2025 年高考物理终极押题猜想

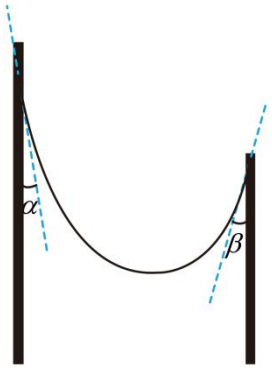
（高分的秘密武器：终极密押+押题预测）

押题猜想一 动静态平衡问题 2
押题猜想二 抛体运动与圆周运动 7
押题猜想三 万有引力定律与航天 14
押题猜想四 功能关系与能量守恒定律 19
押题猜想五 机械振动与机械波 25
押题猜想六 光的折射与光的干涉 30
押题猜想七 近代物理 35
押题猜想八 电磁场的基本性质规律 39
押题猜想九 电磁感应及交变电流 44
押题猜想十 力学实验 49
押题猜想十一 电学实验 57
押题猜想十二 气体实验定律与热力学定律的应用 65
押题猜想十三 电磁组合与叠加场问题 71
押题猜想十四 用力学三大观点处理综合性问题 82

押题猜想一 动静态平衡问题

终极密押

（原创）某登山营地在两座不等高的悬崖边缘设置了紧急救援滑索。滑索由质量为 m 的强化绳索制成，两端分别固定在高度不同的竖直支架上。安装时，左端绳索与支架的切线夹角为α，右端切线夹角为β。为确保受困人员滑降时的安全性，需计算滑索最低点（弧底）的张力大小。已知重力加速度为 g，求该张力表达式。

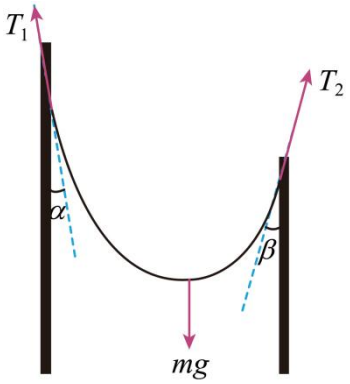


A．$mg\dfrac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin\alpha\sin\beta}$　　B．$mg\dfrac{\sin\alpha\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)}$

C．$mg\dfrac{\cos\alpha\cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)}$　　D．$mg\dfrac{\cos(\alpha+\beta)}{\cos\alpha\cos\beta}$

【答案】B

【详解】对绳子受力分析如图



其中 T_1、T_2 分别是左右悬点对绳子的拉力大小，设重绳最低点（弧底）的张力大小为 F，分析可知其方向为水平方向，对重绳最低点左半部分，由平衡条件有 $T_1\sin\alpha=F$ 对重绳最低点右半部分，由平衡条件有 $T_2\sin\beta=F$ 对重绳，由平衡条件有 $T_2\cos\beta+T_1\cos\alpha=mg$ 联立解得 $F=mg\dfrac{\sin\alpha\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)}$ 故选 B。

押题解读

对于静态平衡和动态平衡问题，高考主要以考查共点力平衡的情况居多，多以生活中的场景作为题目

的背景材料，需要学生将生活中的实际物体转化我们我们所熟知的物理模型，然后利用平衡条件加以解决。静态平衡问题多涉及到多物体的平衡问题，动态平衡问题多一个单个物体的形式出现较多。

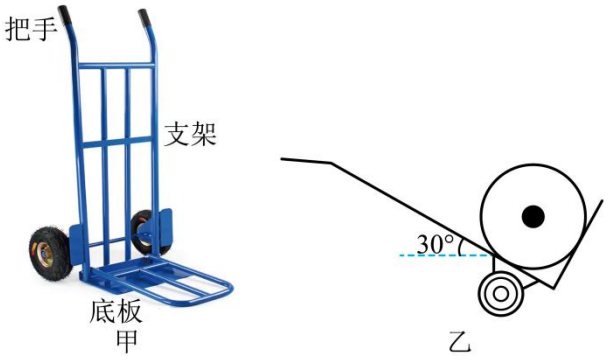
考前秘笈

对于静态平衡这类题目时，学生需要掌握力的合成与分解的方法，能够正确画出物体的受力分析图，并根据平衡条件列出方程进行求解。此外，对于连接体的静态平衡问题，还需要掌握整体法和隔离法的使用，以便更准确地分析物体的受力情况。

