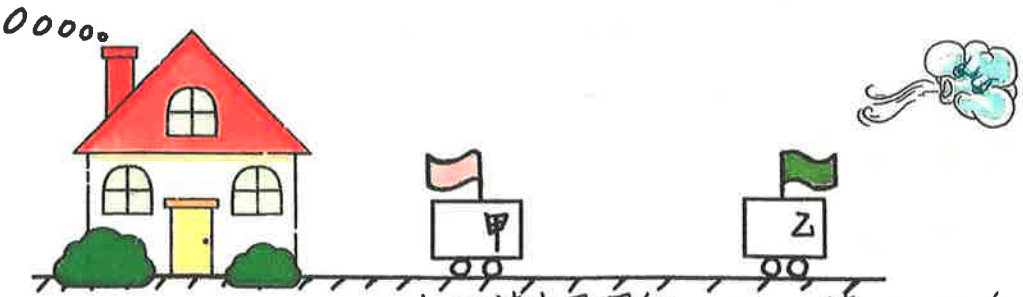
- 运动：研究对象相对于参照物位置改变。
- 静止：研究对象相对于参照物位置不变。

类型2：多物体运动状态判断

- 一般选大地或大地上静止的物体为参照物，先锁定其中一个物体的运动状态，再研究其他物体。

类型3：旗风模型

通过烟的方向确定风向：如图风向左吹。



甲车上的旗与风同向　　乙车上的旗与风不同向

甲车：静止；向右运动；向左运动，$v_{甲}<v_{风}$

乙车向左运动，$v_{乙}>v_{风}$

阿赵物理小诀窍：风旗同向分三类，风旗不同风车同。

速度综合进阶

一、速度基础

题型1：核心易错概念

1. 速度表示物体运动的快慢.

2. $v=\frac{s}{t}$（v是速度、s是路程、t是时间）

3. $1m/s=3.6km/h$

4. 匀速直线运动：物体沿着直线且速度大小不变的运动.

   注意：物体做匀速直线运动时，在任意相等的时间内通过的路程相等.

5. 变速直线运动与平均速度

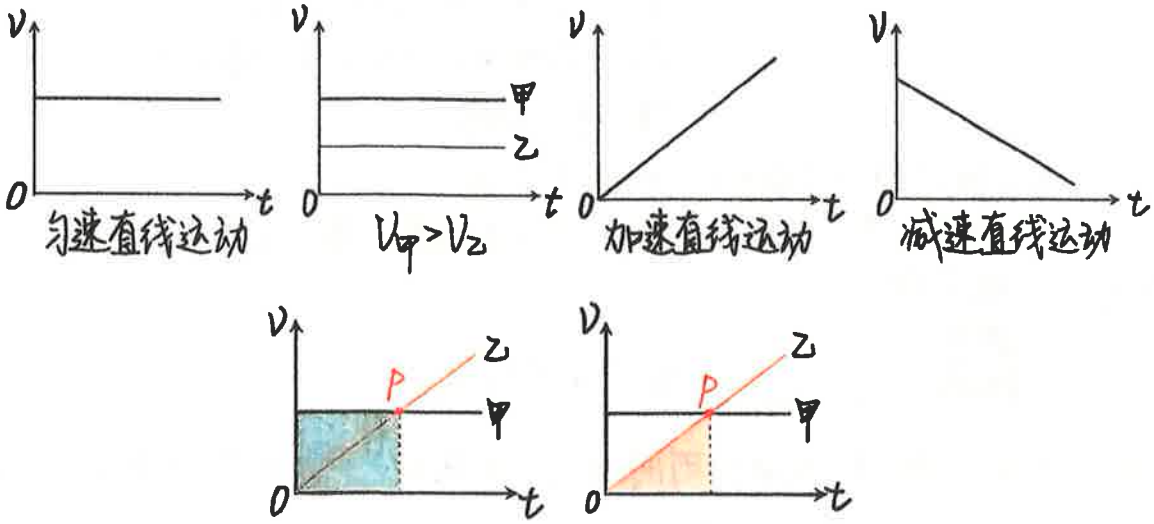
   $v=\frac{s_{总}}{t_{总}}$（v是平均速度、$s_{总}$是总路程、$t_{总}$是总时间）

   注意：平均速度只能粗略描述物体运动的快慢.

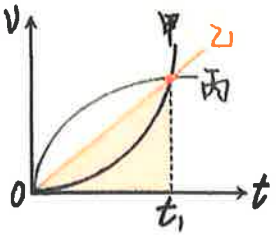
二、速度综合计算

题型2：图像问题

★ v-t图像

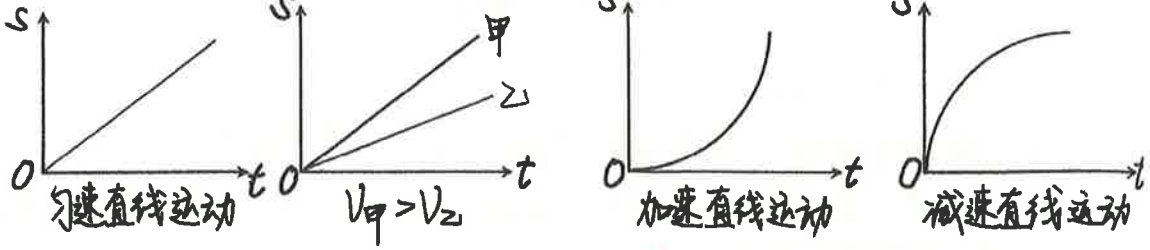


- v-t图像中，图线与横轴围成的图形面积代表路程.
- v-t图像中，交点代表速度相等.

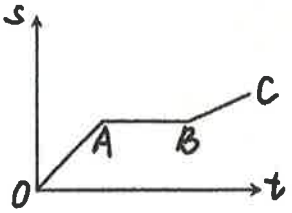


t_1时间内，$S_{丙}>S_{乙}>S_{甲}$（看面积）

S-t图像



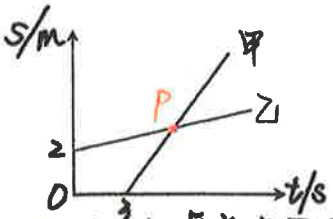
S-t图像中，图线的倾斜程度代表速度大小.[越陡越大]



OA段：匀速直线运动
AB段：静止
BC段：匀速直线运动
$V_{OA}>V_{BC}$



阿赵物理小诀窍 S-t图像中，平为静，斜为匀，陡为快.



甲：在乙运动3S后开始运动
乙：从距离原点2米的位置开始运动
P点：甲、乙相遇
甲、乙相对于原点沿同直线向相同方向运动

注意，S-t图像中交点不一定代表相遇.（需考虑起点、方向等）

题型3：比例问题



阿赵物理小诀窍 看到比例就列表.

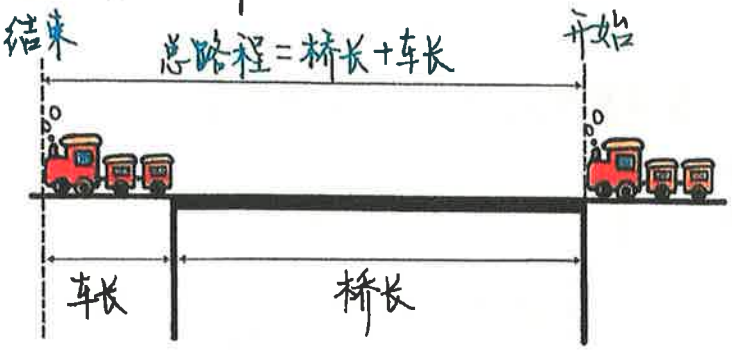
[阿赵精选例题]甲、乙运动的时间之比为2:3，路程之比为4:9，则速度之比为2:3.

	甲	乙	
S	4	9	……→已知量按公式顺序依次写
t	2	3	- - →已知量按公式顺序依次写
($v=\frac{S}{t}$) v	2	3	----→待求量写在最后一行

题型4：火车过桥问题

核心考点：确定正确的$S_{总}$，火车"头到头"或"尾到尾".

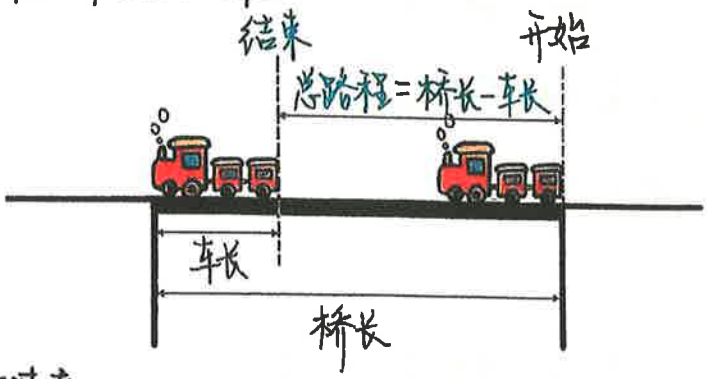
火车通过桥



$$S_{总}=S_{桥}+S_{车}$$

$$t_{总}=\frac{S_{桥}+S_{车}}{V_{车}}$$

火车完全在桥上



$$S_{总}=S_{桥}-S_{车}$$

$$t_{总}=\frac{S_{桥}-S_{车}}{V_{车}}$$

三、平均速度

题型5：平均速度易错概念

- 平均速度不是速度的平均值.
- 平均速度唯一的计算方法：$V=\frac{S_{总}}{t_{总}}$

[阿秘精选例题]某运动员在百米赛跑中跑出了10s的好成绩，其中，他前5s的平均速度为9m/s，冲过终点时的速度为13m/s，那么他跑完全程的平均速度为（C）

A. 8m/s　　B. 9m/s　　C. 10m/s　　D. 11m/s

错误：$V=\frac{9m/s+13m/s}{2}=11m/s$ ×

正确：$V=\frac{S_{总}}{t_{总}}=\frac{100m}{10s}=10m/s$

题型6：平均速度经典计算模型

- 前一半时间速度为v_1，后一半时间速度为v_2，全程平均速度 $v=\frac{v_1+v_2}{2}$

  推导：$v=\frac{s_总}{t_总}=\frac{v_1t+v_2t}{t+t}=\frac{v_1t+v_2t}{2t}=\frac{v_1+v_2}{2}$

- 前一半路程速度为v_1，后一半路程速度为v_2，全程平均速度 $v=\frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}$.

  推导：$v=\frac{s_总}{t_总}=\frac{s+s}{\frac{s}{v_1}+\frac{s}{v_2}}=\frac{2s}{\frac{v_2s}{v_1v_2}+\frac{v_1s}{v_1v_2}}$

  $=\frac{2s}{\frac{s(v_1+v_2)}{v_1v_2}}=2s\times\frac{v_1v_2}{s(v_1+v_2)}=\frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}$

  除以一个数=乘它的倒数

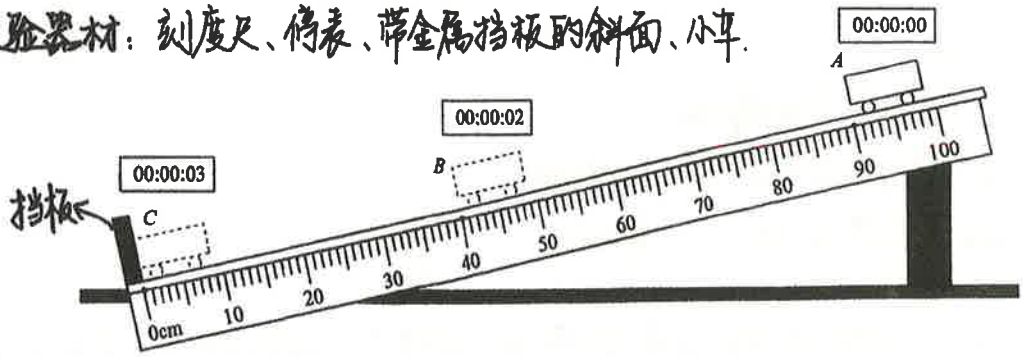


阿赵物理小诀窍 “两只鸡在河上飞”（$\frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}$）.

题型7：测量物体运动的平均速度实验

1. 实验原理：$v=\frac{s}{t}$

2. 实验器材：刻度尺、停表、带金属挡板的斜面、小车.



3. 命题点

(1) 实验时斜面的倾角较小，目的是让小车下滑时间更长，减小时间测量误差.

(2) 金属挡板的作用是便于测量时间.

(3) 刻度尺读数必须估读到分度值的下一位.

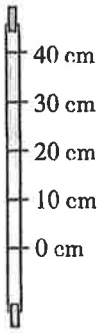
4. 拓展点

(1) 确定小车运动距离：小车的“头到头”.

(2) 小车要从斜面上同一位置由静止释放，测量过程中不能改变斜面倾角.

(3) $\bar{v}_{下半段}>\bar{v}_{全程}>\bar{v}_{上半段}$，说明小车做变速运动，且速度越来越大.

题型8：研究气泡的运动规律的实验



1. 实验操作：玻璃管内密封一个气泡，反转玻璃管，让气泡上升.
2. 实验器材：带气泡的玻璃管、刻度尺、秒表.
3. 考点梳理

(1) 让玻璃管内气泡运动一段时间后再开始计时的原因：气泡上升到0刻度线位置时，运动稳定，计时准确.

(2) 气泡上升时，以气泡为参照物，玻璃管口的塞子是运动的.

(3) 为便于测量时间，应使气泡运动得较慢.

(4) 气泡运动的快慢与玻璃管的倾斜程度和气泡大小有关.

(5) 探究气泡运动快慢影响因素时用到的实验方法是控制变量法.

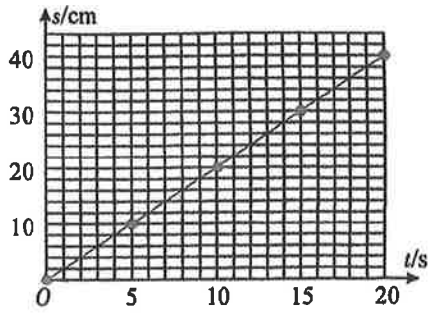
(6) 玻璃管与竖直方向夹角为45°时，气泡运动较快.

(7) 气泡越大，运动越快.

(8) 从0刻度线位置开始记录数据，分析数据可知：气泡的运动可以看作匀速直线运动.

判断依据：气泡通过相同路程所用时间相同.

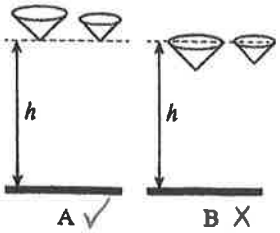
从0刻度线开始运动的路程 s/cm	0	10	20	30	40
从0刻度线开始运动的时间 t/s	0	5	10	15	20



(9) 图中0刻度线位置不标在玻璃管底部的原因是气泡刚开始的运动是变速的.

题型9：比较纸锥下落快慢的实验

1. 实验目的：探究纸锥下落快慢与锥角及扇形半径的关系.
2. 实验操作：把纸锥拿到同一高度由静止释放.(图A)
3. 实验器材：圆形纸、剪刀、刻度尺、秒表.

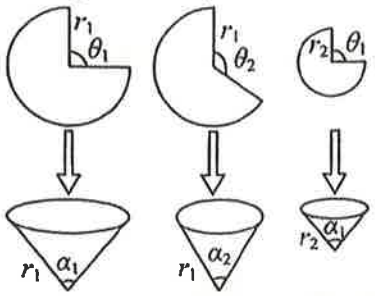


4. 考点梳理

(1) 比较纸锥运动快慢的方法：相同路程比时间.

(2) 经探究：纸锥下落快慢与扇形半径无关，与锥角有关，锥角越小，下落越快.

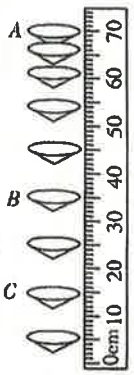
r　　α



(3) 为了准确测量时间，应增大下落时间.

- 选用锥角更大的纸锥
- 增加下落高度

(4) 如果高度足够，纸锥的运动情况：先加速，后匀速.



速度综合计算

一、交通标志牌、速度表、列车时刻表问题

交通标志牌



1. "西安 60km"的含义是此地距西安60km.
2. "40"的含义是从此地到西安这段路上限速40km/h.
或最大速度

速度表



由速度表可知：汽车此时行驶速度为40km/h.

列车时刻表

1. 某段总路程 $S_{总}$：两地路程之差.
2. 某段总时间 $t_{总}$：终点到达时间减起点发车时间.
3. 某段平均速度：$v=\frac{S_{总}}{t_{总}}$

[阿超精选例题] 下表为G8358次高铁列车的部分运行时刻表，根据列车运行时刻表，求列车由上海虹桥站到盐城站的平均速度.

站名	上海虹桥	太仓	常熟	张家港	海安	东台	盐城
到站时刻	——	20:30	20:51	21:02	21:34	21:49	22:10
发车时刻	19:58	20:32	20:53	21:04	21:36	21:51	终点
里程/km	0	53	106	124	215	255	316

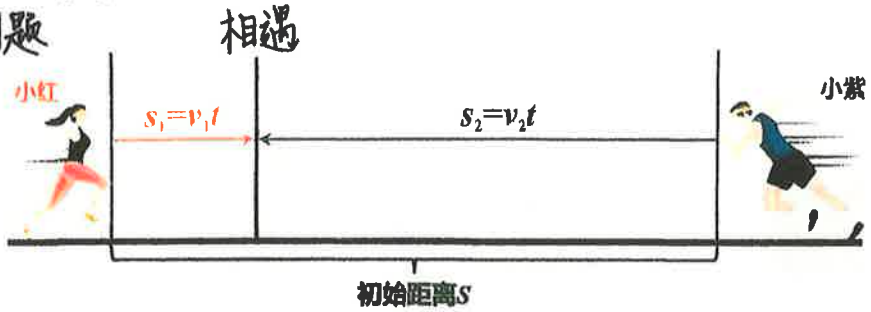
解：上海虹桥站到盐城站 $S_{总}=316km-0=316km$

$t_{总}=22:10-19:58=2h\,12min=2.2h$

平均速度 $v=\frac{S_{总}}{t_{总}}=\frac{316\,km}{2.2h}\approx143.6\,km/h$

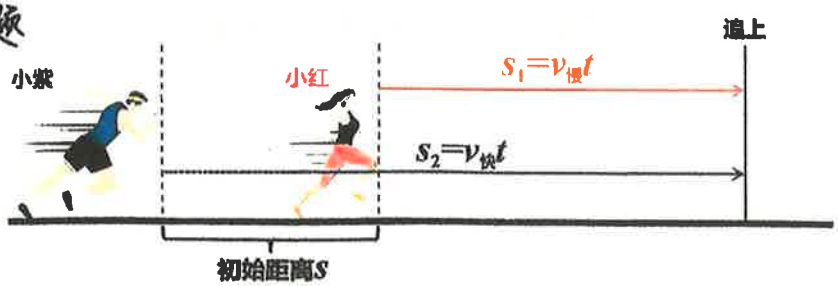
二、相遇、追及问题

1. 相遇问题



- 小红通过的路程：$s_1=v_1t$
- 小紫通过的路程：$s_2=v_2t$
- 两人初始距离：$s=s_1+s_2=(v_1+v_2)t$

2. 追及问题



- 小红通过的路程：$s_1=v_{慢}t$
- 小紫通过的路程：$s_2=v_{快}t$
- 两人初始距离：$s=s_2-s_1=(v_{快}-v_{慢})t$



阿赵物理小诀窍

相遇问题：路程和 = 速度和 × 相遇时间

追及问题：路程差 = 速度差 × 追及时间

[阿赵精选例题] 田径跑道的周长是400m，小明以5m/s的速度与小丽同时从同一地点反向匀速跑步，小丽的速度为3m/s，则二人从出发到第一次相遇用时 50 s.

