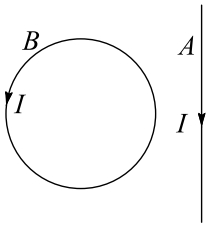
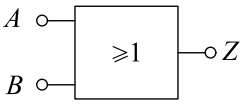
2005 年上海

1. **A**．通电直导线 A 与圆形通电导线环 B 固定放置在同一水平面上，通有如图所示的电流时，通电直导线 A 受到水平向右的安培力作用。当 A、B 中电流大小保持不变，但同时改变方向时，通电直导线 A 所受到的安培力方向水平向右。



B．右面是逻辑电路图及其真值表，此逻辑电路为“或”门电路，在真值表中 X 处的逻辑值为 1。

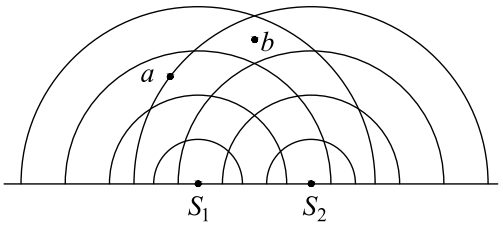
输入		输出
A	B	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	X
1	1	1



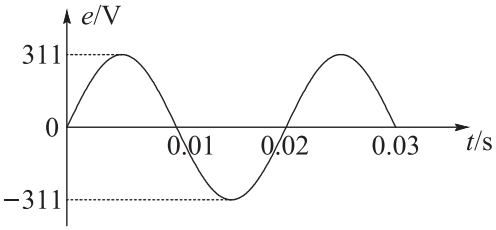
> **A**．右，右。
>
> **B**．“或”，1。

> **A**．由安培定则可得，A 所在处的磁场垂直纸面向里，则由左手定则可得，A 受到的安培力向右；当 A、B 中电流同时反向后，由安培定则可得，A 所在处的磁场垂直纸面向外，则由左手定则可得，A 受到的安培力仍向右。
>
> **B**．逻辑电路分为“或”门电路、“与”门电路和“非”门电路。由图表中输入和输出的关系，可知本题应为“或”门电路，得出 X 值应为 1。

2. **A**．如图所示，实线表示两个相干波源 S_1、S_2 发出的波的波峰位置，则图中的 b 点为振动加强的位置，图中的 a 点为振动减弱的位置。



B．正弦交流电是由闭合线圈在匀强磁场中匀速转动产生的。线圈中感应电动势随时间变化的规律如图所示，则此感应电动势的有效值为220（或 $\frac{311\sqrt{2}}{2}$）V，频率为 50 Hz。



A．b，a。

B．220（或 $\frac{311\sqrt{2}}{2}$），50。

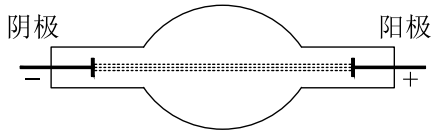
A．在波的传播过程中波峰和波谷交替出现，故在两个相邻波峰之间一定存在一个波谷，故 b 点应该既是 S_1 的波谷位置，又是 S_2 的波谷位置，即为两个波谷的重叠区域，故 b 点是振动加强位置；而 a 点是 S_2 的波峰位置，也是 S_1 的波谷位置，故是振动减弱的位置。

B．由 $e-t$ 图象可知，感应电动势的最大值为 311 V，故有效值为 $E=\frac{E_m}{\sqrt{2}}=\frac{311}{\sqrt{2}}\,\mathrm{V}=220\,\mathrm{V}$；由 $e-t$ 图象可知，交变电流的周期 $T=0.02\,\mathrm{s}$，所以频率为 $f=\frac{1}{T}=50\,\mathrm{Hz}$。

3. **A**．对“落体运动快慢”“力与物体运动关系”等问题，亚里士多德和伽利略存在着不同的观点。请完成下表：

	亚里士多德的观点	伽利略的观点
落体运动快慢	重的物体下落快，轻的物体下落慢	物体下落快慢与物体轻重无关
力与物体运动关系	维持物体运动需要力	维持物体运动不需要力

B．阴极射线是从阴极射线管的阴极发出的高速运动的粒子流，这些微观粒子是电子。若在如图所示的阴极射线管中部加上垂直于纸面向里的磁场，阴极射线将向下（填“向上”“向下”“向里”“向外”）偏转。



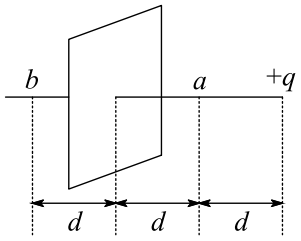
A．物体下落快慢与物体轻重无关，维持物体运动需要力。

B．电子，向下。

A．亚里士多德根据日常生活经验，不通过实验验证认为重的物体下落快、轻的物体下落慢，维持物体运动需要力；伽利略通过对自由落体运动的研究，推翻了他的观点，伽利略认为物体下落快慢与物体轻重无关，维持物体运动不需要力。

B．阴极射线是金属丝受热后产生的高速电子流；电子定向移动的过程中形成了电流，电子从阴极向阳极移动，可等效为在阴阳极之间产生了从右至左的电流，由左手定则知，电流受到向下的安培力，因此射线向下偏转。

