2016 年 10 月浙江

1. 下列物理量中属于标量的是（A）

A. 路程　　B. 位移　　C. 速度　　D. 加速度

> 位移、速度、加速度都是既有大小又有方向、相加时遵循平行四边形定则的矢量；路程只有大小，没有方向，是标量，故 A 正确。

2. 下列均属于国际基本单位的是（C）

A. m，N，J　　B. m，kg，J　　C. m，kg，s　　D. kg，m/s、N

> 长度、质量、时间等为基本物理量，基本物理量的单位为基本单位。长度、质量、时间在国际单位制中的基本单位为米、千克、秒，即 m、kg、s，故 C 正确。

3. 中国女排在 2016 年奥运会比赛中再度夺冠，图为比赛中精彩瞬间的照片，此时排球受到的力有（C）



A. 推力　　B. 重力、推力

C. 重力、空气对球的作用力　　D. 重力、推力、空气对球的作用力

> 图中排球受到的力是：重力、空气对球的阻力，此刻人手与球并没有接触，所以没有推力，故 C 正确。

4. 如图所示，无人机在空中匀速上升时，不断增加的能量是（C）



A. 动能　　B. 动能、重力势能

C. 重力势能、机械能　　D. 动能、重力势能、机械能

> 无人机在匀速上升过程中，它的质量不变，速度不变，则动能不变；同时高度增加，其重力势能增加，因机械能等于动能与势能的总和，所以无人机的机械能增加，故 C 正确。

5. 在 G20 峰会“最忆是杭州”的文化文艺演出中，芭蕾舞演员保持如图所示姿势原地旋转，此时手臂上 A、B 两点角速度大小分别为 ω_A、ω_B，线速度大小分别为 v_A、v_B，则 (D)



A. $\omega_A < \omega_B$　　B. $\omega_A > \omega_B$　　C. $v_A < v_B$　　D. $v_A > v_B$

> 可以把 A、B 两点看成是同轴转动的两个质点，则 $\omega_A = \omega_B$，由 $v = \omega r$ 得 $v_A > v_B$，故 D 正确。

6. 某探险者在野外攀岩时，踩落一小石块，约 5 s 后听到石头直接落到崖底的声音，探险者离崖底的高度最接近的是 (C)

A. 25 m　　B. 50 m　　C. 110 m　　D. 150 m

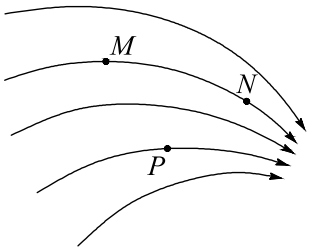
> 由于声音在空气中传播的速度比自由落体下落 5 s 的速度大的多，可以忽略声音在空气中的传播时间，由自由落体规律 $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 5^2\,\mathrm{m} = 125\,\mathrm{m}$，最接近选项 C（110 m），故 C 正确。

7. 一水平固定的水管，水从管口以不变的速度源源不断地喷出，水管距地面高 $h = 1.8\,\mathrm{m}$，水落地的位置到管口的水平距离 $x = 1.2\,\mathrm{m}$，不计空气及摩擦阻力，水从管口喷出的初速度大小是 (B)

A. 1.2 m/s　　B. 2.0 m/s　　C. 3.0 m/s　　D. 4.9 m/s

> 水平喷出的水做平抛运动，由平抛运动规律知，在竖直方向上有 $h = \frac{1}{2}gt^2$，解得 $t = 0.6\,\mathrm{s}$；在水平方向上有 $x = v_0 t$，解得水平速度为 $v_0 = 2.0\,\mathrm{m/s}$，故 B 正确。

8. 如图为某一电场的电场线，M、N、P 为电场线上的三个点，M、N 是同一电场线上两点，下列判断正确的是 (A)



A. M、N、P 三点中 N 点的场强最大

B. M、N、P 三点中 N 点的电势最高

C. 负电荷在 M 点的电势能大于在 N 点的电势能

D. 正电荷从 M 点自由释放，电荷将沿电场线运动到 N 点

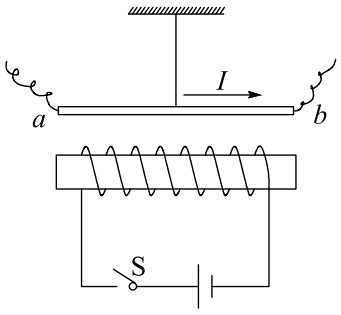
> 电场线的疏密反应了场的强弱，N 点处电场线最密，所以 N 点场强最大，故 A 正确；顺着电场线的方向，电势降低，所以 M 点的电势最高，故 B 错误；由 $E_p = q\varphi$，$\varphi_M > \varphi_P > \varphi_N$ 可知，负电荷在 N 点电势能大于在 M 点的电势能，故 C 错误；在 M 点静止释放，正电荷在电场力的作用下运动，但是运动轨迹并不是电场线，故 D 错误。