解析：$s_{明}+s_{丽}=v_{明}t+v_{丽}t=400m$

$$t=\frac{s_{明}+s_{丽}}{v_{明}+v_{丽}}=\frac{400m}{5m/s+3m/s}=50s$$

[阿赵精选例题] 步行人的速度$v_1=5km/h$，骑车人的速度$v_2=15km/h$，若步行人先出发30min，则骑车人多久才能追上步行人？

解：两人路程差，$s_2-s_1=v_1t_先=5km/h\times30min=5km/h\times0.5h=2.5km$

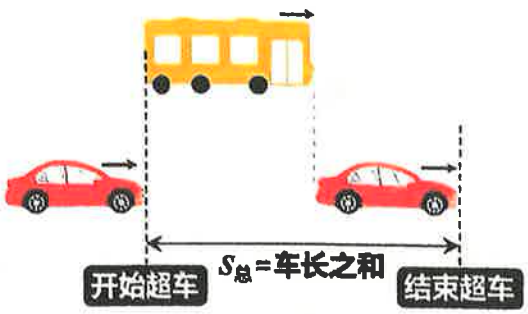
$$s_2-s_1=v_2t-v_1t=(v_2-v_1)t$$

$$t=\frac{s_2-s_1}{v_2-v_1}=\frac{2.5km}{15km/h-5km/h}=0.25h$$

3. 超车、错车问题

解题关键：以黄车为参照物，即假定它静止，研究两车相对运动。

(1) 超车问题



★红车超车通过的总路程：车长之和

$S_{总}=S_{红}+S_{黄}$

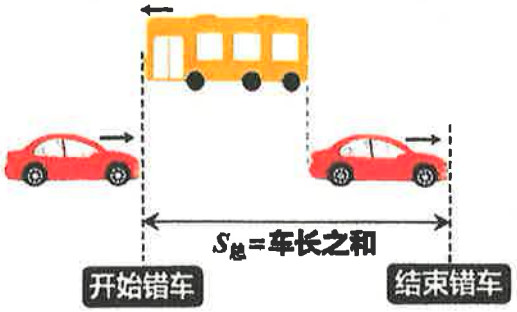
★红车相对于黄车的速度：速度之差

$V_{超}=V_{红}-V_{黄}$

★超车所用时间：

$$t_{超}=\frac{S_{红}+S_{黄}}{V_{红}-V_{黄}}$$

(2) 错车问题



★红车与黄车错车通过的总路程：车长之和

$S_{总}=S_{红}+S_{黄}$

★红车相对于黄车的速度：速度之和

$V_{错}=V_{红}+V_{黄}$

★错车所用时间：

$$t_{错}=\frac{S_{红}+S_{黄}}{V_{红}+V_{黄}}$$

[阿超精选例题] 一列长135m的列车以12m/s的速度行驶，后面开来长126m的另一车两列车，车速为17m/s．请问后面的列车完全超过前面的列车需用时多少秒？

★解：$t=\frac{S_1+S_2}{V_2-V_1}=\frac{135m+126m}{17m/s-12m/s}=52.2s$

[阿超精选例题] 一列长90m的列车行驶速度为15m/s，它追上并超过长50m的列车用了14s，如果这两辆车相向而行，求错车时间．

★解：$t_{超}=\frac{S_1+S_2}{V_1-V_2}=\frac{90m+50m}{15m/s-V_2}=\frac{140m}{15m/s-V_2}=14s$，解得：$V_2=5m/s$

$$t_{错}=\frac{S_1+S_2}{V_1+V_2}=\frac{140m}{15m/s+5m/s}=7s$$

注意：如果题目中是"车上的人"观察列车或错车，则人所在的车车长不计．

声现象基础

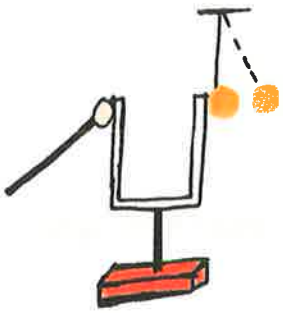
一、声音的产生

1. 声音是由物体振动产生的.



嗓、鼓.音叉振动太微小怎么办?需要放大!

2. 音叉乒乓球实验



☆乒乓球的弹跳说明了声音是由物体振动产生的.

☆实验方法:转换法!

把看不见的微小振动转换为明显的现象.

☆转换法的目的:放大实验效果.

3. 振动一定会发为声音,但我们不一定都听见.

例如:蝴蝶扇动翅膀.

4. 振动停止,发声停止,声音不一定消失.

例如:回声.

5. 正在发声的物体叫声源.一切固体、液体、气体都能充当声源.

二、声音的传播

1. 声音的传播需要介质.



注意:一切气体、液体、固体都能传声.

例如:学生听讲、"悟得鱼水不在人"、隔墙有耳……

2. 闹铃抽真空实验



★ 随着空气的抽出，你听到的声音越来越小．假设空气完全抽干，将听不到声音．

★ 这个实验说明了真空不能传声．

★ 实验方法：理想实验法（又叫科学推理法）！

三、声音传播的速度

1. 一般情况下，$v_{固} > v_{液} > v_{气}$．

2. 同种物质，温度越高，声速越快．

3. 15℃的空气中，声速为340m/s．

四、声音的特性

1. 响度

(1) 响度表示声音的强弱（大小）．

(2) 响度的影响因素：

① 响度与声源的振幅有关．（振幅越大，响度越大）

② 响度与人耳到声源的距离有关．（距离越近，响度越大）

③ 响度与声音的发散程度有关．（声音越集中，响度越大）

2. 音调

(1) 音调表示声音的高低（粗细）．

(2) 频率：描述物体振动快慢的物理量．

振动快，频率高．

振动慢，频率低．

① 大小：物体在1s内振动的次数．

② 单位：赫兹（Hz）

(3) 音调的影响因素：

音调的高低是由声源振动的频率决定的．

3. 音色

(1) 音色表示声音的品质与特色．

(2) 影响音色的因素：

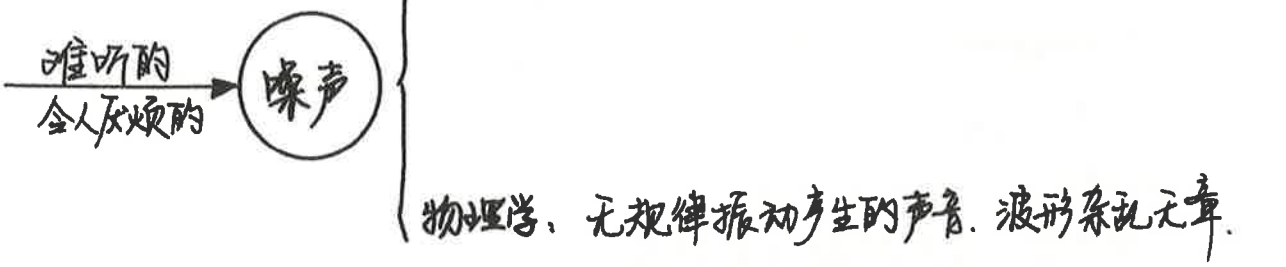
发声物体的材料、结构．



人们根据音色来区分发声体．

五、噪声

1. 定义



2. 声强级：声音强弱的等级用声强级表示，单位分贝(dB).

- 0dB：人耳能听见的最微弱的声音.
- 30~40dB：较为理想的安静环境.
- 超过50dB：影响正常休息.
- 超过70dB：影响学习.
- 超过90dB：损害听力.

3. 噪声的控制

(1) 防止噪声产生 ——在声源处控制噪声.
例如：禁止鸣笛，在摩托车发动机上安装消声器 ……

(2) 阻断噪声传播 ——在声音传播途中控制噪声.
例如：居民区植树，安装隔音墙，道路两旁的隔音板……

(3) 防止噪声进入耳朵 ——在声音接收处控制噪声.
例如：戴上耳罩 ……

声现象进阶

一、声音的产生与传播

题型1：易错概念辨析

1. 振动一定会发出声音，但我们不一定能听到

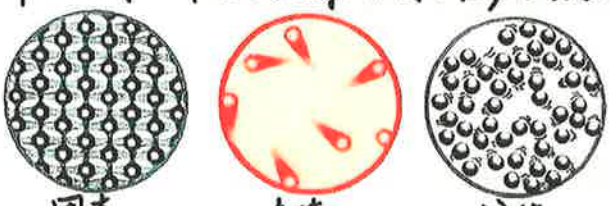
例如：蝴蝶扇动翅膀、声音太小/太远……

2. 振动停止，发声停止，但声音不一定停止。（可能还在传播）

例如：回声。

3. 一般情况下，固体传声速度快，效果好

- 原因：固体内部分子排列最紧密，最有利于传声，损失小，速度快。

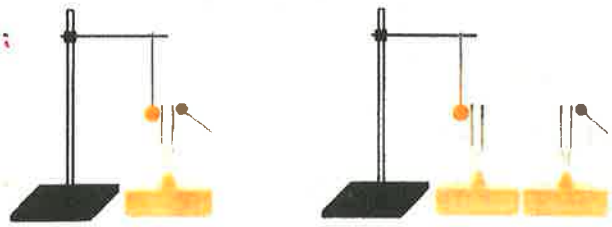


- 应用：侦察兵耳朵贴地探测敌军位置、土电话……

4. 15℃时，空气的传声速度为340m/s。（声速计算中的默认已知量）

题型2：探究声音产生条件的实验（音叉、乒乓球实验）

经典考法：



如左图所示：

1. 用乒乓球靠近正在发声的音叉会看到乒乓球被弹起，这说明声音是由物体振动产生的。

2. 实验方法：转换法，目的是把音叉的微小振动放大。

3. 如果把该实验拿到月球上做，能看到乒乓球被弹起，不能听到声音。

如右图所示：

1. 敲击右边的音叉，会看到左边音叉的乒乓球被弹起，这说明：①空气可以传播声音（优先），②声音是由物体振动产生的。

2. 如果把该实验拿到月球上做，不能看到乒乓球被弹起，不能听到声音。

题型3：探究声音传播条件的实验（闹铃抽真空）

经典考法：

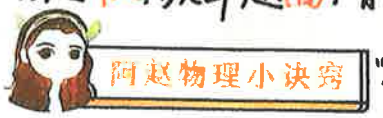


1. 随着空气逐渐被抽出，你会听到闹铃的声音逐渐变小，甚至听不到；让空气逐渐进入，会听到声音逐渐变大。
2. 实验方法：理想实验法（或科学推理法）。
3. 该实验说明：真空不能传声（声音的传播需要介质）。
4. 实际操作中，就算完全抽干空气，还是能听到微弱的声音，是因为玻璃罩也能传播声音。

二、声音的三要素

题型4：三要素易错概念辨析

1. 用力大小——振幅——响度
2. 振动快慢——频率——音调　→ 主要考影响因素
- 振动越快，频率越高，音调越高；振动越慢，频率越低，音调越低



"快高高，慢低低"。

3. 区分发声体——音色　主要考它的作用
4. 经典对应的词语（或诗句）

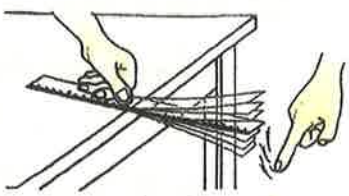
(1) 响度：震耳欲聋、声如洪钟、窃窃私语、响鼓要用重锤敲、引吭高歌、高声喧哗、"不敢高声语，恐惊天上人"……

(2) 音调：高音、低音、脆如银铃……

(3) 音色：未见其人先闻其声、好听、难听、声纹线……

题型5：音调探究实验

[实验1：钢尺实验]

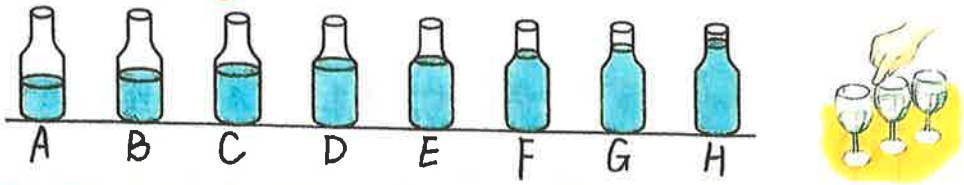


1. 拨动钢尺的力度不同，响度不同。
   用力越大，钢尺振幅越大，响度越大。
2. 钢尺伸出桌面的长度不同，音调不同。
   钢尺伸出桌面越短（振动），振动越快，频率越高，音调越高；

钢尺伸出桌面越长（笨重），振动越慢，频率越低，音调越低.

3. 探究钢尺伸出桌面的长度对音调的影响时，一定要控制拨动钢尺的力度相同，这里用到了控制变量法.

[实验2：水瓶实验]



1. 敲击水瓶时，声源是瓶子和水，水越多（笨重），振动越慢，音调越低，此时，音调最高的是A.
2. 吹水瓶时，声源是瓶内空气柱，水越多（空气柱越短），振动越快，音调越高. 此时，音调最高的是H.
3. 用湿手摩擦杯口时，声源是杯子和水，水越多，振动越慢，音调越低，此时，音调最高的是A.

[实验3：探究弦乐器音调影响因素的实验]



1. 影响因素：材料、长度、粗细、松紧程度.
   弦越长、粗、松，振动越慢，频率越低，音调越低；
   弦越短、细、紧，振动越快，频率越高，音调越高.
2. 实验方法：控制变量法.

[其他实验]



用硬纸片划过梳子

★划得越快，振动越快，音调越高.

★齿数越多，振动越快，音调越高.

用硬纸板接触齿数不同的齿轮



1. 声源：管内空气柱。

2. 吸管越短，空气柱振动越快，频率越高，音调越高。

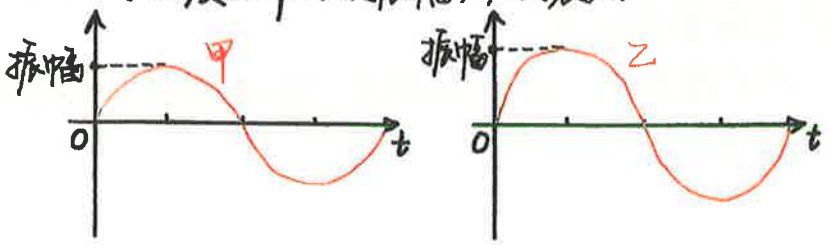


1. 声源：水壶内空气柱。

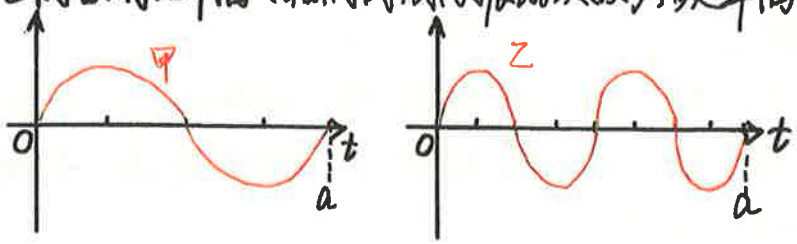
2. 水越少，空气柱振动越快，频率越高，音调越高。
   ↳空气柱越短

三、波形图

1. 乙的响度比甲大（振幅大，响度大）

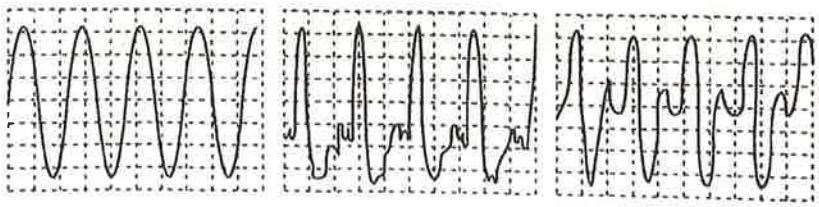


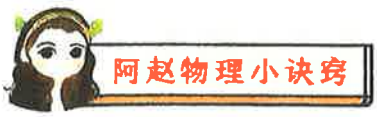
2. 乙的音调比甲高（相同时间内振动次数多，频率高，音调高）



a时间内，振动1次　　a时间内，振动2次

3. 三者音色不同

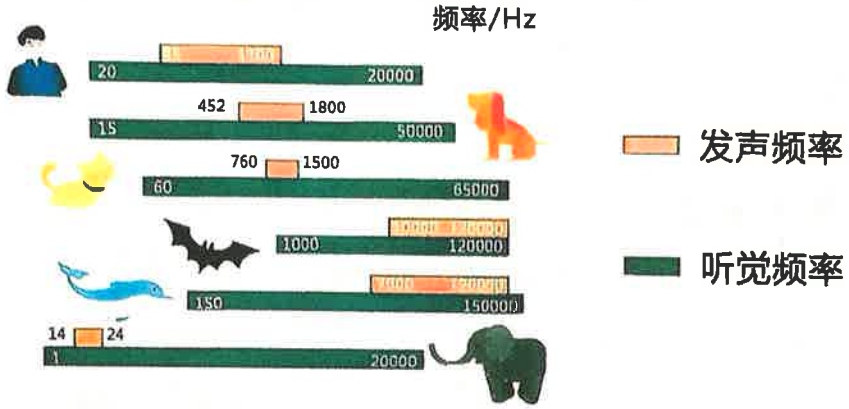




响度看高低，
音调看疏密，
音色看形状。

四、人耳听不见的声音

1. 人耳听觉频率范围：20Hz～20000Hz.



2. 超声波：频率高于20000Hz的声波.

特点及应用

(1) 方向性好：声呐、超声波定位……

(2) 能量集中：超声波碎石、超声波清洗、超声波电动牙刷……

(3) 穿透性强：B超、超声波探伤……

3. 次声波：频率低于20Hz的声波.

特点及应用

(1) 特点：来源广、易绕过障碍物、传播远.
→通常伴随着自然灾害.

(2) 应用：预测自然灾害.

五、声的利用

1. 声可以传递信息.

例如：日常传递信息(上课听讲、语音交流)；打雷知下雨；医生用听诊器听心跳；蝙蝠、雷达的回声定位；B超诊断疾病；超声波探伤……

2. 声可以传递能量.

例如：超声波清洗(眼镜、精密仪器等)，次声波武器，超声波击碎体内结石，超声波焊接、切割……

声速综合计算

一、声速基础计算

题型1：声与光的计算

计算题中一般默认：$V_{光}=3\times10^8 m/s$，$V_{声}=340m/s$.

[百米赛跑问题] 计时员应该看到火药烟就计时，若听到枪声再计时，会少计0.29s.

枪声传到计时员耳中需要 $t=\frac{s}{V_{声}}=\frac{100m}{340m/s}\approx0.29s$.

（其实，一开枪运动员已经跑了！）

二、回声测距

题型2：基础回声问题

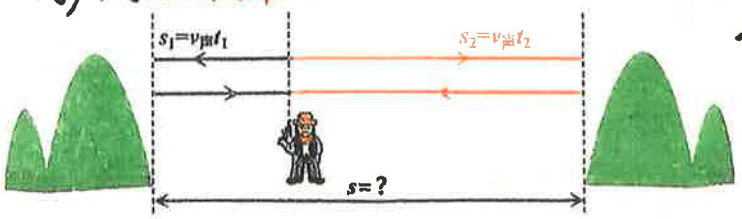
回声：声音遇到障碍物被反射回来的现象.

注意：1. 声音一去一回，注意2倍关系.

2. 人耳能区分回声与原声的最短时间间隔是0.1s，要听到回声，声源到障碍物的最短距离为17m.

