2017 年 4 月浙江

1. 下面物理量及其对应的国际单位制单位符号，正确的是（D）

   A. 力，kg　　B. 功率，J　　C. 电场强度，C/N　　D. 电压，V

   > 力的国际单位为 N，功率的国际单位为 W，电场强度的国际单位为 N/C，电压的国际单位为 V，故 D 正确。

2. 下列各组物理量中均为矢量的是（B）

   A. 路程和位移　　B. 速度和加速度　　C. 力和功　　D. 电场强度和电势

   > 矢量是既有大小又有方向的物理量，例如：位移、速度、加速度、力、电场强度，故 B 正确。

3. 下列描述正确的是（A）

   A. 开普勒提出所有行星绕太阳运动的轨道是椭圆

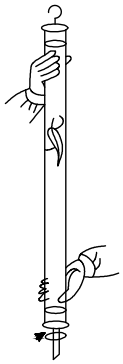
   B. 牛顿通过实验测出了万有引力常数

   C. 库仑通过扭秤实验测定了电子的电荷量

   D. 法拉第发现了电流的磁效应

   > 开普勒提出了行星运动三定律，指出所有太阳系中的行星的运行轨道都是椭圆，故 A 正确；卡文迪许通过扭秤实验测出了万有引力常数，故 B 错误；密立根通过油滴实验测定了电子的电荷量，故 C 错误；奥斯特发现了电流的磁效应，故 D 错误。

4. 拿一个长约 1.5 m 的玻璃筒，一端封闭，另一端有开关，把金属片和小羽毛放到玻璃筒里。把玻璃筒倒立过来，观察它们下落的情况，然后把玻璃筒里的空气抽出，再把玻璃筒倒立过来，再次观察它们下落的情况，下列说法正确的是（C）

   A. 玻璃筒充满空气时，金属片和小羽毛下落一样快

   B. 玻璃筒充满空气时，金属片和小羽毛均做自由落体运动

C. 玻璃筒抽出空气后，金属片和小羽毛下落一样快

D. 玻璃筒抽出空气后，金属片比小羽毛下落快

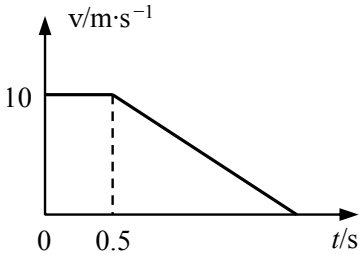
> 抽出空气之后，羽毛和金属片下落仅受重力作用，因此加速度一样大，所以下落一样快，故 C 正确。

5. 4 月的江南，草长莺飞，桃红柳绿，雨水连绵。伴随温柔的雨势时常出现瓢泼大雨，雷电交加的景象，在某次闪电过后约 2 s 小明听到雷声，则雷电生成处离小明的距离约为（A）

A. $6\times10^2\,\mathrm{m}$　　B. $6\times10^4\,\mathrm{m}$　　C. $6\times10^6\,\mathrm{m}$　　D. $6\times10^8\,\mathrm{m}$

> 声速大约为 340 m/s，所以雷电生成处离小明的距离约为 $340\,\mathrm{m/s}\times2\,\mathrm{s}=680\,\mathrm{m}$，故 A 正确。

6. 汽车以 10 m/s 的速度在马路上匀速行驶，驾驶员发现正前方 15 m 处的斑马线上有行人，于是刹车礼让，汽车恰好停在斑马线前，假设驾驶员反应时间为 0.5 s。汽车运动的 $v-t$ 图如图所示，则汽车的加速度大小为（C）



A. $20\,\mathrm{m/s^2}$　　B. $6\,\mathrm{m/s^2}$　　C. $5\,\mathrm{m/s^2}$　　D. $4\,\mathrm{m/s^2}$

> 在驾驶员反应时间内，汽车做匀速运动，位移为 $x_1=vt=10\times0.5\,\mathrm{m}=5\,\mathrm{m}$，所以汽车在减速阶段的位移 $x_2=x-x_1=15\,\mathrm{m}-5\,\mathrm{m}=10\,\mathrm{m}$，由 $x_2=\frac{v+0}{2}t_2$ 得匀减速运动的时间 $t_2=2\,\mathrm{s}$，所以匀减速的加速度 $a=\frac{0-10}{2}\,\mathrm{m/s^2}=-5\,\mathrm{m/s^2}$，故 C 正确。

7. 重型自卸车利用液压装置使车厢缓慢倾斜到一定角度，车厢上的石块就会自动滑下，以下说法正确的是（C）



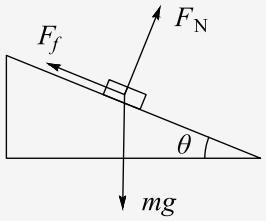
A. 在石块下滑前后自卸车与石块整体的重心位置不变

B. 自卸车车厢倾角越大，石块与车厢的动摩擦因数越小

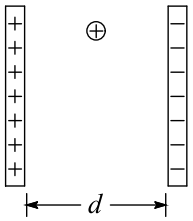
C. 自卸车车厢倾角变大，车厢与石块间的正压力减小

D. 石块开始下滑时，受到的摩擦力大于重力沿斜面方向的分力

物体重心的位置跟形状还有质量分布有关，石块下滑前后，质量分布变化，形状变化，所以重心位置改变，故 A 错误；动摩擦因数与车厢倾角无关，故 B 错误；根据平衡关系，利用正交分解法可知 $F_N = mg\cos\theta$，$F_f = mg\sin\theta$，车厢倾角变大，所以正压力随角度变大而减小，故 C 正确；石块下滑时，重力的分力大于受到的摩擦力，故 D 错误。