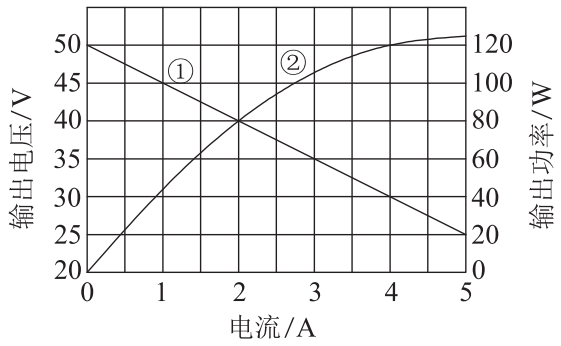
4. 如图，带电量为 $+q$ 的点电荷与均匀带电薄板相距为 $2d$，点电荷到带电薄板的垂线通过板的几何中心。若图中 a 点处的电场强度为零，根据对称性，带电薄板在图中 b 点处产生的电场强度大小为$\frac{kq}{d^2}$，方向水平向左（或垂直薄板向左）。（静电力恒量为 k）



$\frac{kq}{d^2}$，水平向左（或垂直薄板向左）

由于 a 点的合电场强度为零，则点电荷 $+q$ 在 a 点产生的场强 E_1 和带电薄板在 a 点产生的场强 E_a 大小相等，即 $E_1 = E_a$，方向相反；由于 a、b 两点相对薄板对称，所以带电薄板在 b 点产生的场强 E_b 和在 a 点产生的场强 E_a 等大反向，即 $E_b = E_1 = \frac{kq}{d^2}$，方向和点电荷 q 产生的场强 E_1 方向相同，故正确答案为 $\frac{kq}{d^2}$，方向水平向左（或垂直薄板向左）。

5. 右图中图线①表示某电池组的输出电压—电流关系，图线②表示其输出功率—电流关系。该电池组的内阻为 5 Ω。当电池组的输出功率为 120 W 时，电池组的输出电压是 30 V。



5，30

图线①是输出电压和电流的关系图象，当输出电流为 0 时，输出电压即为电源电动势，可得电源的电动势为 50 V；当输出电压为 40 V 时，输出电流为 2 A，所以电源内阻两端电压为 10 V，由欧姆定律可得电源的内阻为 5 Ω。由图线②可知电源输出功率为 120 W 时，输出电流为 4 A，由 $P = UI$ 可得电池的输出电压为 30 V。

6. 2005 年被联合国定为“世界物理年”，以表彰爱因斯坦对科学的贡献。爱因斯坦对物理学的贡献有（AC）

A. 创立“相对论”　　B. 发现“X 射线”

C. 提出“光子说”　　D. 建立“原子核式模型”

爱因斯坦创立了“相对论”和提出了“光子说”；伦琴发现了“X 射线”，卢瑟福建立了“原子核式模型”，故 AC 正确。

7. 卢瑟福通过实验首次实现了原子核的人工转变，核反应方程为 ${}_2^4\mathrm{He} + {}_7^{14}\mathrm{N} \longrightarrow {}_8^{17}\mathrm{O} + {}_1^1\mathrm{H}$，下列说法中正确的是（AC）

A. 通过此实验发现了质子

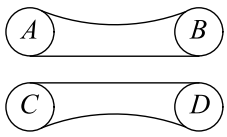
B. 实验中利用了放射源放出的 γ 射线

C. 实验中利用了放射源放出的 α 射线

D. 原子核在人工转变过程中，电荷数可能不守恒

卢瑟福利用放射源放出的 α 射线通过该实验发现了质子，故 AC 正确、B 错误；核反应满足质量数和电荷数守恒，故 D 错误。

8. 对如图所示的皮带传动装置，下列说法中正确的是（BD）

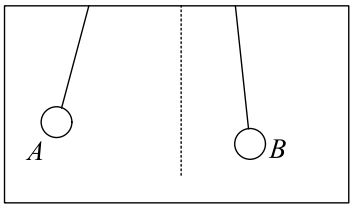


A. A 轮带动 B 轮沿逆时针方向旋转　　B. B 轮带动 A 轮沿逆时针方向旋转

C. C 轮带动 D 轮沿顺时针方向旋转　　D. D 轮带动 C 轮沿顺时针方向旋转

对于 AB，由图可以看出下方的皮带是被拉紧的，上方的皮带没有承受拉力，所以如果 A 是主动轮它将顺时针旋转，如果 B 是主动轮则它要逆时针旋转；CD 中上面皮带被拉紧，分析方法类似，故 BD 正确。

9. 如图所示，A、B 分别为单摆做简谐振动时摆球的不同位置。其中，位置 A 为摆球摆动的最高位置，虚线为过悬点的竖直线。以摆球最低位置为重力势能零点，则摆球在摆动过程中（BC）



A. 位于 B 处时动能最大

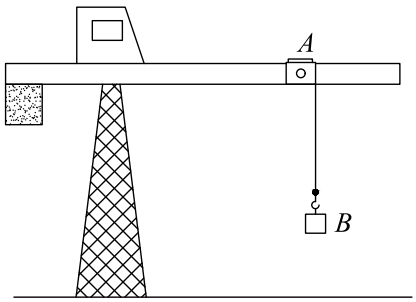
B. 位于 A 处时势能最大

C. 在位置 A 的势能大于在位置 B 的动能

D. 在位置 B 的机械能大于在位置 A 的机械能

> 在单摆摆动的过程中，小球的机械能守恒，小球经过最低点时重力势能最小，动能最大，小球经过最高点（如 A 点）时动能最小，势能最大。由于 B 不是最高点，所以 B 的速度不是 0，动能不是 0，由于机械能守恒，其动能小于 A 点的重力势能，故 BC 正确。

10. 如图所示的塔吊臂上有一可以沿水平方向运动的小车 A，小车下装有吊着物体 B 的吊钩。在小车 A 与物体 B 以相同的水平速度沿吊臂方向匀速运动的同时，吊钩将物体 B 向上吊起，A、B 之间的距离以 $d = H - 2t^2$（SI）（SI 表示国际单位制，式中 H 为吊臂离地面的高度）规律变化，则物体做（BC）