题型3：谷中鸣枪问题

类型1：阿赵站在两山之间开了一枪，t_1时间后听到第一次回声，t_2时间后听到第二次回声，则两山间距为：



$$s=\frac{1}{2}(s_1+s_2)$$
$$=\frac{1}{2}(v_{声}t_1+v_{声}t_2)$$
$$=\frac{1}{2}v_{声}(t_1+t_2)$$

[阿赵精选例题] 小叶子站在两幢高楼之间大喊一声，3s后听到第一次回声，又过了2s后听到第二次回声，则两幢楼之间的距离为多少？（空气中的声速为340m/s）

解：由题意可知：$s=\frac{1}{2}(s_1+s_2)$

由$v=\frac{s}{t}$得：$s=\frac{1}{2}(vt_1+vt_2)$

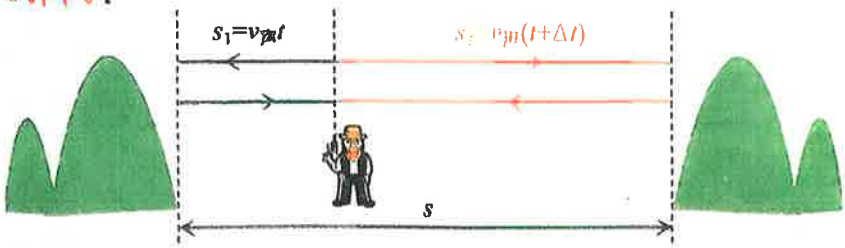
$=\frac{1}{2}v(t_1+t_2)$

$=\frac{1}{2}\times340m/s\times(3s+3s+2s)$

$=1360m$

（t_1：3s；t_2：3s+2s）

类型2：已知两山间距为S，阿超站在两山之间开了一枪，听到两次回声的时间间隔为Δt，求人到两山的距离。



设人听到较近一侧回声的时间为t，则听到较远一侧回声的时间为$t+\Delta t$。

$S=\frac{1}{2}v_{声}(t+t+\Delta t)$，求出$t$，再求2个距离。

[阿超精选例题] 有一山谷宽1200m，两旁都是竖直的峭壁，有一人在山谷内开了一枪，听到两次回声的时间间隔为5s，则人到两峭壁的距离分别是多少？（空气中的声速为340m/s）

解：设人听到较近一侧回声的时间为t，则听到较远一侧回声的时间为$t+5s$。

由题意知：$S=\frac{1}{2}(S_1+S_2)$

由$v=\frac{s}{t}$得：$S=\frac{1}{2}[vt+v(t+5s)]$

$S=\frac{1}{2}v(t+t+5s)$

$1200m=\frac{1}{2}\times 340m/s\times(2t+5s)$

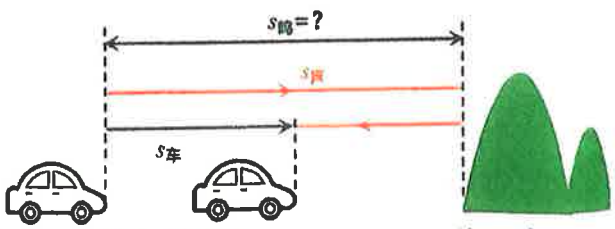
解得：$t=\frac{35}{34}s$

人到较近峭壁的距离$S_{近}=\frac{1}{2}S_1=\frac{1}{2}vt=\frac{1}{2}\times 340m/s\times\frac{35}{34}s=175m$，

人到较远峭壁的距离$S_{远}=S-S_{近}=1200m-175m=1025m$。

题型4：山前鸣笛问题

类型1：一辆速度为$v_{车}$的汽车在向着山前进的过程中鸣笛，鸣笛t时间后听到回声，则汽车鸣笛时与山的距离为：



$S_{鸣}=\frac{1}{2}(S_{声}+S_{车})$

$=\frac{1}{2}(v_{声}t+v_{车}t)$

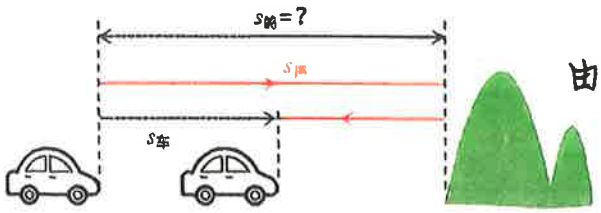
$=\frac{1}{2}(v_{声}+v_{车})t$

[阿超精选例题] 一辆汽车向着山崖以15m/s的速度匀速行驶，在离山崖一定距离的地方鸣笛，经过0.8s后司机听到了回声。求：（空气中的声速为340m/s）

(1)汽车鸣笛时距山崖多远？

(2)汽车听到回声时距山崖多远？

☆解：(1)由题意得：



$$s_{鸣}=\frac{1}{2}(s_{声}+s_{车})$$

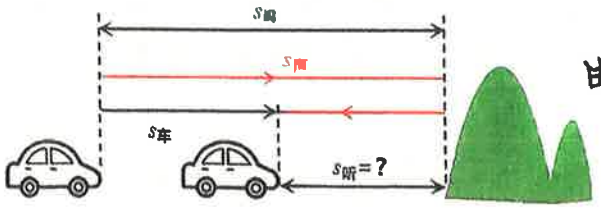
由$v=\frac{s}{t}$得：$s_{鸣}=\frac{1}{2}(v_{声}t+v_{车}t)$

$=\frac{1}{2}(v_{声}+v_{车})t$

$=\frac{1}{2}\times(340m/s+15m/s)\times0.8s$

$=142m$

(2)由题意得：



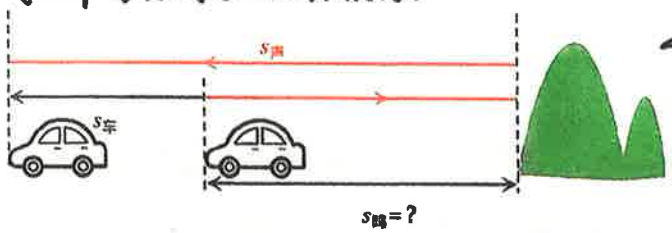
$$s_{听}=\frac{1}{2}(s_{声}-s_{车})$$

由$v=\frac{s}{t}$得：$s_{听}=\frac{1}{2}(v_{声}t-v_{车}t)$

$=\frac{1}{2}\times(340m/s-15m/s)\times0.8s$

$=130m$

类型2：一辆速度为$v_{车}$的汽车在远离山前进的过程中鸣笛，鸣笛t时间后听到回声，则汽车鸣笛时与山的距离为：



☆$s_{鸣}=\frac{1}{2}(s_{声}-s_{车})$

$=\frac{1}{2}(v_{声}t-v_{车}t)$

$=\frac{1}{2}(v_{声}-v_{车})t$

[阿赵精选例题]峭壁前方的山路上，一辆汽车以20m/s的速度向远离峭壁的方向匀速行驶，在某处鸣笛后经过3s听到回声，则鸣笛时车和峭壁间的距离为多少？(空气中的声速为340m/s)

☆解：由题意得：$s_{鸣}=\frac{1}{2}(s_{声}-s_{车})$

由$v=\frac{s}{t}$得：$s_{鸣}=\frac{1}{2}(v_{声}t-v_{车}t)$

$=\frac{1}{2}(v_{声}-v_{车})t$

$=\frac{1}{2}\times(340m/s-20m/s)\times3s$

$=480m$

三、多介质传声(敲水管问题)

一个人在装满水的铁管一端敲一下，另一个人在铁管另一端用耳朵紧贴着听(铁管足够多长)，能听到3次声音，第一次声音是通过铁管传播来的，第二次是通过水，第三次是通过空气。若在月球上做同样的实验，则另一端的人会听到2次声音。(月球上没有空气)

[阿超精选例题] 有一段长为18m的装满水的铁管，将耳朵贴在装满水的铁管一端，在另一端敲一下，能听到几次声音？（已知：声音在铁、水和空气中的传播速度依次为5200m/s、1500m/s和340m/s，人耳能分清前后两次声音的时间间隔要大于0.1s）

解：由$v=\frac{s}{t}$得：

$$t_{铁}=\frac{s}{v_{铁}}=\frac{18m}{5200m/s}\approx 0.003s$$

$$t_{水}=\frac{s}{v_{水}}=\frac{18m}{1500m/s}=0.012s$$

$$t_{空气}=\frac{s}{v_{空气}}=\frac{18m}{340m/s}\approx 0.053s$$

每两次声音的时间间隔都小于0.1s，人耳无法区分，故只能听到1次声音.

光的直线传播与反射基础

一、光源

1. 定义：能够发光的物体.（强调自身正在发光）

注意：反射其他光的物体不是光源.

例如月亮、猫眼、钻石、投影屏幕都不是光源.

2. 分类

- 自然光源：太阳、萤火虫、闪电……
- 人造光源：通电的灯、点燃的蜡烛……

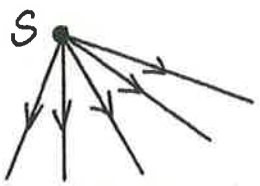
二、光的直线传播

1. 光在同种均匀介质中沿直线传播.

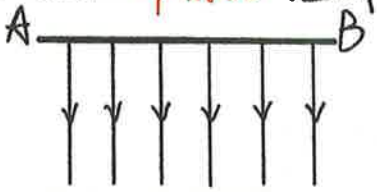
注意：(1) 光的传播不需要介质，光在真空中也可传播.

(2) 真空中，光速 $c \approx 3\times10^8 m/s$.

2. 光线：一条表示光的传播路径和方向的带箭头的直线.



点光源



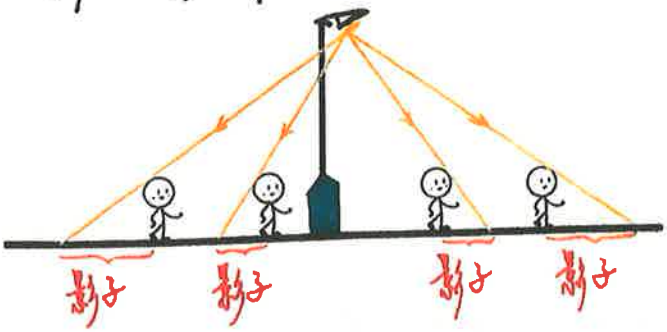
平行光源

注意：(1) 光线实际并不存在，是为了研究方便，假设出来的.

(2) 这种科学研究方法叫作理想模型法.

3. 应用

(1) 影子：由于物体阻挡了光的传播，光不能穿过不透明物体而形成的较暗区域.



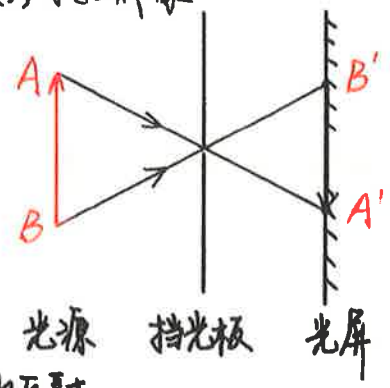
靠近路灯，影子变短；

远离路灯，影子变长；

经过路灯，影子先变短后变长.

(2) 射击瞄准三点一线、激光准直、排队看齐……

(3) 小孔成像



★成像特点：倒立的实像.

★成像形状：与物体相同，与孔无关.

★动态变化：物近屏远像变大.

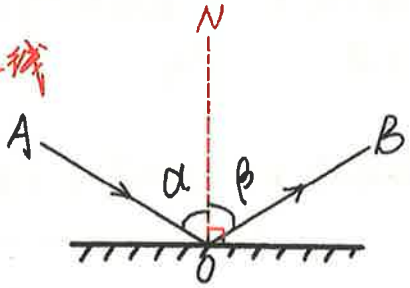
三、光的反射

1. 现象：水中倒影、照镜子、汽车后视镜……

2. 定义：光从一种介质射到另一种介质表面后又返回原来介质中的现象.

3. 光路图

★一点两角三线



入射点：O

入射光线：AO

反射光线：OB

法线：NO

入射角：∠α　反射角：∠β

4. 光的反射定律

(1) 三线共面：反射光线、法线、入射光线在同一平面内.

(2) 两线分居：反射光线、入射光线分居法线两侧.

(3) 两角相等：反射角等于入射角.（两角顺序不能换！）



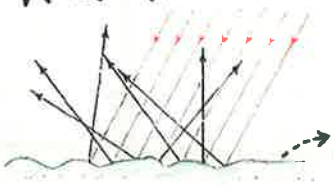
注意：
- 在反射现象中，光路是可逆的.
- 垂直入射，原路返回.

5. 分类

★镜面反射



★漫反射



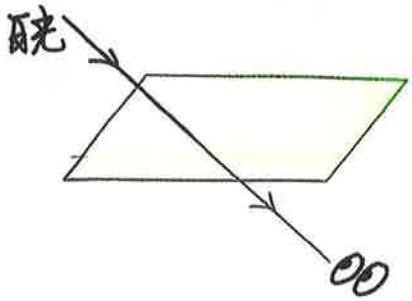


注意：二者都遵循光的反射定律.

光的直线传播与反射进阶 1

一、物体的颜色

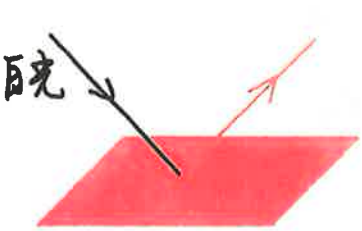
1. 透明物体（其颜色由它所透过的色光决定）



★ 单色原则：异色光吸收
同色光透过 → 人眼

注意：无色透明物体可以透过所有色光。

2. 不透明物体（其颜色由它所反射的色光决定）



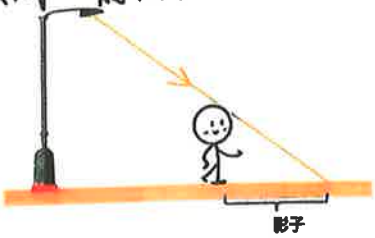
★ 单色原则：异色光吸收
同色光反射 → 人眼

注意：白色物体可以反射所有色光。
黑色物体可以吸收所有色光。

二、光的直线传播

应用1：影子

1. 画图（光线：实线+箭头）

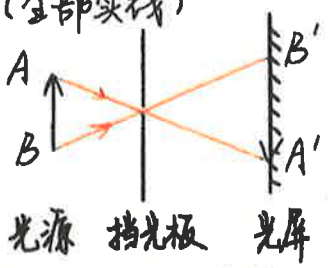


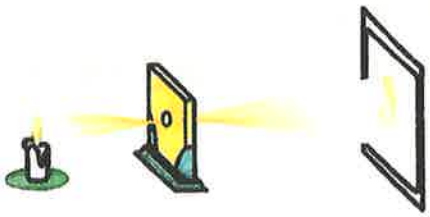
2. 人经过一盏路灯，影子先变短后变长。

- 靠近路灯，影子变短；
- 远离路灯，影子变长。

应用2：小孔成像实验考点梳理

1. 画图（全部实线）





2. 成像特点：倒立、实像。

上下、左右都相反

3. 像的形状：与孔的形状无关。

4. 若孔太大：不成像，光屏上会出现一片光亮。

5. 左右移动问题（如何让像变大），物体靠近小孔，光屏远离小孔。



物近屏远像变大

6. 上下移动问题，物体向上移动，成像向下移动。



物像跷跷板，高低都相反。

7. 树荫下的圆形光斑是太阳通过树叶间的缝隙在地面上所成的实像。
光斑大小不同的原因：树叶间的缝隙到地面的距离不同。

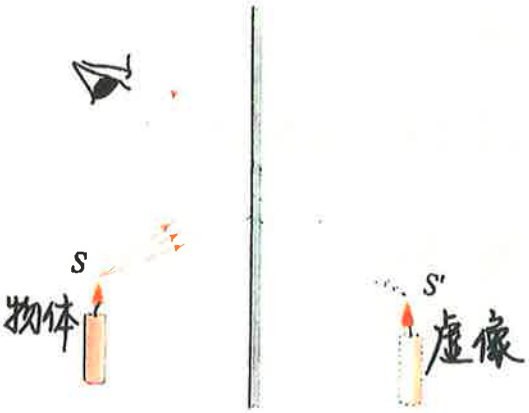
三. 光的反射

应用1：看见本身不发光的物体

应用2：水中倒影

应用3：平面镜成像

1. 原理图



2.特点

(1) 等大：像与物的大小相等.

(2) 等距：像与物到平面镜的距离相等.

(3) 垂直：像与物的连线与平面镜垂直.

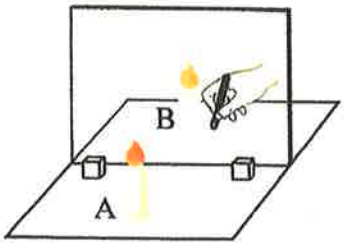
(4) 相反：像与物左右相反.

(5) 虚像：平面镜所成的像为虚像.



等大.等距.垂直.相反.虚像.

3.实验考点梳理



(1) 实验在较暗的环境下进行会使成像更清晰.

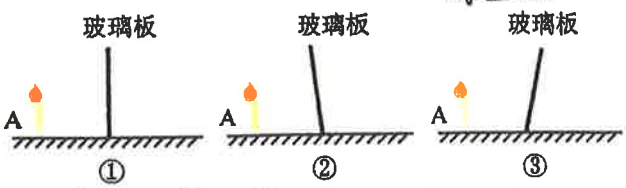
(2) 使用玻璃板不使用平面镜的原因：便于确定像的位置.

(3) 使用薄色玻璃板的原因：使成像更清晰.

(4) 使用完全相同的两根蜡烛的目的，便于比较像与物的大小关系.

→实验方法：等效替代法.

(5) 玻璃板未与纸面垂直的影响：无论怎样移动未点燃的蜡烛都无法与像重合.



①成像位置正确.

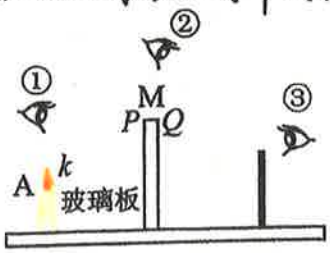
②成像偏高且倾斜.

③成像偏低且倾斜.

(6) 玻璃板太厚的影响：玻璃板前后两个面都会成像，两个像不重合，难以确定像的位置.

(7) 眼睛在点燃的蜡烛一侧观察像.(如下图眼睛①的位置)

(8) 移去蜡烛B，在其原来位置上放一块不透明的光屏，按照眼睛②的方法观察光屏，光屏上不能出现蜡烛的像，说明平面镜所成像为虚像.



