2019 年 4 月浙江

1. 下列物理量属于基本量且单位属于国际单位制中基本单位的是 (B)

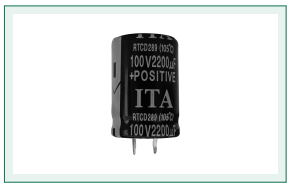
A. 功/焦耳　　B. 质量/千克　　C. 电荷量/库仑　　D. 力/牛顿

> 属于国际单位制中基本单位的是 kg（千克）、m（米）、s（秒）、A（安培）、mol（摩尔）、cd（坎德拉）、K（开尔文），对应的基本物理量是质量、长度、时间、电流、物质的量、发光强度、热力学温度，牛顿、焦耳、库仑是导出单位，故 B 正确 ACD 错误。

2. 下列器件中是电容器的是 (B)



A.



B.



C.



D.

> A 图为滑动变阻器，B 图为电容器，C 图为电阻箱，D 图为定值电阻，故 B 正确 ACD 错误。

3. 下列式子属于比值定义物理量的是 (C)

A. $t=\frac{\Delta x}{v}$　　B. $a=\frac{F}{m}$　　C. $C=\frac{Q}{U}$　　D. $I=\frac{U}{R}$

> 电容 $C=\frac{Q}{U}$ 是比值定义式，加速度 $a=\frac{F}{m}$ 是决定式，电流 $I=\frac{U}{R}$ 是决定式，时间 $t=\frac{\Delta x}{v}$ 是计算式，既不是比值定义式，也不是决定式，故 C 正确 ABD 错误。

4. 下列陈述与事实相符的是 (D)

A. 牛顿测定了引力常量

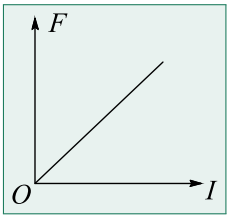
B. 法拉第发现了电流周围存在磁场

C. 安培发现了静电荷间的相互作用规律

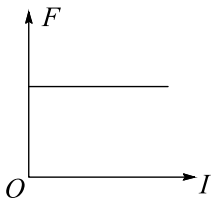
D. 伽利略指出了力不是维持物体运动的原因

牛顿发现万有引力定律，卡文迪许最早测定了引力常量，故 A 错误；奥斯特最早发现了电流周围存在磁场，故 B 错误；库仑最早发现了静止的点电荷之间的相互作用规律，故 C 错误；伽利略通过理想斜面实验，最早指出了力不是维持物体运动的原因，故 D 正确。

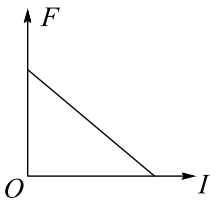
5. 在磁场中的同一位置放置一条直导线，导线的方向与磁场方向垂直，则下列描述导线受到的安培力 F 的大小与通过导线的电流 I 的关系图象正确的是 (A)



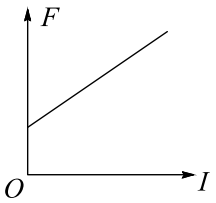
A.



B.



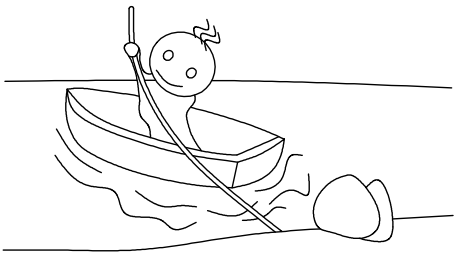
C.



D.

在磁场的同一位置，磁感应强度 B 保持恒定不变。当导线方向与磁场方向垂直时，安培力大小 $F = BIL$，所以安培力正比于电流 I，故 A 正确 BCD 错误。

6. 如图所示，小明撑杆使船离岸，则下列说法正确的是 (A)



A. 小明与船之间存在摩擦力

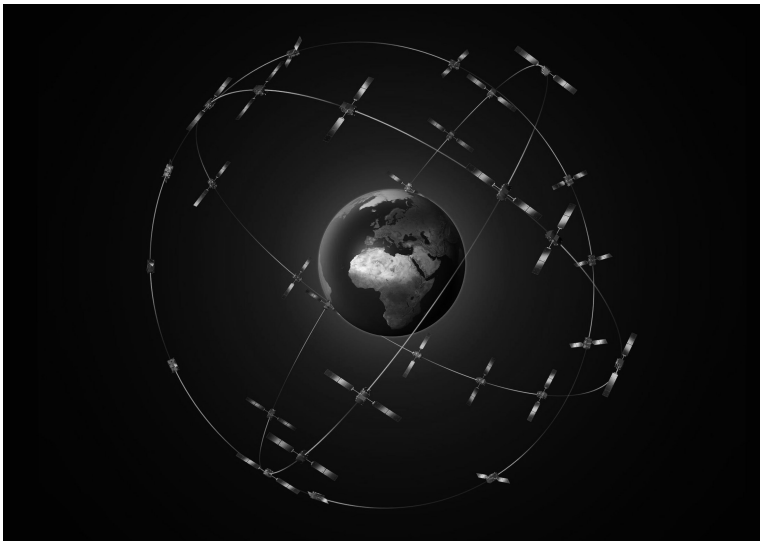
B. 杆的弯曲是由于受到杆对小明的力

C. 杆对岸的力大于岸对杆的力

D. 小明对杆的力和岸对杆的力是一对相互作用力

若小明与船之间没有摩擦力，小明将与船之间产生相对滑动，船也将不会远离河岸，所以小明和船之间一定存在静摩擦力，故 A 正确；杆的弯曲是由于杆受到了小明的作用力，故 B 错误；杆对岸的力与岸对杆的力是一对相互作用力，由牛顿第三定律知，两者大小相等，故 C 错误；小明对杆的力与岸对杆的力，作用在同一个物体（杆）上，不是一对相互作用力，故 D 错误。