对于动态平衡这类题目时，学生需要掌握解析法、图解法、三角形相似法、正弦定理法、辅助圆法和拉密定理法等方法，可以对此类问题有效解决。

押题预测

1．工人用如图甲所示的小推车搬运桶装水，小推车的支架和底板相互垂直。某次工人将质量为 20kg 的一桶水放到底板上，用力压把手至支架与水平面成 30°角时保持静止，如图乙所示，不计水桶与小推车间的摩擦，重力加速度 g 取10m/s^2，下列说法正确的是（　　）



A．此时支架对水桶的弹力大小为 100N

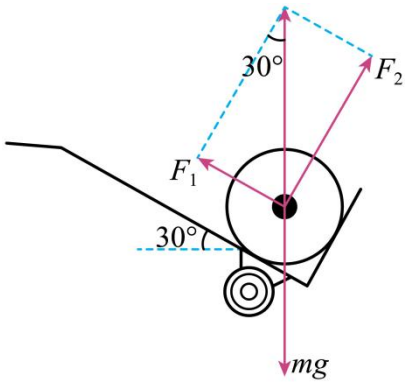
B．此时底板对水桶的弹力大小为$100\sqrt{3}$ N

C．此时小推车对水桶的作用力小于水桶对推车的作用力

D．缓慢减小支架与水平面的夹角，底板对水桶的弹力将减小

【答案】D

【详解】AB．根据题意，对水桶受力分析，如图所示



由平衡条件有 $F_1 = mg\sin 30°$， $F_2 = mg\cos 30°$

解得 $F_1 = 100\text{N}$， $F_2 = 100\sqrt{3}\text{N}$

故 A B 错误；

C．由平衡条件可知，小推车对水桶的作用力等于水桶对推车的作用力，故 C 错误；

D．结合上述分析可知，底板对水桶的弹力 $F_1 = mg\sin\theta$

可知，缓慢减小支架与水平面的夹角 θ，底板对水桶的弹力将减小，故 D 正确。

故选 D。

2．家用室内引体向上器通常采用免打孔设计，通过调节杆的长度，利用橡胶垫与门框或墙壁的摩擦力起到固定的作用。如图所示，当质量为 50kg 的同学握住水平单杠保持静止，且只有双手接触单杠并双腿悬空，不计引体向上器的质量。则（　　）



A．双手间距离越小，人所受到单杠的作用力越小

B．单杠对每只手臂作用力大小一定为 250N

C．双手间距离越大，橡胶垫与墙面间的摩擦力越大

D．同学由静止下降到最低点的过程中，橡胶垫与墙面间的摩擦力先小于同学的重力，后大于同学的重力

【答案】D

【详解】A．人所受到单杠的作用力和重力平衡，则人所受到单杠的作用力大小不变，为 $F = G = mg = 500\,\text{N}$

故 A 错误；

B．只有两手臂平行时，单杠对每只手臂作用力大小为 $F' = \frac{1}{2}mg = 250\,\text{N}$

两手臂有夹角时，单杠对每只手臂作用力都大于 250N，故 B 错误；

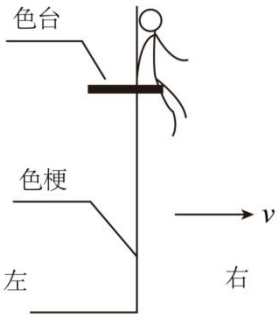
C．不计引体向上器的质量，橡胶垫与墙面间的摩擦力等于人的重力不变，故 C 错误；

D．同学由静止下降到最低点的过程中，人先加速度先向下，再向上，先失重后超重，结合牛顿第二定律可知，橡胶垫与墙面间的摩擦力先小于同学的重力，后大于同学的重力，故 D 正确；

故选 D。

3．“文化需传承，飘色闹元宵”。2025 年元宵节期间，广东湛江吴川地区举行飘色大巡游活动，如图所示。图为“飘色”道具的结构示意图，道具由色台和色梗组成，色台固定在色梗上。演员坐在色台上，与道具一起向右匀速直线运动，下列说法正确的是（　　）