A. 速度大小不变的曲线运动

B. 速度大小增加的曲线运动

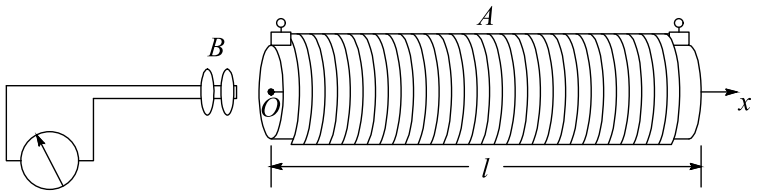
C. 加速度大小方向均不变的曲线运动

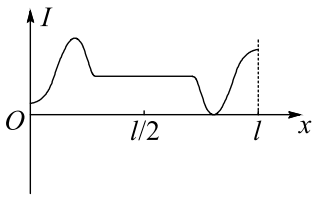
D. 加速度大小方向均变化的曲线运动

> 由于 B 在水平方向上做匀速直线运动，在竖直方向上由公式 $d = H - 2t^2$ 可知其做初速度为 0 的匀加速直线运动，这两个方向的运动合成后便是匀变速曲线运动，故 BC 正确。

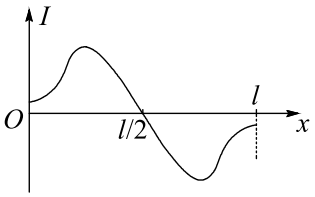
11. 如图所示，A 是长直密绕通电螺线管。小线圈 B 与电流表连接，并沿 A 的轴线 Ox 从 O 点自左向右匀速穿过螺线管 A。能正确反映通过电流表中电流 I 随 x 变化规律的是

(C)

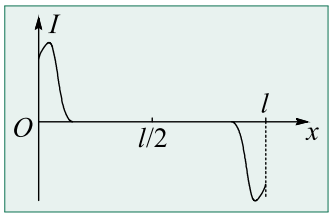




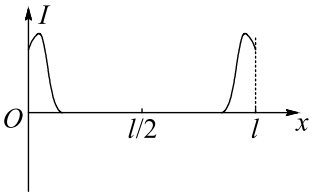
A.



B.



C.



D.

通电螺线管内部产生的是匀强磁场，外部的磁场和条形磁体相似，故 B 在从 O 点进入螺线管时通过 B 的磁通量是增加的，到中间后由于进入了匀强磁场，通过 B 的磁通量不再变化，故没有了感应电流；当 B 从内部出来时通过 B 的磁通量是在减小的，所以在 B 中会产生一个和进入时方向相反的感应电流，故 C 正确。

12. 在场强大小为 E 的匀强电场中，一质量为 m、带电量为 q 的物体以某一初速沿电场反方向做匀减速直线运动，其加速度大小为 $0.8qE/m$，物体运动 s 距离时速度变为零。则 (ACD)

A. 物体克服电场力做功 qEs

B. 物体的电势能减少了 $0.8qEs$

C. 物体的电势能增加了 qEs

D. 物体的动能减少了 $0.8qEs$

带电量为 $+q$ 的物体在场强大小为 E 的匀强电场中所受的电场力大小为 qE，方向沿电场线方向。当物体逆电场线方向的位移为 s 时电场力做负功 qEs，电势能增加 qEs；对于物体动能的变化可以由动能定理来判断，由物体的加速度可得物体所受的合外力为 $0.8qE$，故发生位移 s 时其动能减小 $0.8qEs$，故 ACD 正确。

13. A、B 两列波在某时刻的波形如图所示，经过 $t = T_A$ 时间（T_A 为波 A 的周期），两波再次出现如图波形，则两波的波速之比 $v_A : v_B$ 可能是 (ABC)

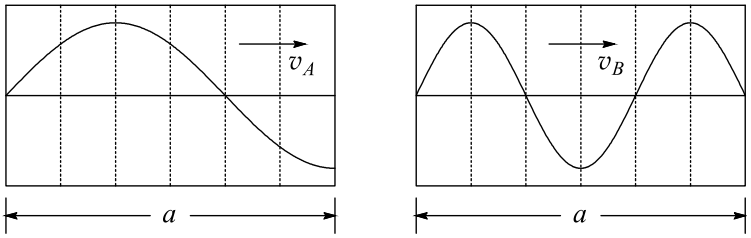
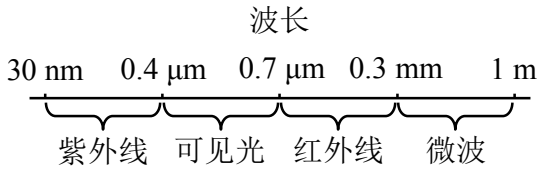


图 a　　图 b

A. 1 : 3　　B. 1 : 2　　C. 2 : 1　　D. 3 : 1

已知波速公式为 $v=\frac{\lambda}{T}$，当经过时间 t 后 B 再次出现如图所示的波形，则 $t=nT_B$（n 为正整数），即 $T_A=nT_B$；由图可知 $\lambda_A=2\lambda_B$，则 $v_B=\frac{\lambda_B}{T_B}=\frac{n\lambda_A}{2T_A}=\frac{n}{2}v_A$，即 $\frac{v_A}{v_B}=\frac{2}{n}$，当 n 取不同值时，可知 ABC 正确。

14. 部分电磁波的大致波长范围如图所示。若要利用缝宽与手指宽度相当的缝获得明显的衍射现象，可选用微波波段的电磁波，其原因是要产生明显的衍射现象，波长应与缝的尺寸相近。