7. 某颗北斗导航卫星属于地球静止轨道卫星（即卫星相对于地面静止）。则此卫星的 (C)



A. 线速度大于第一宇宙速度　　B. 周期小于同步卫星的周期

C. 角速度大于月球绕地球运行的角速度　　D. 向心加速度大于地面的重力加速度

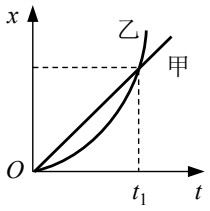
> 对于地球卫星，由万有引力提供向心力有 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$，得线速度为 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，可知卫星的运行半径越大，线速度越小，因该卫星的轨道半径大于地球半径，故其线速度小于近地卫星的线速度，即小于第一宇宙速度，故 A 错误；因该卫星相对于地面静止，周期应等于地球自转周期，即等于同步卫星的周期，故 B 错误；因该卫星周期为 $24\,\mathrm{h}=1$ 天，小于月球绕地球转动周期约 29 天，由角速度公式 $\omega=\frac{2\pi}{T}$，可知该卫星角速度较大，故 C 正确；根据 $G\frac{Mm}{r^2}=ma$，得向心加速度 $a=\frac{GM}{r^2}$，因该卫星的运行半径大于地球半径，故其向心加速度小于近地卫星的向心加速度，即小于地面的重力加速度 $g=\frac{GM}{R^2}$，故 D 错误。

8. 电动机与小电珠串联接入电路，电动机正常工作时，小电珠的电阻为 R_1，两端电压为 U_1，流过的电流为 I_1；电动机的内电阻为 R_2，两端电压为 U_2，流过的电流为 I_2。则 (D)

A. $I_1<I_2$　　B. $\frac{U_1}{U_2}>\frac{R_1}{R_2}$　　C. $\frac{U_1}{U_2}=\frac{R_1}{R_2}$　　D. $\frac{U_1}{U_2}<\frac{R_1}{R_2}$

> 因为两者串联，可知 $I_1=I_2$，选项 A 错误；因电动机为非纯电阻电器，有 $U_2>I_2R_2$，而小电珠为纯电阻，有 $U_1=I_1R_1$，则 $\frac{U_1}{U_2}<\frac{R_1}{R_2}$，选项 B、C 错误；对于电动机，电功率等于输出的机械功率与热功率之和，即 $U_2I_2=P_{机械}+I_2^2R_2$，则有 $U_2I_2>I_2^2R_2$，得 $U_2>I_2R_2$，综上所述 $\frac{U_1}{U_2}<\frac{R_1}{R_2}$，故 D 正确。

9. 甲、乙两物体零时刻开始从同一地点向同一方向做直线运动，位移-时间图象如图所示，则在 $0\sim t_1$ 时间内 (B)



A. 甲的速度总比乙大　　B. 甲、乙位移相同

C. 甲经过的路程比乙小　　D. 甲、乙均做加速运动

在 $x-t$ 图象中，斜率代表物体速度大小，由题图可知在 t_1 时刻，乙的速度大于甲的速度，故 A 错误；甲、乙初始位置相同，末位置相同，二者位移相同，故 B 正确；甲、乙从同一地点向同一方向做直线运动，始末位置相同，故路程相等，故 C 错误；甲的斜率不变，甲做匀速直线运动，乙的斜率变大，乙做加速直线运动，故 D 错误。

10. 当今医学上对某些肿瘤采用质子疗法进行治疗，该疗法用一定能量的质子束照射肿瘤杀死癌细胞。现用一直线加速器来加速质子，使其从静止开始被加速到 $1.0\times10^7\,\mathrm{m/s}$。已知加速电场的场强为 $1.3\times10^5\,\mathrm{N/C}$，质子的质量为 $1.67\times10^{-27}\,\mathrm{kg}$，电荷量为 $1.6\times10^{-19}\,\mathrm{C}$，则下列说法正确的是 (D)

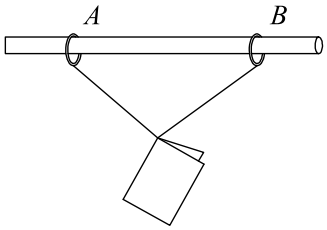


A. 加速过程中质子电势能增加　　B. 质子所受到的电场力约为 $2\times10^{-15}\,\mathrm{N}$

C. 质子加速需要的时间约为 $8\times10^{-6}\,\mathrm{s}$　　D. 加速器加速的直线长度约为 $4\,\mathrm{m}$

质子在电场中加速过程，电场力对其做正功，质子电势能减少，故 A 错误；质子受到的电场力为 $F=qE=1.3\times10^5\times1.6\times10^{-19}\,\mathrm{N}=2.08\times10^{-14}\,\mathrm{N}$，故 B 错误；由牛顿第二定律得，质子加速度 $a=\frac{F}{m}=\frac{2.08\times10^{-14}}{1.67\times10^{-27}}\,\mathrm{m/s^2}=1.25\times10^{13}\,\mathrm{m/s^2}$，由匀变速运动公式 $v=v_0+at$ 得，加速时间 $t=8\times10^{-7}\,\mathrm{s}$，故 C 错误；由 $v^2-v_0^2=2ax$，得加速直线长度 $x=4\,\mathrm{m}$，故 D 正确。

11. 如图所示，一根粗糙的水平横杆上套有 A、B 两个轻环，系在两环上的等长细绳拴住的书本处于静止状态，现将两环距离变小后书本仍处于静止状态，则 (B)