A．此过程道具对演员的作用力大于演员所受的重力

B．此过程道具对演员的作用力与演员所受的重力大小相等

C．当巡游车做减速直线运动时，架子对孩童的作用力竖直向上

D．当巡游车做减速直线运动时，架子对孩童的作用力水平向后

【答案】B

【详解】AB．演员坐在色台上，与道具一起向右匀速直线运动，根据平衡条件知此过程道具对演员的作用力与演员所受的重力大小相等，故 A 错误，B 正确；

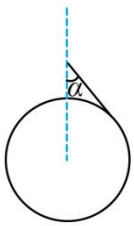
CD．当巡游车做减速直线运动时，孩童所受的合力的作用力水平向后，孩童受重力和架子对孩童的作用力，根据矢量定则知，架子对孩童的作用力倾斜向后上方，故 CD 错误。

故选 B。

4．如图甲所示为某篮球运动员用一只手抓住篮球使其静止在空中，其中一根手指与篮球的简化图如图乙所示。假设篮球恰好静止时，五根手指与竖直方向的夹角均为α，每根手指与篮球之间的动摩擦因数均为μ，篮球的质量为 m，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度大小为 g。下列说法正确的是（　　）



甲



乙

A．每根手指对篮球的作用力大小为$\dfrac{G}{5(\mu\cos\alpha-\sin\alpha)}$

B．每根手指对篮球的摩擦力大小为$\dfrac{\mu G}{5(\mu\cos\alpha-\sin\alpha)}$

C．α 减小时，手指与篮球间的压力增大

D．α 取任意值，均能使篮球静止

【答案】B

【详解】AB．篮球与每根手指之间存在弹力 N 和摩擦力 f，篮球恰好静止，摩擦力达到最大静摩擦力，处于平衡状态，竖直方向上，根据平衡条件 $5\mu N\cos\alpha=mg+5N\sin\alpha$

解得弹力大小为 $N=\dfrac{G}{5(\mu\cos\alpha-\sin\alpha)}$

摩擦力大小为 $f=\dfrac{\mu G}{5(\mu\cos\alpha-\sin\alpha)}$

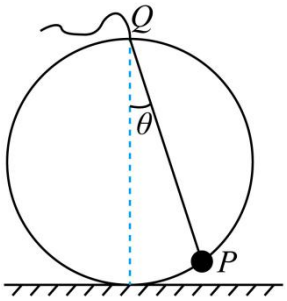
每根手指对篮球的作用力大小为摩擦力和弹力的合力，故 A 错误 B 正确；

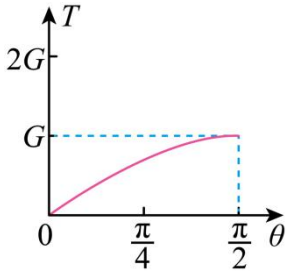
C．根据以上分析可知，α 减小时，手指与篮球间的压力减小，故 C 错误；

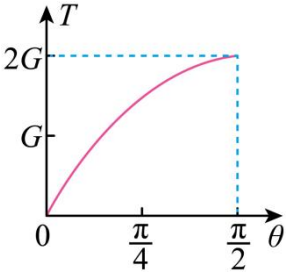
D．篮球静止时，摩擦力达到最大静摩擦力，α 减小时，手指与篮球间的压力减小，最大静摩擦力减小，篮球可能无法保持静止，故 D 错误。

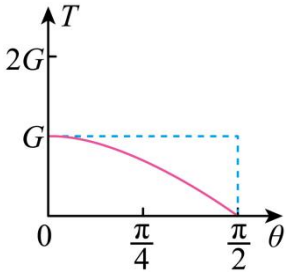
故选 B。

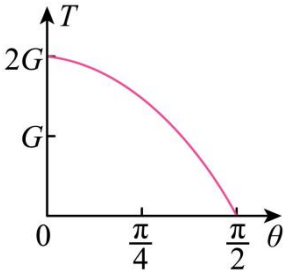
5．如图，光滑圆环竖直固定在水平地面上，细线通过圆环最高点的小孔 Q 与套在圆环上的小球相连，拉住细线使小球静止于 P 处。设小球的重力为 G，细线与圆环竖直直径的夹角为 θ，细线对小球的拉力大小为 T。拉动细线使小球缓慢沿圆环向上移动，则下列 T 随 θ 变化的图像可能正确的是（　　）



A.


B.


C.


