

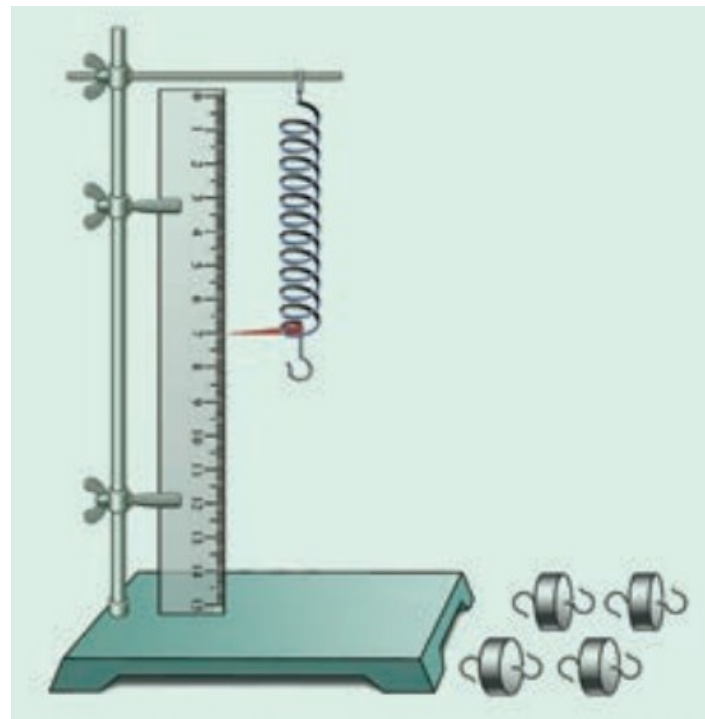
第 5 节：探究弹簧弹力与形变量的关系

广州市第八十六中学 田雯



一、夯实必备知识

原理装置图



平衡时弹簧产生的弹力和外力大小相等

操作要求

1. 将弹簧的一端挂在铁架台上，让其**自然下垂**，用刻度尺测出弹簧自然长度 l_0 ，即原长。
2. 如图所示，在弹簧下端挂质量为 m_1 的钩码，测出此时弹簧的长度 l_1 ，记录 m_1 和 l_1 ，得出弹簧的伸长量 x_1 ，将这些数据填入自己设计的表格中。
3. 改变所挂钩码的质量，测出对应的弹簧长度，记录 m_2 、 m_3 、 m_4 、 m_5 和相应的弹簧长度 l_2 、 l_3 、 l_4 、 l_5 ，并得出每次弹簧的伸长量 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 。

注意事项

1. 操作：标尺要竖直且紧靠指针，减小读数带来的误差，弹簧竖直悬挂，每次改变悬挂钩码个数后，要待钩码静止时测出弹簧长度。
2. 作图：坐标轴标度要适中，单位要标注，连线时要使各数据点均匀分布在图线的两侧，明显偏离图线的点要舍去。
3. 适量：弹簧下端所挂钩码不要太多，以免伸长量超出弹性限度。
4. 实验中所提供的刻度尺分度值为 1mm ，读数应估读到下一位。
5. 多测：要使用轻质弹簧尽可能多测几组数据。
6. 统一：弹力及伸长量对应关系单位应统一。



数据处理

1. 列表法：将实验数据填入表中，研究测量的数据，可发现在实验误差允许的范围内，弹力与弹簧伸长量的比值不变。

弹簧原长： $L_0 =$ _____ cm

实验次数	钩码的重力 G/N	弹簧的长度 L/cm	弹簧的伸长量 x/cm	弹力的大小 F/N

数据处理



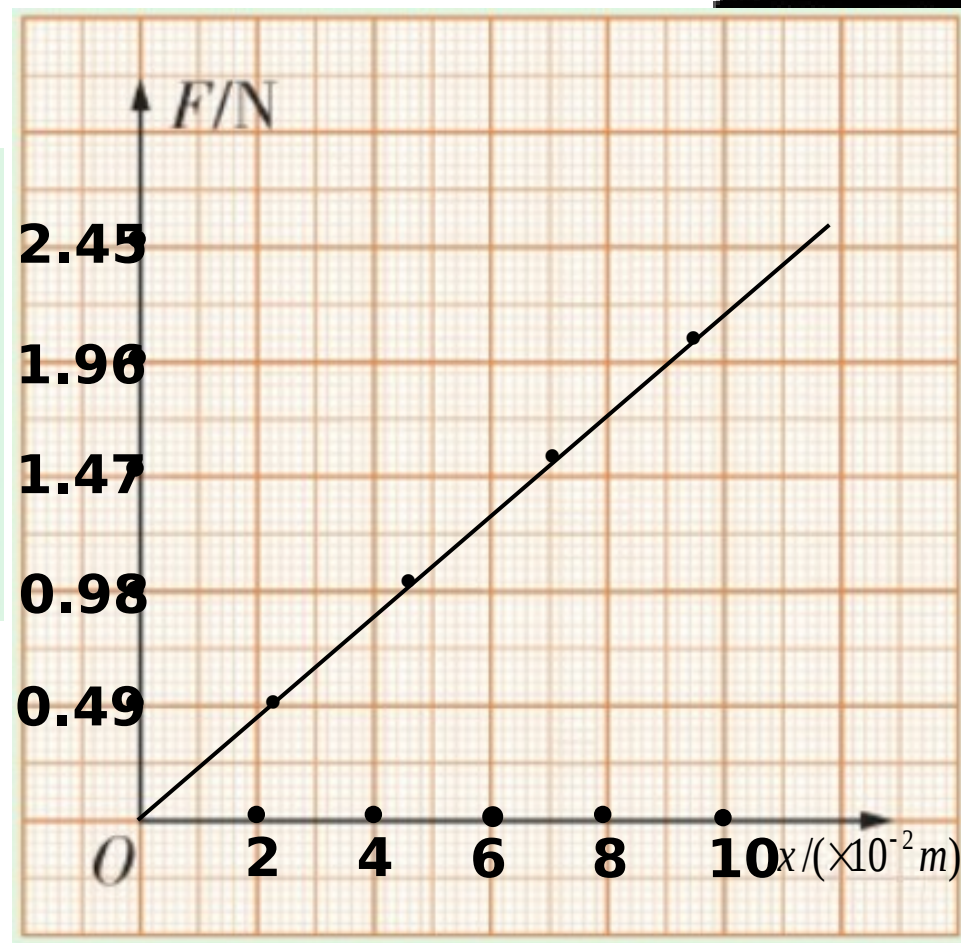
黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

2. 图像法：根据测量数据，在建好直角坐标系的坐标纸上描点。以弹簧的弹力 F 为纵轴，弹簧的伸长量 x 为横轴，根据描点的情况，作出一条经过原点的倾斜直线。

表 3-2-1 实验数据记录表

弹簧原长： $L_0 = 8.00$ cm

实验次数	钩码的重力 G/N	弹簧的长度 L/cm	弹簧的伸长量 x/cm	弹力的大小 F/N
1	0.49	10.20	2.20	0.49
2	0.98	12.70	4.70	0.98
3	1.47	15.00	7.00	1.47
4	1.96	17.50	9.50	1.96



实验结果



黄浦教研
HUANGPU JIAOYAN

1678 年，英国物理学家胡克（Robert Hooke，1635—1703）研究后得出结论：在弹性限度内，弹簧弹力 F 的大小与弹簧的伸长量（或压缩量） x 成正比。其表达式为

$$F = kx$$

(3.2.1)