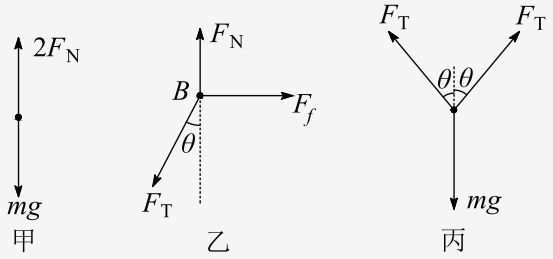
A. 杆对 A 环的支持力变大　　B. B 环对杆的摩擦力变小

C. 杆对 A 环的力不变　　D. 与 B 环相连的细绳对书本的拉力变大

对两环和书本的整体受力分析，竖直方向：$2N = mg$，可知将两环距离变小后杆对 A 环的支持力不变，选项 A 错误；对圆环 B 受力分析可知，$f = T\cos\theta$；对书本：$2T\sin\theta = mg$，解得 $f = \frac{mg}{2\tan\theta}$（其中的 θ 是绳与杆之间的夹角），则当两环距离变小后，θ 变大，则 f 减小，与 B 环相连的细绳对书本的拉力 T 变小，选项 B 正确，D 错误；同理，杆对 A 环的摩擦力减小，杆对 A 环的支持力不变，则杆对 A 环的力减小，选项 C 错误；故选 B。

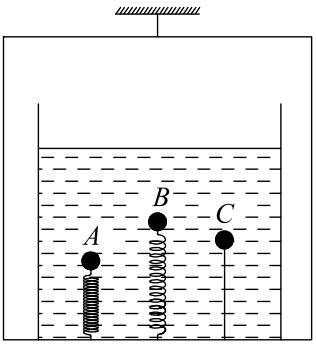
【另解】

如图 甲 所示，设书本的质量为 m，将 A、B 两轻环、细绳与书本视为一整体，整体受到竖直向下的重力、杆对 A、B 环的竖直向上的支持力，两个支持力大小之和等于书本重力 mg，每个支持力大小为 $F_N = \frac{1}{2}mg$，与 A、B 环间距无关，故 A 错误；对 B 环受力分析如图 乙 所示，B 环受到细绳拉力 F_T、杆对 B 环向上的支持力 F_N 及向右的摩擦力 F_f，由力的合成或分解及平衡条件，得 $F_f = F_N\tan\theta = \frac{1}{2}mg\tan\theta$（此解中 θ 为绳与竖直方向的夹角），因两环间距变小，$\tan\theta$ 随着 θ 的变小而变小，故杆对 B 环的摩擦力 F_f 变小，由牛顿第三定律知，B 环对杆的摩擦力变小，故 B 正确；对 A 环受力分析与 B 环类似，杆对 A 环的力是支持力 F_N 和摩擦力 F_f 的合力，该合力与细绳拉力 F_T 等大、反向，由力的合成及平衡条件得 $F_T = \frac{F_N}{\cos\theta} = \frac{mg}{2\cos\theta}$，当 θ 变小时，$\cos\theta$ 变大，则 F_T 变小，即杆对 A 环的力变小，故 C 错误；如图 丙 所示，对书本进行受力分析，由力的合成与平衡条件，得 $2F_T\cos\theta = mg$，随两环间距变小，θ 变小，$\cos\theta$ 变大，故细绳拉力 F_T 变小，故 D 错误。



12. 如图所示，A、B、C 为三个实心小球，A 为铁球，B、C 为木球。A、B 两球分别连在

两根弹簧上，C 球连接在细线一端，弹簧和细线的下端固定在装水的杯子底部，该水杯置于用绳子悬挂的静止吊篮内。若将挂吊篮的绳子剪断，则剪断的瞬间相对于杯底（不计空气阻力，$\rho_{木} < \rho_{水} < \rho_{铁}$）(D)



A. A 球将向上运动，B、C 球将向下运动

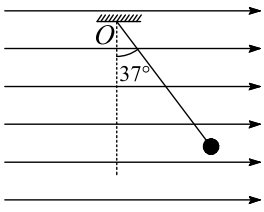
B. A、B 球将向上运动，C 球不动

C. A 球将向下运动，B 球将向上运动，C 球不动

D. A 球将向上运动，B 球将向下运动，C 球不动

剪断绳子前 A、B、C 三个实心小球在水杯中均为静止状态，由牛顿第二定律得，对 A 球 $F_{A弹} = m_A g - F_{A浮}$，对 B 球 $F_{B弹} = F_{B浮} - m_B g$，C 球 $F_{C浮} = m_C g + F_T$，将挂吊篮的绳子剪断瞬间，装有水的杯子仅受到重力作用，水处于完全失重状态，即可以认为水和球之间没有相互作用力，即原有的浮力突然变为 0，但弹簧弹力不发生突变。以杯底作为参考系，此时 A 球受到向上的弹簧弹力大于 A 球的重力，所以 A 球将向上运动；B 球受到向下的弹簧弹力与重力作用，此时 B 球将向下运动；C 不受浮力，与杯中的水一起自由落体运动，C 球相对杯底不动，故 D 正确 ABC 错误。

13. 用长为 1.4 m 的轻质柔软绝缘细线，拴一质量为 1.0×10^{-2} kg、电荷量为 2.0×10^{-8} C 的小球，细线的上端固定于 O 点。现加一水平向右的匀强电场，平衡时细线与铅垂线成 37°，如图所示。现向左拉小球使细线水平且拉直，静止释放，则（$\sin 37° = 0.6$）(C)