8. 如图所示，在竖直放置间距为 d 的平行板电容器中，存在电场强度为 E 的匀强电场。有一质量为 m，电荷量为 $+q$ 的点电荷从两极板正中间处静止释放，重力加速度为 g。则点电荷运动到负极板的过程 (B)



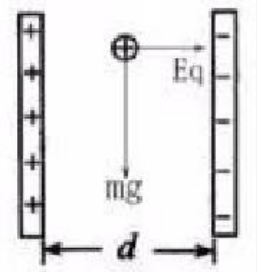
A. 加速度大小为 $a = \frac{qE}{m} + g$

B. 所需的时间为 $t = \sqrt{\frac{md}{qE}}$

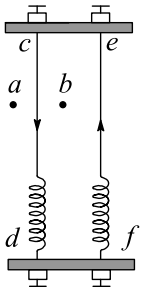
C. 下降的高度为 $y = \frac{d}{2}$

D. 电场力所做的功为 $W = Eqd$

点电荷受到重力、电场力的作用，由力的合成和牛顿第二定律得 $a=\frac{\sqrt{(qE)^2+(mg)^2}}{m}$，故 A 错误;根据运动的独立性和等时性,设水平方向点电荷的运动时间为 t,则 $\frac{d}{2}=\frac{1}{2}\frac{qE}{m}t^2$，化简得 $t=\sqrt{\frac{md}{qE}}$，故 B 正确；下降高度 $y=\frac{1}{2}gt^2=\frac{mgd}{2qE}$，故 C 错误；电场力做的功 $W=\frac{qEd}{2}$，故 D 错误。



9. 如图所示，两平行直导线 cd 和 ef 竖直放置，通以方向相反大小相等的电流，a、b 两点位于两导线所在的平面内。则 (D)



A. b 点的磁感应强度为零

B. ef 导线在 a 点产生的磁场方向垂直纸面向里

C. cd 导线受到的安培力方向向右

D. 同时改变两导线的电流方向，cd 导线受到的安培力方向不变

由右手定则可知导线 cd、ef 在 b 处产生磁场方向均垂直纸面向外，故 A 错误；由右手定则知，ef 在 a 处的磁场垂直纸面向外，故 B 错误；根据左手定则可判断，方向相反的两个电流受到的安培力互相排斥，故 C 错误；只要电流方向相反，就互相排斥，故 D 正确。

10. 重力为 G 的体操运动员在进行自由体操比赛时，有如图所示的比赛动作，当运动员竖直倒立保持静止状态时，两手臂对称支撑，夹角为 θ，则 (A)



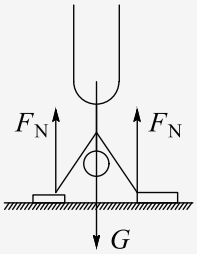
A. 当 $\theta = 60°$ 时，运动员单手对地面的正压力大小为 $\frac{G}{2}$

B. 当 $\theta = 120°$ 时，运动员单手对地面的正压力大小为 G

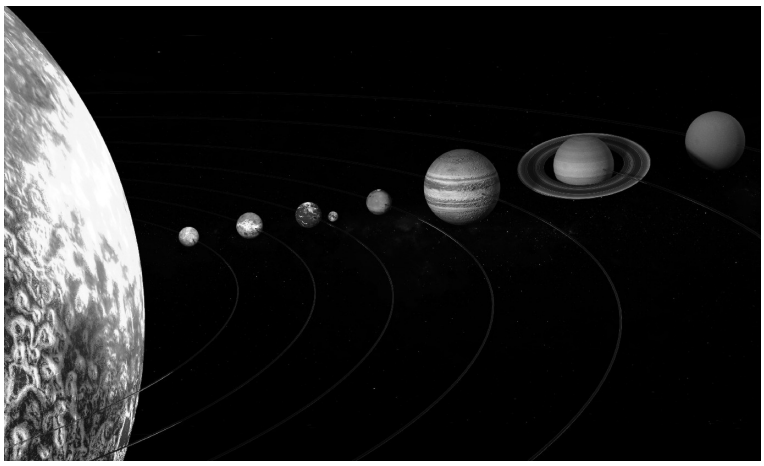
C. 当 θ 不同时，运动员受到的合力不同

D. 当 θ 不同时，运动员与地面之间的相互作用力不相等

将运动员看作一个整体可知，不管双臂夹角多少，$2F_N = G$，故 A 正确 B 错误；运动员处于静止状态，其受到的合力为零，故 C 错误；不管角度如何，相互作用力总是等大反向，故 D 错误。



11. 如图所示，设行星绕太阳的运动是匀速圆周运动，金星自身的半径是火星的 n 倍，质量为火星的 k 倍，不考虑行星自转的影响，则 (B)