9. 一根细橡胶管中灌满盐水，两端用短粗铜丝塞住管口，管中盐水柱长为 40 cm 时，测得电阻为 R，若溶液的电阻随长度、横截面积的变化规律与金属导体相同。现将管中盐水柱均匀拉长至 50 cm（盐水体积不变，仍充满橡胶管）。则盐水柱电阻为 (D)

A. $\frac{4}{5}R$　　B. $\frac{5}{4}R$　　C. $\frac{16}{25}R$　　D. $\frac{25}{16}R$

> 由电阻定律有 $R = \rho\frac{l}{S}$，又 $V = lS$，则 $R \propto l^2$，$\frac{R}{R'} = \left(\frac{40}{50}\right)^2$，所以选项 D 正确。

10. 如图所示，把一根通电的硬直导线 ab，用轻绳悬挂在通电螺线管正上方，直导线中的电流方向由 a 向 b。闭合开关 S 瞬间，导线 a 端所受安培力的方向是 (D)



A. 向上　　B. 向下　　C. 垂直纸面向外　　D. 垂直纸面向里

> 由安培定则可知，开关闭合后，螺线管产生的磁场等效为 N 极在右端的条形磁铁产生的磁场，由左手定则可知，导线 a 端所受安培力垂直纸面向里，故 D 正确。

11. 如图为一种服务型机器人，其额定功率为 48 W，额定工作电压为 24 V，机器人的锂电池容量为 20 A · h。则机器人（C）



A. 额定工作电流为 20 A

B. 充满电后最长工作时间为 2 h

C. 电池充满电后总电量为 7.2×10^4 C

D. 以额定电流工作时每秒消耗能量为 20 J

> 由 $P=UI$ 得，额定工作电流 $I=\frac{P}{U}=\frac{48}{24}\,\mathrm{A}=2\,\mathrm{A}$，故 A 错误；充满电后最长工作时间 $t=\frac{Q}{I}=\frac{20}{2}\,\mathrm{h}=10\,\mathrm{h}$，故 B 错误；电池充满电后总电量 $Q=It=20\times3600\,\mathrm{C}=7.2\times10^4\,\mathrm{C}$，故 C 正确；额定电流工作时每秒消耗能量 $E=UIt'=24\times2\times1\,\mathrm{J}=48\,\mathrm{J}$，故 D 错误。

12. 如图所示，“天宫二号”在距离地面 393 km 的近圆轨道运行，已知万有引力常量 $G=6.67\times10^{-11}\,\mathrm{N\cdot m^2/kg^2}$，地球质量 $M=6.0\times10^{24}\,\mathrm{kg}$，地球半径 $R=6.4\times10^3\,\mathrm{km}$。由以上数据可估算（B）



A.“天宫二号”质量

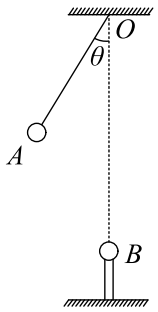
B.“天宫二号”运行速度

C.“天宫二号”受到的向心力

D. 地球对“天宫二号”的引力

> 由万有引力提供向心力得 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$，解得 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，所以可求出“天宫二号”的运行速度，在上等式中“天宫二号”的质量在两边会消去，故无法求出“天宫二号”的质量，同时其受到的向心力、引力都因为不知质量而无法求解，故 B 正确 ACD 错误。

13. 如图所示质量为 m、电荷量为 q 的带电小球 A 用绝缘细线悬挂于 O 点，带有电荷量也为 q 的小球 B 固定在 O 点正下方绝缘柱上。其中 O 点与小球 A 的间距为 l，O 点与小球 B 的间距为 $\sqrt{3}l$，当小球 A 平衡时，悬线与竖直方向夹角 $\theta=30°$，带电小球 A、B 均可视为点电荷，静电力常量为 k，则（B）



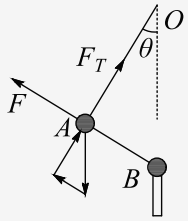
A. A、B 间库仑力大小 $F=\frac{kq^2}{2l^2}$

B. A、B 间库仑力 $F=\frac{\sqrt{3}}{3}mg$

C. 细线拉力大小 $F_T=\frac{kq^2}{3l^2}$

D. 细线拉力大小 $F_T=\sqrt{3}mg$

受力分析与几何三角形如图所示，由 $\triangle OAB$ 与力三角形相似，由对应边成比例 $\frac{F_T}{mg}=\frac{l}{\sqrt{3}l}$，则 $F_T=\frac{\sqrt{3}mg}{3}$，由余弦定理得 $AB=\sqrt{l^2+(\sqrt{3}l)^2-2\sqrt{3}l^2\cos 30^\circ}=l$，则 $F_T=F=\frac{\sqrt{3}mg}{3}=\frac{kq^2}{l^2}$，故 B 正确。