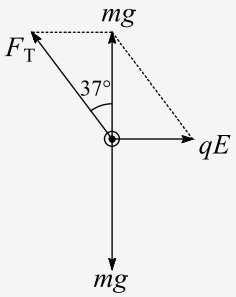
A. 该匀强电场的场强为 3.75×10^7 N/C

B. 平衡时细线的拉力为 0.17 N

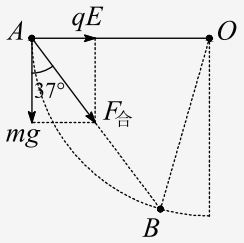
C. 经过 0.5 s，小球的速度大小为 6.25 m/s

D. 小球第一次通过 O 点正下方时，速度大小为 7 m/s

小球在匀强电场中处于平衡状态时，对小球进行受力分析，如图 甲 所示，由力的合成与平衡条件得，$qE = mg\tan 37°$，解得场强 $E = \frac{mg\tan 37°}{q} = 3.75\times10^6\,\mathrm{N/C}$，故 A 错误；平衡时，细线拉力 $F_T = \frac{mg}{\cos 37°} = 0.125\,\mathrm{N}$，故 B 错误；向左拉小球使细线水平拉直，由静止释放后小球将沿与竖直线成 37° 角方向匀加速直线运动，如图 乙 所示，到达 B 点后绳子恰被拉直，此过程小球所受合力 $F_{合} = \frac{mg}{\cos 37°}$，加速度 $a = \frac{F_{合}}{m} = \frac{g}{\cos 37°} = 12.5\,\mathrm{m/s^2}$；在等腰三角形 OAB 中，AB 间距 $x_{AB} = 2l\cos 53° = 1.68\,\mathrm{m}$，把 $t = 0.5\,\mathrm{s}$ 代入 $x = \frac{1}{2}at^2$ 得 $x = 1.5625\,\mathrm{m} < x_{AB}$，即经过 0.5 s 小球不会到达 B 点，故小球速度 $v = at = 6.25\,\mathrm{m/s}$，故 C 正确；当小球到达 B 点后，其速度沿绳（半径）方向的分速度突变为 0，即细线拉紧过程有机械能损失，小球第一次到达 O 点正下方时的速度，一定小于机械能守恒时到达最低点的速度，机械能守恒时有 $mgl + qEl = \frac{1}{2}mv'^2 - 0$，解得 $v' = 7\,\mathrm{m/s}$，故 D 错误。



甲



乙

14. 波长为 λ_1 和 λ_2 的两束可见光入射到双缝，在光屏上观察到干涉条纹，其中波长为 λ_1 的光的条纹间距大于波长为 λ_2 的条纹间距。则（下列表述中，脚标“1”和“2”分别代表波长为 λ_1 和 λ_2 的光所对应的物理量）(BD)

A. 这两束光的光子的动量 $p_1 > p_2$

B. 这两束光从玻璃射向真空时，其临界角 $C_1 > C_2$

C. 这两束光都能使某种金属发生光电效应，则遏止电压 $U_{c1} > U_{c2}$

D. 这两束光由氢原子从不同激发态跃迁到 $n = 2$ 能级时产生，则相应激发态的电离能 $\Delta E_1 > \Delta E_2$

由双缝干涉间距公式 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ 可得 $\lambda_1 > \lambda_2$，由光子动量公式 $p = \frac{h}{\lambda}$，可得 $p_1 < p_2$，故 A 错误；由波速公式 $c = \lambda\nu$，可得光子频率 $\nu_1 < \nu_2$，在同一玻璃中的折射率 $n_1 < n_2$，由全反射临界角公式 $\sin C = \frac{1}{n}$，可得 $C_1 > C_2$，故 B 正确；由光电效应方程 $h\nu = W + E_k$，结合 $E_k = eU_c$，可得遏止电压 $U_c = \frac{h}{e}\nu - \frac{W}{e}$，则有 $U_{c1} < U_{c2}$，故 C 错误；由光子能量公式 $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$，可得波长为 λ_1 的光所处的激发态能级 E_1 更低，则从激发态跃迁到无穷远处需要的电离能 $\Delta E_1 > \Delta E_2$，故 D 正确。

15. 静止在匀强磁场中的原子核 X 发生 α 衰变后变成新原子核 Y。已知核 X 的质量数为 A，电荷数为 Z，核 X、核 Y 和 α 粒子的质量分别为 m_X、m_Y 和 m_α，α 粒子在磁场

中运动的半径为 R。则（AC）

A. 衰变方程可表示为 ${}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$

B. 核 Y 的结合能为（$m_X - m_Y - m_\alpha$）c^2

C. 核 Y 在磁场中运动的半径为 $\frac{2R}{Z-2}$

D. 核 Y 的动能为 $E_{kY} = \frac{m_Y(m_X - m_Y - m_\alpha)c^2}{m_Y + m_\alpha}$

核反应前后质量数守恒和电荷数守恒，衰变方程可表示为 ${}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$，故 A 正确；衰变过程因质量亏损而释放的核能为 $E = \Delta mc^2 = (m_X - m_Y - m_\alpha)c^2$，此式不是核 Y 的结合能，故 B 错误；核反应前后，系统动量守恒，即 $m_Y v_Y = m_\alpha v_\alpha$，新核在磁场中圆周运动的半径 $r = \frac{mv}{qB}$，所以半径正比于 $\frac{1}{q}$，即有 $\frac{r_Y}{R} = \frac{2}{Z-2}$，得 $r_Y = \frac{2R}{Z-2}$，故 C 正确；核反应过程，系统能量守恒，即释放核能等于 Y 核与 α 粒子的动能之和，则有 $(m_X - m_Y - m_\alpha)c^2 = \frac{1}{2}m_Y v_Y^2 + \frac{1}{2}m_\alpha v_\alpha^2$，动能之比 $\frac{\frac{1}{2}m_Y v_Y^2}{\frac{1}{2}m_\alpha v_\alpha^2} = \frac{m_Y v_Y}{m_\alpha v_\alpha} \cdot \frac{v_Y}{v_\alpha} = \frac{v_Y}{v_\alpha} = \frac{m_\alpha}{m_Y}$，得 Y 核动能 $\frac{1}{2}m_Y v_Y^2 = \frac{m_\alpha}{m_Y + m_\alpha}(m_X - m_Y - m_\alpha)c^2$，故 D 错误。