D.


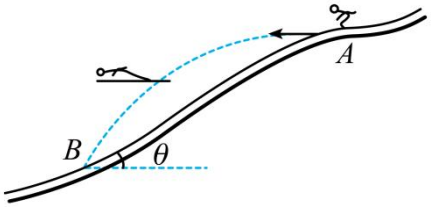
【答案】D

【详解】对小球进行分析，小球受到重力、绳的拉力 T 与圆环的弹力 N 三个力的作用，令圆环的圆心为 O，半径为 R，则重力方向平行于图中虚线表示的直径，绳拉力方向沿绳，圆环弹力方向沿半径指向圆心，根据相似三角形有 $\dfrac{G}{R}=\dfrac{T}{x_{PQ}}$ 根据几何关系有 $x_{PQ}=2R\cos\theta$ 解得 $T=2G\cos\theta$ 可知，T 随 θ 变化的图像为余弦曲线关系，且最大值为 $2G$，只有第四个选择项符合要求。故选 D。

押题猜想二 抛体运动与圆周运动

终极密押

1．（原创）如图所示，一名质量为 m 滑雪运动员从倾角为 θ的跳台边缘以初速度 v_0 水平腾空飞出，忽略空气阻力，跳台足够长。已知重力加速度为 g，关于运动员落地前的运动，以下说法正确的是（　　）。



A．运动员的速度与斜面平行时最小

B．运动员的速度变化越来越快

C．运动员从抛出到落在斜面上所用时间为$\frac{2v_0\tan\theta}{g}$

D．经时间$\frac{v_0\tan\theta}{g}$，运动员动能为$\frac{mv_0^2\cos^2\theta}{2}$

【答案】C

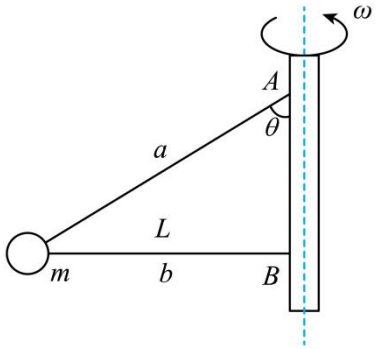
【详解】A．小球落到斜面前的运动为平抛运动，速度一直在增大，所以刚抛出时的速度最小，故 A 错误；

B．小球在空中的加速度为重力加速度，所以小球的速度变化快慢恒定不变，故 B 错误；

C．小球从抛出到落在斜面上，有 $\tan\theta=\frac{y}{x}=\frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0t}$解得所用时间为$t=\frac{2v_0\tan\theta}{g}$故 C 正确；

D．经时间$\frac{v_0\tan\theta}{g}$，小球的竖直分速度为$v_y=gt_1=v_0\tan\theta$则此时小球动能为$E_{\mathrm{k}}=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}m(v_0^2+v_y^2)=\frac{1}{2}mv_0^2(1+\tan^2\theta)=\frac{mv_0^2}{2\cos^2\theta}$故 D 错误。故选 C。

2．（原创）在游乐场的旋转飞椅项目中，可简化为如图所示的模型，座椅通过轻绳 a 和 b 固定在竖直转杆的 A 点和 B 点。座椅质量为 m，座椅可视为质点，绳 a 与转杆成θ角，绳 b 水平且长度为 L。当轻杆绕轴 AB 以角速度匀速转动时，座椅恰好在水平面内做匀速圆周运动，如图所示。已知重力加速度为 g，下列说法正确的是（　　）



A．a 绳的弹力有可能为 0

B．b 绳的弹力不可能为 0

C．当角速度$\omega > \sqrt{\frac{g\cos\theta}{L}}$时，$b$ 绳一定有弹力

D．当角速度$\omega > \sqrt{\frac{g\tan\theta}{L}}$时，$b$ 绳一定有弹力

【答案】D

【详解】AB．由于小球受到竖直向下的重力，要使小球能够在水平面内做匀速圆周运动，必须有其它外力平衡小球的重力，故 a 绳的弹力不可能为零；b 绳在水平面内，a 绳的弹力和小球重力的合力可以为小球在水平面内做匀速圆周运动提供向心力，故 b 绳的弹力可能为零，AB 错误；