(9) 未点燃的蜡烛无法与像重合的原因：

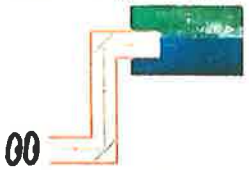
① 玻璃板与桌面不垂直，导致光路

② 玻璃板太厚，

③ 点燃的蜡烛已经燃烧了一部分，变矮了

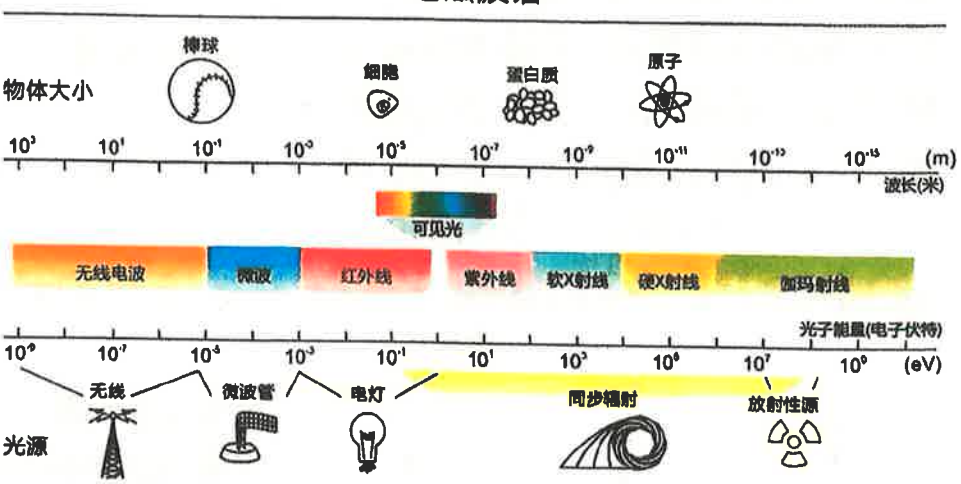
4. 平面镜的作用：改变光路。 例如：潜望镜。





四、电磁波家族

1. 电磁波谱图（光是一种电磁波）



2. 红外线

(1) 特点：热效应强。

一切物体都在对外辐射红外线，温度越高，辐射的红外线越多。

(2) 应用：遥控器、夜视仪、热追踪导弹、红外感应……

3. 紫外线

(1) 特点：能使荧光物质发光、能促进维生素D的合成。

(2) 应用：杀菌、验钞、晒太阳补钙……

注意：
- 过量的紫外线会伤害人体。
- 红外线、紫外线人眼都看不见。

光的直线传播与反射进阶 2

题型1、看见物体的原理

- 看见发光的物体，是因为物体发出的光直接进入了我们的眼睛.
- 看见不发光的物体，是因为物体反射的光进入了我们的眼睛.



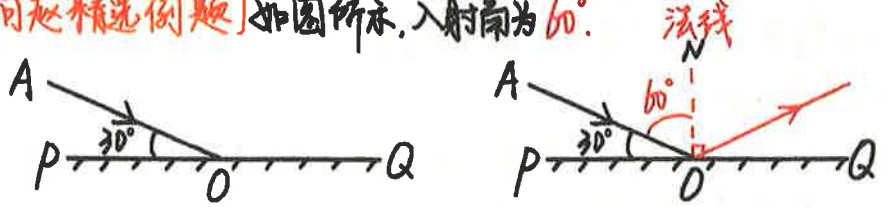
[注意] 人眼不会发光，人眼看见物体，光线进入人眼.

题型2、反射定律及探究实验

- 光的反射定律

1. 入射角与反射角都是光线与法线的夹角.

[阿超精选例题] 如图所示，入射角为 60°.

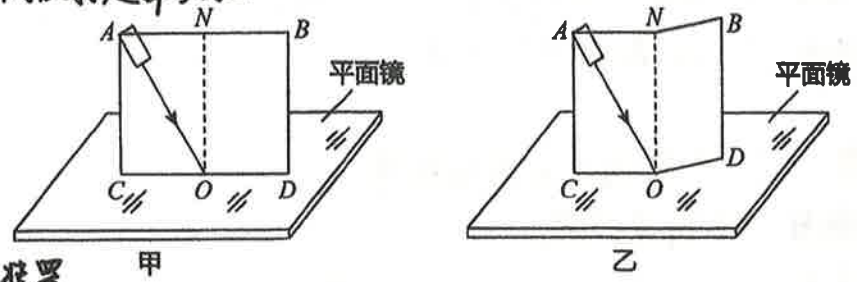


☆注意，∠AOP不是入射角，∠AON才是入射角.

2. 光的反射定律中的两角关系：反射角等于入射角.（因果关系、先后顺序不能反）

3. 垂直入射：原路返回，反射角 = 入射角 = 0°.

- 探究光的反射定律实验



☆实验装置

1. 平面镜水平放置，纸板要竖直放置在平面镜上，除了纸板和平面镜外，还需要的仪器是激光笔、直尺、笔、量角器.

2. 纸板的主要作用是显示光路，最好选择白色粗糙的硬纸板.

可以反射所有色光 ← 白色　粗糙 → 漫反射

3. 从不同方向都可以看到纸板上入射光的径迹，这是因为光在纸板上发生了漫反射.

☆实验分析

1. 要想探究两角关系，体需要多次改变入射角的大小，得到的结论：反射角等于入射角.

2. 多次测量的原因，避免实验偶然性，寻找普遍规律.

（不能写减小误差）

3. 将右侧纸板向前或向后转动，纸板上不能观察到反射光，说明：反射光线、法线和入射光线在同一平面内.

4. 将一束光贴着纸板沿BO射到O点，光沿着OA方向射出，说明光反射时，光路是可逆的.

5. 看到折纸板后，反射光线仍然存在. 如果不允许折回纸板，该如何显示此时的反射光？答：在空气中喷洒火因雾.

题型3：镜面反射与漫反射

镜面反射：一束平行光照射到光滑的表面后，会被平行地反射出来.

例如：玻璃幕墙、黑板反光.

特点：要么晃眼睛、要么看不见.



漫反射：一束平行光照射到粗糙的表面后，会被向着四面八方反射出来.

例如：纸、衣服、电影幕布、黑板上的字.

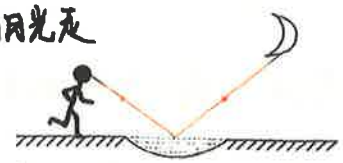
特点：各个方向都能看到物体.



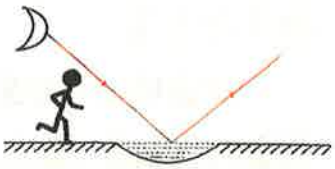
☆注意：二者都遵循光的反射定律.

经典题目：月下踩水问题

迎着月光走



背着月光走



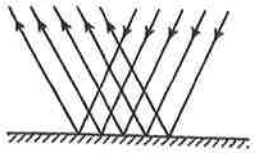
☆不管人迎着月光走，还是背着月光走，地面都发生漫反射，亮度不变.

☆人迎着月光走时，水面发生镜面反射，光线全部进入人眼，相比而言，此时水亮地暗.

☆人背着月光走时，水面发生镜面反射，光线全部背离人眼，相比而言，此时水暗地亮.

题型4：三种面镜

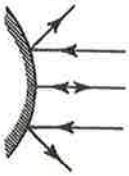
平面镜



作用：改变光路.

应用：潜望镜、自行车尾灯(角反射器)、牙医用的口腔观察镜.

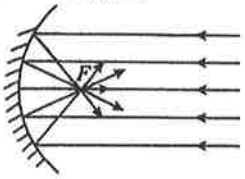
凸面镜



作用：发散光线（打大视野）.

应用：汽车后视镜、山路转角镜.

凹面镜



作用：会聚光线.

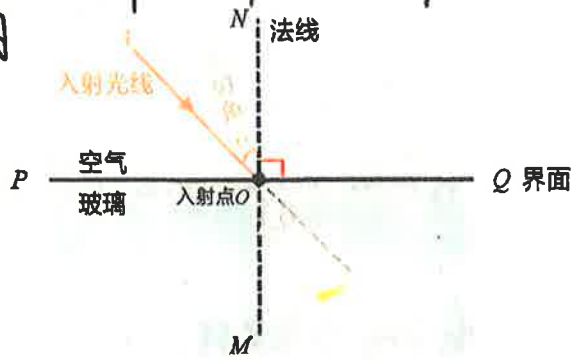
应用：太阳灶、耳道观察镜.

光的折射基础

光的折射

1. 定义：当光从一种介质斜射入另一种介质时，传播方向发生偏折的现象.

2. 光路图



一点两角三线

3. 光的折射规律

(1) 三线共面：入射光线、法线、折射光线在同一平面内.

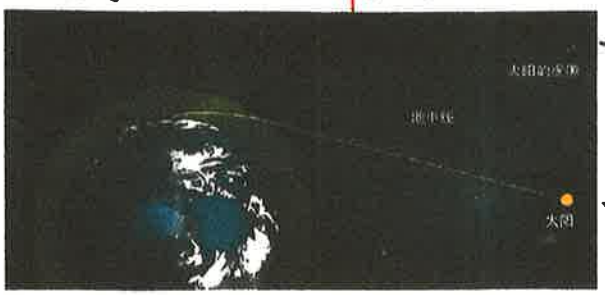
(2) 两线分居：入射光线、折射光线分居法线两侧.

(3) 同增同减：折射角随入射角增大而增大，减小而减小.

注意：•在折射现象中，光路是可逆的. •垂直入射，光路不变.

4. 应用

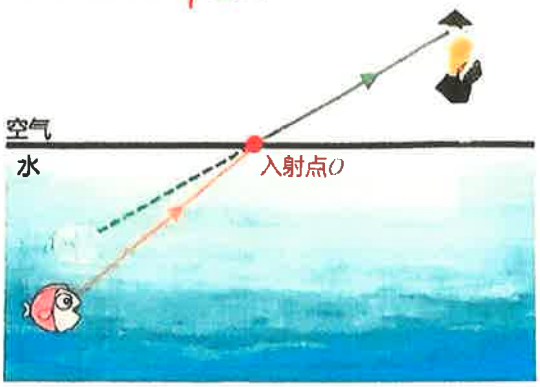
(1) 日出：我们看到的日出比实际早.



---→人看到的位置

---→实际位置

(2) 渔夫叉鱼：朝看到的鱼下方叉.



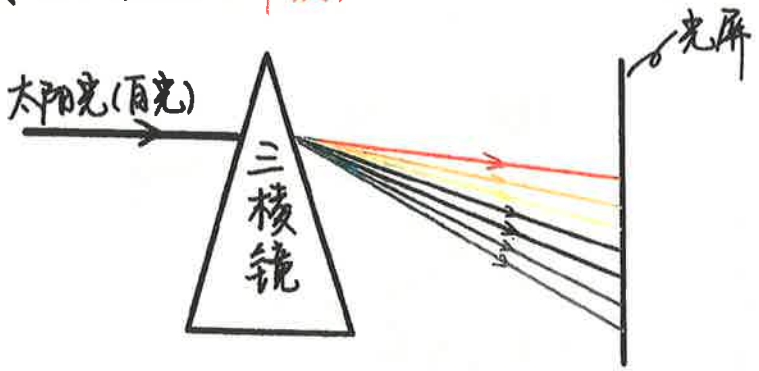
激光照鱼：对准看到的鱼照。[光路可逆]

(3) 海市蜃楼、水中筷子变弯、池水变浅……

(4) 光的色散：太阳光经过棱镜后被分解为各种颜色的光，这种现象叫光的色散。

- 单色光：不能再色散的光。
- 复色光：由多种单色光混合而成的光。

★色散实验（牛顿）



结论：(1) 太阳光(白光)是一种复色光。

(2) 太阳光(白光)可以分解为红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫七种色光。

光的折射进阶

题型1：光的三现象辨析

下列现象中，属于光的直线传播或由光的直线传播形成的是 1、3、4、9、10、17、19、20；
属于光的反射的是 2、8、11、12、14、15、18；
属于光的折射的是 5、6、7、13、16。

1. 影子
2. 猴子捞月
3. 激光准直
4. 射击瞄准
5. 水中筷子变弯
6. 彩虹的形成
7. 潭清疑水浅
8. 池水映明月
9. 日食、月食
10. 小孔成像
11. 镜中花、水中月
12. 阿赵在湖中看到自己的倒影
13. 海市蜃楼
14. 阿赵照镜子看到自己
15. 杯弓蛇影
16. 渔夫叉鱼的奥秘
17. 排队看齐
18. 人看到本身不发光的物体
19. 一叶障目，不见泰山
20. 树荫下的圆形光斑

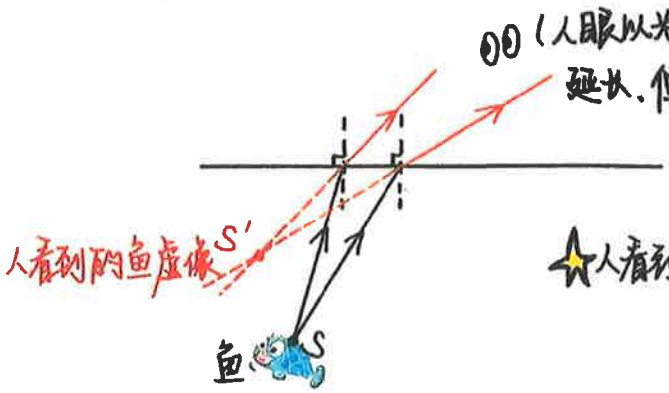
题型2：光的折射规律的应用

1. 视角关系



“脚远大”（空气中的角最大）。

2. 渔夫叉鱼，朝看到的鱼下方叉。
激光照鱼，对准看到的鱼照。（光路可逆）。

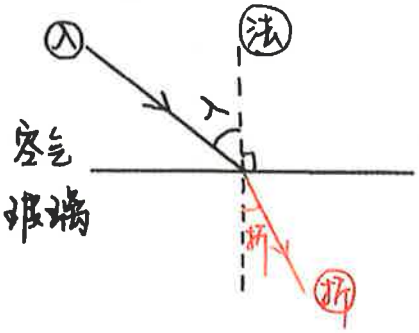


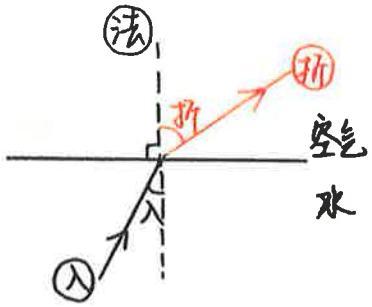
人眼以为所有光都是沿直线传播的，找物体只会反向延长，但真实光线反向延长后的交点是物体的虚像）

✨人看到的像在实际物体上方。

题型3：光的折射作图

1. 基础折射





2. 玻璃砖



O、O'处共发生两次折射，∠1>∠2，∠4>∠3.

第一次：空气→玻璃，入射角∠1，折射角∠2.

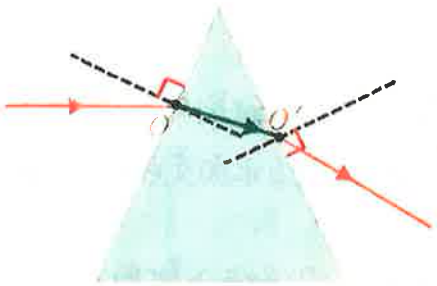
第二次：玻璃→空气，入射角∠3，折射角∠4.

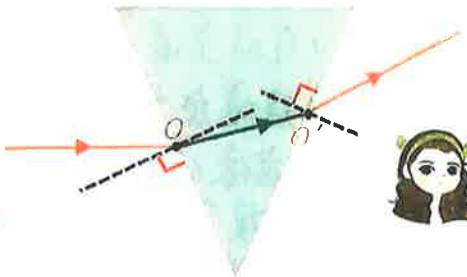
★ AO与O'B平行（∠2=∠3，∠1=∠4）



玻璃砖：进出错位平行.

3. 三棱镜







三棱镜，最终光线朝底边偏折.

★特殊三棱镜

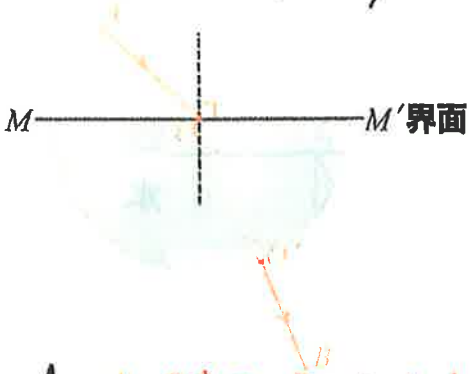


O处：垂直入射，光路不变.

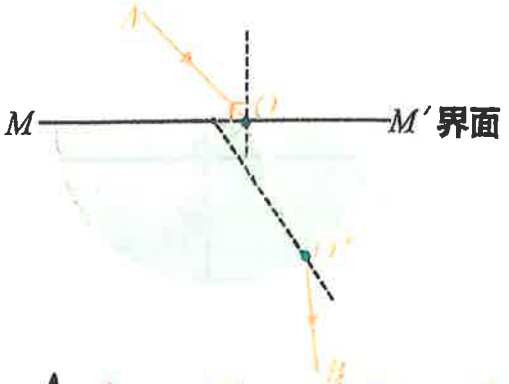
O'处：玻璃→空气，入射角∠1，折射角∠2.

∠2>∠1

4. 半圆波璃砖（难题拓展）

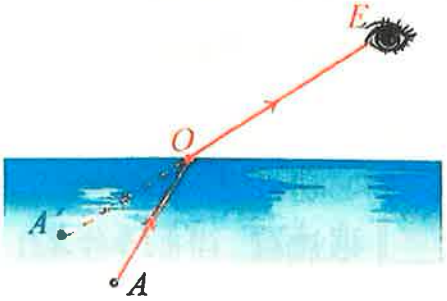


☆ OO′沿着半径入射时，光路不变.



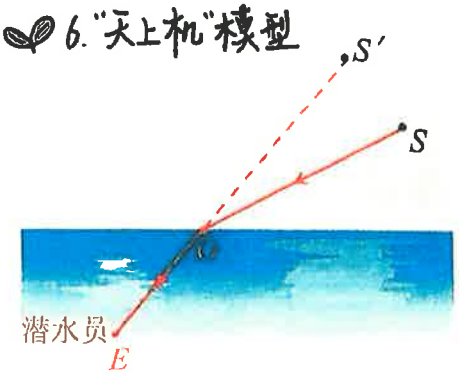
☆ O′处的法线即为半径沿长线.

5. "水中鱼"模型

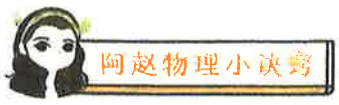


(1) 连接虚像(A′)和人眼(E)用虚线.
(2) 虚像(A′)和人眼(E)的连线与水面交点即为入射点(O).
(3) 连接真实物体(A)与入射点(O)，即为入射光线(AO).
(4) 连接入射点(O)与人眼(E)，即为折射光线(OE).
→ 实线+箭头

6. "天上机"模型



(1) 连接虚像(S′)和人眼(E)用虚线.
(2) 虚像(S′)和人眼(E)的连线与水面交点即为入射点(O).
(3) 连接真实物体(S)与入射点(O)，即为入射光线(SO).
(4) 连接入射点(O)与人眼(E)，即为折射光线(OE).
→ 实线+箭头



"水中鱼""天上机"模型，像总在物体上方.

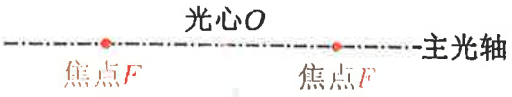
透镜成像基础

一、透镜

1. 凸透镜

(1) 结构：中间厚，边缘薄.

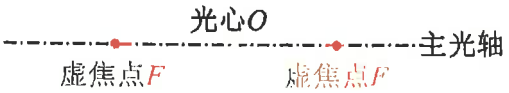
(2) 作用：会聚光线.



2. 凹透镜

(1) 结构：中间薄，边缘厚.

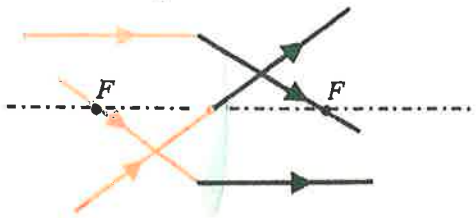
(2) 作用：发散光线.





注意：(虚)焦点到光心的距离叫焦距(f).

(3) 三条特殊光线



(3) 三条特殊光线



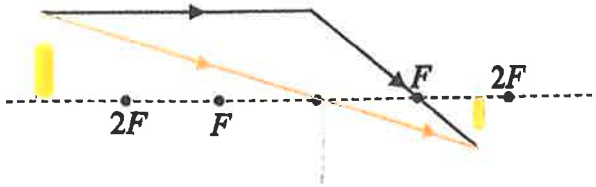


注意：过焦平行、平行过焦，光心不变.