16. 图 1 为一列简谐横波在 $t = 0$ 时刻的波形图，P、Q 为介质中的两个质点，图 2 为质点 P 的振动图象，则（CD）

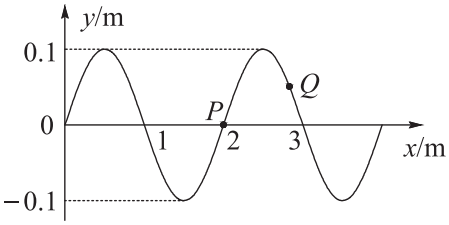


图 1

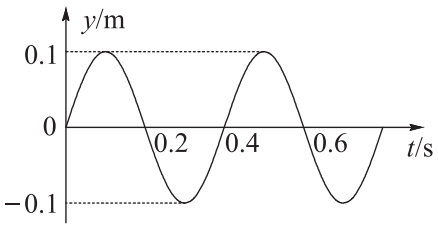


图 2

A. $t = 0.2\,s$ 时，质点 Q 沿 y 轴负方向运动

B. $0 \sim 0.3\,s$ 内，质点 Q 运动的路程为 $0.3\,m$

C. $t = 0.5\,s$ 时，质点 Q 的加速度小于质点 P 的加速度

D. $t = 0.7\,s$ 时，质点 Q 距平衡位置的距离小于质点 P 距平衡位置的距离

由题图可知，波长 $\lambda = 2\,m$，振幅 $A = 0.1\,m$，周期 $T = 0.4\,s$，由题图 2 可知质点 P 在 $t = 0$ 时开始向 y 轴正方向运动，即波在向 x 轴负方向传播，质点 Q 在 $t = 0$ 时向 y 轴负方向运动，$t = 0.2\,s = \frac{T}{2}$ 时，质点 Q 向 y 轴正方向运动，故 A 错误；$0 \sim 0.3\,s$ 内，质点 Q 完成 $\frac{3}{4}T$ 振动，路程不是 3 倍振幅，即不是 $0.3\,m$，故 B 错误；质点 Q、P 在 $t = 0.5\,s$ 和 $t = 0.1\,s$ 时的位移相同，$t = 0.1\,s$ 时质点 Q 未到最大位移处，$t = 0.1\,s$ 时质点 P 位于波峰位置，其加速度最大，故 C 正确；质点 Q、P 在 $t = 0.7\,s$ 与 $t = 0.3\,s$ 时的位移相同，$t = 0.3\,s$ 时 P 点位于波谷位置，距平衡位置的距离最大，$t = 0.3\,s$ 时质点 Q 未到达最大位移处，故 D 正确。

17. 采用如图 1 所示的实验装置做“研究平抛运动”的实验。

(1) 实验时需要下列哪个器材 B。

A．弹簧秤　　B．重锤线　　C．打点计时器

(2) 做实验时，让小球多次沿同一轨道运动，通过描点法画出小球平抛运动的轨迹。下列的一些操作要求，正确的是 ACD（多选）。

A．每次必须由同一位置静止释放小球

B．每次必须严格地等距离下降记录小球位置

C．小球运动时不应与木板上的白纸相接触

D．记录的点应适当多一些

(3) 若用频闪摄影方法来验证小球在平抛过程中水平方向是匀速运动，记录下如图 2 所示的频闪照片。在测得 x_1、x_2、x_3、x_4 后，需要验证的关系是 $x_4 - x_3 = x_3 - x_2 = x_2 - x_1 = x_1$。已知频闪周期为 T，用下列计算式求得的水平速度，误差较小的是 D。

A．$\frac{x_1}{T}$　　B．$\frac{x_2}{2T}$　　C．$\frac{x_3}{3T}$　　D．$\frac{x_4}{4T}$

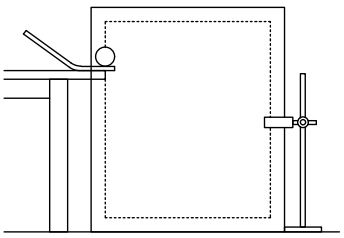


图 1

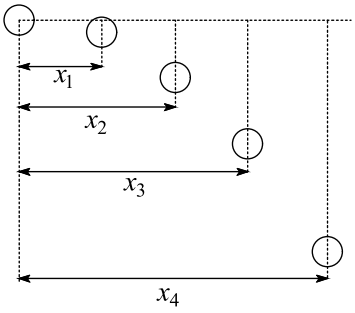


图 2

(1) B　(2) ACD　(3) $x_4 - x_3 = x_3 - x_2 = x_2 - x_1 = x_1$；D

（1）该实验需要使用重垂线确定 y 轴位置，故 B 正确；弹簧秤和打点计时器不需要使用，故 A、C 错误。

（2）每次必须由同一位置静止释放小球，保证每次轨迹都相同，A 正确；为了提高实验精度，使描绘的曲线更接近于平抛运动真实的轨迹，应尽量多地记录点，但不需要每次等距离下降记录小球的位置，故 B 错误、D 正确；小球运动过程如果和白纸相接触，就会有摩擦阻力的影响，小球轨迹不再是平抛运动的轨迹，所以小球不应与白纸相接触，故 C 正确。

（3）若小球在水平方向做匀速直线运动，则相邻的两张照片间的水平间距应相等，即 $x_1 = x_2 - x_1 = x_3 - x_2 = x_4 - x_3$；选用间距较远的两点间的水平位移 x_4 进行水平初速度的计算 $v_0 = \frac{x_4}{4T}$，误差会较小，故 D 正确。

18. 小明想测额定电压为 2.5 V 的小灯泡在不同电压下的电功率，设计了如图 1 所示的电路。

(1) 在实验过程中，调节滑片 P，电压表和电流表均有示数但总是调不到零，其原因是 1 点至 4 点导线没有连接好（图中用数字标记的小圆点表示接线点，空格中请填写图中的数字，如“7 点至 8 点”）；

(2) 正确连好电路，闭合开关，调节滑片 P，当电压表的示数达到额定电压时，电流表的指针如图 2 所示，则电流为 0.30 A，此时小灯泡的功率为 0.75 W；