微波；要产生明显的衍射现象，波长应与缝的尺寸相近

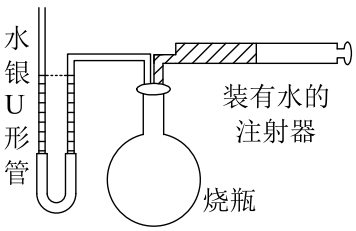
微波；要产生明显的衍射现象，波长应与缝的尺寸相近。

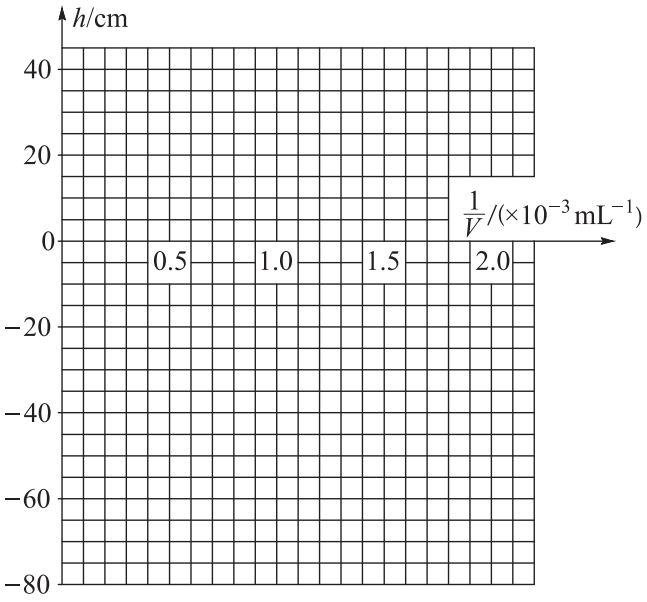
15. 一同学用下图装置研究一定质量气体的压强与体积的关系，实验过程中温度保持不变。最初，U 形管两臂中的水银面齐平，烧瓶中无水。当用注射器往烧瓶中注入水时，U 形管两臂中的水银面出现高度差。实验的部分数据记录在右表。

气体体积 V（mL）	800	674	600	531	500
水银面高度差 h（cm）	0	14.0	25.0	38.0	45.0

(1) 根据表中数据，在右图中画出该实验的 $h-1/V$ 关系图线。

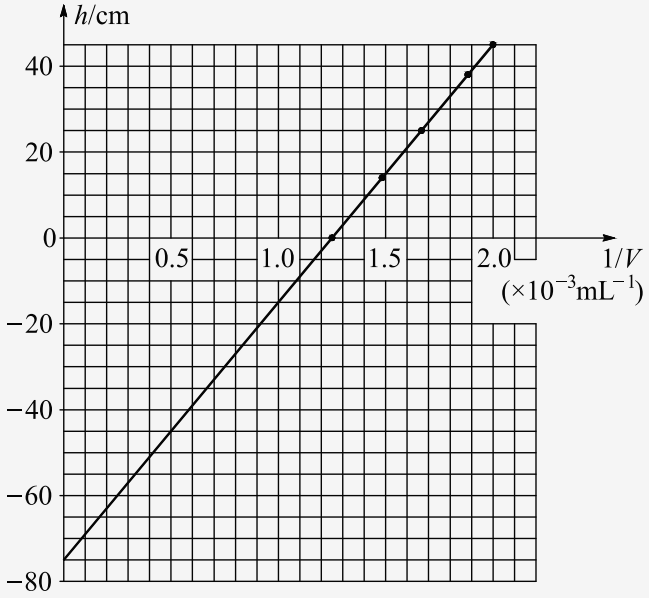
(2) 实验时，大气压强 $p_0=$75.0 cmHg。





(1) 如图所示。 (2) 75.0 cmHg（74.5 cmHg ～ 75.5 cmHg）。

（1）气体压强与体积的关系图像如图所示。



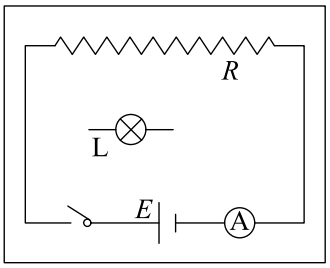
（2）设大气压强为 p_0，由压强平衡得 $p = p_0 + h$，由气体实验定律得 $\frac{pV}{T} = C$（常数），联立化简得 $h = \frac{CT}{V} - p_0$，故图像纵截距的绝对值为大气压强，由图像知 $p_0 = 75\,\text{cmHg}$。

16. 一根长为 1 m 的均匀电阻丝需与一“10 V，5 W”的灯同时工作，电源电压恒为 100 V，电阻丝阻值 $R = 100\,\Omega$（其阻值不随温度变化）。现利用分压电路从电阻丝上获取电能，使灯正常工作。

(1) 在右面方框中完成所需电路；

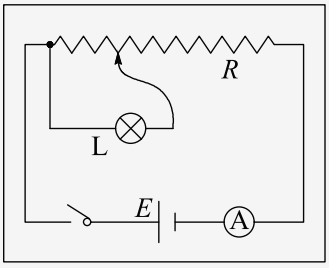
(2) 电路中电流表的量程应选择0 ～ 3 A（选填：“0 ～ 0.6 A”或“0 ～ 3 A”）；

(3) 灯正常工作时，与其并联的电阻丝长度为 0.17 m（计算时保留小数点后二位）。



(1) 如图所示。 (2) 0 ～ 3 A。 (3) 0.17（或 $\frac{3\sqrt{5}-5}{10}$）。

（1）利用分压接法应先将电阻丝接入电路，再将灯泡与电阻丝的一部分并联，电流表接在干路中，如图所示。



（2）因电路中电流最大为 $\frac{100\,\mathrm{V}}{100\,\Omega}=1\,\mathrm{A}$，为了保证安全应选 0 ～ 3 A 的量程。