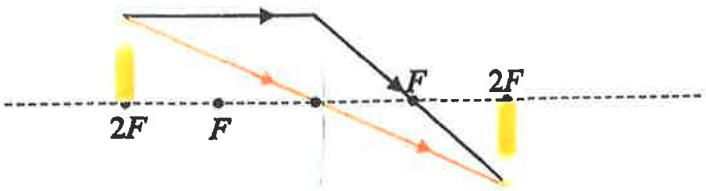
二、凸透镜成像规律

注意：物体到凸透镜的距离叫物距(u).

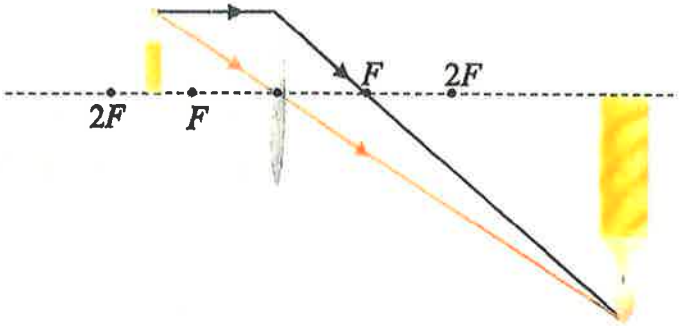
1. $u>2f$：倒立、缩小的实像.



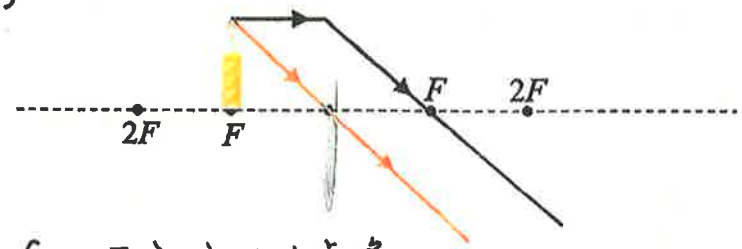
2. $u=2f$：倒立、等大的实像.



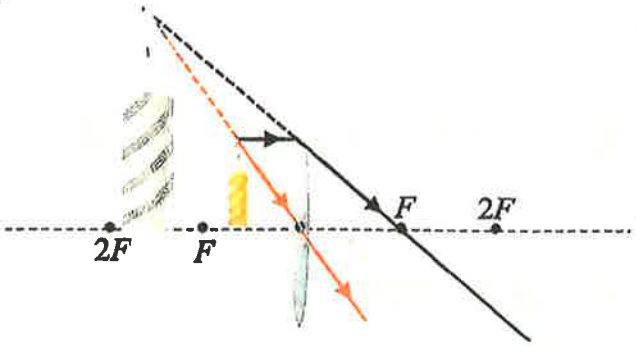
3. $f<u<2f$：倒立、放大的实像.



4. $u=f$：不成像.



5. $u<f$；正立、放大的虚像.



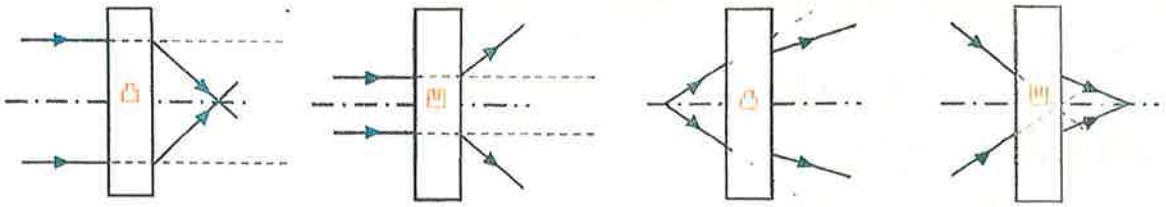
凸透镜成像进阶1

题型1：透镜类型判断

1. 凸透镜：会聚．　凹透镜：发散．
2. 会聚和发散都是相比于原直线路径．
   - 会聚：相比于原直线路径更加靠近主光轴．
   - 发散：相比于原直线路径更加远离主光轴．

阿赵物理小诀窍　聚散要与原路比，靠拢为凸反则凹．

[阿赵精选例题]光线经过某透镜后，传播方向如图所示，则方框内的透镜是什么？



题型2：凸透镜成像规律

总结：凸透镜成像规律

物距(u)	像距(v)	u、v关系	像的性质			应用
			正倒	大小	虚实	
$u>2f$	$f<v<2f$	$u>v$	倒立	缩小	实像	----→照相机
$u=2f$	$v=2f$	$u=v$	倒立	等大	实像	----→测焦距
$f<u<2f$	$v>2f$	$u<v$	倒立	放大	实像	----→投影仪、幻灯机
$u=f$	无	无	不成像			
$u<f$	$u<v$		正立	放大	虚像	----→放大镜

阿赵物理小诀窍

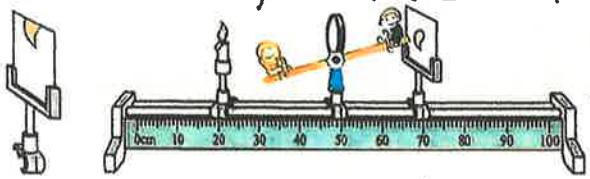
一倍焦距分虚实，
二倍焦距分大小，
实像全是倒立的，
虚像全是正立的．

凸透镜成像必会十大考点

实验考点1：高度问题

1.实验前应将烛焰、凸透镜和光屏三者的中心大致调整到同一高度，即烛焰和光屏的中心应在凸透镜的主光轴上，目的是使像成在光屏正中央.

2.如果燃烧过程中蜡烛变矮，光屏上的像会偏高，若想让像重新成在光屏中央，则应：将蜡烛向上移动，或将透镜向下移动，或将光屏向上移动.



过光心光路不变



物像跷跷板，高低都相反.

实验考点2：测焦距

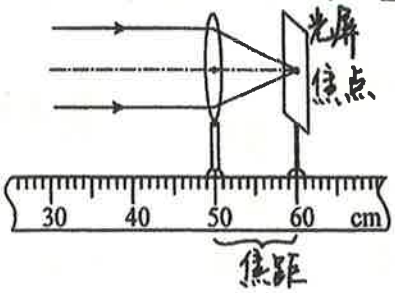
方法1：平行光测焦距

突破口：最小最亮的光斑.

[阿赵精选例题]将平行光正对凸透镜，移动光屏，直到光屏上形成一个最小最亮的光斑，如图所示，则该凸透镜的焦距为 10.0 cm.

↓

即焦点所在位置

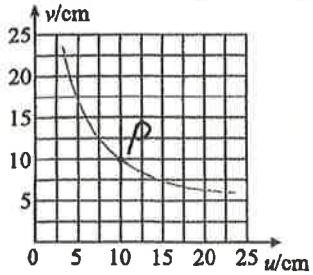


注意：刻度尺要估读.

方法2：二倍焦距法测焦距

突破口：图像特殊点 $u=v=2f$.

[阿赵精选例题]如图所示，阿赵根据实验记录，绘制了物体到凸透镜的距离u与实像到凸透镜的距离v之间的关系，则凸透镜的焦距为 5 cm.



特殊点P：$u=v=2f=10cm$

$\therefore f=5cm$

注意：记得÷2.

方法3：解不等式确定焦距范围

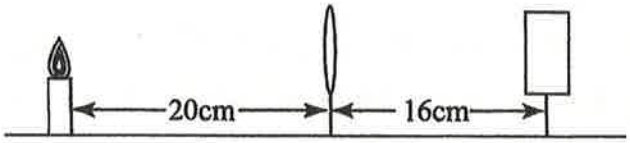
突破口：根据题目信息，列出u或v与f之间的关系，解不等式。

关键信息：1. u、v大小关系；

2. 成像特点。

不等式结果取值原则：同大取大，同小取小。

[阿超精选例题] 当光屏、透镜以及烛焰的相对位置如图所示时，恰能在光屏上得到一个清晰的像，由此判断，该凸透镜的焦距范围是 $8cm<f<10cm$。



由图可知，$u=20cm$，$v=16cm$，$u>v$。

根据u、v大小关系可确定此时成倒立、缩小的实像。

即：$20cm>2f$ 两边同时÷2 → $f<10cm$ ①

$f<16cm<2f$ ② ③

左边②直接抄 → $f<16cm$ ②

右边③两边同时÷2 → $f>8cm$ ③

①和②同小取小

联立①②③得：$8cm<f<10cm$。

[阿超精选例题] 将物体从距凸透镜12cm处移到距凸透镜18cm处的过程中，调整光屏的位置，总能在光屏上得到倒立、放大的像，则此凸透镜的焦距范围是 $9cm<f<12cm$。

光屏上得到倒立、放大的像 $\longrightarrow f<u<2f$

即：$f<12cm<2f$ ① ②

左边①直接抄 → $f<12cm$ ①

右边②两边同时÷2 → $f>6cm$ ②

$f<18cm<2f$ ③ ④

左边③直接抄 → $f<18cm$ ③

右边④两边同时÷2 → $f>9cm$ ④

联立①②③④，①和③同小取小，②和④同大取大，得：$9cm<f<12cm$。

实验考点3：透镜遮挡问题

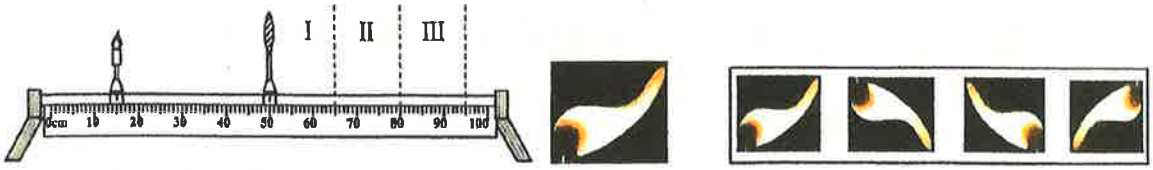
☆结论：透镜被遮挡一部分后，仍成完整的像，但像会变暗。

☆原因：遮住透镜只是减小了凸透镜的透光面积，并没有改变它的结构和球面性质，它的成像功能没有受到影响，所以仍能成完整的像。但因到达像点的光线变少了，所以像会变暗。

实验考点4：何为"倒立"

☆倒立的像：上下左右都相反。

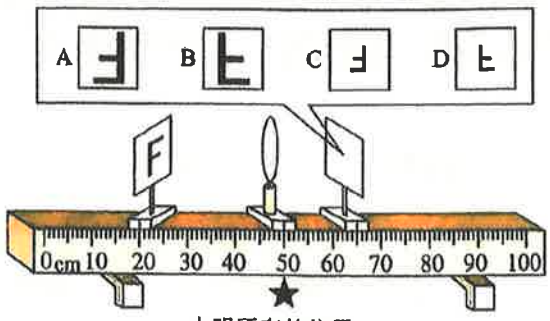
[阿赵精选例题]（中考模拟题·部分）如图甲所示，该透镜的焦距为15cm，小明把透镜固定在50cm刻度线处，蜡烛固定在15cm刻度线处，若火焰的形状如图乙所示，则光屏上所成像是 D .





注意：有些题目会像上面这道题一样考查"倒立"，只要选择上下、左右都相反的图即可答对。（但没有考虑观察者的视角，考法直接，不够严谨）

[阿赵精选例题]（中考真题·部分）小明将蜡烛换成F字光源，调整了光源和光屏的位置，在光屏上仍可观察到清晰的像，用LED灯代替蜡烛做实验的优点是 更安全、环保，成像更稳定 ，如图所示，小明看到的像应是 D .

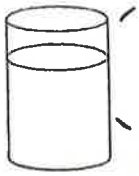


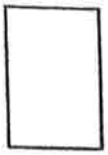
小明所在的位置

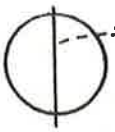


注意：你可能会疑惑，选D的话光源"F"和成像"L"只有上下反了，左右并没有反呀！实际上你应该代入小明的视角，立体的看待这个问题，光源"F"开口朝向纸内，那么左右相反后，成像的开口应朝向纸外，故选D.

☆拓展考点：水杯透镜



正视图：　上下一样粗，故成倒立的像时上下不颠倒。

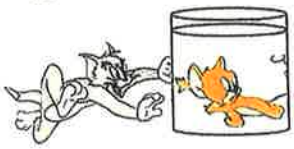
俯视图：　中间厚、两边薄，故成倒立的像时，左右相反。



注意：1. $u<f$ 时，成正立、放大的虚像，相当于放大镜。

2. $u>f$ 时，成倒立的实像，这里的倒立，只反左右，不反上下





☆由图知：透过水杯成倒立、放大的实像，此时老鼠位于一二倍焦距之间（$f<u<2f$），此现象的成因与投影仪工作原理相同。要想让老鼠变瘦一点，应适当将水杯远离漫画。

实验考点5：根据 u、v 大小关系秒得成像规律

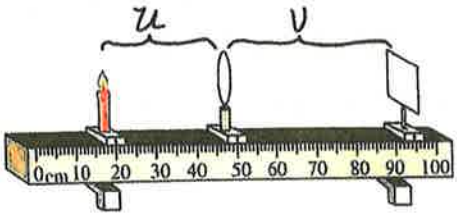
[阿赵精选例题]某同学用如图所示的器材探究凸透镜成像的规律，此时光屏上成清晰的像，下列说法正确的是（A）

A. 光屏上成倒立、放大的实像

B. 光屏上成倒立、缩小的实像

C. 光屏上成正立、放大的实像

D. 光屏上成倒立、缩小的虚像



☆由图知：$u<v$，故成倒立、放大的实像。

实验考点6：动态分析



成实像时：物近像远像变大。（反之亦成立）

成虚像时：物近像近像变小（很少考）

[阿赵精选例题]在做探究凸透镜成像规律的实验时，将点燃的蜡烛沿着光具座，从凸透镜二倍焦距之外的某位置向焦点移动，在此过程中，像距会变大，像会变大。

↓

☆物近像远像变大

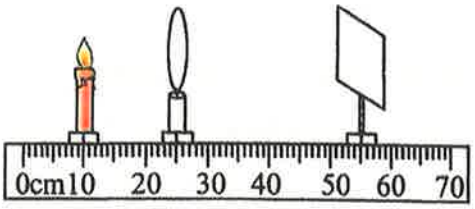
物体靠近凸透镜，像会远离凸透镜，同时像会变大。

实验考点7：物像换位问题



物像换位、光路可逆、u、v互换、成像清晰

[阿赵精选例题]小华利用图示装置探究凸透镜成像的规律，保持蜡烛和光屏在10cm处和55cm处不动，要再次在光屏上呈现清晰的像，应将凸透镜移到 40 cm刻度处



★解析：

原来：$u=15cm$，$v=30cm$

↓光路可逆，u、v互换

移后：$u'=30cm$，$v'=15cm$

↓

凸透镜应在40cm处

实验考点8：光屏上看不到像的原因

1. 蜡烛在一倍焦距处，此时 $u=f$，不成像；
2. 蜡烛在一倍焦距内，此时 $u<f$，成虚像；
3. 烛焰、凸透镜和光屏的中心不在同一高度上；
4. 蜡烛到凸透镜的距离稍大于一倍焦距，成像太远，光具座长度不够，光屏无法移到成像位置。

实验考点9：改变焦距问题

★核心知识：
1. 凸透镜越厚(凸)，焦距越小，聚光能力越强，成像越近。
2. 凸透镜越薄，焦距越大，聚光能力越弱，成像越远。

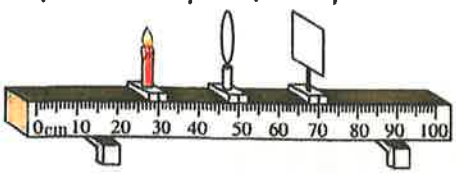


吼！"小强远"！（吼！打不死的小强在靠近你）

↑……→第1条的谐音梗，你懂的 ^^

1. 基础题型：更换透镜

[阿赵精选例题]用 $f=15cm$ 的凸透镜替换图中透镜（$f=10cm$），应向 左 移动光屏，可在光屏上成清晰的像。

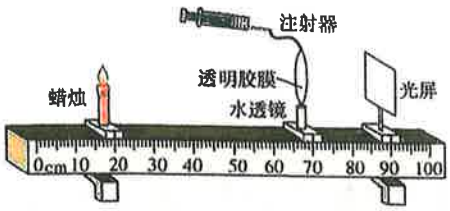


焦距 10cm → 15cm

焦距变大，聚光能力变弱，成像变远

远离凸透镜

2.进阶题型：水透镜问题



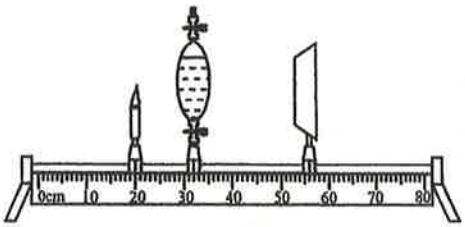
☆注水

透镜更厚→焦距更小→聚光能力更强→成像更近

☆抽水

透镜更薄→焦距更大→聚光能力更弱→成像更远

[阿赵精选例题]某同学用如图所示的实验装置做凸透镜成像实验，向左移动蜡烛，保持光屏和水透镜位置不动，为使光屏上出现清晰的像，应通过注射器抽水。

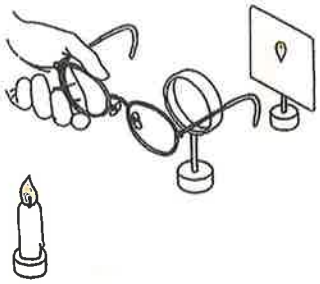


蜡烛向左→成像也会向左

我们希望像还成在光屏上，需想办法让像向右回到光屏上。

成像向右(更远)→聚光能力变弱→透镜变薄→抽水

3.进阶题型：加减镜片问题



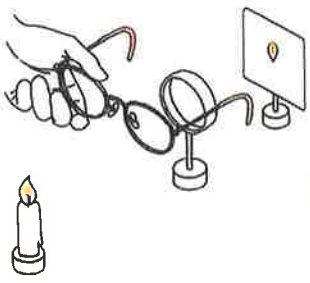
☆凸透镜前加近视眼镜

近视眼镜→凹透镜→发散→成像更远

☆凸透镜前加远视眼镜

远视眼镜→凸透镜→会聚→成像更近

[阿赵精选例题]阿赵把自己的眼镜放在凸透镜前，发现光屏上的像变模糊了，将光屏远离凸透镜后发现再次成清晰的像，则阿赵的眼镜是近视眼镜。



光屏远离→成像更远→阿赵的眼镜起发散作用

↓

近视眼镜←凹透镜

实验考点10：物像移速问题

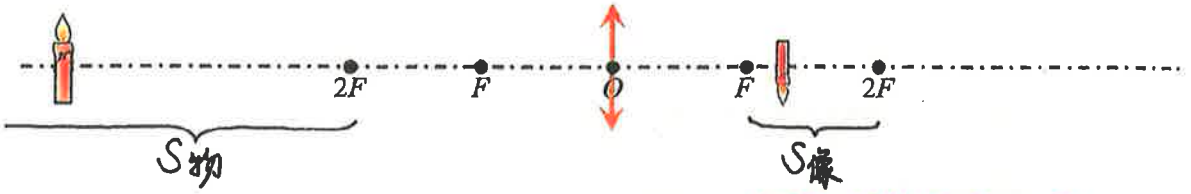


谁离凸透镜远谁就快.

[阿赵精选例题] 将一物体放在凸透镜前并从二倍焦距之外匀速靠近凸透镜，至透镜焦点处，考察像的运动速度，应该是 先小于后大于 物体的运动速度.