(3) 做完实验后小明发现在实验报告上漏写了电压为 1.00 V 时通过小灯泡的电流，但在草稿纸上记录了下列数据，你认为最有可能的是 C。

（A）0.08 A　　（B）0.12 A　　（C）0.20 A

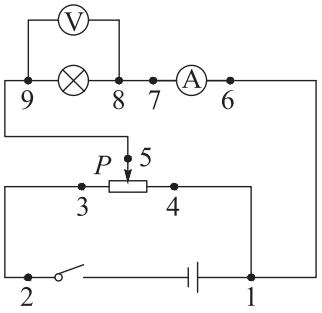


图 1

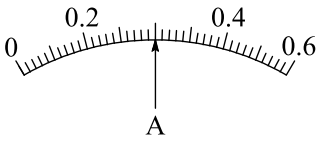


图 2

(1) 1 点至 4 点　(2) 0.30，0.75　(3) C

（1）1 点到 4 点未连接好时，滑动变阻器处于限流接法，电压和电流均有示数且不能同时调节为 0。

（2）由题图 2 可知电流为 0.30 A；小灯泡功率 $P = UI = 2.5 \times 0.30\,\mathrm{W} = 0.75\,\mathrm{W}$。

（3）当灯泡正常发光即电压为 2.5 V 时，小灯泡电阻为 $R = \frac{U}{I} = \frac{2.5}{0.3}\,\Omega \approx 8.3\,\Omega$，由于灯丝电阻随温度升高而增大，故当其电压为 1.0 V 时，小灯泡电阻小于 $8.3\,\Omega$，则有 $\frac{1}{I} < 8.3$，电流 $I > \frac{1}{8.3}\,\mathrm{A} \approx 0.12\,\mathrm{A}$，即 C 正确。

19. 小明以初速度 $v_0 = 10\,\mathrm{m/s}$ 竖直向上抛出一个质量 $m = 0.1\,\mathrm{kg}$ 的小皮球，最后在抛出点接住。假设小皮球在空气中所受阻力大小为重力的 0.1 倍。求小皮球

(1) 上升的最大高度；

(2) 从抛出到接住的过程中重力和空气阻力所做的功

(3) 上升和下降的时间。

(1) $\frac{50}{11}\,\mathrm{m}$　(2) 0；$-\frac{10}{11}\,\mathrm{J}$　(3) $\frac{10}{11}\,\mathrm{s}$，$\frac{10\sqrt{11}}{33}\,\mathrm{s}$

（1）小皮球在上升过程中，由牛顿第二定律得 $mg + F_f = ma_1$，解得 $a_1 = 11\,\mathrm{m/s^2}$。小皮球上升的高度，由运动学公式得 $h = \frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{50}{11}\,\mathrm{m}$。

（2）小皮球从抛出到接住的过程中，重力做的功为 $W_G = 0$；空气阻力做的功为 $W_f = -F_f \cdot 2h = -\frac{10}{11}\,\mathrm{J}$。

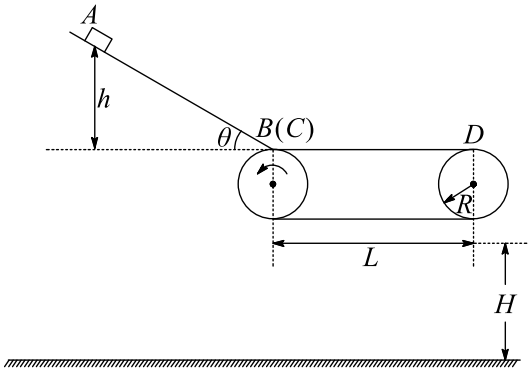
（3）小皮球上升的时间为 $t_1 = \frac{v_0}{a_1} = \frac{10}{11}\,\mathrm{s}$；小皮球在下降过程中，由牛顿第二定律得 $mg - F_f = ma_2$，解得 $a_2 = 9\,\mathrm{m/s^2}$，由运动学公式得 $h = \frac{1}{2}a_2 t_2^2$，解得 $t_2 = \frac{10\sqrt{11}}{33}\,\mathrm{s}$。

20. 某砂场为提高运输效率，研究砂粒下滑的高度与砂粒在传送带上运动的关系，建立如图所示的物理模型。竖直平面内有一倾角 $\theta = 37°$ 的直轨道 AB，其下方右侧放置一水平传送带，直轨道末端 B 与传送带间距可近似为零，但允许砂粒通过。转轮半径 $R = 0.4\,\mathrm{m}$、转轴间距 $L = 2\,\mathrm{m}$ 的传送带以恒定的线速度逆时针转动，转轮最低点离地面的高度 $H = 2.2\,\mathrm{m}$。现将一小物块放在距离传送带高 h 处静止释放，假设小物块从直轨道 B 端运动到达传送带上 C 点时，速度大小不变，方向变为水平向右。已知小物块与直轨道和传送带间的动摩擦因数均为 $\mu = 0.5$。（$\sin 37° = 0.6$）

(1) 若 $h = 2.4\,\mathrm{m}$，求小物块到达 B 端时速度的大小；

(2) 若小物块落到传送带左侧地面，求 h 需要满足的条件

(3) 改变小物块释放的高度 h，小物块从传送带的 D 点水平向右抛出，求小物块落地点到 D 点的水平距离 x 与 h 的关系式及 h 需要满足的条件。



(1) $4\,\mathrm{m/s}$　(2) $h < 3.0\,\mathrm{m}$　(3) $h \geq 3.6\,\mathrm{m}$ 时，$x = \sqrt{4h - 12}\,\mathrm{m}$

（1）物块由静止释放到 B 的过程中，由牛顿第二定律得 $mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma$，解得 $a = 2\,\mathrm{m/s^2}$，由运动学公式得 $v_B = \sqrt{2a\frac{h}{\sin\theta}} = 4\,\mathrm{m/s}$。

（2）设当小物块到 D 点的速度恰好为零时，此时 A 点距传送带高度为 h_1，由动能定理得 $0 = mgh_1 - \mu mg\cos\theta\frac{h_1}{\sin\theta} - \mu mgL$，解得 $h_1 = 3.0\,\mathrm{m}$，当 $h < h_1 = 3.0\,\mathrm{m}$ 时，小物块能够落到传送带左侧地面。