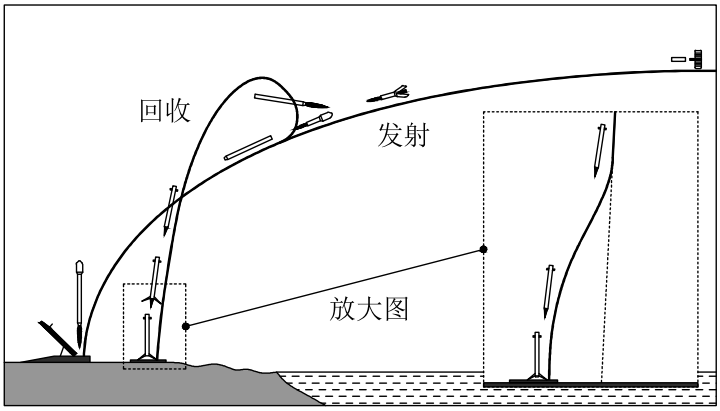


A. 金星表面的重力加速度是火星的 $\frac{k}{n}$　　B. 金星的第一宇宙速度是火星的 $\sqrt{\frac{k}{n}}$

C. 金星绕太阳运动的加速度比火星小　　D. 金星绕太阳运动的周期比火星大

由 $g=\frac{GM}{R^2}$ 可知 $\frac{g_{金}}{g_{火}}=\frac{k}{n^2}$，故 A 错误；由 $v_1=\sqrt{\frac{GM}{R}}$ 可知 $\frac{v_{金}}{v_{火}}=\sqrt{\frac{k}{n}}$，故 B 正确；由 $a=\frac{GM_{日}}{r^2}$ 可知，轨道半径越大，加速度越小，火星的轨道半径大于金星，故火星的加速度小，故 C 错误；由 $\frac{R^3}{T^2}=C$ 可知轨道半径越大，周期越长，故火星绕太阳运动的周期比金星长，故 D 错误。

12. 火箭发射回收是航天技术的一大进步。如图所示，火箭在返回地面前的某段运动，可看成先匀速后减速的直线运动，最后撞落在地面上。不计火箭质量的变化，则 (D)



A. 火箭在匀速下降过程中机械能守恒

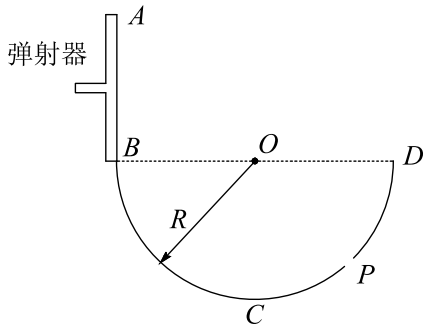
B. 火箭在减速下降过程中携带的检测仪器处于失重状态

C. 火箭在减速下降过程中合力做功，等于火箭机械能的变化

D. 火箭着地时，火箭对地的作用力大于自身的重力

火箭匀速下降，说明阻力等于重力，阻力做负功，所以机械能不守恒，故 A 错误；在减速过程中，加速度向上，检测仪器处于超重状态，故 B 错误；火箭着地时，处于减速阶段，地面对火箭的作用力大于火箭重力，即火箭对地的作用力大于火箭自身的重力，故 D 正确；合外力做功等于动能改变量，故 C 错误。

13. 图中给出了某一通关游戏的示意图，安装在轨道 AB 上可上下移动的弹射器，能水平射出速度大小可调节的弹丸，弹丸射出口在 B 点的正上方，竖直面内的半圆弧 BCD 的半径为 $R=2.0\,\mathrm{m}$，直径 BD 水平且与轨道 AB 处在同一竖直平面内，小孔 P 和圆心 O 连线与水平方向夹角为 37°，游戏要求弹丸垂直于 P 点圆弧切线方向射入小孔 P 就能进入下一关。为了能通关，弹射器离 B 点的高度和弹丸射出的初速度分别是（不计空气阻力，$\sin 37°=0.6$，$\cos 37°=0.8$）(A)



A. 0.15 m，$4\sqrt{3}$ m/s　　B. 1.50 m，$4\sqrt{3}$ m/s

C. 0.15 m，$2\sqrt{6}$ m/s　　D. 1.50 m，$2\sqrt{6}$ m/s

> 由平抛运动规律得 $x = R + R\cos 37^\circ = 3.6\,\text{m}$，$y = \frac{1}{2}gt^2 = h + R\sin 37^\circ$，$\frac{gt}{v_0} = \tan 37^\circ$，由 $x = v_0 t$ 得，$v_0 = 4\sqrt{3}\,\text{m/s}$，$h = 0.15\,\text{m}$，故 A 正确。

14. 下列说法正确的是（BC）

A. β，γ 射线都是电磁波

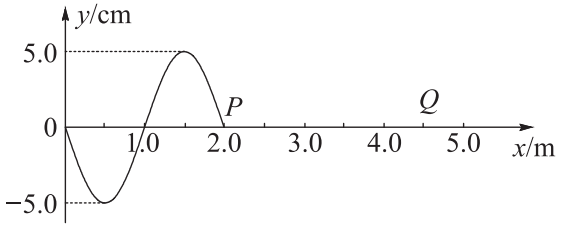
B. 原子核中所有核子单独存在时，质量总和大于该原子核的总质量

C. 在 LC 振荡电路中，电容器刚放电时电容器极板上电量最多，回路电流最小

D. 处于 $n = 4$ 激发态的氢原子，共能辐射出四种不同频率的光子

> 原子核的质量小于组成它的核子的质量之和，故 B 正确；LC 振荡电路中，电容器开始放电时，由于自感线圈阻碍作用，回路电流最小，之后逐渐变大，电荷量减少，故 C 正确；β 射线为高速电子流，不是电磁波，故 A 错误；处于 $n = 4$ 激发态的氢原子最多可以放出 $C_4^2 = 6$ 种不同频率的光子，故 D 错误。

15. 一列向右传播的简谐横波，当波传到 $x = 2.0\,\text{m}$ 处的 P 点时开始计时，该时刻波形如图所示，$t = 0.9\,\text{s}$ 时，观察到质点 P 第三次到达波峰位置，下列说法正确的是（BCD）