14. 用 a、b 两种不同波长的光，先后用同一装置做双缝干涉实验，得到两种干涉条纹，其中 a 光的干涉条纹间距大于 b 光的条纹间距，则 (AD)

A. a 光的波长大于 b 光的波长

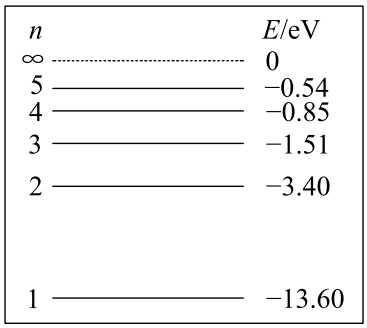
B. a 光的频率大于 b 光的频率

C. 在玻璃中，a 光的速度等于 b 光的速度

D. 从玻璃射向空气发生全反射时，a 光的临界角大于 b 光的临界角

由双缝干涉的条纹间距公式 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 知，同一实验装置，条纹间距越大，说明波长越长，即频率越小。根据题意，a 光的波长长，故 A 正确 B 错误；频率越小，介质对它的折射率越小，由 $n=\frac{c}{v}$ 可知，在介质中的传播速度越大，即 a 光在介质中的传播速度要大，故 C 错误；由 $\sin C=\frac{1}{n}$ 可知，介质的折射率越小，则全反射的临界角越大，所以 a 光的全反射临界角要大，故 D 正确。

15. 如图为氢原子能级图，氢原子中的电子从 $n=5$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级可产生 a 光；从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级可产生 b 光。a 光和 b 光的波长分别为 λ_a 和 λ_b，照射到逸出功为 2.29 eV 的金属钠表面均可产生光电效应，遏止电压分别为 U_a 和 U_b，则 (BCD)



A. $\lambda_a > \lambda_b$

B. $U_a > U_b$

C. a 光的光子能量为 2.86 eV

D. b 光产生的光电子最大初动能 $E_k = 0.26\,\text{eV}$

氢原子中的电子从 $n = 5$ 跃迁到 $n = 2$ 产生的 a 光，$\Delta E = E_5 - E_2 = -0.54 - (-3.40) = 2.86\,\text{eV}$，氢原子中的电子从 $n = 4$ 跃迁到 $n = 2$ 产生的 b 光，$\Delta E' = E_4 - E_2 = -0.85 - (-3.40) = 2.55\,\text{eV}$，能量越高频率越大，波长越小，则 $\lambda_a < \lambda_b$，故 A 错误 C 正确；由光电效应方程 $eU_c = \frac{1}{2}m_e v_e^2 = h\nu - W_0$ 知频率越高的 U_c 越大，即 $U_a > U_b$，$\frac{1}{2}m_e v_e^2 = h\nu - W_0 = 2.55 - 2.29 = 0.26\,\text{eV}$，故 BD 正确。

16. 用中子（${}^1_0\text{n}$）轰击铀核（${}^{235}_{92}\text{U}$）产生裂变反应，会产生钡核（${}^{144}_{56}\text{Ba}$）和氪（${}^{89}_{36}\text{Kr}$）并释放中子（${}^1_0\text{n}$），当达到某些条件时可发生链式反应，一个铀核（${}^{235}_{92}\text{U}$）裂变时，释放的能量约为 200 MeV（$1\,\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\,\text{J}$）。以下说法正确的是（BCD）

A. ${}^{235}_{92}\text{U}$ 的裂变方程为 ${}^{235}_{92}\text{U} \longrightarrow {}^{144}_{56}\text{Ba} + {}^{89}_{36}\text{Kr} + {}^1_0\text{n}$

B. ${}^{235}_{92}\text{U}$ 的裂变方程为 ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^{144}_{56}\text{Ba} + {}^{89}_{36}\text{Kr} + 3\,{}^1_0\text{n}$

C. ${}^{235}_{92}\text{U}$ 发生链式反应的条件与铀块的体积有关

D. 一个 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 裂变时，质量亏损约为 $3.6 \times 10^{-28}\,\text{kg}$

${}^{235}_{92}\text{U}$ 的裂变方程为 ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^{144}_{56}\text{Ba} + {}^{89}_{36}\text{Kr} + 3\,{}^1_0\text{n}$，方程两边的中子不能相约，故 A 错误 B 正确；链式反应在进行过程中，还需要铀块达到临界体积才能维持链式反应持续不断进行下去，故 C 正确；一个铀核裂变时，释放的能量约为 200 MeV，由质能方程得，质量亏损 $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{200 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}}{9 \times 10^{16}}\,\text{kg} = 3.6 \times 10^{-28}\,\text{kg}$，故 D 正确。