CD．当 b 绳恰好水平拉直而每发生形变时，b 绳的弹力为零，对小球受力分析可知$mg\tan\theta = m\omega^2 L$

解得$\omega = \sqrt{\frac{g\tan\theta}{L}}$此时，$b$ 绳刚好伸直而没有弹力，当$\omega > \sqrt{\frac{g\tan\theta}{L}}$时，$b$ 绳一定有弹力，C 错误，D 正确。

故选 D。

押题解读

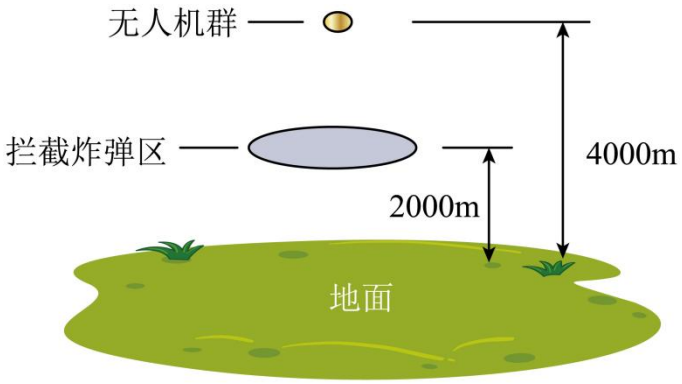
对于抛体运动的主要是针对平抛运动和斜抛运动的考查，在某些题目中还有可能涉及到类平抛和类抛体运动；对于圆周运动的主要是对基本物理量、水平面内圆周运动和竖直面内圆周运动的考查。这两类问题多以生活场景中的具体运动为研究对象，需要学生提炼出物理模型，从而应用物理规律加以处理解决。

考前秘笈

要求学生在考前务必再对抛体运动和圆周运动的基本规律公式、临界条件等内容加以记忆梳理。特别是对于抛体运动，如何建立合适的坐标系，将抛体运动“化曲为直”这种思想要有清晰的思路；对于圆周运动中的水平面内和竖直面内圆周运动的临界条件应该作为重中之重加以掌握。

押题预测

1．如图，在某军事演习区正上方距离地面 4000m 高空悬停着上万只无人机形成无人机群（可视为质点），每只无人机携带一颗炸弹，无人机群向水平方向及以下方向无死角的以初速度$v_0 = 10\text{m/s}$ 抛出炸弹，在距离地面 2000m 处设置面积为3000m^2 的拦截炸弹区，不计空气阻力，以面积比为拦截炸弹比，取$g = 10\text{m/s}^2$，$\pi \approx 3$，则拦截炸弹比约为（　　）



A．0.5　　B．0.25　　C．0.05　　D．0.025

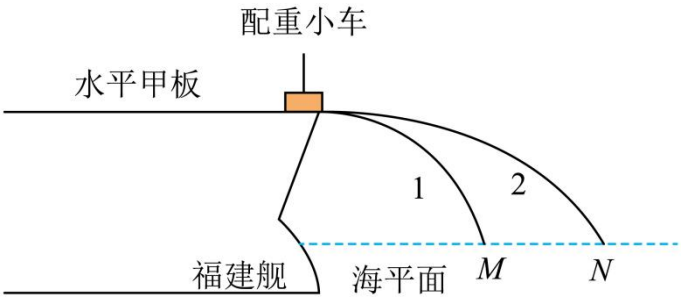
【答案】D

【详解】平抛的炸弹水平运动最远，到达拦截区，根据平抛运动规律可知 $h=\frac{1}{2}gt^2=2000\text{m}$，$x=v_0t=200\text{m}$

以面积比为拦截炸弹比，拦截炸弹比约为 $\frac{S}{\pi x^2}=\frac{3000}{3\times200^2}=0.025$

故选 D。

2．福建舰是我国完全自主设计建造的弹射型航空母舰。在始终静止的福建舰上进行的电磁驱动弹射测试中，配重小车自甲板前端水平射出，落至海面上。简化模型如图所示，两辆质量相同的配重小车 1 和小车 2 先后进行弹射测试，轨迹分别为曲线 1 和曲线 2，M、N 为两次弹射的落水点。忽略空气阻力，配重小车可视为质点。则配重小车 1 和小车 2（　　）



