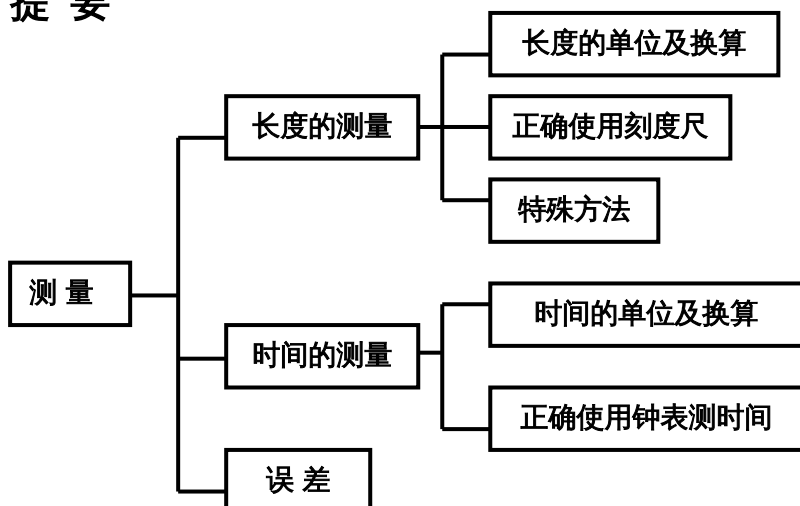


12.3 时间和长度的测量

在生活、生产和科研中，经常要进行长度和时间的测量。探究物体的运动规律也需要进行长度与时间的测量，所以我们必须学会测量长度和时间

智能提要



问：怎样正确使用刻度尺测量物体的长度？

答：正确使用刻度尺的方法可用五个字加以概括，即“认、放、看、读、记”。

(1) 认，就是认识刻度尺。首先，观察它的零刻线是否磨损。其次，观察它的量程和分度值。若零刻线磨损时，不可再把它零刻线作为测量的起点，这时可在刻度尺上任选一刻度线作为测量的起点线。分度值越小，准确程度越高。测量所能达到的准确程度就是由刻度尺的分度值决定的。

(2) 放，即尺的位置应放正。一是使刻度尺的零刻线与被测物体的边缘对齐；二是刻度尺应与被测物体的边平行，即沿着被测长度；三是对于较厚的刻度尺，应使刻度线贴近被测物体。

(3) 看，即视线不能斜歪，视线应与尺面垂直。

(4) 读，即读数，除读出分度值以上的准确值外，还要估读出分度值的下一位数值（估计值）。

(5) 记，指记录。记录测量结果应包括准确值、估计值和单位。

友情提示：在事先没有给定刻度尺时，还要根据测量的要求选择恰当的刻度尺。

问：通过你对停表的观察和使用，你能总结一下停表的正确使用步骤吗？

答：第一次按下按钮是启动，停表开始计时，第二次按下按钮是停表，停表停止计时，正确读出时间，第三次按下按钮是回零。

问：用哪些特殊的方法可用来测量某些物体的长度？

答：1. 累积法：把数个相同的微小量放在一起测量，再将测量结果除以被测量的个数就得到一个微小量的长度。

又叫“积多求少”法。

2. 化曲为直法：用线与曲线完全重合，做好两端的记号，然后轻轻地把线拉直，用刻度尺量出长度，就是曲线的长度。

3. 滚轮法：可用轮子沿曲线或直线滚动，记下轮子的滚动的圈数，测出轮子的周长，用轮子周长乘以圈数就得到被测曲线或直线的长度。

问：什么叫误差？它跟错误有什么不同？

答：(1) 误差的定义：测量值跟其实值的差异叫误差，误差是测量中不可避免的，它跟测

量的错误有区别。测量错误是可以避免并且必须避免的。

(2) 减小误差的方法：多次测量取平均值，可以减小测量误差。

中考概要

最近三年，中考题中对测量的知识中的知识点考得较少，主要考查长度的正确测量方法与读数、特殊的长度测量、误差的性质及减小误差的方法、常见长度的认识、单位换算等。多出现在填空与选择题中，其他题型较少。