（3）设小物块从传送带右侧抛出时，D 点的速度为 v，由动能定理得 $\frac{1}{2}mv^2 = mgh - \mu mg\cos\theta\frac{h}{\sin\theta} - \mu mgL$，由平抛的规律知 $H + 2R = \frac{1}{2}gt^2$，$x = vt$，联立解得 $x = \sqrt{4h - 12}$；为使能在 D 点水平抛出，重力不足以提供向心力，有 $mg \leq \frac{mv^2}{R}$，解得

$h \geq 3.6\,\mathrm{m}$。

21. 在“探究电磁感应的产生条件”实验中，实验连线后如图 1 所示，感应线圈组的内外线圈的绕线方向如图 2 粗线所示。

(1) 接通电源，闭合开关，G 表指针会有大的偏转，几秒后 G 表指针停在中间不动。将滑动变阻器的触头迅速向右滑动时，G 表指针左偏（“不动”、“右偏”、“左偏”、“不停振动”）；迅速抽出铁芯时，G 表指针右偏（“不动”、“右偏”、“左偏”、“不停振动”）。

(2) 断开开关和电源，将铁芯重新插入内线圈中，把直流输出改为交流输出，其他均不变。接通电源，闭合开关，G 表指针不停振动（“不动”、“右偏”、“左偏”、“不停振动”）。

(3) 仅用一根导线，如何判断 G 表内部线圈是否断了？短接 G 表前后各摇动 G 表一次，比较指针偏转，有明显变化，则线圈未断；反之则断了。

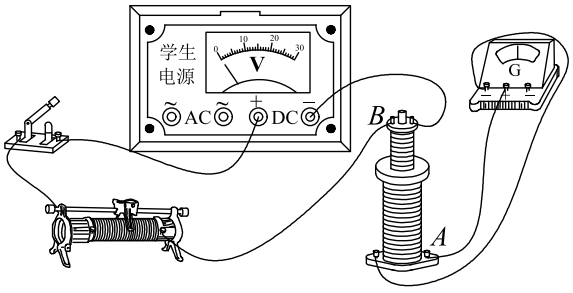


图 1

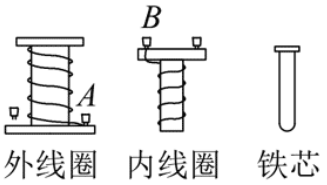


图 2

(1) 左偏，右偏 (2) 不停振动 (3) 短接 G 表前后各摇动 G 表一次，比较指针偏转，有明显变化，则线圈未断；反之则断了。

（1）将滑动变阻器的触头迅速向右滑动时，电阻减小，回路电流变大，根据线圈中导线的绕向可知磁通量向下增加，根据楞次定律可知，A 线圈中产生的感应电流使 G 表指针左偏；迅速抽出铁芯时，磁通量减小，产生的感应电流方向与上述方向相反，则 G 表指针右偏。

（2）断开开关和电源，将铁芯重新插入内线圈中，把直流输出改为交流输出，其他均不变。接通电源，闭合开关，由于穿过线圈的磁通量大小方向都不断变化，在线圈 A 中产生的感应电流大小方向不断变化，则 G 表指针不停振动。

（3）根据电磁阻尼原理，短接 G 表，前后各摇动 G 表一次，比较指针偏转，有明显变化，则线圈未断；反之则断了。

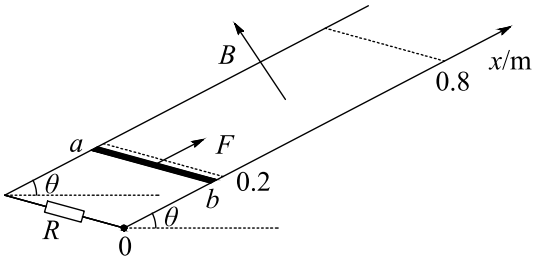
22. 如图所示，倾角 $\theta = 37°$、间距 $l = 0.1\,\mathrm{m}$ 的足够长金属导轨底端接有阻值 $R = 0.1\,\Omega$ 的电阻，质量 $m = 0.1\,\mathrm{kg}$ 的金属棒 ab 垂直导轨放置，与导轨间的动摩擦因数 $\mu = 0.45$。

建立原点位于底端、方向沿导轨向上的坐标轴 x。在 $0.2\,\mathrm{m} \le x \le 0.8\,\mathrm{m}$ 区间有垂直导轨平面向上的匀强磁场。从 $t=0$ 时刻起，棒 ab 在沿 x 轴正方向的外力 F 作用下从 $x=0$ 处由静止开始沿斜面向上运动，其速度与位移 x 满足 $v=kx$（可导出 $a=kv$），$k=5\,\mathrm{s}^{-1}$。当棒 ab 运动至 $x_1=0.2\,\mathrm{m}$ 处时，电阻 R 消耗的电功率 $P=0.12\,\mathrm{W}$，运动至 $x_2=0.8\,\mathrm{m}$ 处时撤去外力 F，此后棒 ab 将继续运动，最终返回至 $x=0$ 处。棒 ab 始终保持与导轨垂直，不计其它电阻，求：（提示：可以用 $F-x$ 图象下的“面积”代表力 F 做的功）

(1) 磁感应强度 B 的大小

(2) 外力 F 随位移 x 变化的关系式；

(3) 在棒 ab 整个运动过程中，电阻 R 产生的焦耳热 Q。



(1) $\frac{\sqrt{30}}{5}\,\mathrm{T}$　(2) 无磁场区间：$F=0.96+2.5x$；有磁场区间：$F=0.96+3.1x$　(3) $0.324\,\mathrm{J}$

（1）由功率的表达式知 $P=\frac{(Blv)^2}{R}$，解得 $B=\sqrt{\frac{PR}{(lv)^2}}=\frac{\sqrt{30}}{5}\,\mathrm{T}$。