这一结论称为胡克定律（Hooke law）。式中 k 称为弹簧的劲度系数，单位是牛顿每米，符号是 N/m 。不同的弹簧，其劲度系数不同， k 是表征不同弹簧品质的重要指标，在 $F-x$ 图像中表示不同的斜率，如图 3-2-13 所示。它在量值上等于弹簧伸长或压缩单位长度所需的力。生活中常说有的弹簧“硬”，有的弹簧“软”，指的就是它们的劲度系数不同。弹簧的劲度系数跟弹簧的粗细、材料、孔径、绕法等有关。

弹簧都有一定的弹性限度。当弹簧的形变超出这个限度时，胡克定律就不再适用。

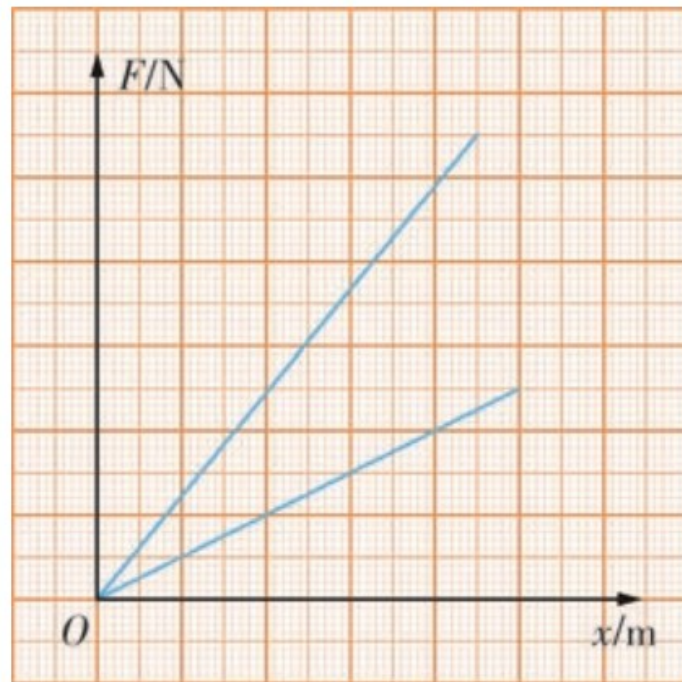
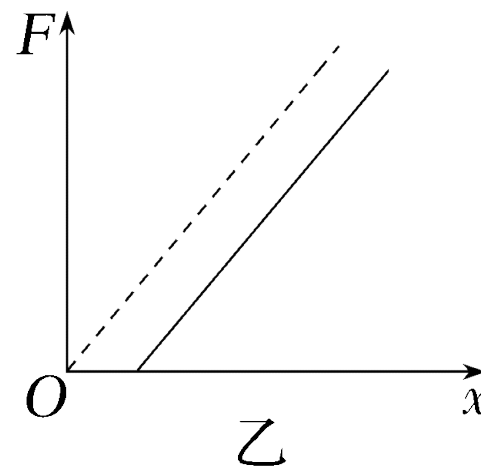
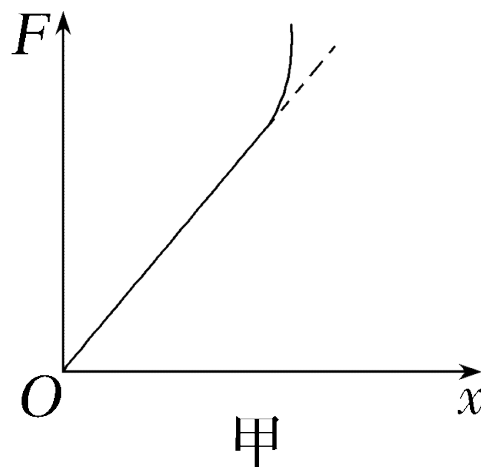


图 3-2-13 不同弹簧的 $F-x$ 图像

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta x}$$

误差分析

1. 钩码标称值不准确、弹簧长度测量不准确以及画图时描点连线不准确等都会引起实验误差。
2. 悬挂钩码数量过多，导致弹簧的形变量超出了其弹性限度，不再符合胡克定律 ($F=kx$)，故图线发生弯曲，如图甲所示。
3. 水平放置弹簧测量其原长，由于弹簧自身受到重力，将其悬挂起来后会有有一定的伸长量，故图像横轴截距不为零，如图乙所示。



二、例题讲解



例 1 (2025·天津实验中学模拟) 为探究弹簧的弹力与形变量之间的关系，某同学用铁架台、弹簧、毫米刻度尺、钩码、铅笔等器材，按照如下实验步骤完成实验：

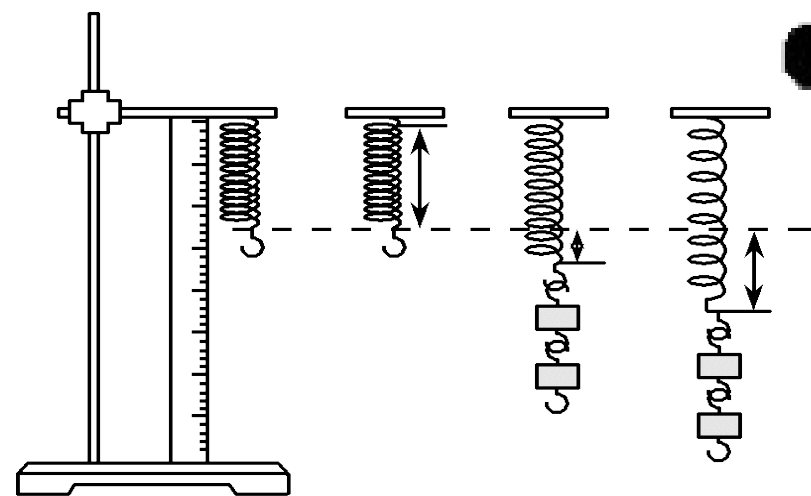
a. 如图甲，将铁架台固定于桌子上，并将弹簧的一端系于横梁上，在弹簧附近竖直固定一把刻度尺；