智能拓展

国际米原器

什么是国际公认的长度单位呢？1790年法国科学院规定：以通过巴黎的子午线由北极到赤道距离的一千万分之一作为长度单位叫 Metre，译成汉语叫“米”。这个标准在当时被认为是科学的。因此，1891年在国际计量大会上一致通过它作为国际标准米。

为了把这个标准国际化，会议通过制作一个标准米原器，米原器是用铂铱合金制造的，它的截面成 X 形，全长 1.02m，在距离两端各 1cm 处刻上一条极细的横断条纹，在温度为 0°C 时，两条细纹间距离恰好是 1m，不要小看这个“米”，它不仅是长度的基准，面积和体积也要以它为基准，就是物质质量的标准也是由米而来。因此，“米”便决定着各种计量，米原器自然成了掌上明珠。米原器保存在法国巴黎近郊一个恒温无尘的地方，精度达到了 0.1 μ m，比有的尘埃直径还要小。

然而，很不幸，人们后来发现从北极到赤道通过巴黎的这根子午线，它的一千万分之一实际并不是 1m，而是相差 0.2mm，加上两端细刻纹也要占去一部分空间，这就发生了标准米原器不是非常标准的问题，能不能找到一种更稳定、更精确的标准尺？科技工作者发现了一个很好的候选者——光波波长，所以在 1960 年第十一届国际计量大会上决定以氪 86 同位素灯在规定条件下发出的橘红色光波波长的 1 650 763.73 倍作为一个标准米。我国在 1977 年也采用了这个标准。1983 年 10 月，国际上又以“光在真空中的 1/299 792 458s 的时间间隔内走过的长度”定义为米。怎样测定这 1/299 792 458s 呢？这就需要极其精密的钟表了。可见，要了解我们生存的物质世界，不光要有一把尺来量度空间，还要有一座钟来量度时间。长度单位多次修改，是为了适应现代科技发展的需要，米的新规定之所以能实行，是因为科学技术的发展提供了更加精确的、可以重复实现的实验手段。这个规定的发展过程，体现了测量在物理学以至其他科学领域的重要性。

追踪时间

早上 8 点，自远东的海参威起飞，能否在同一天早上 8 点到达莫斯科呢？有人会说：“别开玩笑！”其实，答案是肯定的。为什么呢？因为海参崴和莫斯科有 9 小时的时差。换言之，只要飞机能用 9 小时从海参崴飞到莫斯科，就会发生这样的趣事。海参崴和莫斯科两个城市的距离约为 9000 千米，以 9000 千米除以 9 等于 1000 千米得时速为 1000 千米，只要用喷气式飞机，就可实现预期的目标。

在北极圈内，你甚至可以用比上述更慢的速度来和太阳(应该说是地球自转的速度)竞争。就拿位于北纬 77 度的新地岛(Nouaya Zemlya)为例，时速约 450 千米的飞机，凭借地球的自转，仅仅在地球表面作一点轻微的移动，就能和太阳在同一时间中飞行了。这时，机舱内旅客眼中的太阳就会静止在空中，纹丝不动，而且始终不会没入西方(当然，飞机必须保持同太阳一致的方向飞行)。

月球也围绕地球公转，如果想“追逐月球”，就更简单了。因为月球是以地球自转角速度的 1/29 来绕着地球运动的，所以你无需跑到极地，只要到地球中纬度的地方，用时速

25-30 千米的汽船，便可与月球同步了。

美国作家马克·吐温，在他的著作《欧洲见闻录——庄稼汉外游记》中，曾就这一点作过简略的描述。在他从纽约至亚速尔群岛的航程中，有如下的一段记载：“此刻正值炎夏，夜晚的天气比白昼清凉……这时，我发现了一个奇妙的现象，就是在每晚同一时间、同一地点，只要你仰望夜空，都可望见一轮满月。这轮月亮为何如此怪异呢？起初，我左思右想都不得其解。最后，我终于发现了原因的所在。因为船在海上由西向东航行。平均每小时在经线上前进 20 分，换句话说，轮船和月亮正以相等的速度，朝着同一方向前进。”