A. 波速为 0.5 m/s

B. 经 1.4 s 质点 P 运动的路程为 70 cm

C. $t = 1.6\,\text{s}$ 时，$x = 4.5\,\text{m}$ 处的质点 Q 第三次到达波谷

D. 与该波发生干涉的另一列简谐横波的频率一定为 2.5 Hz

由同侧法可知，起振方向为竖直向上。$t = 0.9\,\mathrm{s}$ 时，P 点第三次到达波峰，即 $\left(2+\frac{1}{4}\right)T = 0.9\,\mathrm{s}$，解得 $T = 0.4\,\mathrm{s}$，所以波速 $v = \frac{\lambda}{T} = 5\,\mathrm{m/s}$，故 A 错误；$1.4\,\mathrm{s}$ 相当于 3.5 个周期，每个周期路程为 $20\,\mathrm{cm}$，故经 $1.4\,\mathrm{s}$ 质点 P 运动的路程为 $3.5\times 20\,\mathrm{cm} = 70\,\mathrm{cm}$，故 B 正确；经过 $t = \frac{4.5-2}{5}\,\mathrm{s} = 0.5\,\mathrm{s}$，该波恰好传播到 Q 点，再经过 $1.1\,\mathrm{s} = 2.75T$ 后，质点 Q 第三次到达波谷，故 C 正确；要发生干涉现象，另外一列波的频率一定与该波相同，即 $2.5\,\mathrm{Hz}$，故 D 正确。

16. 图中给出了用“双缝干涉测量光的波长”实验示意图，双缝 S_1 和 S_2 间距为 $0.80\,\mathrm{mm}$，双缝到屏的距离为 $0.80\,\mathrm{m}$，波长为 $500\,\mathrm{nm}$ 的单色平行光垂直入射到双缝 S_1 和 S_2 上，在屏上形成干涉条纹，中心轴线 OO' 上方第一条亮纹中心位置在 P_1 处，第三条亮纹中心位置在 P_2 处，现有 1 号、2 号虫子分别从 S_1 和 S_2 出发，以相同速度沿垂直屏方向飞行，1 号虫子到达屏后，沿屏直线爬行到 P_1，2 号虫子到达屏后，沿屏直线爬行到 P_2，假定两只虫子爬行速度均为 $10^{-3}\,\mathrm{m/s}$，正确的是（AB）



A. 1 号虫子运动路程比 2 号短

B. 两只虫子运动的时间差为 $0.2\,\mathrm{s}$

C. 两只虫子运动的时间差为 $1.0\,\mathrm{s}$

D. 已知条件不够，两只虫子运动的时间差无法计算

由条纹间距公式 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$ 可知，$\Delta x = 0.5\,\mathrm{mm}$，则 1 号虫子的路程 $M_1 = L + \frac{d}{2} + \Delta x$，2 号虫子的路程 $M_2 = L + 3\Delta x - \frac{d}{2}$，则 $\Delta M = M_2 - M_1 = 2\Delta x - d = 0.2\,\mathrm{mm}$，$\Delta t = \frac{\Delta M}{v} = 0.2\,\mathrm{s}$，故 AB 正确 CD 错误。

17. 在研究“平抛运动”实验中，

(1) 图 1 是横档条卡住平抛小球，用铅笔标注小球最高点，确定平抛运动轨迹的方法，坐标原点应选小球在斜槽末端时的 B。

（A）球心　　（B）球的上端　　（C）球的下端

在此实验中，下列说法正确的是 BD。（多选）

（A）斜槽轨道必须光滑　　（B）记录的点应适当多一些　　（C）用光滑曲线把所有的点连接起来　　（D）y 轴的方向根据重垂线确定

(2) 图 2 是利用图 1 装置拍摄小球做平抛运动的频闪照片，由照片可以判断实验操作错误的是 C。

（A）释放小球时初速度不为零　　（B）释放小球的初始位置不同　　（C）斜槽末端切线不水平

(3) 利用稳定的细水柱显示平抛运动轨迹的装置如图 A 至图 C 所示，其中正确的是 B。

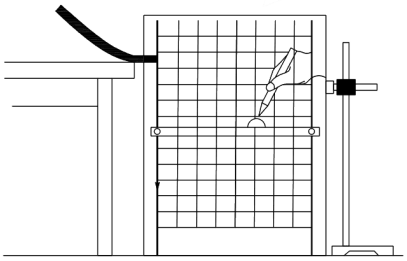


图 1

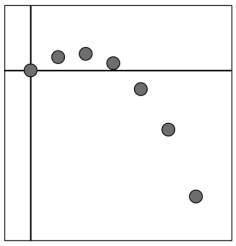
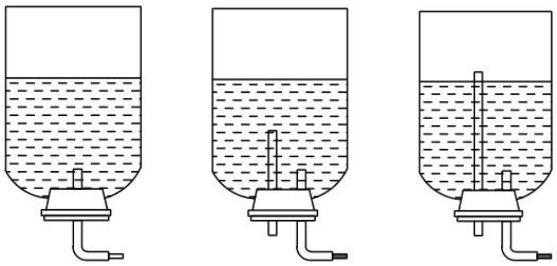


图 2



A　　B　　C

(1) B，BD　(2) C　(3) B

（1）由题意知，在实验过程中，用铅笔标注了小球的最高点，为了实验准确，坐标原点应选择在小球的上端才能保证一致，故 B 正确。实验过程中，斜槽不一定光滑，只要保证从同一位置静止释放，即使轨道粗糙，摩擦力做功也是相同的，离开斜槽末端的速度就是一样的，故 A 错误；记录点适当多一些，用平滑曲线连接，偏离较远的点应舍去，故 B 正确 C 错误；y 轴必须是竖直方向，即用重垂线确定，故 D 正确。