17. 在“探究小车速度随时间变化的规律”实验中

(1) 下列说法中不正确或不必要的是 AD（填字母）；

（A）长木板的一端必须垫高，使小车在不挂钩码时能在木板上做匀速运动

（B）连接钩码和小车的细线应与长木板保持平行

（C）小车应靠近打点计时器，先接通电源，后释放小车

（D）选择计数点时，必须从纸带上第一个点开始

(2) 图 1 是实验中打下的一段纸带，算出计数点 2 的速度大小为 $0.58 \sim 0.61\,\mathrm{m/s}$，并在图 2 中标出，其余计数点 1、3、4、5 对应的小车瞬时速度大小在图 2 中已标出。

(3) 作图并求得小车的加速度大小为 $1.43 \sim 1.53\,\mathrm{m/s^2}$。



图 1

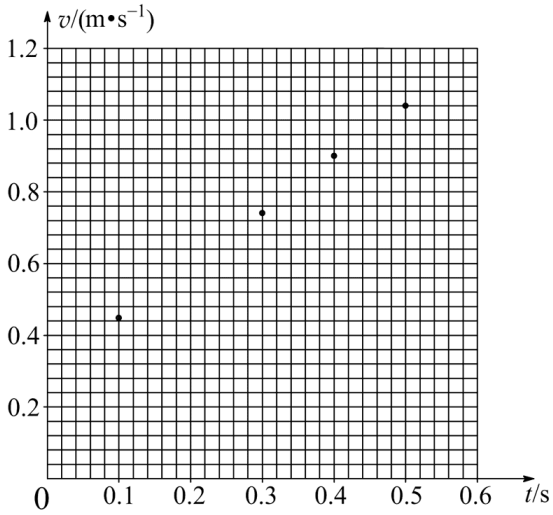
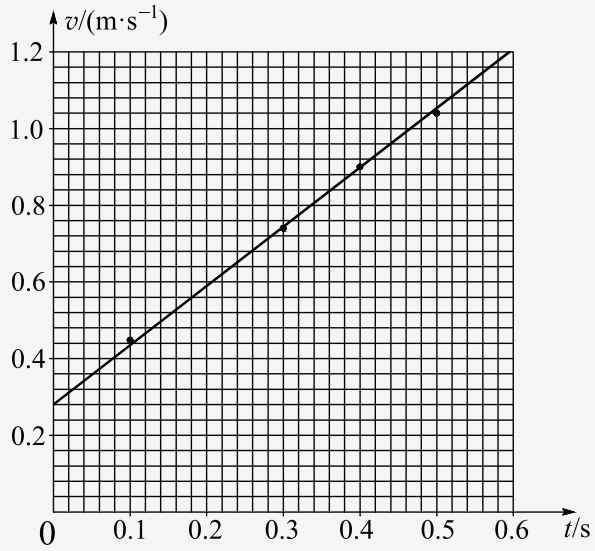


图 2

(1) AD　(2) 0.58 ~ 0.61　(3) 1.43 ~ 1.53

（1）探究小车的速度与时间的变化规律，并没有要求小车只在拉力作用下运动，即平衡摩擦力不是必要的，故 A 不是必要的，符合题意；连接小车的细绳需要与木板平行，否则就要涉及到绳子拉力分解问题，即拉力是一个变力，故 B 是必要的，不符合题意；操作时应先接通电源再释放小车，故 C 是必要的，不符合题意；在处理纸带时，由于第一点并不确定，因此常常将前面的点去掉，从清晰可辨的点取点后处理实验数据，故 D 不是必要的，符合题意。

（2）由图知 $x_1 = 3.80\,\mathrm{cm}$，$x_3 = 0.1580\,\mathrm{m}$，所以有 $v_2 = \frac{x_3 - x_1}{2T} = \frac{0.1580 - 0.0380}{2 \times 0.1}\,\mathrm{m/s} = 0.60\,\mathrm{m/s}$，描点作图如图所示。



（3）直线的斜率即为小车的加速度，所以加速度为 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{1.2-0.3}{0.6}\,\mathrm{m/s^2}=1.50\,\mathrm{m/s^2}$。

18. “描绘小灯泡的伏安特性曲线”实验，要求采用分压电路，电流表外接，小王的连线如图 1 所示，闭合开关 S 前请老师检查，老师指出图中标示的①②两根连线有一处错误，错误连线是 ①（填“①”或“②”）；图中标示的③、④和⑤三根连线有一条错误，错误连线是 ④（填“③”、“④”或“⑤”），小王正确连线后，闭合开关 S 前，应将滑动变阻器滑片 C 移到 A 处（填“A”或“B”），闭合开关 S，此时电压表读数为 0 V，缓慢移动滑片 C 至某一位置时，电流表指针如图 2 所示，电流表的示数为 0.32 A。