百万分之一秒的用途

在日常生活中，时间精确到秒已经足够了。我们从未发现哪所学校会把学生上课的时间定为几时几分几秒点几几。即使是最新款式的电子手表，它给出的时间也只到秒为止。那么，科学家们为什么要把时间测得那样准，要精确到百分之一秒、百万分之一秒，甚至亿分之一秒呢？

一般说来，人的反应时间大约为十分之几秒，因此在日常生活中，人们对于秒的时间，要求并不迫切。

但是，在生产活动和科学研究中，情况则完全不同。

最简单的例子是百米赛跑，有时准确到十分之一秒还很难决雌雄，必须精确到百分之一秒才能选出优胜者。

人们研究雷电时，发现每次雷电都有一个“主雷区”，它发出沉闷的先导雷声，然后在云层中分叉、放电，划出闪光传向地面，每一过程所经历的时间不到万分之一秒。如果时间测量精确不到万分之一秒，人们就很难研究雷电的全过程，也不可能找到今天这样避免雷击的方法。

再如研究爆炸过程，炸药爆炸发生在百万分之一秒（微秒）的短时间里。现代鱼雷用一种高速炸药引爆，从引爆到爆炸只有二十几个微秒。化学家和国防技术人员要试验和记录各种物质的爆炸速度，没有精确到万分之一秒的时间测量，他们不仅不能找到有效的爆炸物质，而且有时连他们的生命也难以保全。

宇宙航行对时间的要求更高。飞船或卫星的发射、入轨、制导、重返大气层、安全回收着陆，每一过程都需要精密的时间测量。从发射场、飞行控制中心，到回收监视区域，都需要有专门控制时间的系统，给各个部位提供高精度的时间信号，以保证发射成功。

在核物理学领域，有的微粒的运动速度接近光速，其寿命只有几亿分之一秒。可以设想，如果没有高精度的原子钟，人们便难以研究物质的微观变化特性，也不会发现新元素。

智能归例

题型一 本组题主要考查你对长度单位的认识以及长度单位的换算问题

例 1 一名粗心的学生的测量记录中忘记写单位，他的记录数据中，哪一个数据的单位是 m？

- A. 一支新铅笔的长度：0.175 B. 一名同学的高度：1.64
C. 一枚壹角硬币的厚度 0.24 D. 一本外文字典的厚度 1.35

知识点 关于长度的单位的具体概念，能估测一些常见长度

闯关点拨 本组题考查了我们日常生活和学习中估测长度的能力首先应对 1m、1dm、1cm、1mm 等形成具体的模型，然后根据时间情况将相应的长度与长度单位进行比较。

解 一支新铅笔的长度约为 10~20cm, $0.175\text{m}=17.5\text{cm}$, 因而 A 选项是正确的；B、C、D 若以 m 为单位，显然是不符合生活常识，是错误的。

将理论与实际联系起来，这是学习物理的基本方法。←

答 选 A

例 2 下面是小虎同学做的长度单位换算的几个算式，请指出他在换算过程中的错误，并写出正确的算式。

- (1) $5.2\text{m}=5.2\text{m}\times 100\text{cm}=520\text{cm}$
- (2) $6.5\times 106\mu\text{m}=6.5\times 106\times 10^{-6}=6.5\text{m}$
- (3) $36\mu\text{m}=36\mu\text{m}\times 1000=36000\text{nm}$
- (4) $480\text{mm}=480\div 1000\text{m}=0.48$