b. 记下弹簧不挂钩码时其下端指针在毫米刻度尺上的读数 l_0 ；

c. 逐一将钩码挂在弹簧的钩子上；

d. 每添加一个钩码后，待弹簧静止，记录此时指针在毫米刻度尺上的读数；

e. 取下钩码、弹簧和毫米刻度尺，整理仪器。



甲



二、例题讲解



黄浦教研
HUANGPU JIAOYAN

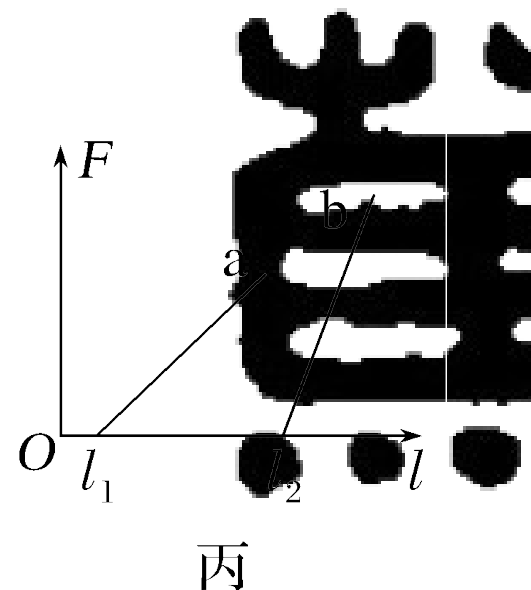
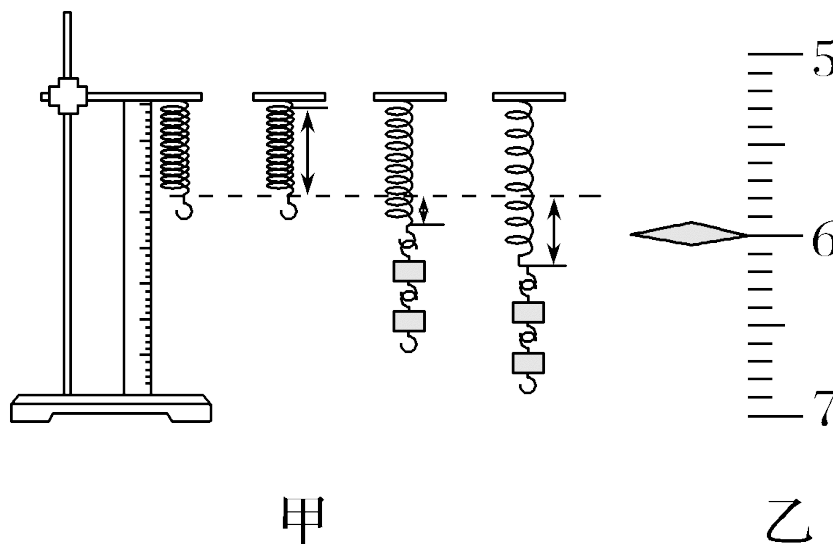
请完成下列问题：

(1) 图乙为弹簧不挂钩码时其下端指针在毫米刻度尺上所对应的读数，则 $l_0 = \underline{\quad 6.00 \quad}$ cm。

解析 题图乙中毫米刻度尺的分度值为 0.1 cm，由题图可知

$l_0 = 6.00$ cm。

答案 6.00



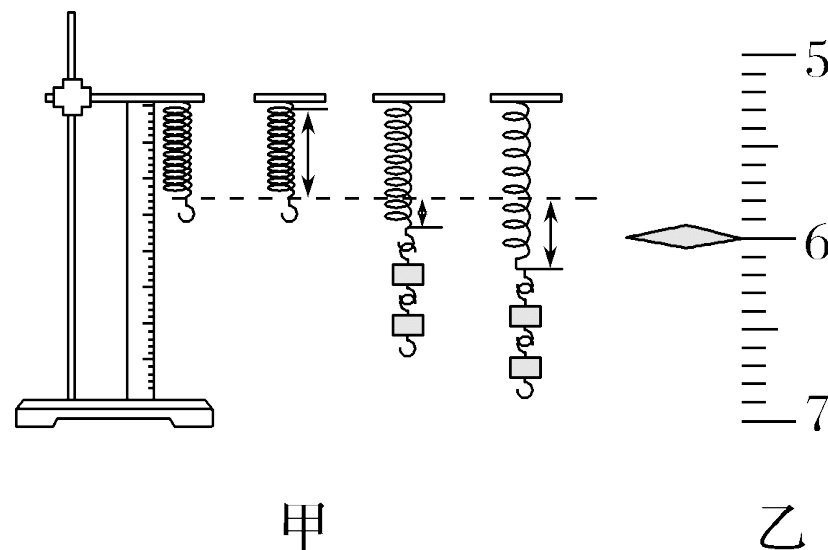
(2) 关于本实验中的实验操作及实验结果，以下说法正确的是

BC (填正确选项前的标号)。

A. 该实验前须先将弹簧水平放置测量其原长

B. 在安装毫米刻度尺时，必须使刻度尺保持竖直状态

C. 每次添加钩码后，应保证钩码处于静止状态再读数



解析 在测量弹簧原长时，应将弹簧竖直悬挂，待静止时测出其长度，故 A 错误；在安装毫米刻度尺时，必须使刻度尺保持竖直状态，故 B 正确；为减小误差，每次添加钩码后，应保证钩码处于静止状态再读数，故 C 正确。

答案 BC



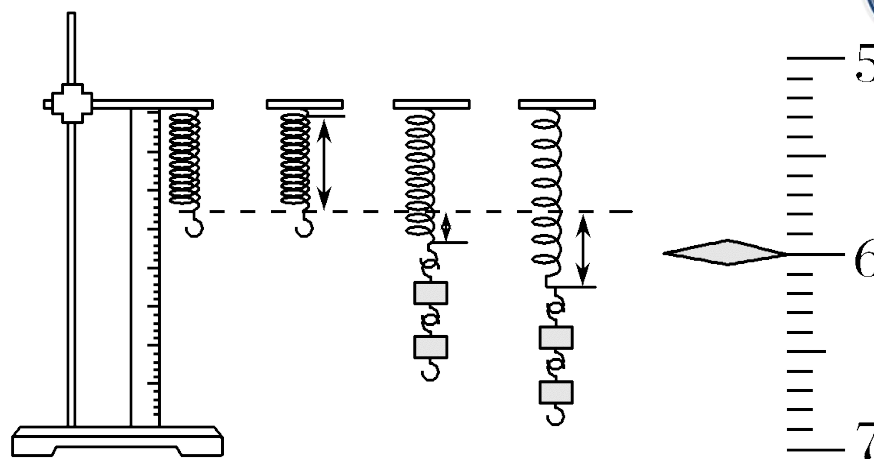
(3) 图丙是 a、b 两弹簧的 $F-l$ 图像，图像中的直线不过坐标原点的原因

是：_____

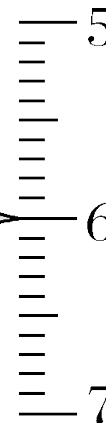
_____, _____
(选填“能”或“不能”)