（3）灯泡正常工作，则灯泡两端的电压应为 10 V，灯泡的电阻 $R=\frac{U^2}{P}=20\,\Omega$。设并联的电阻丝长度为 x，则并联的电阻应为 $100x$，由串联电路的电压分配的特点知 $\frac{\frac{100x\times 20}{100x+20}}{100(1-x)}=\frac{1}{9}$，解得 $x=\frac{3\sqrt{5}-5}{10}\,\mathrm{m}\approx 0.17\,\mathrm{m}$。

17. 两实验小组使用相同规格的元件，按右图电路进行测量。他们将滑动变阻器的滑片 P 分别置于 a、b、c、d、e 五个间距相同的位置（a、e 为滑动变阻器的两个端点），把相应的电流表示数记录在表一、表二中。对比两组数据，发现电流表示数的变化趋势不同。经检查，发现其中一个实验组使用的滑动变阻器发生断路。

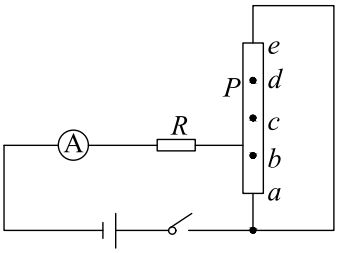
表一（第一实验组）					
P 的位置	a	b	c	d	e
A 的示数（A）	0.84	0.48	0.42	0.48	0.84

表二（第二实验组）						
P 的位置	a	b	c	d	X	e
A 的示数（A）	0.84	0.42	0.28	0.21		0.84

(1) 滑动变阻器发生断路的是第二实验组；断路发生在滑动变阻器 $d\sim e$ 段。

(2) 表二中，对应滑片 P 在 X（d、e 之间的某一点）处的电流表示数的可能值为 (D)

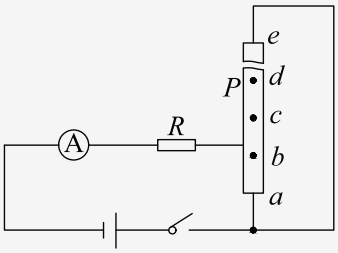
（A）0.16 A　　（B）0.26 A　　（C）0.36 A　　（D）0.46 A



(1) 二；$d\sim e$。 (2) D。

（1）由表一、二中的数据变化情况，可知表一符合并联电路的电阻、电流变化规律，而表二中数据反映电路的电阻在点 d 之前总是增大，故可判断断路发生在第二实验组，且在 $d\sim e$ 之间的某点。

（2）断路在 $d\sim e$ 之间的某点，则滑片 P 可能接触在断点上方，也可能接触在断点下方，如图所示。



设电源电动势为 E，电流表 A、电阻 R、电源内阻 r 之和为 $R_{外}$，滑动变阻器的电阻为 R，由第一组实验知，当 P 的位置在 a 时，滑动变阻器接入电路的电阻为 0，由闭合电路的欧姆定律得 $\frac{E}{R_{外}}=0.84\,\mathrm{A}$；当 P 的位置在 c 时，滑动变阻器接入电路的总电阻为 $\frac{R}{4}$，由闭合电路欧姆定律得 $\frac{E}{R_{外}+\frac{R}{4}}=0.42\,\mathrm{A}$，联立解得 $R_{外}=\frac{R}{4}$，即 $R=4R_{外}$。

当 P 点接触在断点上方时，若 P 点接在 e 时，滑动变阻器接入电路的电阻为 0，此时电流表的示数为 0.84 A；若 P 点接在 d 时，假设端点也恰好在 d 点，此时滑动变阻器接入电路的电阻为 $\frac{R}{4}$，此时电流表的示数为 0.42 A，故电流表的示数介于 0.42 A $\sim$ 0.84 A 之间，故 D 正确。

当 P 点接触在断点下方时，此时滑动变阻器接入电路的电阻在 $\frac{3R}{4}\sim R$ 之间，当接入电路的电阻为 $\frac{3R}{4}$ 时，电流表的示数为 $I_{\max}=\frac{E}{R_{外}+\frac{3R}{4}}=\frac{4E}{4R_{外}+3R}=\frac{E}{4R_{外}}=0.21\,\mathrm{A}$；当接入电路的电阻为 R 时，电流表的示数为 $I_{\min}=\frac{E}{R_{外}+R}=\frac{E}{5R_{外}}=0.168\,\mathrm{A}$，故电流表示数在 0.168 A $\sim$ 0.21 A 间，故 ABC 错误。

18. 科学探究活动通常包括以下环节：提出问题，作出假设，制定计划，搜集证据，评估交流等。一组同学研究“运动物体所受空气阻力与运动速度关系”的探究过程如下：

A．有同学认为：运动物体所受空气阻力可能与其运动速度有关。

B．他们计划利用一些“小纸杯”作为研究对象，用超声测距仪等仪器测量“小纸杯”在空中直线下落时的下落距离、速度随时间变化的规律，以验证假设。

C．在相同的实验条件下，同学们首先测量了单只“小纸杯”在空中下落过程中不同时刻的下落距离，将数据填入下表中，图 a 是对应的位移—时间图线。然后将不同数量的“小纸杯”叠放在一起从空中下落，分别测出它们的速度—时间图线，如图 b 中图线 1、2、3、4、5 所示。

时间（s）	下落距离（m）
0.0	0.000
0.4	0.036
0.8	0.469
1.2	0.957
1.6	1.447
2.0	X

D．同学们对实验数据进行分析、归纳后，证实了他们的假设。

回答下列提问：

(1) 与上述过程中 A、C 步骤相应的科学探究环节分别是作出假设、搜集证据。

(2) 图 a 中的 AB 段反映了运动物体在做匀速运动，表中 X 处的值为 1.937。

(3) 图 b 中各条图线具有共同特点，“小纸杯”在下落的开始阶段做加速度逐渐减小的加速运动，最后“小纸杯”做匀速运动。

(4) 比较图 b 中的图线 1 和 5，指出在 1.0 s ～ 1.5 s 时间段内，速度随时间变化关系的差异：图线 1 反映速度不随时间变化，图线 5 反映速度随时间继续增大。