知识点 单位换算

闯关点拨 进行单位换算时，正确的格式是数字不变，把相应的单位作等量代换。→

注意：单位换算过程中都用乘法，且确保等式前后相等。←

解 四个算式最后的结果都是正确的，但中间的格式都不对。

(1) 式中用“100cm”替换了前面的“m”，所以中间的“m”就不应该有了；(2) 式中中间没写单位；(3) 式中前面的等式显然是不成立的；(4) 式用了除法。正确的算式应为：

- (1) $5.2\text{m}=5.2\times 100\text{cm}=520\text{cm}$
- (2) $6.5\times 10^6\mu\text{m}=6.5\times 106\times 10^{-6}\text{m}=6.5\text{m}$
- (3) $36\mu\text{m}=36\times 1000\text{nm}=36000\text{nm}$
- (4) $480\text{mm}=480\times \frac{1}{1000}\text{m}=0.48\text{m}$

题型二 本组题主要考查你能否正确使用刻度尺测量长度

例 1 如图 11-23 所示，用刻度尺测量 A、B 两小木条的长度，其中对木条_____的测量是正确的，这个木条的长度是_____cm。

知识点 考查正确使用刻度尺测长度的实验技能及读数、记录的能力。

图 11-23

闯关点拨 在读数前，要认清所用刻度尺的分度值和零度。→

注意：起点不是“0”。←

解 使用刻度尺时，应将刻度线紧靠被测物体，所以对 A 的测量是不正确的，对 B 的测量是正确的。此刻度尺的分度值是 mm，所以读数要准确到 mm，B 的起始端对准刻度尺的 11.00cm 处，末端对准 13.58cm 处，所以长度 $L=13.58\text{cm}-11.00\text{cm}=2.58\text{cm}$ 。

例 2 某同学测量一块木块的长度，将一把木质刻度尺如图 11-24 放置，其错误是：

- (1) _____。
- (2) _____。
- (3) _____。

图 11-24

知识点 刻度尺的正确放置与读数

闯关点拨 注意正确使用刻度尺的方法：①对准零刻度线；②尺要放正；③读数时视线要与尺面垂直，并要正对被测物体边缘所对的刻度线。

答 (1) 被测物体边缘没有对准零刻度线。

(2) 刻度尺没有与被测物体平行。

(3) 视线没有与尺面垂直。

例 3 某同学用卷尺测自己的身高为 1.724m，那么这卷尺的分度值是_____，数据中的准确值是_____，如果改用 cm 作单位，该同学的身高应记为_____cm。

知识点 长度测量中的读数环节与记录

闯关点拨 本题考查了怎样正确读数和记录实验结果，读数时应读到最小刻度的下一位，所

以最后一位是估读数。

解 倒数第二位数 2 是表示 2cm，所以分度值是 1cm，准确值是 1.72m，若用 cm 作单位，该同学的身高应记为 172.4cm。

题型三 知道什么叫误差，知道用多次测量求平均值的方法可减小误差

例 某同学用 1cm 刻度尺测量某一物体的长度，五次测量的数据分别是 1.24dm, 1.25dm, 2.24dm, 1.242dm, 求该物体的长度。

知识点 多次测量求平均值可以减小误差

闯关点拨 (1) 同一把尺测同一物体的长度，测量结果中的准确值应该是相同的。(2) 用多次测量结果的平均值作为被测物体物体的长度，可以减小误差。

解 厘米刻度尺的最小分度值是 1cm，能准确到厘米位，估计到毫米位，所以题中 1.242dm 是错误读数，应去掉，2.24dm 比其他三个数据大 1dm，显然是测量错误或读数错误，也要去掉。最后三个正确的读数求平均值，即为测量的结果，所以物体的长度为：

$$L = \frac{1.24dm + 1.25dm + 1.24dm}{3} = 1.24dm$$

答 该物体的长度为 1.24dm。

题型四 会用一些特殊方法测量长度

例 1 现有一卷粗细均匀的细铜丝，要求测出它的直径。试一试，并把测量步骤和方法写出来。

知识点 微小长度的测量方法

闯关点拨 细铜丝的直径很小，而常用的测量工具达不到这样的准确程度，不能直接测量，只能用累积法（积多求少法）间接地测量。

解 将细铜丝在铅笔上紧密排绕 n 圈，如图 11-25 所示，用分度值为 mm 的刻度尺测出线圈的总长度为 L ，则细铜丝的直径 $d = \frac{L}{n}$ 。