准确测出劲度系数。

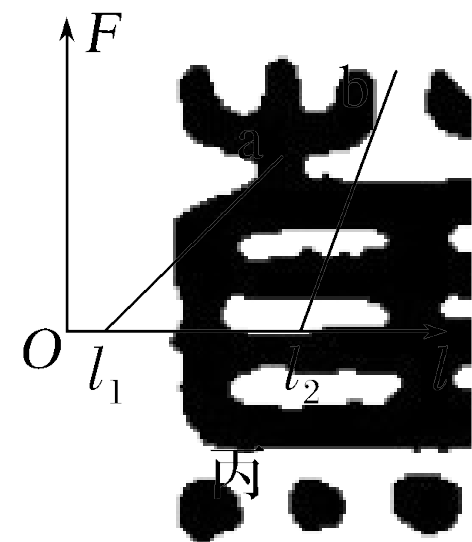
答案 横轴截距表示弹簧的原长 能



甲

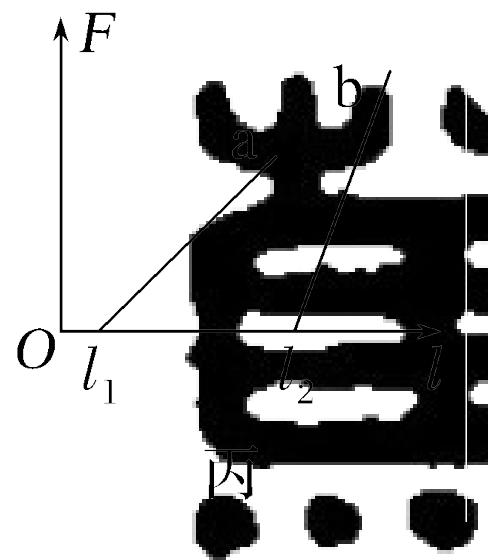
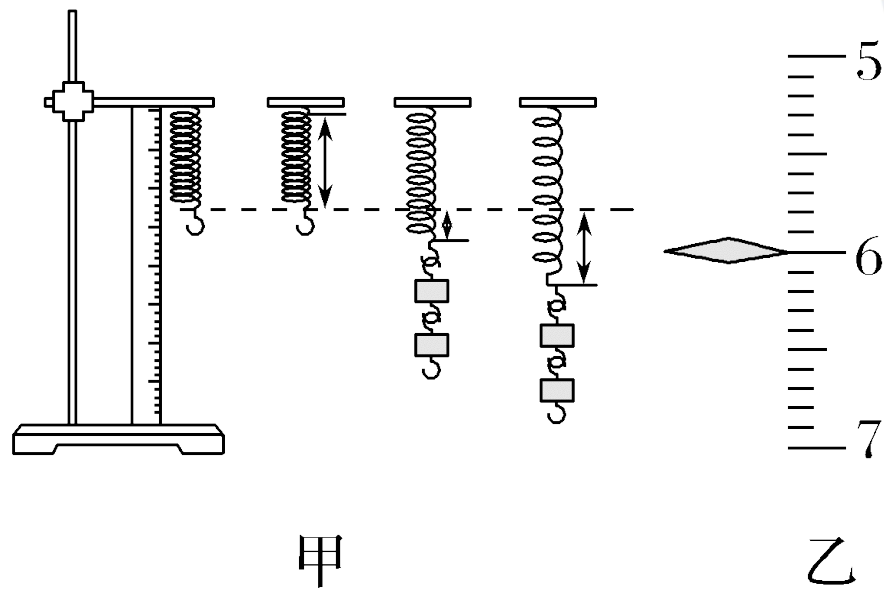


乙



解析 设弹簧的原长为 l_0 , 根据胡克定律得 $F=k(l-l_0)$, 可知图像中的直线不过坐标原点的原因是：横轴截距表示弹簧的原长； $F-l$ 图像的斜率表示弹簧的劲度系数，所以通过 $F-l$ 图像能准确测出劲度系数。

(4) 图丙中，当弹簧测力计示数相同时，形变量越大，灵敏度越高，则用弹簧 _____ (选填“a”或“b”) 制作的弹簧测力计，灵敏度更高。



答案 a

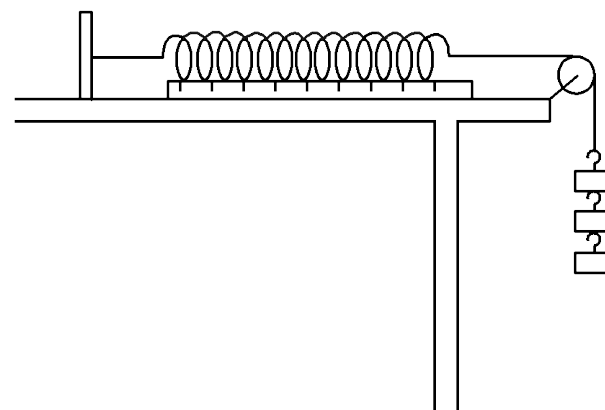
解析 根据 $F=k(l-l_0)$, 可知 $F-l$ 图像的斜率表示弹簧的劲度系数，由题图丙可知，弹簧 a 的劲度系数小于弹簧 b 的劲度系数，故用弹簧 a 来制作弹簧测力计，可以满足当弹簧测力计示数相同时，形变量越大，灵敏度越高。



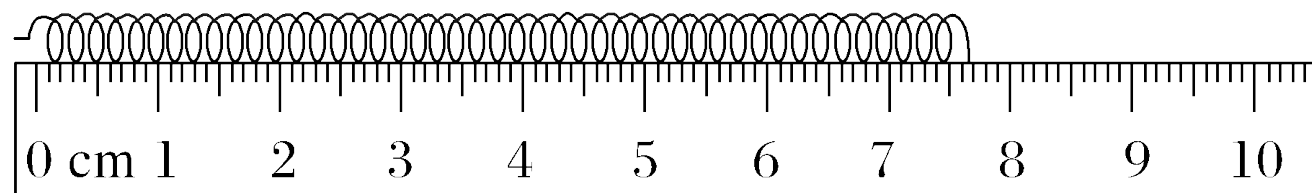
例 2 小翟同学为了探究弹簧的弹力与形变量的关系，设计了如图甲所示的装置

实验时，用细线将弹簧固定在左侧挡板，弹簧右端的细线跨过右侧的定滑轮，并调节弹簧、细线与定滑轮高度在适当位置，不悬挂钩码，用刻度尺测量出弹簧的长度 L_0 ，然后将钩码逐个挂在右侧的细线上，记录钩码的个数 n ，并从刻度尺上读出相应的弹簧的总长度 L 。已知每个钩码的质量均为 m_0 ，重力加速度为 g 。

回答下列问题：



甲



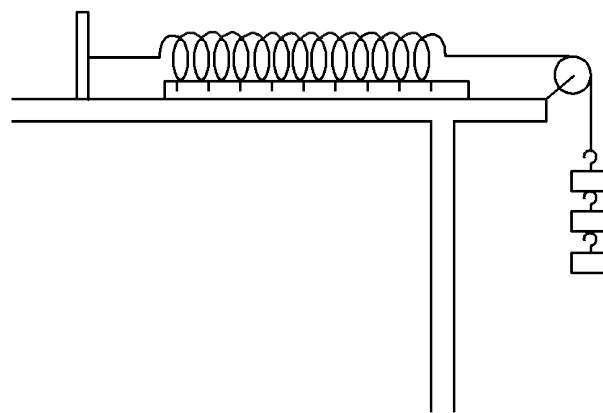
乙



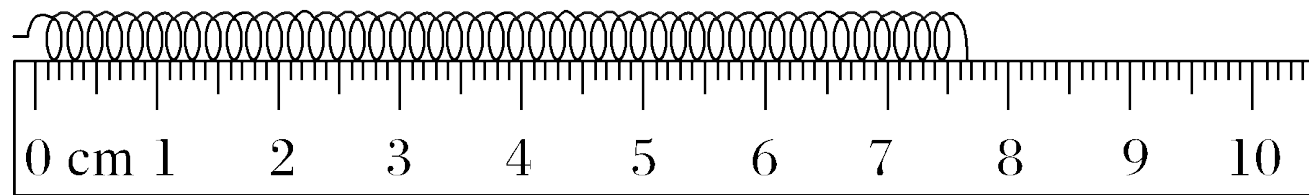
(1) 不挂钩码时，用刻度尺测量弹簧长度，刻度尺读数如图乙所示，该读数为 7.66 cm。