（2）①无磁场区间 $0\le x<0.2\,\mathrm{m}$，由题意知 $a=5v=25x$，由受力分析和牛顿第二定律可知外力与位移 x 的关系为 $F=25xm+\mu mg\cos\theta+mg\sin\theta=0.96+2.5x$。②有磁场区间 $0.2\,\mathrm{m}\le x\le 0.8\,\mathrm{m}$，金属棒受到的安培力为 $F_A=\frac{(Bl)^2v}{R}=0.6x$，由受力分析和牛顿第二定律可知外力与位移 x 的关系为 $F=0.96+2.5x+0.6x=0.96+3.1x$。

（3）棒 ab 上升过程中克服安培力做功（梯形面积）为 $W_{A1}=\frac{0.6}{2}(x_1+x_2)(x_2-x_1)=0.18\,\mathrm{J}$；撤去外力后，棒 ab 上升的最大距离为 s，再次进入磁场时的速度为 v'，由动能定理得 $\frac{1}{2}mv^2=(mg\sin\theta+\mu mg\cos\theta)s$，$\frac{1}{2}mv'^2=(mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta)s$，联立解得 $v'=2\,\mathrm{m/s}$；由于 $mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta-\frac{(Bl)^2v'}{R}=0$，即金属棒受力平衡，故棒 ab 再次进入磁场后做匀速运动。下降过程中克服安培力做功为 $W_{A2}=\frac{(Bl)^2v'}{R}(x_2-x_1)=0.144\,\mathrm{J}$，故电阻 R 产生的总焦耳热为 $Q=W_{A1}+W_{A2}=0.324\,\mathrm{J}$。

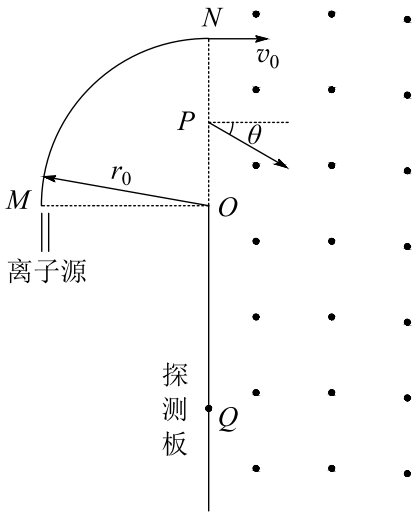
23. 有一种质谱仪由静电分析器和磁分析器组成，其简化原理如图所示。左侧静电分析器中有方向指向圆心 O、与 O 点等距离各点的场强大小相同的径向电场，右侧的磁分析器中分布着方向垂直于纸面向外的匀强磁场，其左边界与静电分析器的右边界平行，两者间距近似为零。离子源发出两种速度均为 v_0、电荷量均为 q、质量分别为 m 和 $0.5m$

的正离子束，从 M 点垂直该点电场方向进入静电分析器。在静电分析器中，质量为 m 的离子沿半径为 r_0 的四分之一圆弧轨道做匀速圆周运动，从 N 点水平射出，而质量为 $0.5m$ 的离子恰好从 ON 连线的中点 P 与水平方向成 θ 角射出，从静电分析器射出的这两束离子垂直磁场方向射入磁分析器中，最后打在放置于磁分析器左边界的探测板上，其中质量为 m 的离子打在 O 点正下方的 Q 点。已知 $OP=0.5r_0$，$OQ=r_0$，N、P 两点间的电势差 $U_{NP}=\frac{mv_0^2}{q}$，$\cos\theta=\sqrt{\frac{4}{5}}$，不计重力和离子间相互作用。

(1) 求静电分析器中半径为 r_0 处的电场强度 E_0 和磁分析器中的磁感应强度 B 的大小；

(2) 求质量为 $0.5m$ 的离子到达探测板上的位置与 O 点的距离 l（用 r_0 表示）；

(3) 若磁感应强度在（$B-\Delta B$）到（$B+\Delta B$）之间波动，要在探测板上完全分辨出质量为 m 和 $0.5m$ 的两束离子，求 $\frac{\Delta B}{B}$ 的最大值。



(1) $E_0=\frac{mv_0^2}{qr_0}$，$B=\frac{mv_0}{qr_0}$　(2) $1.5r_0$　(3) 12%

（1）正离子束在电场中做圆周运动，由径向电场力提供向心力得 $qE_0=\frac{mv_0^2}{r_0}$，解得 $E_0=\frac{mv_0^2}{qr_0}$；进入磁场后，由洛伦兹力提供向心力得 $qv_0B=\frac{mv_0^2}{r_0}$，解得 $B=\frac{mv_0}{qr_0}$。

（2）质量为 $0.5m$ 的正离子束从开始运动到射出电场，由动能定理得 $qU_{NP}=\frac{1}{2}\times 0.5mv^2-\frac{1}{2}\times 0.5mv_0^2$，解得 $v=\sqrt{v_0^2+\frac{4qU_{NP}}{m}}=\sqrt{5}v_0$，故离子的运动半径为 $r=\frac{0.5mv}{qB}=\frac{1}{2}\sqrt{5}r_0$，由几何关系得 $l=2r\cos\theta-0.5r_0$，解得 $l=1.5r_0$。

（3）磁感应强度波动时，两束离子打到探测板上的位置不重合，临界情况：磁感应强度达到最大时，质量为 $0.5m$ 的离子打到的最远点，与磁感应强度为最小时，质量为 m 的离子打到的最近点重合，由几何关系知，恰好能分辨的条件为 $2\cdot\frac{mv}{q(B-\Delta B)}-2\cdot\frac{0.5mv}{q(B+\Delta B)}=\frac{r_0}{2}$，即 $\frac{2r_0}{1-\frac{\Delta B}{B}}-\frac{2r\cos\theta}{1+\frac{\Delta B}{B}}=\frac{r_0}{2}$，解得 $\frac{\Delta B}{B}=\sqrt{17}-4=12\%$。