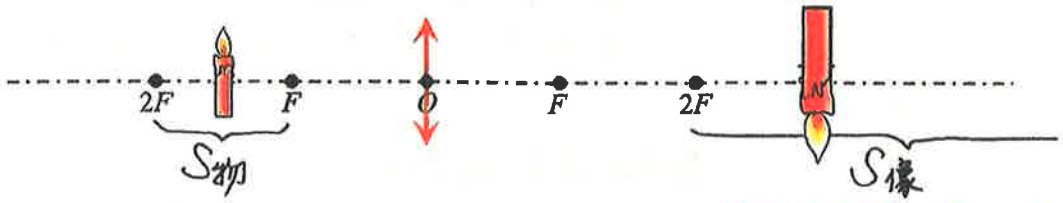
分析：像和物体运动时间相同，要比速度，采用相同时间比路程的方法.

1. 当物体位于二倍焦距之外时，$u>2f$，$f<v<2f$.



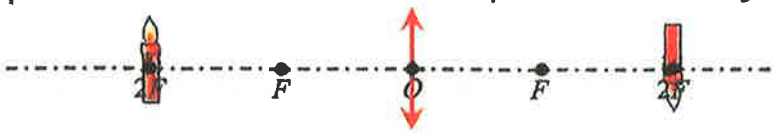
物体的路程：无穷远到二倍焦距处
像的路程：一倍焦距到二倍焦距之间
} 相同时间内，$S_{物}>S_{像}$
故：$v_{物}>v_{像}$.

2. 当物体位于一、二倍焦距之间时：$f<u<2f$，$v>2f$.



物体的路程：二倍焦距到一倍焦距之间
像的路程：二倍焦距处到无穷远
} 相同时间内，$S_{物}<S_{像}$
故：$v_{物}<v_{像}$.

3. 中间转折点：当物体恰好位于二倍焦距处，$u=2f$，$v=2f$.

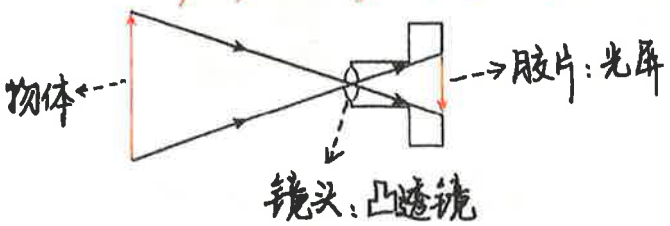


此时，是物像速度相等的特殊点，即：$v_{物}=v_{像}$.

凸透镜成像进阶2

一、照相机

1. 成像原理：$u>2f$、$f<v<2f$，成倒立、缩小的实像。





2. 动态分析

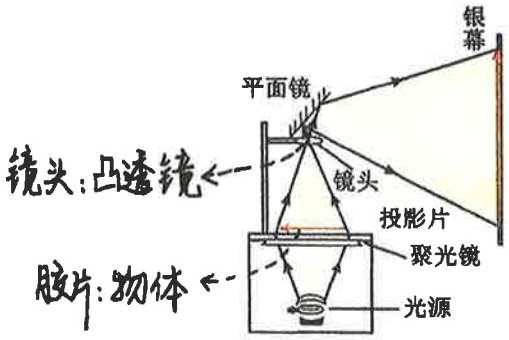
(1) 若想成像变大（全身照变半身照），应使人与镜头距离变小（物近），镜头与胶片距离变大（像远）。

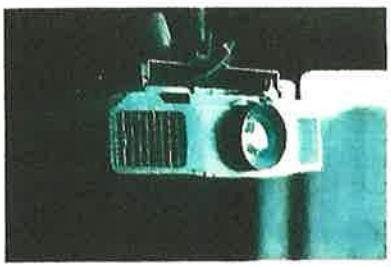
(2) 若想成像变小（半身照变全身照），应使人与镜头距离变大（物远），镜头与胶片距离变小（像近）。

3. 若想人像变亮，需对脸补光，使更多来自脸部的光进入镜头。（在人的前面把光照在人脸上）

二、投影仪

1. 成像原理：$f<u<2f$、$v>2f$，成倒立、放大的实像。





2. 动态分析

(1) 若想像变大，应向下调整镜头，使得胶片和镜头更近（物近），投影仪离银幕更远（像远）。

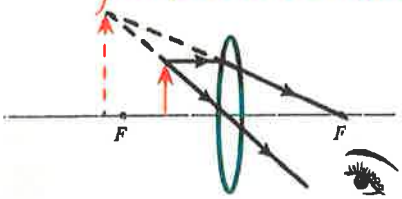
(2) 若想像变小，应向上调整镜头，使得胶片和镜头更远（物远），投影仪离银幕更近（像近）。

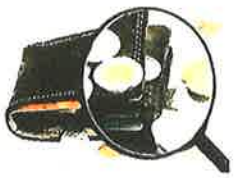


成实像时：物近像远像变大，物远像近像变小。

三、放大镜

1. 成像原理：$u<f$，成正立、放大的虚像。





2. 动态分析

(1) 若想成像变大，物体和眼睛不动，将放大镜离物体稍远些。（物远）

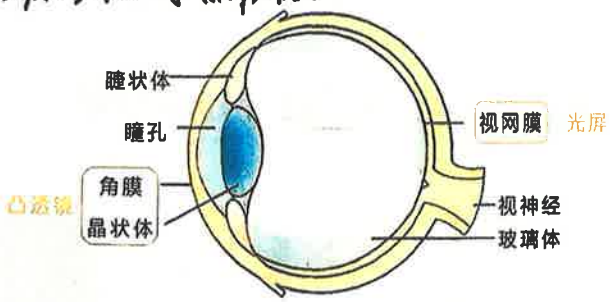
(2) 若想成像变小，物体和眼睛不动，将放大镜离物体稍近些。（物近）



成虚像时：物近像近像变小，物远像远像变大。

四、眼睛与眼镜

1. 眼睛：成像原理相当于照相机。



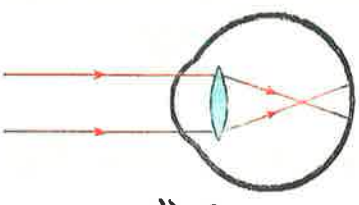
注意：正常人眼会将像刚好成在视网膜上，视物清晰。

2. 视力矫正

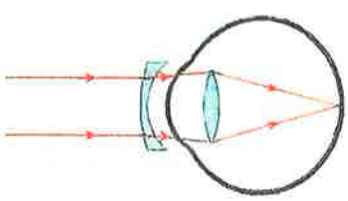
(1) 近视眼

成因：晶状体太厚，折光能力太强，像成在了视网膜前面。

矫正：戴用凹透镜制作的近视眼镜。



-成因-

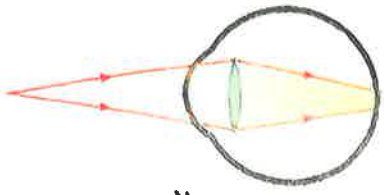


-矫正-

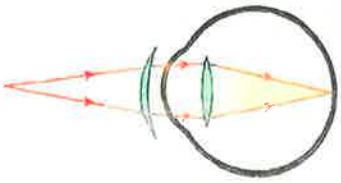
(2) 远视眼

成因：晶状体太薄，折光能力太弱，像成在了视网膜后面.

矫正：戴用凸透镜制作的远视眼镜.

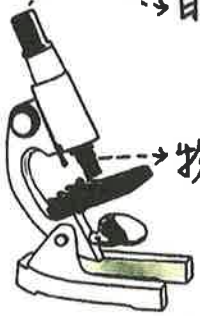


-成因-



-矫正-

五、显微镜



目镜：放大镜 $u<f$，成正立、放大的虚像.

物镜：与投影仪的成像原理一样.

$f<u<2f$，$v>2f$，成倒立、放大的实像.

六、折射式望远镜



物镜：与照相机的成像原理一样.

$u>2f$，$f<v<2f$，成倒立、缩小的实像.

目镜：放大镜 $u<f$，成正立、放大的虚像.

质量与体积

一、质量

1. 定义：物体所含物质的多少.

2. 符号：m

3. 单位

(1) 国际单位：千克(kg)

(2) 常用单位：吨(t)、克(g)、毫克(mg)、微克(μg)

吨(t) $\xrightarrow{10^3}$ 千克(kg) $\xrightarrow{10^3}$ 克(g) $\xrightarrow{10^3}$ 毫克(mg) $\xrightarrow{10^3}$ 微克(μg)

(3) 日常生活中常用单位：公斤、斤、两

1千克 = 1公斤 = 2斤　　1斤 = 10两 = 500g

4. 常见物体的质量

- 食物
  - 一个鸡蛋约50g
  - 一个苹果约150g
  - 一瓶矿泉水约500g
- 生物
  - 一只母鸡约2kg
  - 一个新生儿约3.5kg
  - 一名中学生约50kg
- 生活
  - 一枚硬币约5g
  - 一本物理书约250g
  - 一个实心球约2kg

5. 特点

质量是物体自身的属性，与物体的形状、位置、状态、温度均无关.

[阿赵精选例题] 下列关于质量的说法正确的是(DE)

A. 橡皮泥捏成泥人后，质量变小了 × 不变，质量与形状无关

B. 水结成冰，质量变大了 × 不变，质量与状态无关（水结冰，变大的是体积）

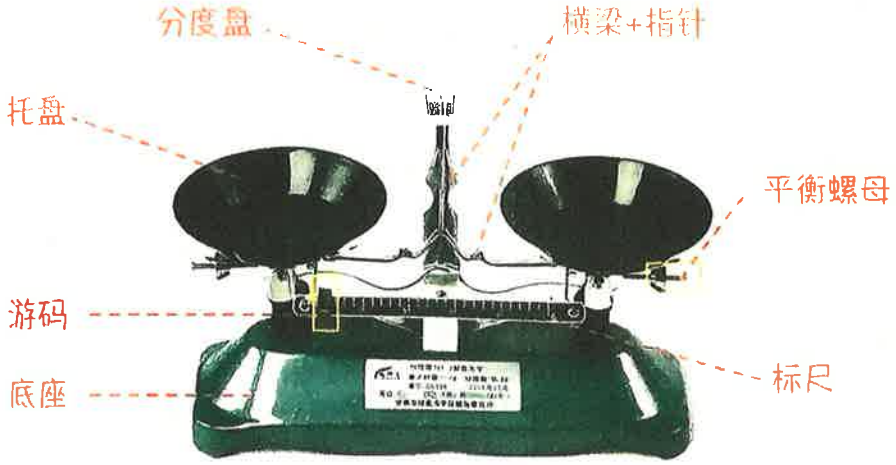
C. 1kg的棉花和1kg的铁块，铁块的质量大 × 都是1kg，质量一样大

D. 物理课本从武汉快递到西安，质量是一样的 ✓ 质量与位置无关

E. 一块铁被烧红，质量不变 ✓ 质量与温度无关

二.质量的测量工具——托盘天平

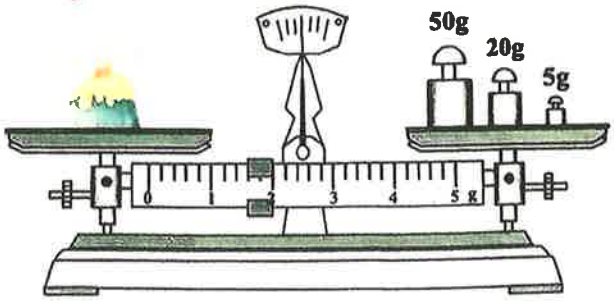
1.天平的结构





2.天平的使用

- 选：量程合适.
- 放：放在水平桌面上.
- 归：游码归零.
- 调：调节平衡螺母，使天平横梁平衡.
  - ★左偏右调，右偏左调.
  - ★调好之后不能再动.
  - → ★指针指向分度盘正中央.
  - → ★指针在分度盘正中央左右等幅度摆动.
- 称：左物右码、由大到小、调节游码直至天平横梁平衡.
  - ---→相当于给右盘加入小砝码
  - ★指针往哪边偏，说明哪边重.
- 读：$m_{物}=m_{砝}+m_{游}$ 游码读左边.

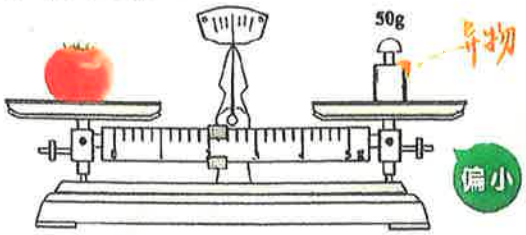


$m_{物}=m_{砝}+m_{游}$
$=75g+1.6g$
$=76.6g$

- 收：收拾器材.

三、质量测量的偏差分析

1. 砝码生锈

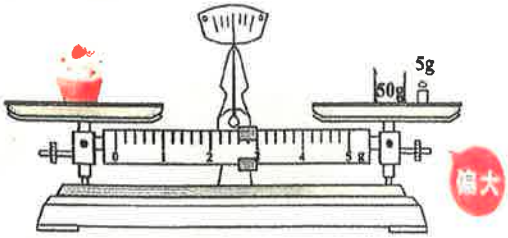


西红柿测量值：$m_{测}=52g$

$m_{实}=m_{测}+m_{异物}>m_{测}$

测量值偏小

2. 砝码磨损



蛋糕测量值：$m_{测}=57.6g$

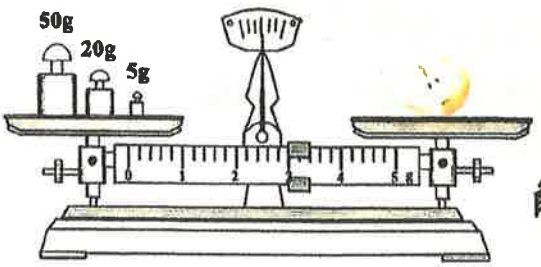
$m_{实}=m_{测}-m_{残缺}<m_{测}$

测量值偏大

3. 物码放反问题

- 天平原理：左盘 = 右盘 + 游码
- 物码放反求物体真实质量：$m_{物}=m_{砝}-m_{游}$
- 偏差分析：测量值比真实值偏大。

[阿赵精选例题] 小叶子测苹果的质量，测得质量为78g，老师说不对，小叶仔细检查发现物体和砝码放反了，则这苹果的真实质量为多少？



左盘 = 右盘 + 游码

$m_{砝}=m_{物}+m_{游}$

$m_{物}=m_{砝}-m_{游}=75g-3g$

解得：$m_{物}=72g$ --->真实值

78g --->测量值

四、体积

1. 定义：表示物体的大小。
2. 符号：V
3. 单位：立方米（m^3）　$1m^3=10^3dm^3=10^6cm^3$
4. 估测：冰箱 — $1m^3$　粉笔盒 — $1dm^3$　大拇指头 — $1cm^3$

五. 体积的测量——量筒的使用

1. 读数时，视线平视凹液面最低处.

俯视：偏大

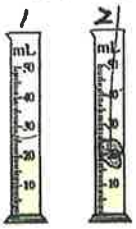
平视：正确

仰视：偏小



2. 量筒不能放在天平上的原因：重心太高，容易倒.

3. 测量固体体积：排水法.



入水前：$V_1 = 26mL = 26cm^3$

入水后：$V_2 = 40mL = 40cm^3$

则有：$V_{物} = V_2 - V_1 = 14cm^3$

缺点：

(1) 不能测体积太大的物体的体积.

(2) 不能测溶于水或与水发生反应的物体的体积.

密度基础

一、密度

1. 定义：某种物质组成的物体的质量与它的体积之比.
2. 符号：ρ
3. 公式：$\rho=\frac{m}{V}$ → $m=\rho V$；$V=\frac{m}{\rho}$
4. 单位：kg/m^3 读作：千克每立方米；g/cm^3 读作：克每立方厘米

$1g/cm^3=1\times10^3kg/m^3$

5. $\rho_{水}=1.0\times10^3kg/m^3$

物理意义：$1m^3$的水的质量为1.0×10^3kg.

6. 特点

物质	密度（kg / m³）	物质	密度（kg / m³）
固			
铂	21.4×10^3	铝	2.7×10^3
金	19.3×10^3	花岗岩	$(2.6\text{-}2.8)\times10^3$
铅	11.3×10^3	砖	$(1.4\text{-}2.2)\times10^3$
银	10.5×10^3	冰（0℃）	0.9×10^3
钢	8.9×10^3	蜡	0.9×10^3
铜、铁	7.9×10^3	干松木	0.5×10^3
物质	密度（kg / m³）	物质	密度（kg / m³）
液			
水银	13.6×10^3	植物油	0.9×10^3
硫酸	1.8×10^3	煤油	0.8×10^3
海水	1.03×10^3	酒精	0.8×10^3
纯水	1.0×10^3	汽油	0.71×10^3
物质	密度（kg / m³）	物质	密度（kg / m³）
气			
二氧化碳	1.98	一氧化碳	1.25
氧	1.43	氢	0.18
空气	1.29	氦	0.09

注：常温常压下的物体密度

(1) 不同物质的密度一般不同 ⇒ 鉴别物质

一般情况下，$\rho_{固}>\rho_{液}>\rho_{气}$.

特例：$\rho_{酒精}=\rho_{煤油}$，$\rho_{水银}=13.6\times10^3kg/m^3$

(2) 密度是物质自身的一种特性，与质量、体积无关.

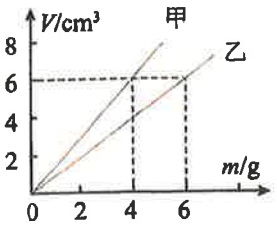
$\rho=\frac{m}{V}$ 只能用来计算

(3) 影响因素：种类、状态、温度.

温度 → 热胀冷缩 → 影响体积

7. 图像

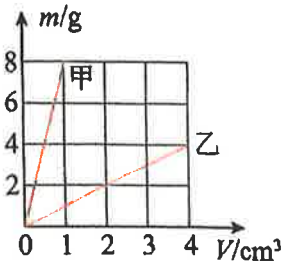
(1) 看图找整数点，求密度



① $\rho_{甲}=\frac{m_{甲}}{V_{甲}}=\frac{4g}{6cm^3}\approx0.67g/cm^3$

② $\rho_{乙}=\frac{m_{乙}}{V_{乙}}=\frac{6g}{6cm^3}=1g/cm^3$

$\rho_{乙}>\rho_{甲}$

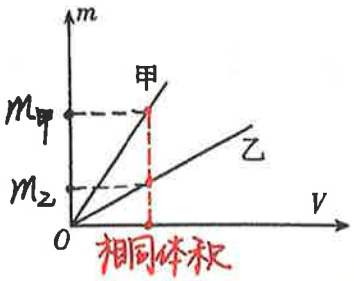


① $\rho_{甲}=\frac{m_{甲}}{V_{甲}}=\frac{8g}{1cm^3}=8g/cm^3$

② $\rho_{乙}=\frac{m_{乙}}{V_{乙}}=\frac{2g}{2cm^3}=1g/cm^3$

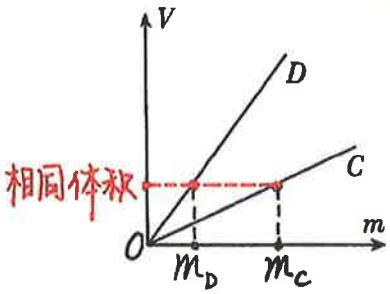
$\rho_{甲}>\rho_{乙}$

(2)看图比较密度大小



由图可知，体积相同时，$m_{甲}>m_{乙}$.

由$\rho=\frac{m}{V}$得：$\rho_{甲}>\rho_{乙}$



由图可知，体积相同时，$m_C>m_D$.