图 11-25

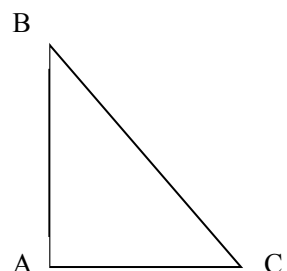
[拓展题] 现有只有两支相同的铅笔，一卷已知直径为 1mm 细铜丝，请设法测出另一卷细铁丝的直径。

析 本题只有两支铅笔和已知直径的细铜丝，没有刻度尺，要直接测出另一卷细铁丝的直径是比较困难的，只能另辟蹊径，可以利用已知直径的细铜丝和铅笔制作一个简易的刻度尺，即将已知直径的细铜丝紧密排绕在一支铅笔上，并记录下细铜丝排绕的圈数 N_1 。再在另一支铅笔上紧密排绕相同线圈长度的细铁丝，并记录下相等线圈长度的细铁丝的圈数 N_2 ，则可以测出细铁丝的直径。

解 将已知直径的细铜丝紧密排绕在一支铅笔上，并记录下细铜丝排绕的圈数 N_1 。再在另一支铅笔上紧密排绕相同线圈长度的细铁丝，并记录下相等线圈长度的细铁丝的圈数 N_2 。细铁丝的直径 $d = 1mm \cdot N_1 / N_2$ 。

例 2 如图 11-26 所示，是一个三角形，三角形的几条边满足如下关系： $BC^2 = AB^2 + AC^2$

现有一块标准建筑用砖如图 11-27 所示，如果仅用一只量程足够的刻度尺，测量砖块上最远两点（如图中所示的 A、B 两点）



(砖块数量不限)。

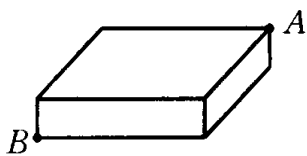


图 11-27

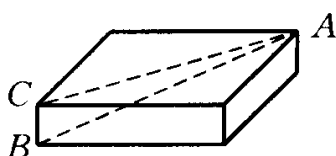


图 11-28 甲

图 11-26

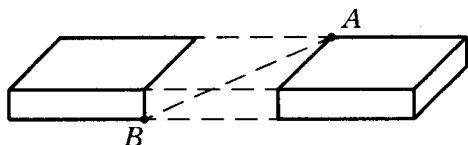


图 11-28 乙

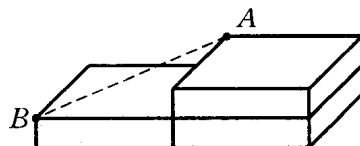


图 11-28 丙

知识点 结合数学知识间接测量长度

闯关点拨 本题是过程和结论开放性试题。由于刻度尺不能直接插入 AB 两端之间进行直接测量，所以，应采用替代法或排除法等方法达到测量 AB 的目的。

解 方法一：用刻度尺测量砖块高 BC，记为 h ，再测出砖块最大面的对角线 AC 长，记为 l ，如图 11-28 甲所示，通过题目中提示的数学关系式，可以得到： $AB = \sqrt{h^2 + l^2}$ 。

方法二：用排除法，使 AB 两点能用刻度尺直接测量。将三块相同的砖一字排开在地面上，再取走中间一块，如图 11-28 乙虚线处所示，就可以用刻度尺直接测出 AB 长。也可以用图 11-28 丙方法，将三块相同的砖块叠成阶梯形，就可以用刻度尺直接测出 AB 长。