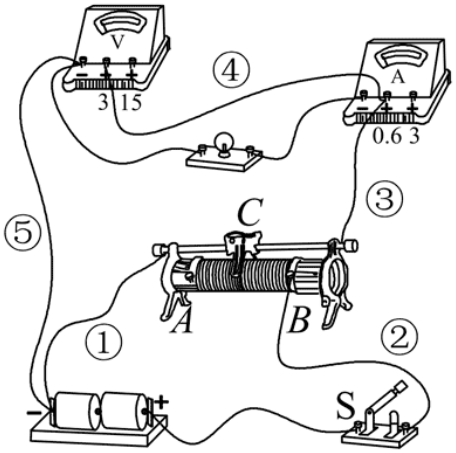


图 1

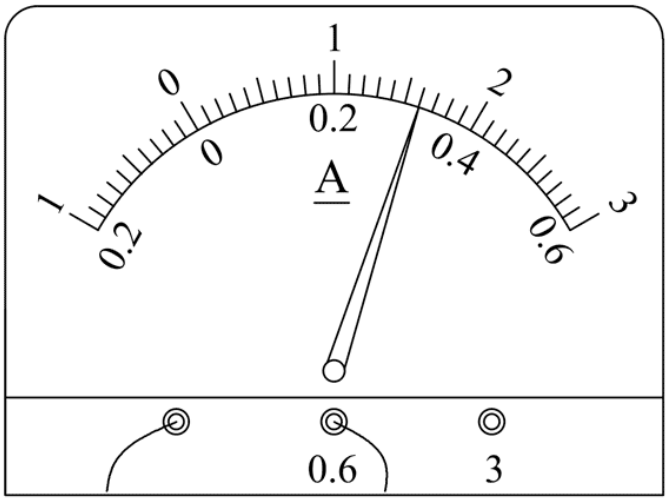
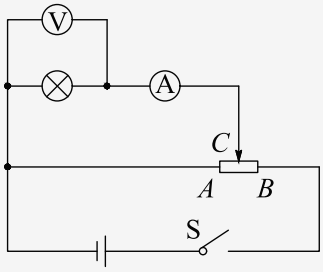


图 2

①，④，A，0，0.32

应该采用分压式、外接法，所以①、④两根导线有问题。



实验开始时为了保证实验仪器的正常使用，需要将 C 拨到最左端，即 A 处。

开关闭合后，电压表读数为 0 V；电流表的量程应为 0.6 A，图 2 中电流表的读数为 0.32 A。

19. 在某段平直的铁路上，一列以 324 km/h 高速行驶的列车某时刻开始匀减速行驶，5 min 后恰好停在某车站，并在该站停留 4 min，随后匀加速驶离车站，经 8.1 km 后恢复到原速 324 km/h。

(1) 求列车减速时的加速度大小；

(2) 若该列车总质量为 8.0×10^5 kg，所受阻力恒为车重的 0.1 倍，求列车驶离车站加速过程中牵引力的大小；

(3) 求列车从开始减速到恢复原速这段时间内的平均速度大小。



(1) $a_1 = 0.3\,\mathrm{m/s^2}$　(2) $F = 1.2 \times 10^6\,\mathrm{N}$　(3) $108\,\mathrm{km/h}$

（1）由题意知 $v_0 = 324\,\mathrm{km/h} = 90\,\mathrm{m/s}$，设列车匀减速的加速度为 a_1，由运动学公式 $v = v_0 + at$ 可得 $a_1 = \frac{v_0}{t} = \frac{90}{300}\,\mathrm{m/s^2} = 0.3\,\mathrm{m/s^2}$。

（2）由运动学公式得 $v^2 - v_0^2 = 2a_2x$，解得 $a_2 = 0.5\,\mathrm{m/s^2}$，由牛顿第二定律得 $F - f = ma$，解得 $F = 1.2 \times 10^6\,\mathrm{N}$。

（3）列车减速行驶的时间为 $t_1 = 300\,\mathrm{s}$，减速行驶的位移为 $x_1 = \frac{1}{2}a_1t_1^2 = 13500\,\mathrm{m}$，列

车在车站停留时间为 $t_2 = 240\,\mathrm{s}$，列车加速行驶的时间为 $t_3 = \frac{v_0}{a_2} = 180\,\mathrm{s}$，列车加速行驶的位移为 $x_2 = 8100\,\mathrm{m}$，由平均速度的定义得 $\overline{v} = \frac{x_1+x_2}{t_1+t_2+t_3} = 30\,\mathrm{m/s} = 108\,\mathrm{km/h}$。