（2）由题图可知斜槽末端切线不水平，小球做的不是平抛运动，故 C 正确。

（3）插入瓶中的另一根吸管使得瓶内与外界气压相等，目的就是为了保证水流流速不受瓶内水面下降而减小，能保证下降到该处的一段时间内，得到稳定的细水柱，故 B 正确。

18. 小明用电学方法测量电线的长度，首先，小明测得电线铜芯的直径为 1.00 mm，估计其长度不超过 50 m（已知铜的电阻率为 $1.75 \times 10^{-8}\,\Omega \cdot \mathrm{m}$），现有如下实验器材：①量程为 3 V、内阻约为 3 kΩ 的电压表；②量程为 0.6 A、内阻约为 0.1 Ω 的电流表；③阻值为 $0 \sim 20\,\Omega$ 的滑动变阻器；④内阻可忽略，输出电压为 3 V 的电源；⑤阻值为 $R_0 = 4.30\,\Omega$ 的定值电阻，开关和导线若干。小明采用伏安法测量电线电阻，正确连接电路后，调节

滑动变阻器，电流表的示数从 0 开始增加，当示数为 0.5 A 时，电压表示数如图 1 所示，读数为 2.50 V；根据小明测量的信息，图 2 中 P 点应该 接 b（选填“接 a”、“接 b”、“接 c”或“不接”），Q 点应该 接 a（选填“接 a”、“接 b”、“接 c”或“不接”），小明测得的电线长度为 31.4 m。

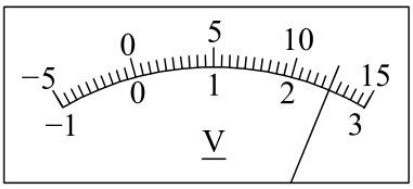


图 1

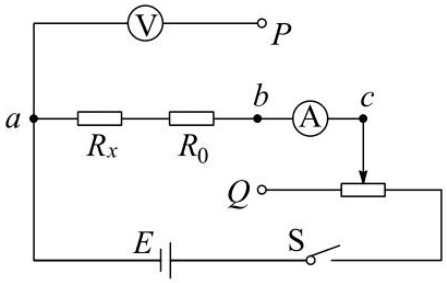


图 2

2.50，接 b，接 a，31.4

电压表量程为 $0\sim3$ V，则其读数为 2.50 V；由 $R=\rho\frac{L}{S}=\rho\frac{L}{\pi r^2}$ 可估算出电线的电阻约为 1 Ω，为小电阻，故电流表应选择外接法，即 P 点应接 b；为了更好地调节待测电阻两端的电压，滑动变阻器应采用分压式接法，即 Q 点应接 a；由 $R_x+R_0=\frac{U}{I}$，$R_x=\rho\frac{L}{S}$，$S=\frac{\pi d^2}{4}$ 联立解得 $L=31.4$ m。

19. 游船从某码头沿直线行驶到湖对岸，小明对过程进行观察，记录数据如下表，

运动过程	运动时间	运动状态
匀加速运动	$0\sim40$ s	初速度 $v_0=0$；末速度 $v=4.2$ m/s
匀速运动	$40\sim640$ s	$v=4.2$ m/s
匀减速运动	$640\sim720$ s	靠岸时的速度 $v_t=0.2$ m/s

(1) 求游船匀加速运动过程中加速度大小 a_1，及位移大小 x_1；

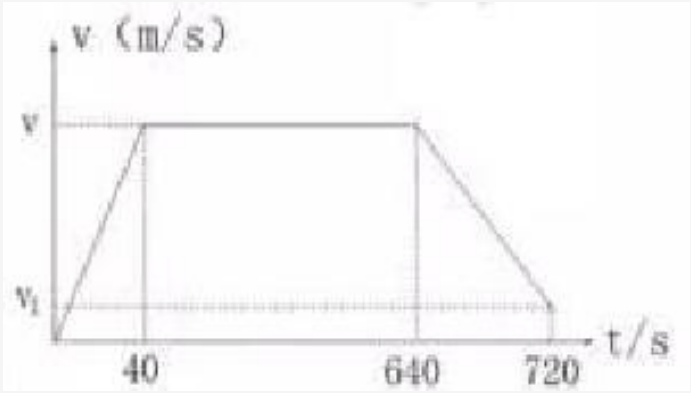
(2) 若游船和游客总质量 $M=8000$ kg，求游船匀减速运动过程中所受合力的大小 F；

(3) 求游船在整个行驶过程中的平均速度大小。



(1) $a_1 = 0.105\,\mathrm{m/s^2}$，$x_1 = 84\,\mathrm{m}$　(2) $F = 400\,\mathrm{N}$　(3) $3.86\,\mathrm{m/s}$

由题意做出 $v-t$ 图像如图。



（1）由加速度的定义式得，游船匀加速运动的加速度 $a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t_1} = \frac{4.2-0}{40}\,\mathrm{m/s^2} = 0.105\,\mathrm{m/s^2}$，位移 $x_1 = \frac{1}{2}a_1\Delta t_1^2 = \frac{1}{2}\times 0.105\times 40^2\,\mathrm{m} = 84\,\mathrm{m}$。

（2）由加速度的定义式得，游船减速运动过程中的加速度 $a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t_3} = \frac{4.2-0.2}{720-640}\,\mathrm{m/s^2} = 0.05\,\mathrm{m/s^2}$，由牛顿第二定律得 $F = Ma_2 = 8000\times 0.05\,\mathrm{N} = 400\,\mathrm{N}$。