例 3 “天下黄河富宁夏”。黄河从中卫县南长滩 (A) 入境，至石嘴山市头道坎 (B) 出境，流经宁夏长度 L 。已知图 11-29 中单位长度表示 60km，估计 L 长约 $\underline{\quad}$ km。

知识点 用“化曲为直”的方法来测量曲线的长度

闯关点拨 本题是一道联系宁夏地理位置、社会经济的开放题，涉及数学、物理和地理等学科知识，具有一定的综合性。该题把物理上的特殊测量方法和估测宁夏境内黄河长度结合起来，命题独具匠心，对引导学生注意培养综合能力有一定的意义。本题考查学生能否用“化曲为直”的替代方法来测量待测长度，此题“化曲为直”的方法有多种。

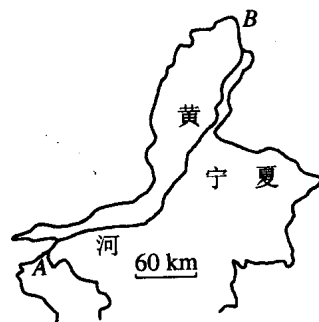


图 11-29

解 方法一：用刻度尺量出 60km 的线段长为 l_0 ，以此为单位长，沿图中黄河 AB 段量折线段，数出折线段的个数为 6，则 $L = 6 \times 60\text{km} = 360\text{km}$ 。

方法二：以 60km 的线段为单位长，用圆规截取单位长，并量出图中黄河 AB 段有 n 个单位长，则 $L = 60n\text{km}$ 。

方法三：用细线或纸条的 CD 段与图中黄河 AB 段重叠，然后再用刻度尺量出 CD 长为 $l\text{cm}$ ，再量出图中 60km 线段长为 $l_0\text{cm}$ ，则 $L = 60l/l_0(\text{km})$

答 黄河在宁夏境内长为 397km。(本题估测值在 350km 至 450km 之间，均在误差范围内，都可算正确。)

友情提示 借助一些辅助器材(如圆规、硬币、滚轮、不易拉长的棉线等)把不能直接测量的曲线变为直线，再用刻度尺测量，这就是“化曲为直”的替代方法。譬如：要测量某曲

- ，课桌的宽度为 0.65_____。(题型一)
3. 图 11-30 是测量一木块长度的示意图。刻度尺的分度值是_____，物体的长度是_____cm。(题型二)
4. 请你将下列长度按从大到小的顺序进行排列(填序号)_____
- A. 太阳的直径为 7×10^{11} cm B. 原子核的半径为 2×10^{-15} m C. 人高度为 1.7×10^3 mm
D. 珠穆朗玛峰高度为 8.84813 km
E. 万里长城全长为 6.7×10^{12} μ m F. 课桌长为 1 m (题型一)
5. 请根据你的生活经验将以下活动所需时间由长到短排列(填序号)_____ (题型五)
- A. 去操场做一节广播操 B. 到隔壁教室去借一本书
C. 到距离家 3 km 的学校上学 D. 眨一下眼睛
6. 某学生在记录测量结果时忘记写单位，试判断下列哪个数据的单位是“厘米”() (题型一)
- A. 一支铅笔的直径是 7.1 B. 茶杯的高度是 11.2
C. 物理书的长度是 2.52 D. 他自己的身高是 16.75
7. 以下数据，最接近一间普通教室的天花板距该教室地面的高度的是() (题型一)
- A. 5.5 m B. 3.5 m C. 2.0 m D. 1.5 m
8. 李明同学测量课本宽度的 4 次结果如下，其中记录错误的一次是() (题型三)
- A. 17.31 cm B. 17.32 cm C. 17.52 cm D. 17.30 cm
9. 如图 11-31，在测物体长度时，有以下几种方式，其中操作正确的是() (题型二)