解析 由刻度尺的读数规则可知，该刻度尺的读数为 7.66 cm。

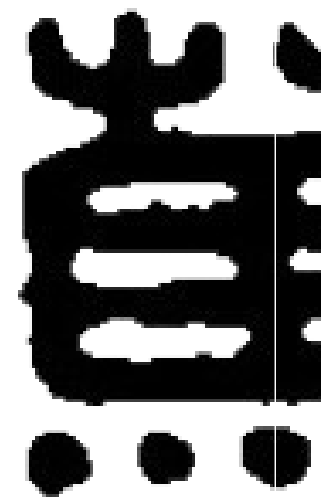
答案 7.66(7.65~7.67 均可)



甲



乙





(2) 为了进一步探究弹簧的弹力和弹簧形变量的关系，小翟同学以弹簧的总长度 L 为纵轴，以悬挂的钩码个数 n 为横轴，得到的图线如图丙所示，图中标出的坐标值为已知量且均为基本单位，弹簧的原长为

_____，弹簧的劲度系数为

$k = \frac{m_0 g c}{b - a}$ (用 a 、 b 、 c 、 m_0 、 g 表

答案。 $\frac{m_0 g c}{b - a}$

解析 弹簧所受的弹力等于悬挂的钩码的重力，即为

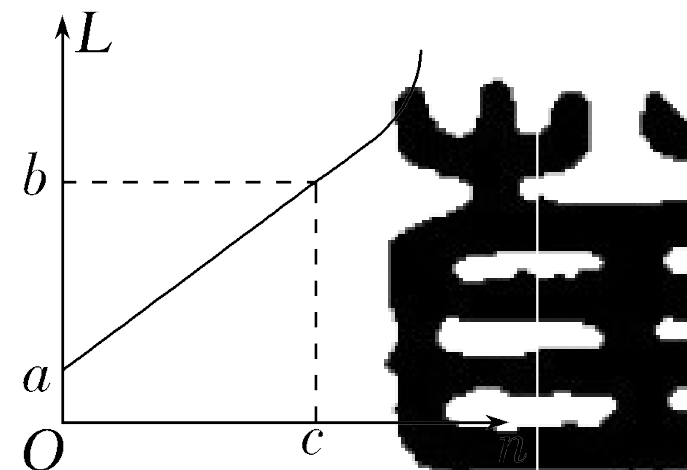
$$n m_0 g = k(L - L_0)$$

整理得 $L = \frac{m_0 g}{k} n + L_0$ ，结合题图将已知图线线的斜率

弹簧的劲度系数为 $k =$

弹簧的原长为 $L_0 = a$ ，
弹簧的劲度系数为 $k = \frac{m_0 g c}{b - a}$

弹簧的原长为 $L_0 = a$ 。



丙

$$n m_0 g = k(L - L_0)$$

$$L - L_0 = \frac{n m_0 g}{k}$$

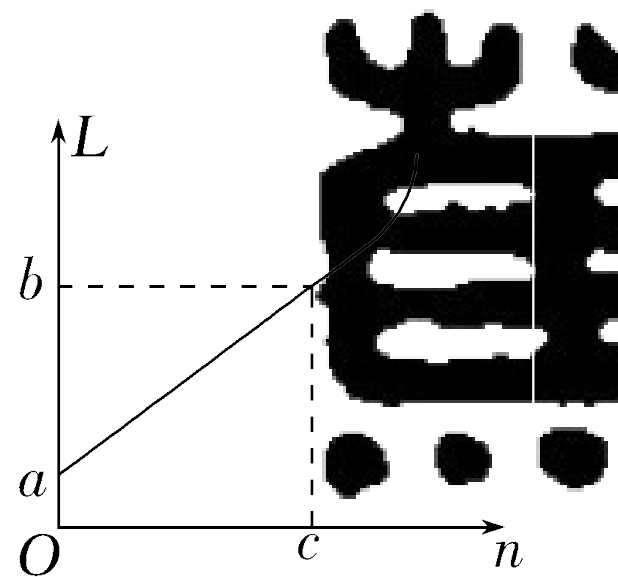
$$L = \frac{m_0 g}{k} n + L_0$$



(3) 图线明显弯曲的主要原因是

答案 所挂钩码过多，导致弹簧的形变量超过了弹性限度

解析 图线发生弯曲是所挂钩码过多，弹簧的形变量超过了弹性限度。



丙

例 3

(2026·广东韶关期中) 物理兴趣小组测量一缓冲装置中弹簧的劲度系数。如图甲所示，把两根弹簧“串联”起来组成该装置，弹簧 2 的一端固定在竖直放置的透明有机玻璃

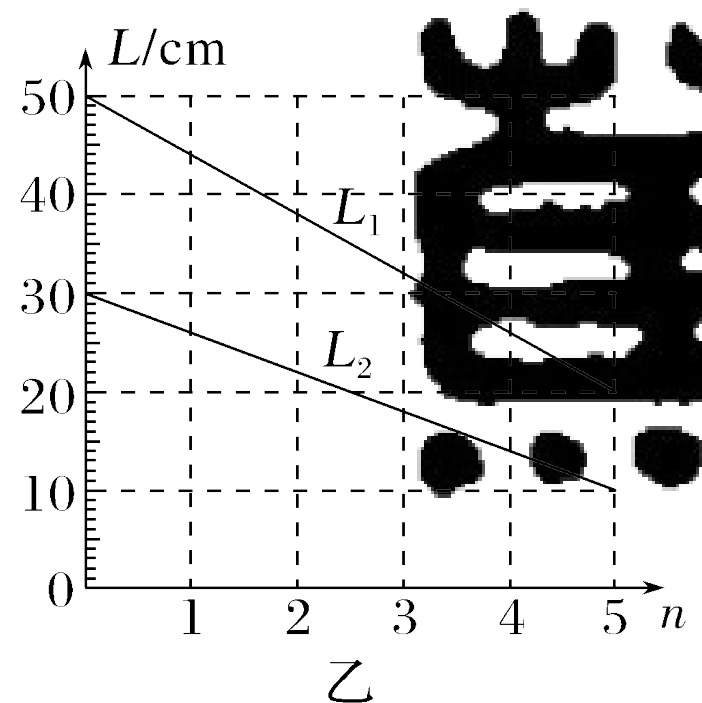
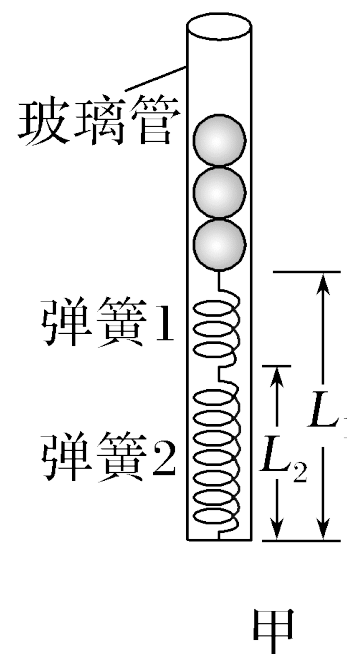
管底端，再将单个质量为 100 g 的钢球