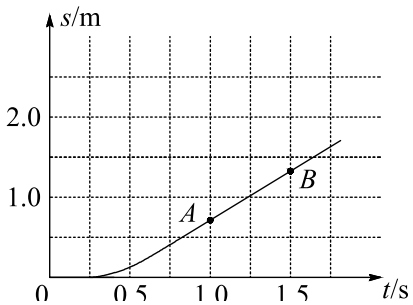


图 a

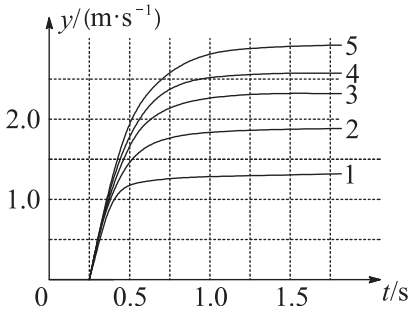


图 b

(1) 作出假设、搜集证据。 (2) 匀速运动，1.937。 (3) 加速度逐渐减小的加速运动，匀速运动。 (4) 图线 1 反映速度不随时间变化，图线 5 反映速度随时间继续增大（或图线 1 反映纸杯做匀速运动，图线 5 反映纸杯依然在做加速度减小的加速运动）。

（1）作出假设；搜集证据。

（2）匀速；1.937。

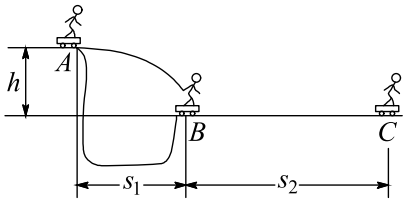
（3）加速度逐渐减小的加速；匀速。

（4）图线 1 反映速度不随时间变化，图线 5 反映速度随时间继续增大（或图线 1 反映纸杯做匀速运动，图线 5 反映纸杯依然在做加速度减小的加速运动）。

19. **A**．某滑板爱好者在离地 $h=1.8\,\mathrm{m}$ 高的平台上滑行，水平离开 A 点后落在水平地面的 B 点，其水平位移 $s_1=3\,\mathrm{m}$，着地时由于存在能量损失，着地后速度变为 $v=4\,\mathrm{m/s}$，并以此为初速沿水平地面滑行 $s_2=8\,\mathrm{m}$ 后停止。已知人与滑板的总质量 $m=60\,\mathrm{kg}$。求：

(1) 人与滑板在水平地面滑行时受到的平均阻力大小；

(2) 人与滑板离开平台时的水平初速度。（空气阻力忽略不计，$g=10\,\mathrm{m/s^2}$）

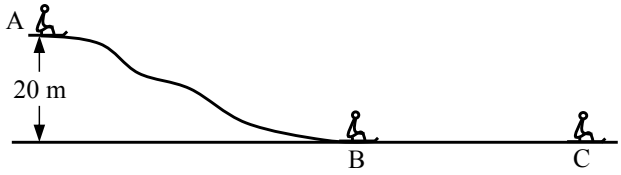


B．如图所示，某人乘雪橇从雪坡经 A 点滑至 B 点，接着沿水平路面滑至 C 点停止。人与雪橇的总质量为 70 kg。表中记录了沿坡滑下过程中的有关数据，请根据图表中的数据解决下列问题：

位置	A	B	C
速度（m/s）	2.0	12.0	0
时刻（s）	0	4	10

(1) 人与雪橇从 A 到 B 的过程中，损失的机械能为多少？

(2) 设人与雪橇在 BC 段所受阻力恒定，求阻力大小。（$g=10\,\mathrm{m/s^2}$）



A． (1) $f=60\,\mathrm{N}$。 (2) $v_0=5\,\mathrm{m/s}$。

B． (1) $\Delta E=9100\,\mathrm{J}$。 (2) $f=140\,\mathrm{N}$。

A.（1）设滑板在水平地面滑行时受到的平均阻力为 f，根据动能定理有

$-fs_2 = 0 - \frac{1}{2}mv^2$ ①

由①式解得 $f = \frac{mv^2}{2s_2} = \frac{60\times4^2}{2\times8}\,\mathrm{N} = 60\,\mathrm{N}$ ②

（2）人和滑板水平离开 A 点后一起在空中做平抛运动，设初速为 v_0，飞行时间为 t，根据平抛运动规律有

$h = \frac{1}{2}gt^2$ ③

$s_1 = v_0 t$ ④

由③、④两式解得 $v_0 = \frac{s_1}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \frac{3}{\sqrt{\frac{2\times1.8}{10}}}\,\mathrm{m/s} = 5\,\mathrm{m/s}$ ⑤

B.（1）从 A 到 B 的过程中，人与雪橇损失的机械能为

$\Delta E = mgh + \frac{1}{2}mv_\mathrm{A}^2 - \frac{1}{2}mv_\mathrm{B}^2$ ①

解得 $\Delta E = (70\times10\times20 + 0.5\times70\times2.0^2 - 0.5\times70\times12.0^2)\,\mathrm{J} = 9100\,\mathrm{J}$ ②

（2）人与雪橇在 BC 段做减速运动的加速度

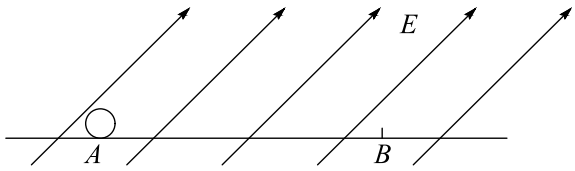
$a = \frac{v_\mathrm{C}-v_\mathrm{B}}{t} = \frac{0-12}{10-4}\,\mathrm{m/s^2} = -2\,\mathrm{m/s^2}$ ③