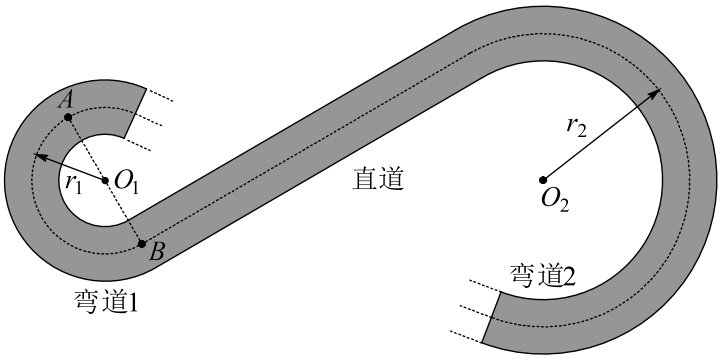
（3）游船行驶的总位移大小为 $x = \frac{0+v}{2}\Delta t_1 + v\Delta t_2 + \frac{v+v_t}{2}\Delta t_3 = 84\,\mathrm{m} + 4.2\times 600\,\mathrm{m} + \frac{4.2+0.2}{2}\times 80\,\mathrm{m} = 2780\,\mathrm{m}$，由平均速度的定义知 $\overline{v} = \frac{x}{t} = \frac{2780}{720}\,\mathrm{m/s} \approx 3.86\,\mathrm{m/s}$。

20. 图中给出一段“S”形单行盘山公路的示意图，弯道 1、弯道 2 可看作两个不同水平面上的圆弧，圆心分别为 O_1、O_2，弯道中心线半径分别为 $r_1 = 10\,\mathrm{m}$，$r_2 = 20\,\mathrm{m}$，弯道 2 比弯道 1 高 $h = 12\,\mathrm{m}$，有一直道与两弯道圆弧相切。质量 $m = 1200\,\mathrm{kg}$ 的汽车通过弯道时做匀速圆周运动，路面对轮胎的最大径向静摩擦力是车重的 1.25 倍，行驶时要求汽车不打滑。（$\sin 37^\circ = 0.6$，$\sin 53^\circ = 0.8$）

(1) 求汽车沿弯道 1 中心线行驶时的最大速度 v_1；

(2) 汽车以 v_1 进入直道，以 $P = 30\,\mathrm{kW}$ 的恒定功率直线行驶了 $t = 8.0\,\mathrm{s}$，进入弯道 2，此时速度恰为通过弯道 2 中心线的最大速度，求直道上除重力以外的阻力对汽车做的功；

(3) 汽车从弯道 1 的 A 点进入，从同一直径上的 B 点驶离，有经验的司机会利用路面宽度，用最短时间匀速安全通过弯道，设路宽 $d = 10\,\mathrm{m}$，求此最短时间（A、B 两点都在轨道的中心线上，计算时视汽车为质点）。

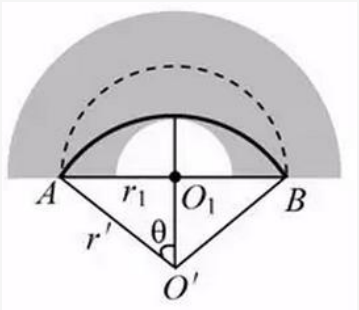


(1) $v_1 = 5\sqrt{5}\,\mathrm{m/s}$ (2) $W_f = -2.1 \times 10^4\,\mathrm{J}$ (3) $t' = 1.8\,\mathrm{s}$

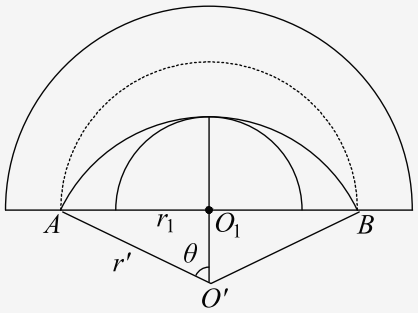
（1）汽车沿弯道 1 行驶时，由牛顿第二定律得 $kmg = m\frac{v_1^2}{r_1}$，解得 $v_1 = \sqrt{kgr_1} = 5\sqrt{5}\,\mathrm{m/s}$。

（2）设弯道 2 的最大速度为 v_2，由牛顿第二定律得 $kmg = m\frac{v_2^2}{r_2}$，解得 $v_2 = \sqrt{kgr_2} = 5\sqrt{10}\,\mathrm{m/s}$，汽车在直道上，由动能定理得 $Pt - mgh + W_f = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$，代入数据可得 $W_f = -2.1 \times 10^4\,\mathrm{J}$。

（3）沿如图所示内切的路线行驶时间最短，由几何关系得 $r'^2 = r_1^2 + \left[r' - \left(r_1 - \frac{d}{2}\right)\right]^2$，代入数据可得 $r' = 12.5\,\mathrm{m}$。



汽车沿该线路行驶的最大速度为 v'，由牛顿第二定律得 $kmg = m\frac{v'^2}{r'}$，解得 $v' = \sqrt{kgr'} = 12.5\,\mathrm{m/s}$，由 $\sin\theta = \frac{r_1}{r'} = 0.8$，则对应的圆心角为 $2\theta = 106°$，线路长度为 $s = \frac{106°}{360°} \times 2\pi r' \approx 23.1\,\mathrm{m}$，故最短时间为 $t' = \frac{s}{v'} \approx 1.8\,\mathrm{s}$。