(直径略小于玻璃管内径) 逐个从管口放入，每放入一个钢球后待弹簧静止，测出弹簧 1

上端和弹簧 2 上端到玻璃管底端的距离 L_1 、

L_2 ，

在坐标纸上画出 L_1 、 L_2 与钢球个数 n 的关系

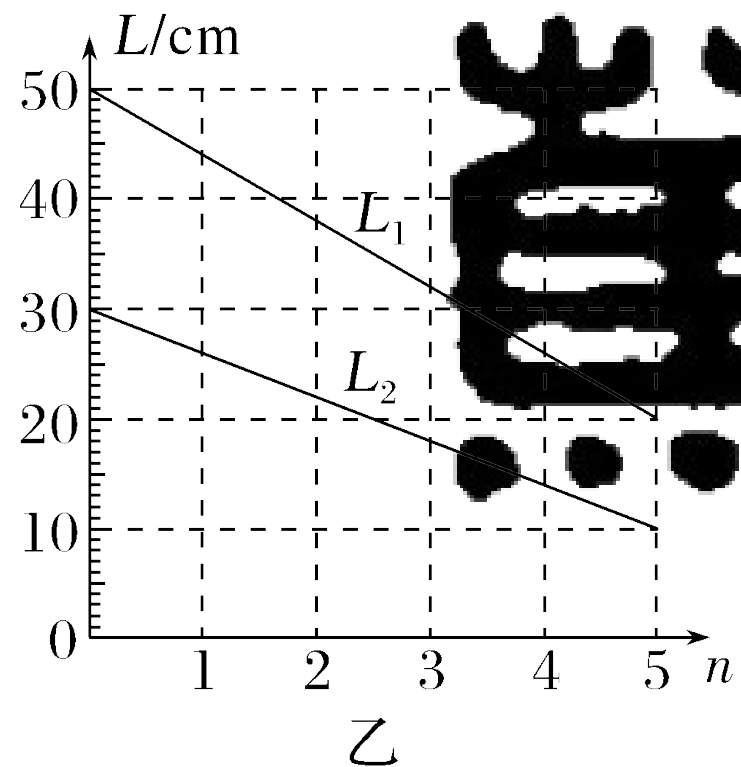
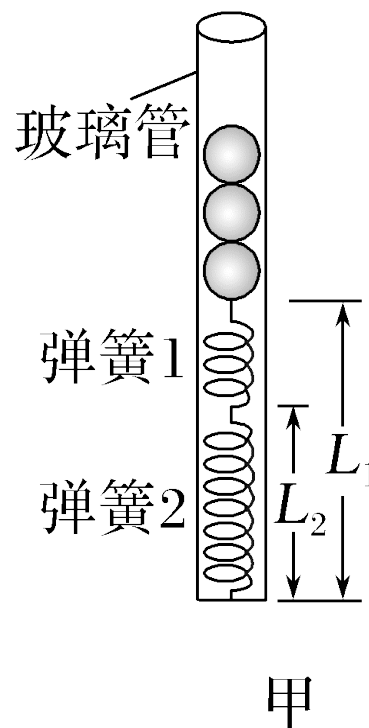




(1) 弹簧 1 的原长为
_____cm(结果保留 3 位有效
数字)。

答案 (1)20.0

解析 (1) 由题图乙可知，弹簧 1 的
原长为 $l_{01}=(50.0-30.0)\text{cm}=20.0\text{ cm}$ 。



(2) 弹簧 1 的劲度系数为
_____ N/m。

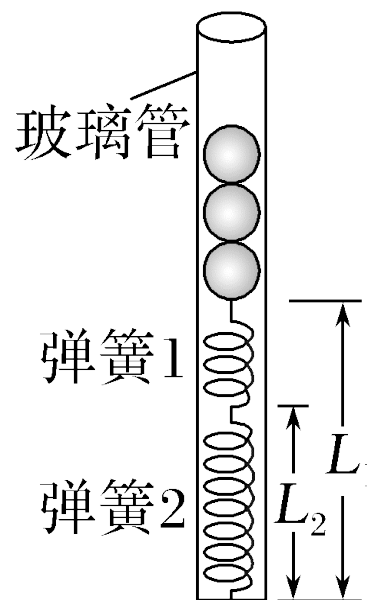
答案 (2) 49

解析 (2) 由题图乙可知, 放 5 个钢球时弹簧 1 的长度为

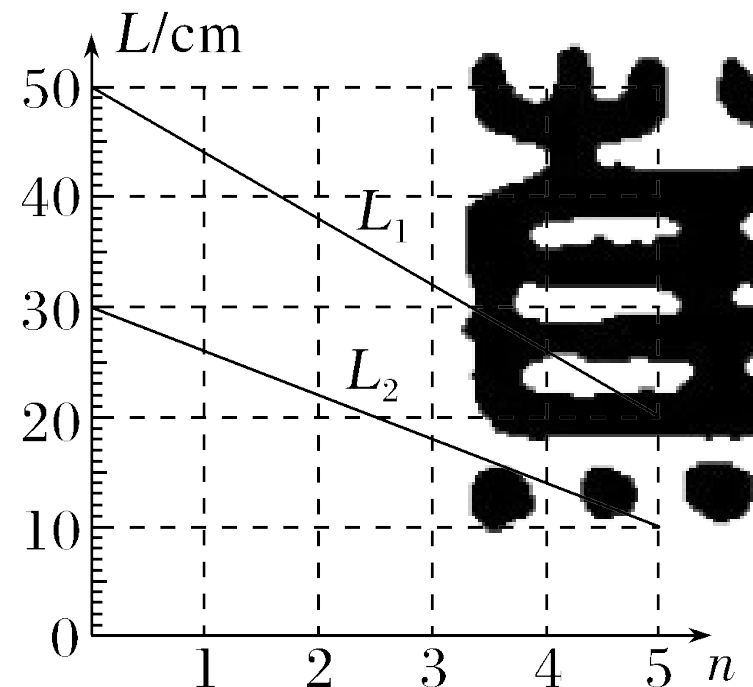
$$l_1 = (20.0 - 10.0) \text{ cm} = 10.0 \text{ cm}$$

所以, 弹簧 1 的劲度系数为

$$\begin{aligned} k_1 &= \frac{5mg}{l_1 - l_0} = \frac{5 \times 0.1 \times 9.8}{(20.0 - 10.0) \times 10^{-2}} \text{ N/m} \\ &= 49 \text{ N/m} \\ &= 49 \text{ N/m} \end{aligned}$$



甲

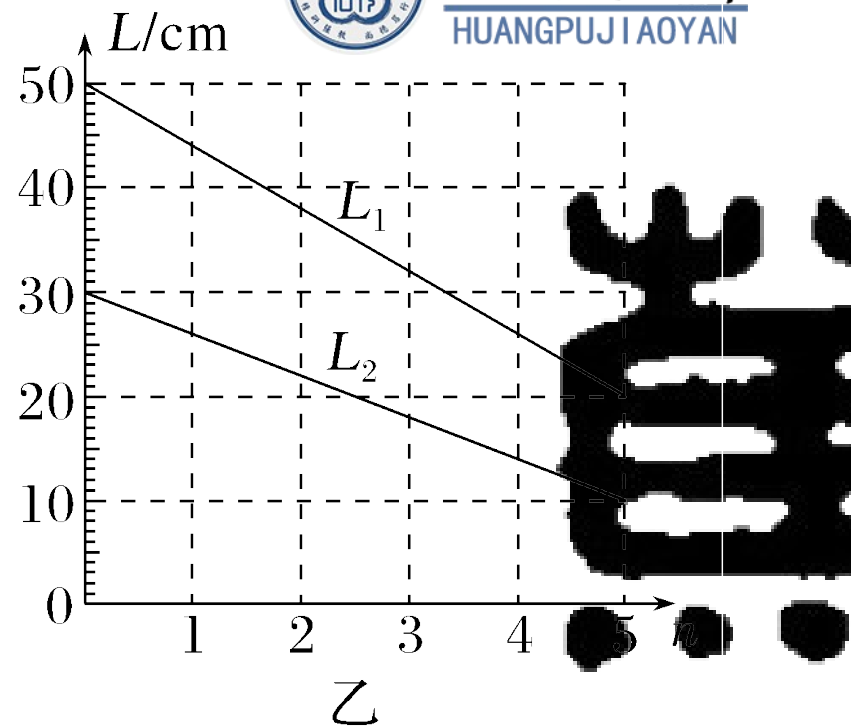
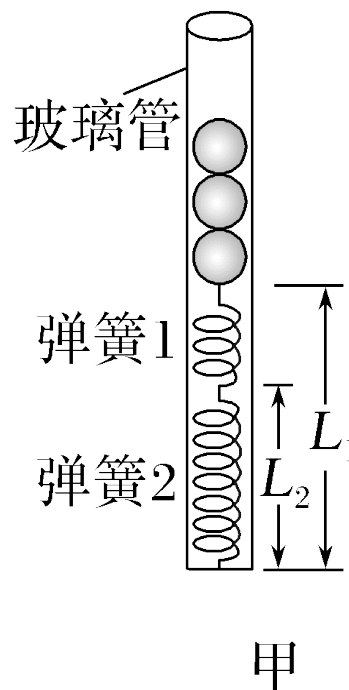