20. 如图 1 所示。游乐场的过山车可以底朝上在竖直圆轨道上运行，可抽象为图 2 的模型。倾角为 45° 的直轨道 AB、半径 $R = 10\,\mathrm{m}$ 的光滑竖直圆轨道和倾角为 37° 的直轨道 EF，分别通过水平光滑衔接轨道 BCC′E 平滑连接，另有水平减速直轨道 FG 与 EF 平滑连接，EG 间的水平距离 $l = 40\,\mathrm{m}$。现有质量 $m = 500\,\mathrm{kg}$ 的过山车，从高 $h = 40\,\mathrm{m}$ 的 A 点静止下滑，经 BCDC′EF 最终停在 G 点，过山车与轨道 AB、EF 的动摩擦因数均为 $\mu_1 = 0.2$，与减速直轨道 FG 的动摩擦因数均为 $\mu_2 = 0.75$，过山车可视为质点，运动中不脱离轨道，求：

(1) 过山车运动至圆轨道最低点 C 时的速度大小；

(2) 过山车运动至圆轨道最高点 D 时对轨道的作用力；

(3) 减速直轨道 FG 的长度 x（已知 $\sin 37° = 0.6$，$\cos 37° = 0.8$）。



图 1

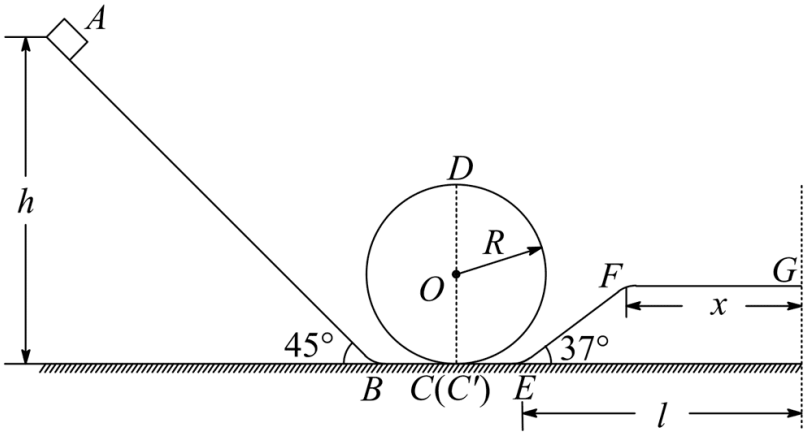


图 2

(1) $v_C = 8\sqrt{10}\,\mathrm{m/s}$ (2) 7000 N (3) $x = 30\,\mathrm{m}$

(1) 设过山车到达 C 点的速度为 v_C，由动能定理得 $mgh - \mu_1 mg\cos 45° \frac{h}{\sin 45°} = \frac{1}{2}mv_C^2$，代入数据得 $v_C = 8\sqrt{10}\,\mathrm{m/s}$。

(2) 设过山车到达 D 点的速度为 v_D，由动能定理得 $-mg\cdot 2R = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_C^2$，由牛顿第二定律得 $mg + F_D = m\frac{v_D^2}{R}$，联立代入数据得 $F_D = 7000\,\mathrm{N}$，由牛顿第三定律知，过山车对轨道的作用力大小为 7000 N，方向竖直向上。

(3) 过山车从 A 到达 G 点的过程，由动能定理得 $mgh - mg(l-x)\tan 37° - \mu_1 mgh\cot 45° - \mu_1 mg(l-x) - \mu_2 mgx = 0$，代入数据得减速直轨道 FG 的长度为 $x = 30\,\mathrm{m}$。