根据牛顿第二定律

$f = ma = 70\times(-2)\,\mathrm{N} = -140\,\mathrm{N}$ ④

20. 如图所示，带正电小球质量为 $m = 1\times10^{-2}\,\mathrm{kg}$，带电量为 $q = 1\times10^{-6}\,\mathrm{C}$，置于光滑绝缘水平面上的 A 点。当空间存在着斜向上的匀强电场时，该小球从静止开始始终沿水平面做匀加速直线运动，当运动到 B 点时，测得其速度 $v_\mathrm{B} = 1.5\,\mathrm{m/s}$，此时小球的位移为 $s = 0.15\,\mathrm{m}$。求此匀强电场场强 E 的取值范围。（$g = 10\,\mathrm{m/s^2}$）

某同学求解如下：设电场方向与水平面之间夹角为 θ，由动能定理 $qEs\cos\theta = \frac{1}{2}mv_\mathrm{B}^2 - 0$ 得 $E = \frac{mv_\mathrm{B}^2}{2qs\cos\theta} = \frac{75000}{\cos\theta}$。由题意可知 $\theta > 0$，所以当 $E > 7.5\times10^4\,\mathrm{V/m}$ 时小球将始终沿水平面做匀加速直线运动。经检查，计算无误。该同学所得结论是否有不完善之处？若有请予以补充。



该同学所得结论有不完善之处。$7.5\times10^4\,\mathrm{V/m} < E \le 1.25\times10^5\,\mathrm{V/m}$。

该同学所得结论有不完善之处。

为使小球始终沿水平面运动，电场力在竖直方向的分力必须小于等于重力，即

$qE\sin\theta \le mg$ ①，解得 $E \le \frac{mg}{q\sin\theta}$。

水平方向有 $qEs\cos\theta = \frac{1}{2}mv_{\mathrm{B}}^2 - 0$，解得 $qE\cos\theta = \frac{mv_{\mathrm{B}}^2}{2s}$ ②。

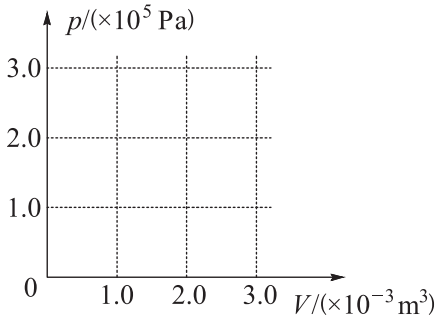
由 $\frac{①}{②}$ 知 $\tan\theta \le \frac{mg}{\frac{mv_{\mathrm{B}}^2}{2s}} = \frac{2gs}{v_{\mathrm{B}}^2} = \frac{4}{3}$ ③。

由③知 $\sin\theta$ 的最大值取 $\frac{4}{5}$，代入数据得 $E \le \frac{mg}{q\sin\theta} = 1.25\times10^5\,\mathrm{V/m}$。又 $\theta > 0$，由②得 $E > 7.5\times10^4\,\mathrm{V/m}$。综上可知，匀强电场场强 E 的取值范围为 $7.5\times10^4\,\mathrm{V/m} < E \le 1.25\times10^5\,\mathrm{V/m}$。

21. 内壁光滑的导热气缸竖直浸放在盛有冰水混合物的水槽中，用不计质量的活塞封闭压强为 $1.0\times10^5\,\mathrm{Pa}$、体积为 $2.0\times10^{-3}\,\mathrm{m^3}$ 的理想气体。现在活塞上方缓缓倒上沙子，使封闭气体的体积变为原来的一半，然后将气缸移出水槽，缓慢加热，使气体温度变为 127°C。

(1) 求气缸内气体的最终体积；

(2) 在 $p-V$ 图上画出整个过程中气缸内气体的状态变化。（大气压强为 $1.0\times10^5\,\mathrm{Pa}$）



(1) $V_2 \approx 1.47\times10^{-3}\,\mathrm{m^3}$。 (2) 如图所示。

（1）在活塞上方倒沙的过程中温度保持不变，由玻意耳定律得

$p_0V_0 = p_1V_1$ ①

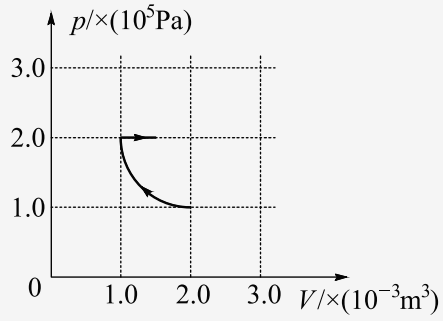
由①式解得 $p_1 = \frac{V_0}{V_1}p_0 = 2\times10^5\,\mathrm{Pa}$ ②

在缓慢加热到 127°C 的过程中压强保持不变，由盖-吕萨克定律得

$\frac{V_1}{T_0} = \frac{V_2}{T_2}$ ③

由③式解得 $V_2 = \frac{T_2}{T_0}V_1 = \frac{273+127}{273}\times1.0\times10^{-3}\,\mathrm{m^3} \approx 1.47\times10^{-3}\,\mathrm{m^3}$ ④