乙

(3) 若要制作一个精确度较高的弹簧测力计，应选弹簧 _____ (选填“1”或“2”)。

答案 (3)2

$$F = kx$$



(3) 由题图乙可知，放5个钢球时弹簧2的长度为 $l_2 = 10.0 \text{ cm}$

所以，弹簧2的劲度系数为 $k_2 = \frac{F}{x} = \frac{5 \times 0.1 \times 9.8}{(30.0 - 10.0) \times 10^{-2}} \text{ N/m} = 24.5 \text{ N/m}$ 即 $k_1 > k_2$
 因弹力相等时弹簧的劲度系数越小形变量就越大，所以若要制作一个精确度较高的弹簧测力计，应选弹簧2。

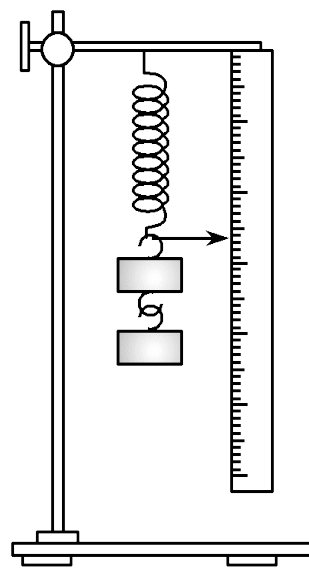


三、随堂练习

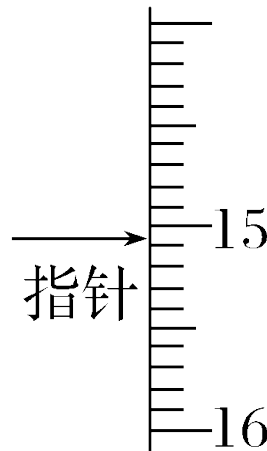
1. 某同学用图甲装置做“弹簧的弹力与伸长量之间的关系”实验。

(1) 图示实验装置中，刻度尺保持竖直，为了便于直接读出弹簧的长度，刻度尺的零刻度应与弹簧的_____ (选填“上端”或“下端”) 对齐；不挂钩码时指针所指刻度尺的位置如图乙所示，则此时弹簧的长度

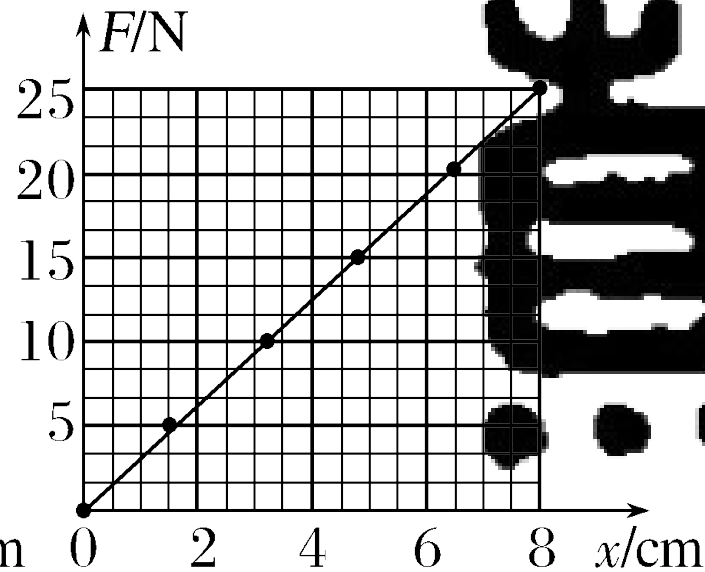
$L_0 =$ _____ cm。



甲



乙

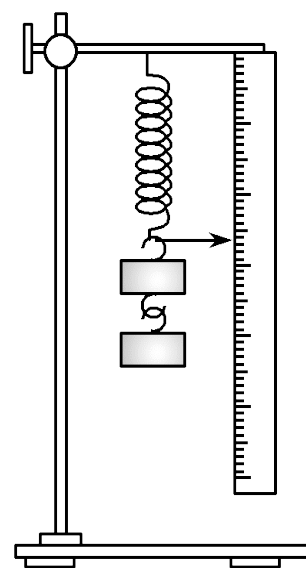


丙

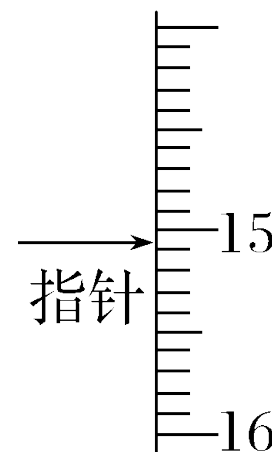
答案 (1) 上端 15.06

解析 (1) 为了方便测出弹簧的长度，刻度尺的零刻度应与弹簧的上端对齐；由题图乙可知，该刻度尺的最小分度值为 1 mm，则弹簧的长度 $L_0 = 15.06$ cm。

(2) 改变所挂钩码的个数，进行多次实验，记录每次所挂钩码的质量 m 及弹簧的长度 L ，根据 $F=mg$ 求得弹力 (g 为重力加速度大小)，根据 $x=L-L_0$ ，求出弹簧伸长量，根据求得的多组 F 、 x 作 $F-x$ 图像，如图丙所示。由图像可求出弹簧的劲度系数为 $k=$ _____ N/m (保留小数点后 1 位小数)。