由$\rho=\frac{m}{V}$得：$\rho_C>\rho_D$



谁离m轴近谁大.

二、密度的计算——知二求一

1. 求密度：$\rho=\frac{m}{V}$ ⇒题型：物质鉴别

2. 求质量：$m=\rho V$

3. 求体积：$V=\frac{m}{\rho}$

[阿赵精选例题]阿赵在"干饭大赛"上夺得了金牌，想到明天要给小叶子们讲密度知识，于是阿赵测出这块金牌的质量为500g，体积为30cm³，阿赵掐指一算，吓态崩了，为什么？

解：$\rho_{牌}=\frac{m}{V}=\frac{500g}{30cm^3}\approx16.67g/cm^3$

查表知：$\rho_{金}=19.3g/cm^3$

∵$\rho_{牌}<\rho_{金}$ ∴该金牌不是纯金做的.

密度综合计算

一、等值问题

1. 等密度

解题关键：同一种物质，密度ρ一定，即：$\frac{m_1}{V_1}=\frac{m_2}{V_2}$

[阿赵精选例题] 一块石碑的体积为$V_{碑}=30m^3$，为测石碑的质量，先取了一块刻制石碑时剔下来的小石块作为样品，其质量是$m_{样}=140g$，将它放入$V_1=100cm^3$的水中后水面升高，总体积增大到$V_2=150cm^3$，求这块石碑的质量$m_{碑}$。

解：由题可知：$\rho_{碑}=\rho_{样品}$ ←突破口：样品和石碑密度相等。

$$\frac{m_{碑}}{V_{碑}}=\frac{m_{样}}{V_{样}}$$

$$\frac{m_{碑}}{30\times10^6cm^3}=\frac{140g}{150cm^3-100cm^3}$$

$$m_{碑}=8.4\times10^7g=84t$$

2. 等体积

解题关键：当不同物体的体积V相同时，可得：$\frac{m_1}{\rho_1}=\frac{m_2}{\rho_2}$

经典题型1：同一零件用不同材料做

[阿赵精选例题] 飞机设计师为了减轻飞机自重，将一钢制零件改为铝制零件，使其质量减少104kg，则所需铝的质量是多少？（$\rho_{铝}=2.7g/cm^3$，$\rho_{钢}=7.9g/cm^3$）

解：由题可知：$V_{铝}=V_{钢}$ ←突破口：不管用什么材料做，零件体积不变。

$$\frac{m_{铝}}{\rho_{铝}}=\frac{m_{钢}}{\rho_{钢}}$$

$$\frac{m_{铝}}{2.7\times10^3kg/m^3}=\frac{m_{铝}+104kg}{7.9\times10^3kg/m^3}$$

交叉相乘解方程

$$m_{铝}=54kg$$

经典题型2：同一容器装满不同液体

[阿秘精选例题] 有一空瓶子质量是100g，装满水后称得总质量为600g，装满另一种液体后称得总质量为500g，则这种液体的密度为多少？

解：由题可知：$V_{水}=V_{液}$ ← 突破口 因为装满

水和液体的体积都等于瓶子容积

$$\frac{m_{水}}{\rho_{水}}=\frac{m_{液}}{\rho_{液}}$$

$$\frac{600g-100g}{1g/cm^3}=\frac{500g-100g}{\rho_{液}}$$

交叉相乘解方程

$$\rho_{液}=0.8g/cm^3$$

经典题型3：放入物体，溢出液体

[阿秘精选例题] 把一个铁球放入盛满酒精的杯子中时，从杯中溢出8g酒精，若将该铁球放入盛满水的杯中时，溢出水的质量是多少？

解：因为铁的密度比水和酒精的密度都大，

所以将铁球放入盛满酒精或水的杯子中均会沉底，且有：

$V_{铁球}=V_{溢水}=V_{溢酒}$ ←---突破口：此时$V_{物}=V_{溢出}$

$$\frac{m_{溢水}}{\rho_{水}}=\frac{m_{溢酒}}{\rho_{酒}}$$

$$\frac{m_{溢水}}{1g/cm^3}=\frac{8g}{0.8g/cm^3}$$

$$m_{溢水}=10g$$

3.等质量

解题关键：① 由$\rho=\frac{m}{V}$可知：质量相同时，密度大的体积小。

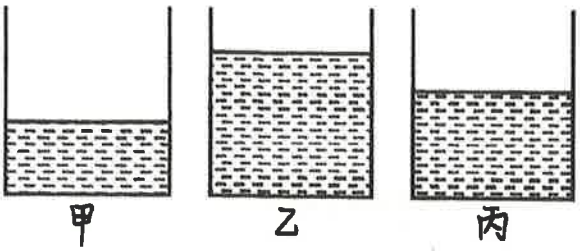
② 当不同物体的质量m相同时，可得：$\rho_1V_1=\rho_2V_2$。

[阿秘精选例题] 质量相等的均匀实心铅球、铜球、铁球（$\rho_{铅}>\rho_{铜}>\rho_{铁}$），体积最小的是 铅球 。

→ [密度大的体积小]

解析：$m_{铅}=m_{铜}=m_{铁}$，$\rho_{铅}>\rho_{铜}>\rho_{铁}$ $\xrightarrow{\rho=\frac{m}{V}}$ $V_{铅}<V_{铜}<V_{铁}$

[阿赵精选例题] 甲、乙、丙是三个完全相同的圆柱形容器，将质量相等的酒精、硫酸和盐水分别装在这三个容器中，根据表中给出的密度值，甲、乙、丙三个容器分别装的是 硫酸、酒精、盐水 .



物质	密度（kg/m³）
盐水	1.03×10^3
酒精	0.8×10^3
硫酸	1.8×10^3

✨解析：由表可得：$\rho_{硫酸}>\rho_{盐水}>\rho_{酒精}$

$m_{硫酸}=m_{盐水}=m_{酒精}$

$\left.\begin{array}{l}\rho_{硫酸}>\rho_{盐水}>\rho_{酒精}\\ m_{硫酸}=m_{盐水}=m_{酒精}\end{array}\right\}\xrightarrow{\rho=\frac{m}{V}}V_{硫酸}<V_{盐水}<V_{酒精}$

甲 丙 乙

[密度大的体积小]

[阿赵精选例题] 冰水问题：阿赵发现寒冷的冬天放在室外的盛水缸常常被冻裂，是什么原因呢？请通过计算说明：一个容积为 $0.18m^3$ 的水缸盛满水，水全部结成冰，冰的体积是多少？（$\rho_{冰}=0.9\times10^3kg/m^3$）

✨解：水结成冰后，质量不变.

故有：$m_{冰}=m_{水}$

$\rho_{冰}V_{冰}=\rho_{水}V_{水}$

$$V_{冰}=\frac{1.0\times10^3kg/m^3\times0.18m^3}{0.9\times10^3kg/m^3}=0.2m^3$$

二、空实心问题

1. 空实心判断

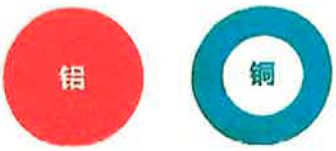
[阿赵精选例题] 用相同质量的铝和铜制成体积相等的球，已知 $\rho_{铝}<\rho_{铜}$，则铝球可能为空心，也可能为实心；铜球一定是空心.

✨若同为实心球

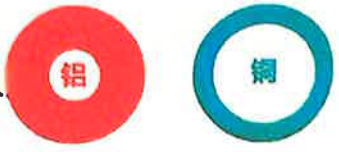


体积相同时，铜球密度大，质量更大.

1. 铝球实心，铜球空心.



2. 铝球空心，铜球空心更大.



【阿赵精选例题】有三个质量和体积均相同的小球，一个为铜球，一个为铁球，一个为铝球，则铁球、铜球一定为空心球，铝球可能为空心球。（$\rho_{铜}>\rho_{铁}>\rho_{铝}$）

☆若同为实心球



体积相同时，密度大的质量大。

$m_{铜}>m_{铁}>m_{铝}$

1. 铝球为实心，铁球、铜球都为空心。



谁密度大谁更空

2. 铝球为空心，铁球、铜球的空心更大。



谁密度大谁更空



阿赵物理小诀窍

"小可能，大一定，越大越空"。（质量和体积相同时）

- 密度最小的球可能是空心，其他密度大的球一定是空心。
- 密度越大的球，空心部分体积越大。



2. 空实心计算



判断小球是空心还是实心，有三种方法：

☆方法1：比密度（ρ为物质密度）

假设为实心，$\rho_{物}=\frac{m_{物}}{V_{物}}$，比较$\rho_{物}$与$\rho$，若$\rho_{物}<\rho$，则为空心。

☆方法2：比质量

假设为实心，$m_{实}=\rho V_{物}$，比较$m_{物}$与$m_{实}$，若$m_{物}<m_{实}$，则为空心。

☆方法3：比体积（ρ为物质密度）

假设为实心，$V_{实}=\frac{m_{物}}{\rho}$，比较$V_{物}$与$V_{实}$，若$V_{物}>V_{实}$，则为空心。

[阿赵精选例题] 有个体积为50cm³的铝球，质量为54g，问：

(1) 它是实心的还是空心的，为什么？（$\rho_{铝}=2.7g/cm^3$）

解：方法①：比密度

$$\rho_{物}=\frac{m_{物}}{V_{物}}=\frac{54g}{50cm^3}=1.08g/cm^3<2.7g/cm^3$$

∴它是空心的.

方法②：比质量

若是实心：$m_{实}=\rho_{铝}V_{物}=2.7g/cm^3\times50cm^3=135g>54g$

∴它是空心的.

方法③：比体积

若是实心：$V_{实}=\frac{m_{物}}{\rho_{铝}}=\frac{54g}{2.7g/cm^3}=20cm^3<50cm^3$

∴它是空心的.



阿赵物理小诀窍 优先选择"比体积"，因为通常后面几问都要用到体积.

(2) 若它是空心的，空心部分体积是多少？

解：$V_{空}=V_{物}-V_{实}=50cm^3-20cm^3=30cm^3$

(3) 若它是空心的，空心部分注满水后，总质量是多少？

解：∵注满 ∴$V_{水}=V_{空}$

$m_{水}=\rho_{水}V_{空}=1g/cm^3\times30cm^3=30g$

$m_{总}=m_{水}+m_{物}=30g+54g=84g$

(4) 若空心部分注满某种液体后总质量为462g，则该液体是什么？

解：$m_{液}=m_{总}-m_{物}=462g-54g=408g$

∵注满 ∴$V_{液}=V_{空}=30cm^3$

$$\rho_{液}=\frac{m_{液}}{V_{液}}=\frac{408g}{30cm^3}=13.6g/cm^3=\rho_{水银}$$

该液体为水银.

三、混合密度问题

1. 基本公式：$\rho_{混}=\frac{m_{总}}{V_{总}}=\frac{m_1+m_2}{V_1+V_2}$

2. 等体积混合：$\rho_{混}=\frac{\rho_1+\rho_2}{2}$

[阿超精选例题] 两种不同的金属，密度分别为ρ_1、ρ_2，若取体积相等的两种金属混合后制成合金，则合金的密度为多少？

解：$\rho_{混}=\frac{m_{总}}{V_{总}}=\frac{\rho_1V+\rho_2V}{2V}=\frac{\rho_1+\rho_2}{2}$

3. 等质量混合：



$\rho_{混}=\frac{2\rho_1\rho_2}{\rho_1+\rho_2}$

"两只鸡在河上下"
积：$\rho_1\rho_2$
和：$\rho_1+\rho_2$

[阿超精选例题] 两种不同的金属，密度分别为ρ_1、ρ_2，若取质量相等的两种金属混合后制成合金，则合金的密度为多少？

解：$\rho_{混}=\frac{m_{总}}{V_{总}}=\frac{2m}{\frac{m}{\rho_1}+\frac{m}{\rho_2}}=\frac{2}{\frac{1}{\rho_1}+\frac{1}{\rho_2}}=\frac{2}{\frac{\rho_1+\rho_2}{\rho_1\rho_2}}=\frac{2\rho_1\rho_2}{\rho_1+\rho_2}$

4. 混合密度计算——经典盐水选种问题



解题关键：①判断现配盐水是否符合要求，需求出其密度与$\rho_{要求}$比较。

若$\rho_{盐水}=\rho_{要求}$，则符合要求。
若$\rho_{盐水}<\rho_{要求}$，说明现配盐水浓度低，需加盐。
若$\rho_{盐水}>\rho_{要求}$，说明现配盐水浓度高，需加水。[通常都是这种]

②加多少水，即现配盐水与水混合后，$\rho_{混}=\rho_{要求}$。

[阿超精选例题] 农业生产中多用盐水选种，要求盐水的密度为$\rho=1.2\times10^3kg/m^3$，现有配制的体积为$V=0.4dm^3$的盐水，称得盐水质量为$m=0.52kg$，这样的盐水是否合乎要求？如不合要求，应如何配制？（$\rho_水=1.0\times10^3kg/m^3$）

解：$\rho_{盐水}=\frac{m}{V}=\frac{0.52kg}{0.4\times10^{-3}m^3}=1.3\times10^3kg/m^3>\rho$，不符合要求，浓度较高，应加水。

设加水体积为$V_水$，为计算方便，先换算单位：

$m=0.52kg=520g$，$V=0.4dm^3=400cm^3$，$\rho_水=1g/cm^3$，$\rho=1.2g/cm^3$

最好换算成g、cm^3、g/cm^3，否则"10^3"太多，计算量大。

$$\rho=\frac{m_总}{V_总}=\frac{m+m_水}{V+V_水}=\frac{520g+\rho_水V_水}{400cm^3+V_水}=\frac{520g+1g/cm^3\times V_水}{400cm^3+V_水}=1.2g/cm^3$$

解得：$V_水=200cm^3$

故应加入$200cm^3$的水。

我指指一算，估计你们看到这个算式会觉得麻烦。

当单位已全部统一后，演草纸上可去掉单位。

↓变

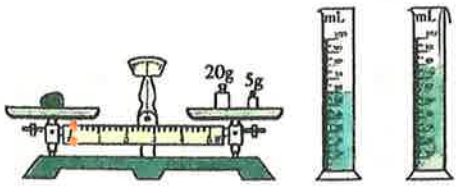
$$\frac{520+V_水}{400+V_水}=1.2$$

这样应该清晰多了吧！

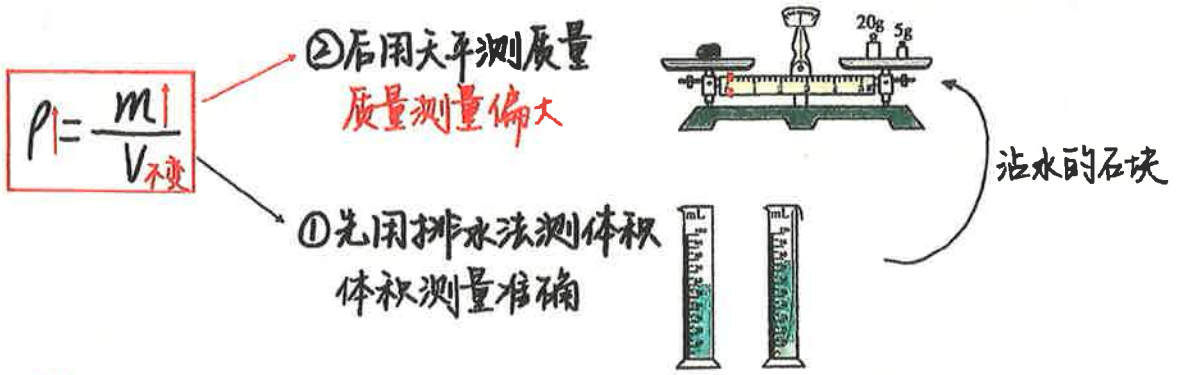
常规方法测密度

一、常规方法测固体密度

- 原理：$\rho=\frac{m}{V}$



- 器材：托盘天平、量筒、水、细线、石块.
- 步骤：天平测质量 → ①先用调好的天平测出石块的质量 m.
  排水法测体积 { ②在量筒中注入适量水，读取示数 V_1.
  ③用细线系住石块，将其浸没在水中，读取示数 V_2.
  → ☆由②③可得：$V_石=V_2-V_1$
- 密度的表达式为：$\rho=\frac{m}{V_2-V_1}$ √　　$\rho=\frac{m}{V_石}$ ×［结果必须用测量所得量表示］
- 误差分析：若先测体积再测质量，会因石块沾水上天平，导致 m 偏大，最终 ρ 偏大.

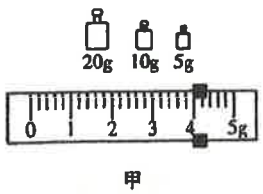


［阿秘精选例题］为测量某金属块的密度，首先用天平测其质量，当天平平衡时，右盘中砝码的质量和游码的位置如图甲所示，然后用量筒和水测金属块的体积如图乙所示，则：

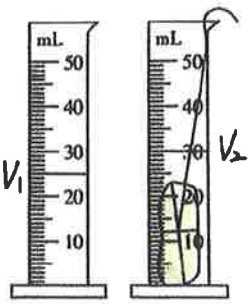
(1) 金属块的质量为 39g.
$m_金=m_{砝}+m_{游}=35g+4g=39g$

(2) 金属块的体积为 5cm³.
$V_金=V_2-V_1=30mL-25mL=5mL=5cm^3$

(3) 金属块的密度为 7.8g/cm³.
$\rho=\frac{m_金}{V_金}=\frac{39g}{5cm^3}=7.8g/cm^3$



甲



乙

二.常规方法测液体密度

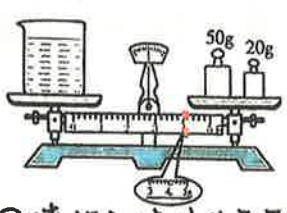
原理：$\rho=\frac{m}{V}$

器材：托盘天平、量筒、烧杯、待测液体.

步骤：①在烧杯中装入适量待测液体，用调好的天平测出烧杯和液体的总质量m_1.

②把烧杯中的部分液体倒入量筒中，读取示数V.

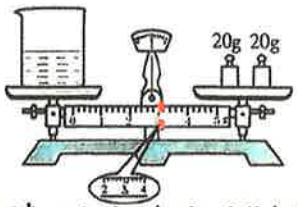
③用天平测出烧杯和剩余液体总质量m_2.



①烧杯和液体总质量m_1



②倒出液体V



③烧杯和剩余液体总质量m_2

由①③可得：$m_{倒出}=m_1-m_2$

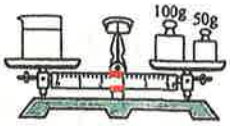
密度的表达式为：$\rho=\frac{m_1-m_2}{V}$ ✓　　$\rho=\frac{m_{倒出}}{V}$ ×　[结果必须用测量所得量表示]

误差分析：1.若先测体积再将液体全部倒入烧杯测质量，会因液体挂壁倒不干净，导致m偏小，最终ρ偏小.

$\rho=\frac{m\downarrow}{V_{不变}}$

②后用天平测质量

质量测量偏小



液体挂壁倒不干净

①先用量筒测体积

体积测量准确



2.同理，若先测质量再将液体全部倒入量筒中测体积，会因液体挂壁倒不干净，导致V偏小，最终ρ偏大.

$\rho=\frac{m_{不变}}{V\downarrow}$



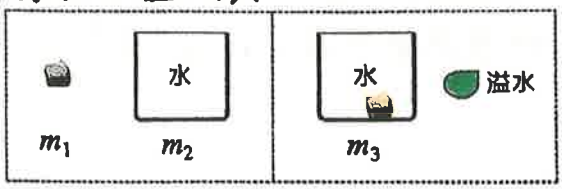
总之：液体密度测量中不要出现"全部倒"的操作.