21. (1) 在“探究单摆周期与摆长的关系”实验中，测量单摆的周期时，图 1 中 乙（填“甲”、“乙”或“丙”）作为计时开始于终止的位置更好些。

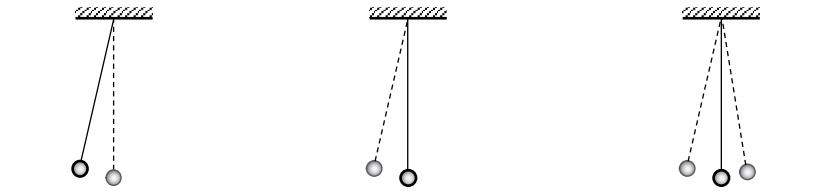


图 1

(2) 如图 2 所示，在用可拆变压器“探究变压器线圈两端的电压与匝数的关系”的实验中，下列说法正确的是 AD（填字母）

（A）用可拆变压器，能方便地从不同接线柱上选取不同匝数的线圈

（B）测量原、副线圈的电压，可用“测定电池的电动势和内阻”实验中的直流电压表

（C）原线圈接 0、8 接线柱，副线圈接 0、4 接线柱，副线圈电压大于原线圈电压

（D）为便于探究，先保持原线圈匝数和电压不变，改变副线圈的匝数，研究其对副线圈电压的影响

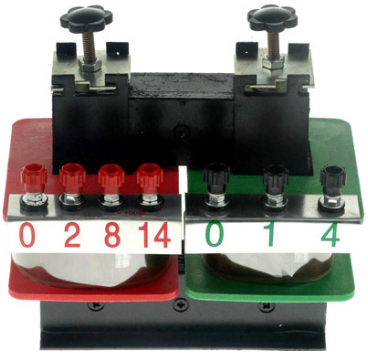


图 2

(1) 乙　(2) AD

（1）在测量单摆的周期时，一般选取摆球经过最低处时记录，小球通过平衡位置时的速度较大，有利于计时，所以选择乙图。

（2）变压器的输出电压跟输入电压以及原、副线圈匝数之比都有关，因此需要用可拆卸的变压器研究，故 AD 正确；变压器只能对交变电流的电压有作用，不能用直流电压表，故 B 错误；根据理想变压器原、副线圈匝数之比等于输入、输出电压之比可知，原线圈接 0、8，副线圈接 0、4，那么副线圈的电压小于原线圈电压，故 C 错误。

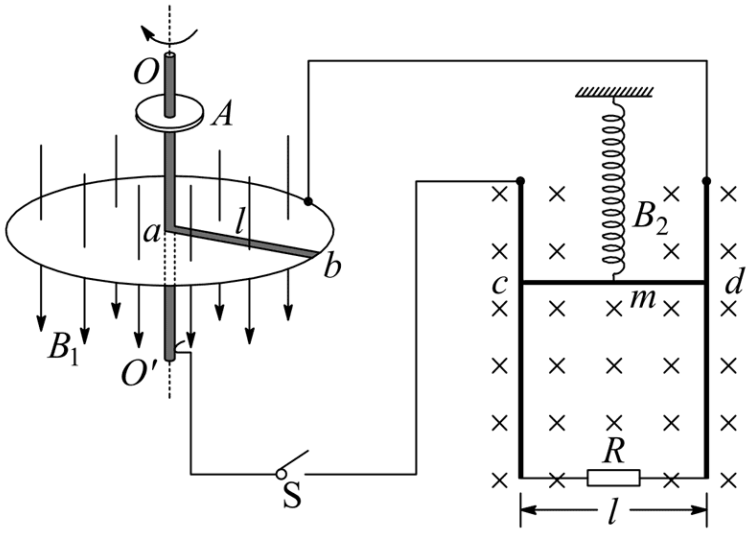
22. 为了探究电动机转速与弹簧伸长量之间的关系，小明设计了如图所示的装置。半径为 l 的圆形金属导轨固定在水平面上，一根长也为 l，电阻为 R 的金属棒 ab 一端与导轨接触良好，另一端固定在圆心处的导电转轴 OO' 上，由电动机 A 带动旋转。在金属导轨区域内存在垂直于导轨平面，大小为 B_1、方向竖直向下的匀强磁场。另有一质量为 m、

电阻为 R 的金属棒 cd 用轻质弹簧悬挂在竖直平面内，并与固定在竖直平面内的“U”型导轨保持良好接触，导轨间距为 l，底部接阻值也为 R 的电阻，处于大小为 B_2、方向垂直导轨平面向里的匀强磁场中。从圆形金属导轨引出导线和通过电刷从转轴引出导线经开关 S 与“U”型导轨连接。当开关 S 断开，棒 cd 静止时，弹簧伸长量为 x_0；当开关 S 闭合，电动机以某一转速匀速转动，棒 cd 再次静止时，弹簧伸长量变为 x（不超过弹性限度）。不计其余电阻和摩擦等阻力，求此时：

(1) 通过棒 cd 的电流 I_{cd}；

(2) 电动机对该装置的输出功率 P；

(3) 电动机转动角速度 ω 与弹簧伸长量 x 之间的函数关系。



(1) $I_{cd}=\frac{mg(x-x_0)}{B_2lx_0}$ (2) $P=\frac{6m^2g^2R(x-x_0)^2}{B_2^2l^2x_0^2}$ (3) $\omega=\frac{6mgR(x-x_0)}{B_1B_2l^3x_0}$

（1）S 断开时，cd 棒静止，由平衡条件得 $mg=kx_0$，S 闭合时，cd 棒静止时受到的安培力为 $F=B_2I_{cd}l$，cd 棒静止时，由平衡条件得 $mg+B_2I_{cd}l=kx$，联立解得 $I_{cd}=\frac{mg(x-x_0)}{B_2lx_0}$。

（2）由题意知，回路总电阻为 $R_{总}=R+\frac{1}{2}R=\frac{3}{2}R$，回路中的总电流为 $I=2I_{cd}=\frac{2mg(x-x_0)}{B_2lx_0}$，电动机对该装置的输出功率为 $P=I^2R_{总}=\frac{6m^2g^2R(x-x_0)^2}{B_2^2l^2x_0^2}$。