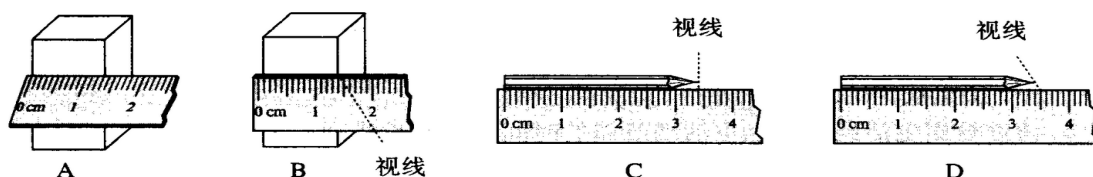


图 11-31

10. 木铅笔是同学们天天用到的工具。你判断一下，小宇对木铅笔的下列估测哪个有误，请你把它找出来() (题型一)
- A. 铅笔的质量约为 5 kg B. 铅笔的长度约为 20 cm
C. 铅笔的截面积约为 0.5 cm^2 D. 铅笔芯的直径约为 1 mm
11. 某同学为了测定物理课本内一张纸的厚度，采用了如下步骤：
- 量出一本书的厚度，记录 L；
 - 选用学生用三角尺并检查零刻度线是否磨损(设：没有磨损)；
 - 翻看物理书最后一页的页码，记录 n；
 - 用 L/n 表示物理书内每张纸的厚度，记录 d；
- (1) 上述各措施中错误的步骤是_____，应分别改为_____；
(2) 实验措施改正后，正确的实验步骤应该为(填字母序号)_____。(题型四)
12. 如图 11-32 所示，是一棵百年银杏树，小明想知道此树的树干 A 处的有多粗，可是小明身边只有直尺没有软皮尺，请你帮助小明设计一个测量 A 处直径大小的方案。
要求：说明所需的辅助器材，并写出简要的操作步骤。(题型四)



图 11-32

综合提高训练

1. 为了测出细铜丝的直径，某同学把铜丝在铅笔上紧

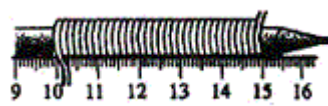


图 11-33

密排绕 32 圈。如图 11-33 所示，用分度值是 1mm 的刻度尺测得这 32 圈的总宽度为_____cm，可算出细铜丝的直径约为_____mm。(题型四)

2. 某校探究学习小组，为了研究蚯蚓在粗糙面上爬得快，还是在光滑面上爬得快，他们用一条蚯蚓在相同条件的外界下，分别让它在不同的表面上爬行，为了比较蚯蚓在不同表面上爬行的快慢，必须算出蚯蚓爬行的_____，为了准确测出蚯蚓爬行的路程，在确定蚯蚓的爬行起点和终点时，他们应该选择蚯蚓的_____（填头部或尾部）作为观察对象，因蚯蚓爬行的路程是弯曲的，为了测出它的爬行的路程，除了使用棉线外，还需要的测量器材是：_____。(题型四)

3. 有两项实验：①用刻度尺测细铜丝直径：把细铜丝在铅笔上紧密派绕 50 圈；然后用刻度尺量出线圈的总长度再除以 50；②测一个大头针的质量：先测出 100 个大头针的总质量，再除以 100。这两项实验的思想方法是相同的，两个实验遇到问题的共同特点是：_____，解决办法的共同特点：_____。(题型四)

4. 实验室的常用秒表，长针走一圈是_____s，估计一下自己的身体的“生物钟”——脉搏跳动 10 次大约_____s。(题型五)

5. “纳米”是一种长度单位， $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ ，纳米技术是以 0.1—100nm 这样的尺度为研究对象的前沿科学，目前我国在对纳米技术的研究方面已经跻身世界前列， $1.76\times 10^9\text{nm}$ 可能是 () (题型一)

- A. 一个人的身高
- B. 物理课本的长度
- C. 一座山的高度
- D. 一个篮球场的长度

6. 下面说法中，正确的是 () (题型三)