21. (1) 为完成“探究变压器线圈两端的电压与匝数的关系”的实验，必须要选用的是 ACE（多选）。

A．有闭合铁芯的原副线圈　　B．无铁芯的原副线圈

C．交流电源　　D．直流电源

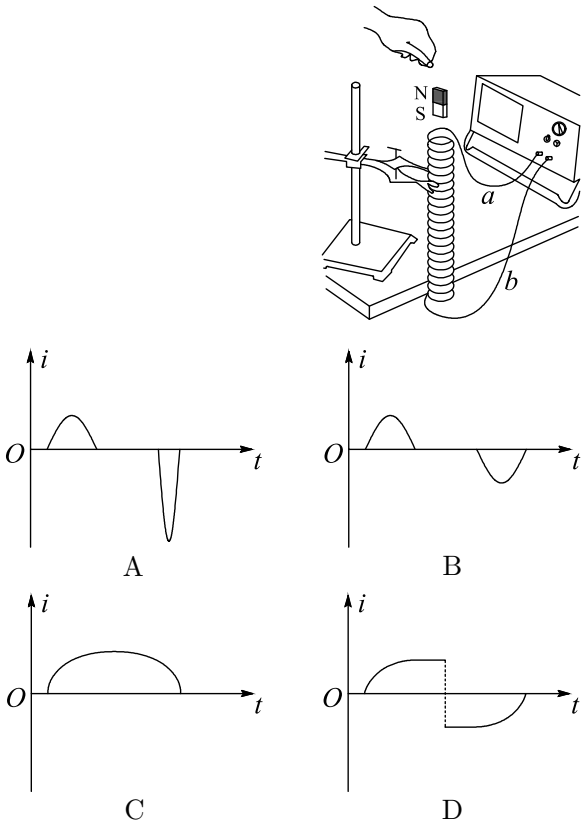
E．多用电表（交流电压挡）　　F．多用电表（交流电流挡）

用匝数 $n_a = 60$ 匝和 $n_b = 120$ 匝的变压器，实验测量数据如下表，

U_a/V	1.80	2.80	3.80	4.90
U_b/V	4.00	6.01	8.02	9.98

根据测量数据可判断连接电源的线圈是 n_b（填 n_a 或 n_b）。

(2) 用如图所示的装置做“探究感应电流方向的规律”实验，磁体从靠近线圈的上方静止下落，当磁体运动到如图所示的位置时，流过线圈的感应电流方向从 b 到 a（填“a 到 b”或“b 到 a”）。在磁体穿过整个线圈的过程中，传感器显示的电流 i 随时间 t 的图像应该是 A。



(1) ACE，n_b　(2) b 到 a，A

（1）为了完成变压器的探究，需要使用交流电源和有交流电压挡的多用电表，为了让变压效果明显，则需要含有闭合铁芯的原副线圈，故 ACE 正确；由于有漏磁，所以副线圈测量电压应该小于理论变压值，即 n_b 为输入端，连接电源。

（2）由楞次定律及右手定则知，当磁铁自由下落至图示位置时，电流方向从 b 到 a；根据楞次定律可知，进入电流方向与离开时电流方向相反，故 C 错误；由于离开线

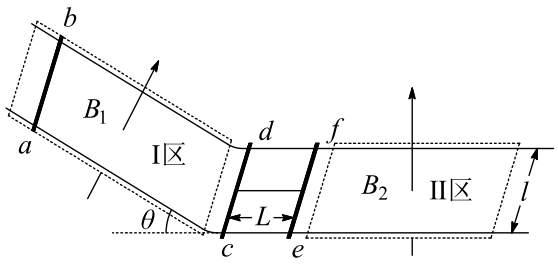
圈时速度比进入速度快，即切割磁感线的感应电流要大，故 A 正确 BD 错误。

22. 间距为 l 的两平行金属导轨由水平部分和倾斜部分平滑连接而成，如图所示，倾角为 θ 的导轨处于大小为 B_1，方向垂直导轨平面向上的匀强磁场区间 I 中，水平导轨上的无磁场区间静止放置一质量为 $3m$ 的“联动双杆”（由两根长为 l 的金属杆，cd 和 ef，用长度为 L 的刚性绝缘杆连接构成），在“联动双杆”右侧存在大小为 B_2，方向垂直导轨平面向上的匀强磁场区间 II，其长度大于 L，质量为 m，长为 l 的金属杆 ab，从倾斜导轨上端释放，达到匀速后进入水平导轨（无能量损失），杆 ab 与“联动双杆”发生碰撞，碰后杆 ab 和 cd 合在一起形成“联动三杆”，“联动三杆”继续沿水平导轨进入磁场区间 II 并从中滑出，运动过程中，杆 ab、cd 和 ef 与导轨始终接触良好，且保持与导轨垂直。已知杆 ab、cd 和 ef 电阻均为 $R = 0.02\,\Omega$，$m = 0.1\,\mathrm{kg}$，$l = 0.5\,\mathrm{m}$，$L = 0.3\,\mathrm{m}$，$\theta = 30°$，$B_1 = 0.1\,\mathrm{T}$，$B_2 = 0.2\,\mathrm{T}$。不计摩擦阻力和导轨电阻，忽略磁场边界效应。求：

(1) 杆 ab 在倾斜导轨上匀速运动时的速度大小 v_0；

(2) 联动三杆进入磁场区间 II 前的速度大小 v；

(3) 联动三杆滑过磁场区间 II 产生的焦耳热 Q。



(1) $v_0 = 6\,\mathrm{m/s}$ (2) $v = 1.5\,\mathrm{m/s}$ (3) $Q = 0.25\,\mathrm{J}$

（1）杆 ab 切割产生的感应电动势为 $E = B_1 l v_0$，感应电流的大小为 $I = \frac{E}{1.5R}$，杆受到的安培力大小为 $F = B_1 I l$，杆匀速运动条件为 $\frac{B_1^2 l^2 v_0}{1.5R} = mg\sin\theta$，联立解得 $v_0 = \frac{1.5mgR\sin\theta}{B_1^2 l^2} = 6\,\mathrm{m/s}$。

（2）杆 ab 与“联动双杆”发生碰撞时，由动量守恒得 $mv_0 = 4mv$，解得 $v = \frac{v_0}{4} = 1.5\,\mathrm{m/s}$。