（3）由法拉第电磁感应定律得 $E=\frac{\Delta\phi}{\Delta t}=\frac{1}{2}B_1\omega l^2$，回路总电流为 $I=\frac{E}{R_{总}}=\frac{B_1\omega l^2}{3R}$，联立解得 $\omega=\frac{6mgR(x-x_0)}{B_1B_2l^3x_0}$。

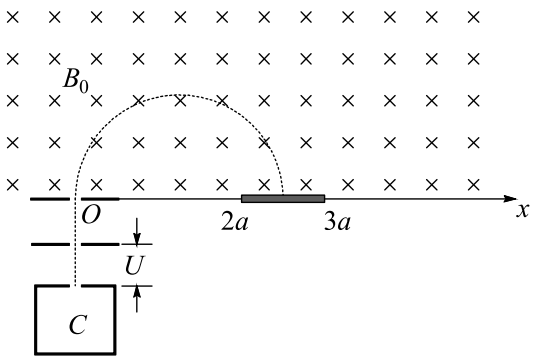
23. 如图所示，在 x 轴的上方存在垂直纸面向里，磁感应强度大小为 B_0 的匀强磁场，位于 x 轴下方离子源 C 发射质量为 m，电荷量为 q 的一束负离子，其初速度大小范围为 $0\sim\sqrt{3}v_0$，这束离子经电势差为 $U=\frac{mv_0^2}{2q}$ 的电场加速后，从小孔 O（坐标原点）垂直 x 轴并垂直磁场射入磁场区域，最后打到 x 轴上。在 x 轴上 $2a\sim3a$ 区间水平固定放

置一探测板（$a=\frac{mv_0^2}{qB_0}$）。假设每秒射入磁场的离子总数为 N_0，打到 x 轴上的离子数均匀分布（离子重力不计）。

(1) 求离子束从小孔 O 射入磁场后打到 x 轴的区间。

(2) 调整磁感应强度的大小，可使速度最大的离子恰好打在探测板右端，求此时的磁感应强度大小 B_1；

(3) 保持磁感应强度 B_1 不变，求每秒打在探测板上的离子数 N；若打在板上的离子 80% 被板吸收，20% 被反弹回，弹回速度大小为板前速度大小的 0.6 倍。求探测板受到的作用力大小。



(1) $2a\le x\le 4a$　(2) $B_1=\frac{4}{3}B_0$　(3) $F=\frac{56}{45}N_0mv_0$

（1）对于初速度为 0 的离子，进入加速电场，由动能定理得 $qU=\frac{1}{2}mv_1^2$，解得 $v_1=\sqrt{\frac{2qU}{m}}=v_0$，离子在磁场中运动，由洛伦兹力提供向心力得 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，解得 $r_1=\frac{mv_1}{qB_0}=a$，恰好打在 $x=2a$ 的位置；对于初速度为 v_0 的离子，进入加速电场，由动能定理得 $qU=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}m(\sqrt{3}v_0)^2$，解得 $v_2=2v_0$，同理得 $r_2=\frac{mv_2}{qB_0}=2a$，恰好打在 $x=4a$ 的位置，故离子束从小孔 O 射入磁场打在 x 轴上的区间为 $[2a,4a]$。

（2）由（1）问计算可知，速度最大的离子以 $v_2=2v_0$ 进入磁场，离子恰好打在探测板右端，则离子在磁场中运动轨迹的半径为 $r_3=\frac{3}{2}a$，由洛伦兹力提供向心力得 $qv_2B_1=m\frac{v_2^2}{r_3}$，解得 $B_1=\frac{4}{3}B_0$。

（3）对初速度为 0 的离子，经过电场加速后，以速度 $v_1=v_0$ 进入磁场，由洛伦兹力提供向心力得 $qv_1B_1=m\frac{v_1^2}{r_4}$，解得 $r_4=\frac{3}{4}a$，则在磁感应强度为 B_1 时，离子打在 x 轴上的区间为 $[1.5a,3a]$，则每秒打在探测板上的离子数为 $N=\frac{a}{1.5a}N_0=\frac{2}{3}N_0$，对打探测板最左端 $(x=2a)$ 的离子，轨道半径为 a，则 $qv_3B_1=m\frac{v_3^2}{a}$，解得 $v_3=\frac{4}{3}v_0$，打到 x 轴上的离子均匀分布，所以打在探测板上的离子的平均速度为 $\overline{v}=\frac{v_2+v_3}{2}=\frac{5}{3}v_0$，被吸收和被弹回离子数在探测板上沿 x 轴均匀分布，由动量定理得 $-Ft=0.8N(0-m\overline{v})+0.2N(-m\cdot 0.6\overline{v}-m\overline{v})$，解得单位时间内探测板受到的作用力为 $F=\frac{56}{45}N_0mv_0$。