- A. 如果测量方法都是正确的，那么不论是哪个人测量同一物体的长度都应得到相同的结果
- B. 两个人测同一物体的长度，测出的数值不同，其中一定有一人的测量方法不正确
- C. 物体的真实长度是一定的，只要测量方法正确一定不会有误差
- D. 物体的真实长度是一定的，即使测量方法正确也会产生误差

7. 有一叠纸，怎样测得某中一张纸的厚度？(题型四)

8. 要测出一幢 12 层住宅楼的高度，请你提出三种方法。(题型四)

9. 意大利的比萨斜塔 600 多年来“斜而不倒”。300 多年前物理学家伽利略在塔上做了著名的自由落体实验，使其更加充满了神奇的魅力，吸引着世界各地游客纷至沓来。斜塔究竟有多高呢？图 11-34 为比萨斜塔的正面照片，请你仔细观察图片，利用图片所提供的信息，推断测算出斜塔实际高度，并简单说出推断理由。(题型四)

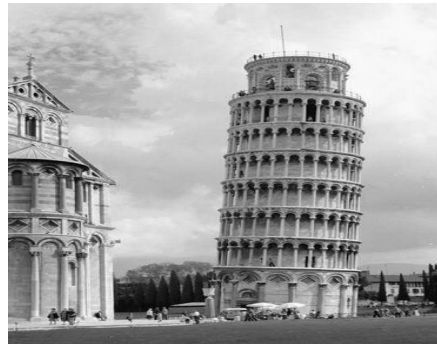


图 11-34

10. 为了探究误差产生的原因，小名和同学做了如下的实验：

(1) 找出几把不同的刻度尺（可以是分度值不同，也可以是制作材料不同），从中取出两把不同的刻度尺，将它们的零刻度线对齐，再看看它们的 10cm 或 15cm 刻度线是否还对齐；换用其它尺子仿照上述方法再做两次。

(2) 在一张白纸上画了一根直线，由几个同学独立测量直线的长度，注意：使用的是

同一把刻度尺，并将零刻度对准直线的起点。

现在请回答下列问题：

- ① 15cm 的刻度线不再对齐说明了：_____
- ② 不同的人测量的结果的最后一位不完全相同，说明了：_____
- ③ 通过上述实验，你认为引起误差的原因有哪些？（题型三）

11. 在观察如图 11-35 小球摆动时，小涛发现小球每摆一个来回的时间似乎都相同。于是他产生了猜想，小球来回摆动一次所用的时间 t ：

- ① 可能跟小球质量 m 有关；
- ② 可能跟绳子长度 l 有关；
- ③ 可能跟小球移开的距离 s 有关；

为验证自己的猜想，他在竖直的木板上画出方格，用瓶子代替

小球，并在瓶内装大米以改变质量，则：

(1) 除图 11-35 所示的器材外还需要____、____；

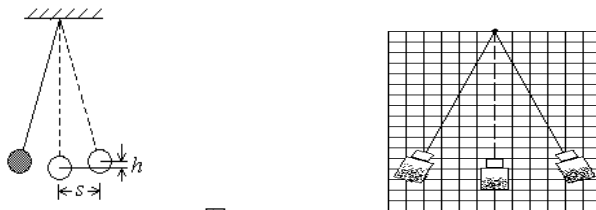


图 11-35

(2) 在测出不同条件下，瓶子来回摆动一次所用的时间 t 后，得到表中的数据。则：为了研究 t 与 l 关系，应选择序号为_____的数据进行分析；

序号	瓶质量 m/g	移开距离 $s/格$	悬线长度 $l/格$	来回时间 t/s
1	20	3	12	2.1
2	40	3	12	2.1
3	60	3	12	2.1
4	60	2	12	2.1
5	60	1	12	2.1
6	60	3	9	1.9
7	60	3	6	1.5

(3) 通过分析表中的数据可以得出初步的结论： t 与_____无关，与_____有关（填写字母）。

(4) 实验中发现，瓶子摆动一次所用的时间很难测准，请你帮他想一个更准确的测量方法：_____。