特殊方法测密度

一、有天平无量筒测固体密度

核心：$V_{固}=V_{水}$　　本质：利用水的等效替代法

方法1：溢水法



① 用天平测出石块质量 m_1.
② 烧杯装满水，测出烧杯和水的总质量 m_2.
③ 石块放入烧杯中，溢出部分水，剩余总质量 m_3.

石块的质量：$m_{石}=m_1$

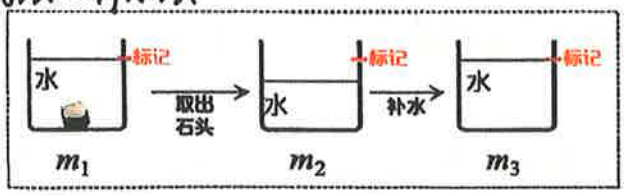
石块的体积：$V_{石}=V_{溢水}=\dfrac{m_{溢水}}{\rho_{水}}=\dfrac{m_1+m_2-m_3}{\rho_{水}}$

推导：$m_{石}+m_{杯}+m_{杯有水}=m_1+m_2=m_3+m_{溢水}$

$\therefore m_{溢水}=m_1+m_2-m_3$

石块的密度：$\rho_{石}=\dfrac{m_{石}}{V_{石}}=\dfrac{m_1}{\dfrac{m_1+m_2-m_3}{\rho_{水}}}=m_1\times\dfrac{\rho_{水}}{m_1+m_2-m_3}=\dfrac{m_1}{m_1+m_2-m_3}\rho_{水}$

方法2：补水法



① 用天平测出烧杯、水和石块的总质量 m_1.
② 取出石块，测出烧杯和水的总质量 m_2.
③ 补水到原标记位，测出此时总质量 m_3.

石块的质量：$m_{石}=m_1-m_2$

石块的体积：$V_{石}=V_{补水}=\dfrac{m_{补水}}{\rho_{水}}=\dfrac{m_3-m_2}{\rho_{水}}$

石块的密度：$\rho_{石}=\dfrac{m_{石}}{V_{石}}=\dfrac{m_1-m_2}{\dfrac{m_3-m_2}{\rho_{水}}}=(m_1-m_2)\times\dfrac{\rho_{水}}{m_3-m_2}=\dfrac{m_1-m_2}{m_3-m_2}\rho_{水}$

二、有天平无量筒测液体密度

核心：$V_{液}=V_{水}$　　本质：利用水的等效替代法



① 用天平测出空烧杯的质量 m_1.

② 在烧杯中装满水，测出烧杯和水的总质量 m_2.

③ 在烧杯中装满待测液体，测出总质量 m_3.

液体的质量：$m_{液}=m_3-m_1$

液体的体积：$V_{液}=V_{杯}=V_{水}=\dfrac{m_{水}}{\rho_{水}}=\dfrac{m_2-m_1}{\rho_{水}}$

液体的密度：$\rho_{液}=\dfrac{m_{液}}{V_{液}}=\dfrac{m_3-m_1}{\frac{m_2-m_1}{\rho_{水}}}=(m_3-m_1)\times\dfrac{\rho_{水}}{m_2-m_1}=\dfrac{m_3-m_1}{m_2-m_1}\rho_{水}$

三、有量筒无天平测固体密度

核心：$m_{固}=m_{水}$　　本质：利用水的等效替代法



"曹冲称象"法测质量

① 将小石头放入小烧杯中，小烧杯漂浮在大水槽上，用记号笔在小烧杯上做标记，记录水位线的位置.

② 将小石头取出，用滴管将水滴入小烧杯中，直到小烧杯又下降到原来标记处.

排水法测体积

③ 将小烧杯中的水倒入量筒中，记录读数 V_1.

④ 将小石头用细线吊着浸没在量筒中，记录读数 V_2.

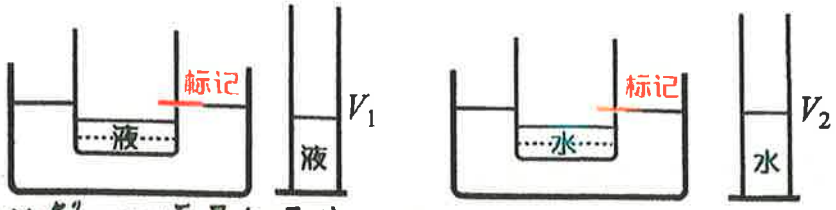
石头的质量：$m_{石}=m_{水}=\rho_{水}V_1$　[①+②："曹冲称象"法]

石头的体积：$V_{石}=V_2-V_1$　[③+④：排水法]

石头的密度：$\rho_{石}=\dfrac{m_{石}}{V_{石}}=\dfrac{\rho_{水}V_1}{V_2-V_1}=\dfrac{V_1}{V_2-V_1}\rho_{水}$

四.有量筒无天平测液体密度

核心：$m_{液}=m_{水}$　本质：利用水的等效替代法



"曹冲称象"法测质量与量筒测体积

①将待测液体倒入小烧杯中，小烧杯漂浮在大水槽上，用记号笔在小烧杯上做标记，记录水位线的位置.

②将待测液体倒入量筒中，读取示数V_1.

③将水倒入小烧杯中，直到小烧杯又下降到原来标记处.

④将水倒入量筒中，读取示数V_2.

液体的质量：$\boxed{m_{液}=m_{水}}=\rho_{水}V_2$　[①+③："曹冲称象"法]

液体的体积：$V_{液}=V_1$

液体的密度：$\rho_{液}=\dfrac{m_{液}}{V_{液}}=\dfrac{\rho_{水}V_2}{V_1}=\boxed{\dfrac{V_2}{V_1}\rho_{水}}$

力学基础

一、力

1. 力的定义

一个物体对另一个物体的作用.

施力物体　　受力物体



注意：两物体不接触也能产生力

例如：磁铁.

2. 力的性质

(1) 物体性：力不能脱离物体存在.

(2) 相互性：力的作用是相互的.

① 力总是成对出现.

② 施力物体同时也一定是受力物体.



3. 符号：F　单位：牛顿（牛，N）

1N：托起一个鸡蛋的力

5N：一瓶矿泉水对桌面的压力

500N：一名中学生对地的压力

4. 力的作用效果

(1) 力可以使物体发生形变.

① 微小形变

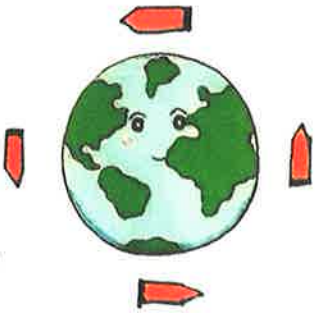
② 明显形变



(2) 力可以改变物体的运动状态.

① 运动状态改变 { 运动快慢改变 / 运动方向改变

② 运动状态不变，匀速直线运动或静止.



5. 力的三要素：影响力的作用效果的三个重要条件.

(1) 力的大小.

(2) 力的方向.

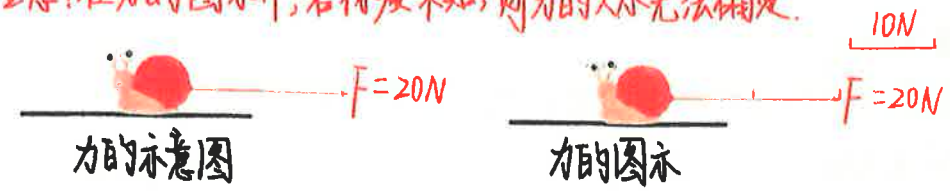
(3) 力的作用点.



6. 力的表示：(1) 力的示意图（粗略表示）. (2) 力的图示（有标度，更准确）.

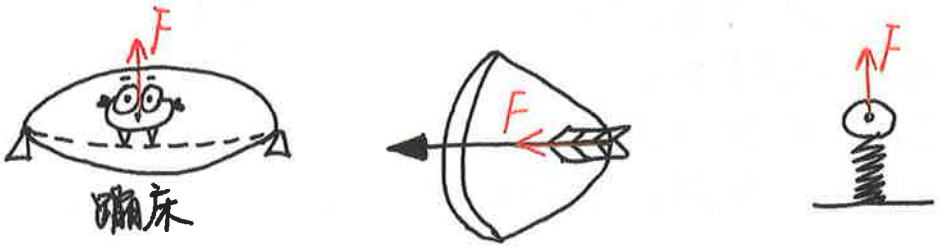
- 大小：线段长度.
- 方向：箭头方向.
- 作用点：起点或终点.

注意：在力的图示中，若标度未知，则力的大小无法确定.



力的示意图　　力的图示

二、弹力



蹦床

1. 两种形变

(1) 弹性形变：可以恢复原状的形变.
例如：弹簧、弹弓、蹦蹦床……

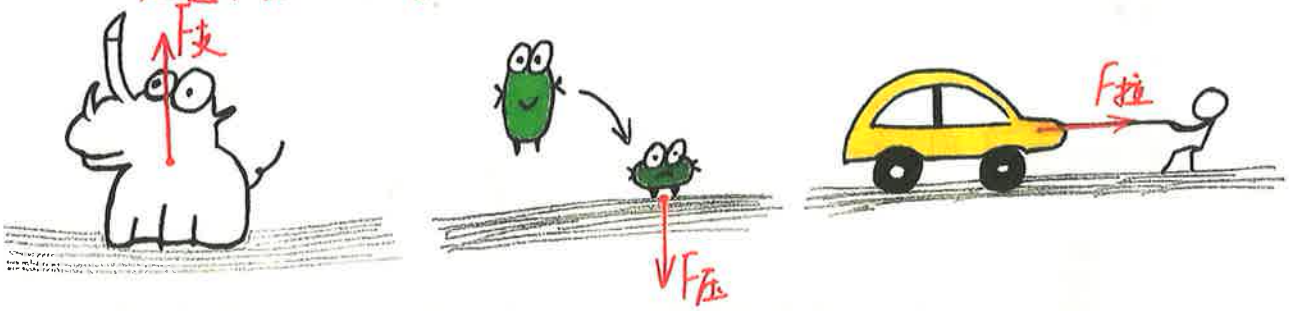
(2) 塑性形变：不可以恢复原状的形变.
例如：铅笔断了，捏橡皮泥……

2. 弹力

(1) 定义：发生弹性形变的物体，会对跟它接触且阻碍它恢复原来形状的物体产生力的作用，这种力叫弹力.

(2) 产生条件：① 弹性形变. ② 接触并挤压.

注意：压力、支持力、拉力、推力都是弹力.



(3) 三要素

①大小：与形变量有关.

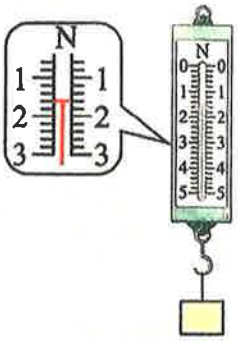
②方向：与形变方向相反.

③作用点：在受力物体上.

3. 弹簧测力计

(1) 原理：在弹性限度内，弹簧的伸长量与其所受拉力成正比.

(2) 使用方法



① 看：看量程和分度值.

② 拉：拉几下，避免摩擦过大或卡壳.

③ 调：指针调至零刻度线.

④ 测：手提拉环，物体挂在挂钩上.

⑤ 读：示数稳定后再读数，视线与刻度线垂直.



注意：弹簧测力计可以沿任何方向使用，保证受力方向与轴线方向一致即可.

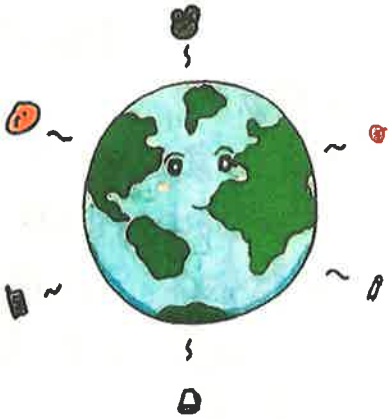
三. 重力

1. 定义：地球表面及附近的物体，由于地球的吸引而受到的力.

- 施力物体：地球（不是地面）.
- 重力不等于万有引力，它只是万有引力的一部分.

拓展：

人在地球上受到的万有引力 { 重力；向心力（高中知识） }



- 符号：G

2. 三要素

(1) 大小



用天平测物体的质量 m　1kg　2kg　3kg　4kg　5kg　6kg



用测力计测物体所受重力 G　9.8N　19.6N　29.4N　39.2N　49N　58.8N

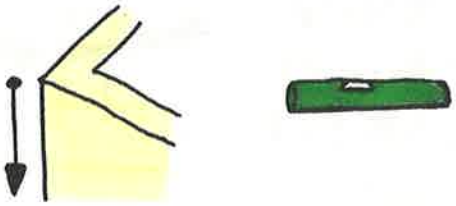
- 结论：物体所受重力与其质量成正比.
- 公式：$G=mg$

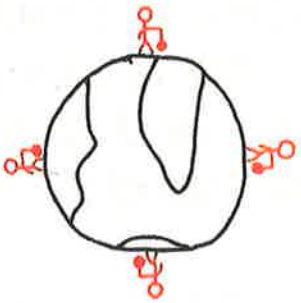
① $g=9.8N/kg$，表示地球上质量为1kg的物体所受重力为9.8N.

② g随纬度升高而变大.
- 赤道 9.780N/kg
- 北京 9.802N/kg
- 北极 9.832N/kg

(2)方向：竖直向下（指向地心附近）.

应用：重垂线、水平仪.

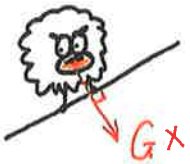




注意：竖直向下≠垂直向下.



竖直向下



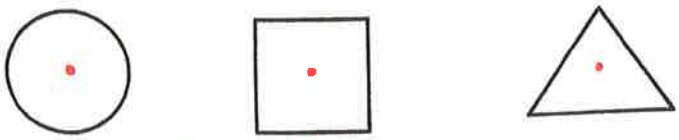
垂直向下



竖直向下

(3)作用点：重心（重力的等效作用点）.

- 规则物体（形状规则、质量均匀）：重心就在几何中心.

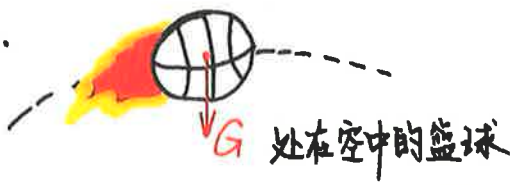


- 不规则物体：支撑法、二次悬挂法.



注意：重心不一定在物体上.

例如：甜甜圈、光盘、空心球……



处在空中的篮球

四、弹力与重力进阶

1. 弹力的产生



解题关键：发生弹性形变的是施力物体.

[阿赵精选例题] 如图所示，一个铁块放在一块薄木板上，下列关于铁块和木板受力情况的叙述正确的是（A）

施力物体

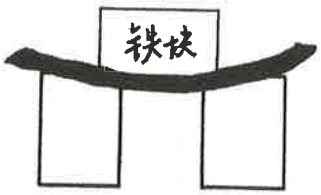
①木板受到向下的弹力是因为铁块发生了弹性形变

②木板受到向下的弹力是因为木板发生了弹性形变

③铁块受到向上的弹力是因为木板发生了弹性形变

④铁块受到向上的弹力是因为铁块发生了弹性形变

施力物体



A. ①③　　B. ①④　　C. ②③　　D. ②④

2. 弹簧测力计的特殊使用

(1) 倒拉



示数?

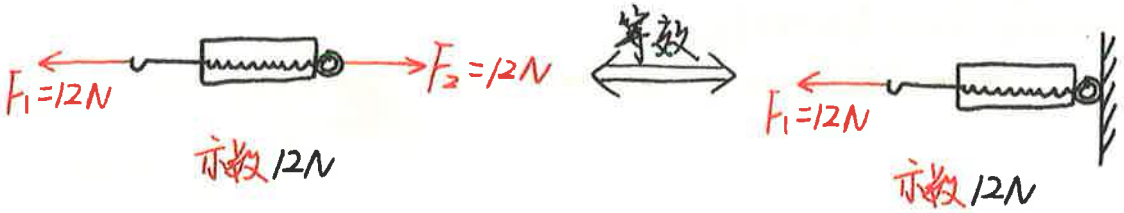
正拉时：示数 = 物重.

倒拉时：示数 = 物重 + 弹簧测力计壳自重.

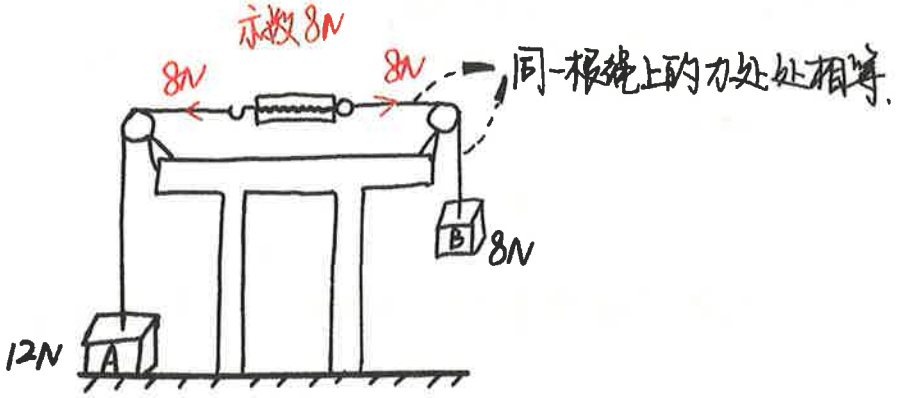
偏大

(2) 两边拉

弹簧测力计只显示一边的拉力.（另一端起固定作用）



(3) 弹簧测力计与物体A、B均静止

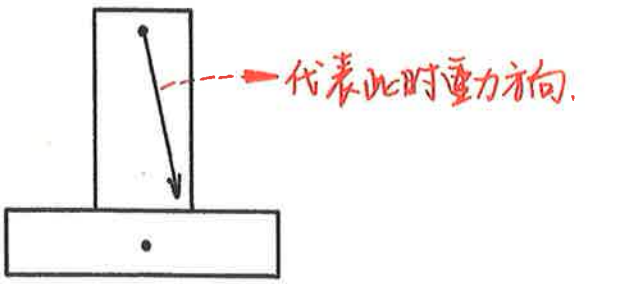


3. 重力的应用——水平仪

解题关键：重力的方向始终竖直向下.

口诀：指向哪边哪边低

[阿赵精选例题] 如图所示为水平仪放置于桌面上的情形，则该桌面 右 端偏低(选填"左"或"右")，用水平仪检查桌面是否水平所依据的原理是 重力的方向总是竖直向下.



4. 地球和月球上的重力

解题关键：人的力气是不变的.

[阿赵精选例题] 由于月球对物体的吸引力只有地球的六分之一，举重运动员在地球上最多能举起质量为200kg的杠铃，则：(g取10N/kg)

(1) 他在地球上最多能举起自重为 2000N 的杠铃.

$G_{地}=mg=200kg\times10N/kg=2000N$.

(2) 他在月球上最多能举起自重为 2000N 的杠铃.

举重是克服重力，人的力气不变，所以 $G_{月}=G_{地}=2000N$

(3) 他在月球上最多能举起 1200 kg的杠铃;

在地球上,200kg的物体所受重力为2000N,所由于$g_{月}=\frac{1}{6}g_{地}$,在月球上2000N的重力需要1200kg的物体来提供.

$$m_{月}=\frac{G}{g_{月}}=\frac{G}{\frac{1}{6}g_{地}}=6m_{地}=6\times 200kg=1200kg$$

(4) 在地球上用弹簧拉力器测得他的最大臂力是800N,在月球上他的最大臂力是 800N.

人的力气不变.