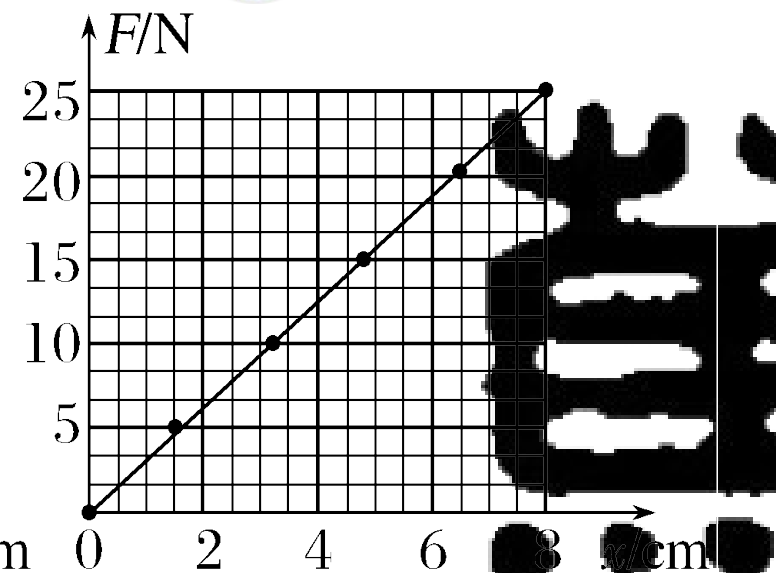


甲



单位: cm

乙



丙

答案

(2) 312.5

解析

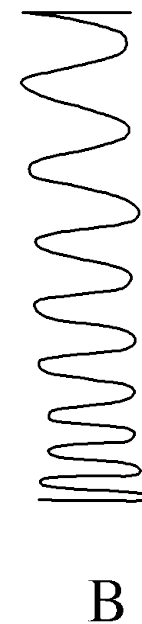
(2) 根据胡克定律 $F=kx$ 可知，图像的斜率表示劲度系数，由图可得弹簧的劲度系数为 $k=\frac{\Delta F}{\Delta L}=\frac{2\text{N}}{0.0064\text{m}}=312.5\text{N/m}$ 。



(3) 实验过程中发现某类弹簧自身重力不可忽略，不可视为轻质弹簧，若把该弹簧放在铁架台上竖直悬挂时，弹簧呈现的形态如图中的 _____

答案 (3)B

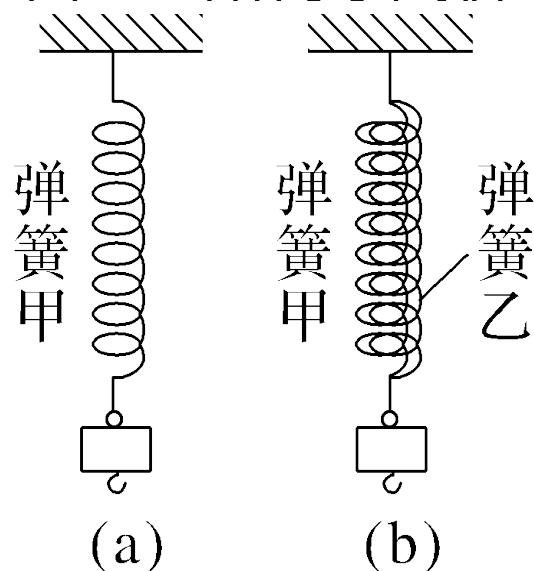
解析 (3) 当弹簧自身受到的重力相对其弹力较大时，如果把弹簧竖直悬挂，则越靠近悬挂点处的弹簧部位受到下面部分的拉力越大，拉伸越明显；越靠近下端的弹簧部位受到下面部分的拉力越小，拉伸也就越小，故 A、C 错误，B 正确。





2. 在探究弹力和弹簧伸长量的关系时，某同学先按图 (a) 所示对弹簧甲进行探究，然后把等长的弹簧乙（直径小于甲）套在弹簧甲内，两弹簧悬挂在同一点按图 (b) 所示进行探究。在弹性限度内，将质量 $m=50\text{ g}$ 的钩码逐个挂在弹簧甲上，测得图 (a)、图 (b) 中弹簧的长度 L_1 、 L_2 如下表所示。

已知重力加速度 $g=9.8\text{ m/s}^2$ ，计算弹簧甲的劲度系数 $k_1=\underline{\hspace{2cm}}\text{ N/m}$ ，并
弹簧乙的劲度系数 $k_2=\underline{\hspace{2cm}}\text{ N/m}$ (结果保留 3 位有效数字)。



钩码 个数	1	2	3	4
L_1/cm	30.02	31.02	32.02	33.02
L_2/cm	29.33	29.65	29.97	30.29



2. 在探究弹力和弹簧伸长量的关系时，某同学先按图 (a) 所示对弹簧甲进行探究，然后把等长的弹簧乙（直径小于甲）套在弹簧甲内，两弹簧悬挂在同一点按图 (b) 所示进行探究。在弹性限度内，将质量 $m=50\text{ g}$ 的钩码逐个挂在弹簧下端，测得图 (a)、图 (b) 中弹簧的长度 L_1 、 L_2 如下表所示。

已知重力加速度 $g=9.8\text{ m/s}^2$ ，计算弹簧甲的劲度系数 $k_1=\underline{\hspace{2cm}}\text{ N/m}$ ，
 弹簧乙的劲度系数 $k_2=\underline{\hspace{2cm}}\text{ N/m}$ （结果保留 3 位有效数字）。

钩码 个数	1	2	3	4
L_1/cm	30.02	31.02	32.02	33.02
L_2/cm	29.33	29.65	29.97	30.29

答案 49.0

解析 由表格中的数据可知，当弹力的变化量为 $\Delta F = mg = 0.05 \times 9.8 = 0.49\text{ N}$ 时，弹簧甲的伸长量为 $\Delta x_1 = \frac{1}{3} \times [(33.02 - 32.02) + (32.02 - 31.02) + (31.02 - 30.02)]\text{ cm} = 1.00\text{ cm}$ 。根据胡克定律知弹簧甲的劲度系数 $k_1 = \frac{\Delta F}{\Delta x_1} = \frac{0.49}{1.00} \text{ N/cm} = 49.0\text{ N/m}$ 。



已知重力加速度 $g=9.8 \text{ m/s}^2$, 弹簧乙的劲度系数 $k_2=$ _____ N/m(结果保留 3 位有效数字)。

钩码个数	1	2	3	4
L_1/cm	30.02	31.02	32.02	33.02
L_2/cm	29.33	29.65	29.97	30.29

答案

104

解析

把弹簧甲和弹簧乙并联起来测
弹簧的伸长量

$$\Delta x_2 = \frac{1}{3} \times [(30.29 - 29.97) + (29.97 - 29.65) + (29.65 - 29.33)] \text{ cm} = 0.32 \text{ cm}$$

根据胡克定律知弹簧甲、乙合并后的劲度系数

根据胡克定律知弹簧甲、乙合并后的劲度系数

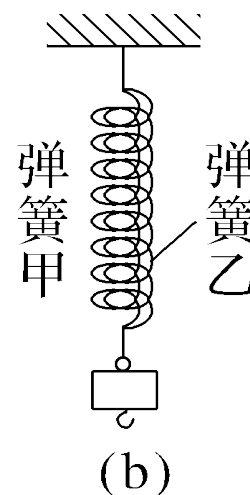
根据 $k=k_1+k_2$, 可计算出弹簧乙的劲度系数

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{0.49}{0.32} \text{ N/cm} = 153 \text{ N/cm}$$

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{0.49}{0.32} \text{ N/cm} = 153 \text{ N/cm}$$

$$k_2 = 153 \text{ N/cm} - 49 \text{ N/cm} = 104 \text{ N/cm}$$

根据 $k=k_1+k_2$, 可计算出弹簧乙的劲度系数 $k_2=153 \text{ N/m}-49 \text{ N/m}=104 \text{ N/m}$ 。





黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

谢谢