（3）进入 B_2 磁场区时，设速度变化量为 Δv，由动量定理得 $\bar{I}\Delta t B_2 l = -4m\Delta v$，又 $\bar{I}\Delta t = \Delta q = \frac{B_2 l L}{1.5R}$，联立解得 $\Delta v = -\frac{B_2^2 l^2 L}{1.5R\times 4m} = -0.25\,\mathrm{m/s}$，滑出 B_2 磁场区时，同样有 $\Delta v = -\frac{B_2^2 l^2 L}{1.5R\times 4m} = -0.25\,\mathrm{m/s}$，滑出 B_2 磁场后“联动三杆”的速度为 $v' = v + 2\Delta v = 1.0\,\mathrm{m/s}$，由能量守恒得 $Q = \frac{1}{2}\times 4m\left(v^2 - v'^2\right) = 0.25\,\mathrm{J}$。

23. 如图所示，在 xOy 平面内，有一电子源持续不断地沿 x 正方向每秒发射出 N 个速率均为 v 的电子，形成宽为 $2b$，在 y 轴方向均匀分布且关于 x 轴对称的电子流。电子流沿

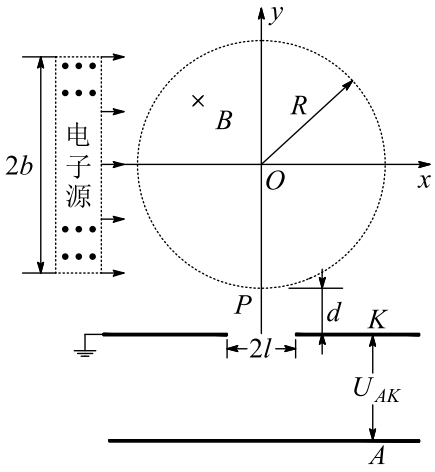
x 方向射入一个半径为 R，中心位于原点 O 的圆形匀强磁场区域，磁场方向垂直 xOy 平面向里，电子经过磁场偏转后均从 P 点射出，在磁场区域的正下方有一对平行于 x 轴的金属平行板 K 和 A，其中 K 板与 P 点的距离为 d，中间开有宽度为 $2l$ 且关于 y 轴对称的小孔。K 板接地，A 与 K 两板间加有正负、大小均可调的电压 U_{AK}，穿过 K 板小孔到达 A 板的所有电子被收集且导出，从而形成电流。已知 $b=\frac{\sqrt{3}}{2}R$，$d=l$，电子质量为 m，电荷量为 e，忽略电子间相互作用。

(1) 求磁感应强度 B 的大小；

(2) 求电子从 P 点射出时与负 y 轴方向的夹角 θ 的范围；

(3) 当 $U_{AK}=0$ 时，每秒经过极板 K 上的小孔到达极板 A 的电子数；

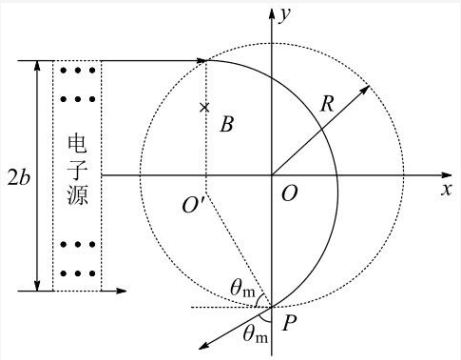
(4) 画出电流 i 随 U_{AK} 变化的关系曲线（在答题纸上的方格纸上）。



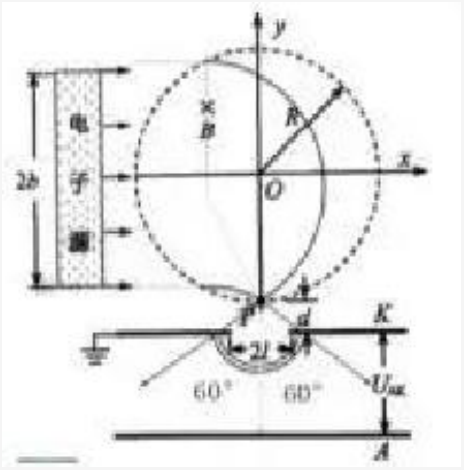
(1) $B=\frac{mv}{eR}$　(2) $-60^\circ\leqslant\theta\leqslant 60^\circ$　(3) $n=0.82N$　(4) 图像如解析图所示

（1）由题意知，电子的轨道半径 $r=R$，由洛伦兹力提供向心力得 $evB=m\frac{v^2}{R}$，解得 $B=\frac{mv}{eR}$。

（2）上端电子从 P 点射出时与负 y 轴有最大夹角 θ_m，由几何关系得 $\sin\theta_m=\frac{b}{R}$，解得 $\theta_m=60^\circ$，同理下端电子从 P 点射出时与负 y 轴最大夹角也为 60°，从 P 点射出时与负 y 轴范围为 $-60^\circ\leqslant\theta\leqslant 60^\circ$。



（3）设从小孔两端进入的电子速度方向与负 y 轴方向的夹角为 α，则 $\tan\alpha=\frac{l}{d}$，解得 $\alpha=45°$，能打到 A 板上的电子的区域为 $y'=2R\sin\alpha=\sqrt{2}R$，设每秒进入两极板间的电子数为 n，则 $\frac{n}{N}=\frac{y'}{2b}=\frac{\sqrt{6}}{3}\approx0.82$，故 $n=0.82N$。



（4）设遏止电压为 U_c，由动能定理得 $eU_c=-\frac{1}{2}mv^2$，解得 $U_c=-\frac{1}{2e}mv^2$，与负 y 轴成 45° 角的电子的运动轨迹刚好与 A 板相切，其逆过程是类平抛运动，达到饱和电流所需的最小反向电压 $U'=-\frac{1}{4e}mv^2$，或根据（3）可得饱和电流大小为 $i_{\max}=0.82Ne$，电流 i 随 U_{AK} 变化的关系图像如图所示。