（2）在 $p-V$ 图上画出整个过程中气缸内气体的状态变化，如图所示。

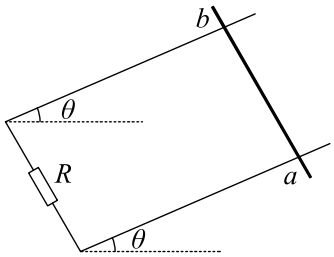


22. 如图所示，处于匀强磁场中的两根足够长、电阻不计的平行金属导轨相距 1 m，导轨平面与水平面成 $\theta = 37°$ 角，下端连接阻值为 R 的电阻。匀强磁场方向与导轨平面垂直。质量为 0.2 kg、电阻不计的金属棒放在两导轨上，棒与导轨垂直并保持良好接触，它们之间的动摩擦因数为 0.25。

(1) 求金属棒沿导轨由静止开始下滑时的加速度大小；

(2) 当金属棒下滑速度达到稳定时，电阻 R 消耗的功率为 8 W，求该速度的大小；

(3) 在上问中，若 $R = 2\,\Omega$，金属棒中的电流方向由 a 到 b，求磁感应强度的大小与方向。（$g = 10\,\mathrm{m/s^2}$，$\sin 37° = 0.6$，$\cos 37° = 0.8$）



(1) $a = 4\,\mathrm{m/s^2}$。 (2) $v = 10\,\mathrm{m/s}$。 (3) $B = 0.4\,\mathrm{T}$，磁场方向垂直导轨平面向上。

（1）金属棒开始下滑的初速为零，根据牛顿第二定律

$mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma$ ①

由①式解得 $a = 10 \times (0.6 - 0.25 \times 0.8)\,\mathrm{m/s^2} = 4\,\mathrm{m/s^2}$ ②

（2）设金属棒运动达到稳定时，速度为 v，所受安培力为 F，棒在沿导轨方向受力平衡

$mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta - F = 0$ ③

此时金属棒克服安培力做功的功率等于电路中电阻 R 消耗的电功率

$Fv = P$ ④

由③、④两式解得 $v = \frac{P}{F} = \frac{8}{0.2\times10\times(0.6-0.25\times0.8)}\,\mathrm{m/s} = 10\,\mathrm{m/s}$ ⑤

（3）设电路中电流为 I，两导轨间金属棒的长为 l，磁场的磁感应强度为 B

$I=\frac{Blv}{R}$ ⑥

$P=I^2R$ ⑦

由⑥、⑦两式解得 $B=\frac{\sqrt{PR}}{vl}=\frac{\sqrt{8\times2}}{10\times1}\,\mathrm{T}=0.4\,\mathrm{T}$ ⑧

磁场方向垂直导轨平面向上。

23. 一水平放置的圆盘绕竖直固定轴转动，在圆盘上沿半径开有一条宽度为 2 mm 的均匀狭缝。将激光器与传感器上下对准，使二者间连线与转轴平行，分别置于圆盘的上下两侧，且可以同步地沿圆盘半径方向匀速移动，激光器连续向下发射激光束。在圆盘转动过程中，当狭缝经过激光器与传感器之间时，传感器接收到一个激光信号，并将其输入计算机，经处理后画出相应图线。图 a 为该装置示意图，图 b 为所接收的光信号随时间变化的图线，横坐标表示时间，纵坐标表示接收到的激光信号强度，图中 $\Delta t_1=1.0\times10^{-3}\,\mathrm{s}$，$\Delta t_2=0.8\times10^{-3}\,\mathrm{s}$。

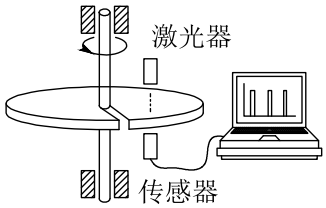


图 a

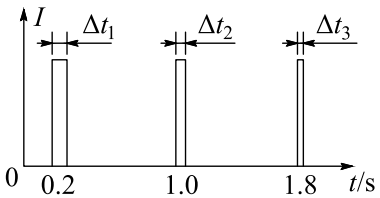


图 b

(1) 利用图 b 中的数据求 1 s 时圆盘转动的角速度；

(2) 说明激光器和传感器沿半径移动的方向；

(3) 求图 b 中第三个激光信号的宽度 Δt_3。

(1) $\omega=7.85\,\mathrm{rad/s}$。(2) 激光器和探测器沿半径由中心向边缘移动。(3) $0.67\times10^{-3}\,\mathrm{s}$。

（1）由图线读得，转盘的转动周期 $T=0.8\,\mathrm{s}$ ①

角速度 $\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{6.28}{0.8}\,\mathrm{rad/s}=7.85\,\mathrm{rad/s}$ ②

（2）激光器和探测器沿半径由中心向边缘移动（理由为：由于脉冲宽度在逐渐变窄，表明光信号能通过狭缝的时间逐渐减少，即圆盘上对应探测器所在位置的线速度逐渐增加，因此激光器和探测器沿半径由中心向边缘移动）。

（3）设狭缝宽度为 d，探测器接收到第 i 个脉冲时距转轴的距离为 r_i，第 i 个脉冲的宽度为 Δt_i，激光器和探测器沿半径的运动速度为 v。

$\Delta t_i=\frac{d}{2\pi r_i}T$ ③

$r_3-r_2=r_2-r_1=vT$ ④

$r_2 - r_1 = \frac{dT}{2\pi}\left(\frac{1}{\Delta t_2} - \frac{1}{\Delta t_1}\right)$ ⑤

$r_3 - r_2 = \frac{dT}{2\pi}\left(\frac{1}{\Delta t_3} - \frac{1}{\Delta t_2}\right)$ ⑥

由④、⑤、⑥式解得 $\Delta t_3 = \frac{\Delta t_1 \Delta t_2}{2\Delta t_1 - \Delta t_2} = \frac{1.0\times10^{-3}\times0.8\times10^{-3}}{2\times1.0\times10^{-3}-0.8\times10^{-3}}\,\mathrm{s} \approx 0.67\times10^{-3}\,\mathrm{s}$。