A．落水瞬间速度大小 $v_M=v_N$

B．在空中运动过程中速度变化量 $\Delta v_1<\Delta v_2$

C．在空中运动过程中重力的平均功率 $P_1<P_2$

D．落水瞬间重力的瞬时功率 $P_M=P_N$

【答案】D

【详解】A．配重小车离开甲板后做平抛运动，下落高度相等，根据 $h=\frac{1}{2}gt^2$

可知下落时间相等，竖直方向的分速度为 $v_y=gt$

可知 $v_{Ny}=v_{My}$

根据 $x=v_0t$

可知水平初速度大小关系为 $v_{Nx}>v_{Mx}$

落入海平面瞬间的速度为 $v=\sqrt{v_x^2+v_y^2}$

可得 $v_M<v_N$

故 A 错误；

B．根据速度度变化量公式 $\Delta v=g\Delta t$

因为下落时间相等，所以在空中运动过程中速度变化量 $\Delta v_1=\Delta v_2$

故 B 错误；

C．因下落高度相等，所以重力做功相等，又下落时间相等，根据$\overline{P}=\frac{W}{t}$

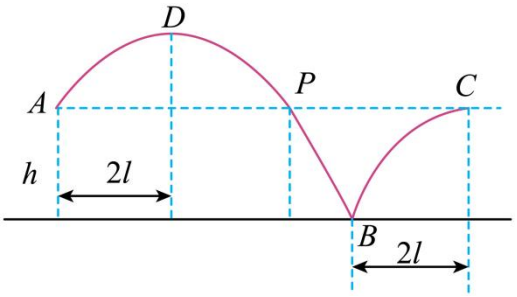
可知在空中运动过程中重力的平均功率相等，故 C 错误；

D．落水瞬间重力的瞬时功率为$P=mgv_y$

因质量相等，竖直方向的分速度相等，可知落水瞬间重力的瞬时功率相等，故 D 正确。

故选 D。

3．我国运动员郑钦文获得 2024 年巴黎奥运会网球女子单打金牌，是我国第一个奥运网球单打冠军。如图所示，比赛中某次她在距地面 h 的 A 点将球斜向上方击出，网球越过网在地面 B 点弹起后水平经过和击球点 A 等高的 C 点。已知 B 与 C 之间的水平距离为 $2l$，A 与 D 之间的水平距离也为 $2l$，假设网球触地前后水平速度不变，重力加速度为 g，不计空气阻力。网球被击出时的速度大小为（　　）



A．$\sqrt{\frac{2g\left(h^2+l^2\right)}{h}}$　　B．$\sqrt{\frac{g\left(h^2+l^2\right)}{h}}$

C．$\sqrt{\frac{g\left(h^2+l^2\right)}{2h}}$　　D．$\frac{1}{2}\sqrt{\frac{g\left(h^2+l^2\right)}{h}}$

【答案】A

【详解】从 B 到 C 的时间$t_{BC}=\sqrt{\frac{2h}{g}}$

水平方向速度始终为$v_x=\frac{2l}{t_{BC}}=l\sqrt{\frac{2g}{h}}$

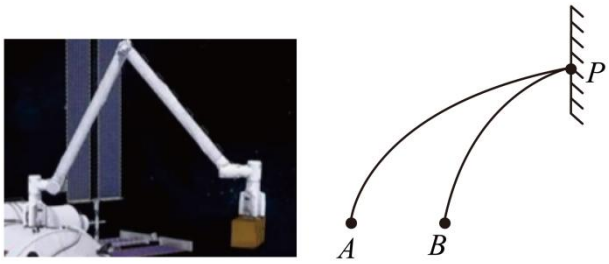
根据水平方向上匀速直线运动，从 A 到 D 的水平位移大小相等，所以时间$t_{AD}=t_{BC}$

则$v_{Ay}=gt_{AD}=\sqrt{2gh}$

故$v_A=\sqrt{v_{Ay}^2+v_x^2}=\sqrt{\frac{2g\left(h^2+l^2\right)}{h}}$

故选 A。

4．2025 年 1 月 7 日，中国航天实现开门红，实践 25 号双机械臂的在轨服务卫星成功发射，标志我国在该领域技术水平居于世界前列。研发过程中，实验室测试机械臂抛投物体，把质量为 m 的小球从同一高度的 A、B 两点抛出，均能垂直击中竖直墙壁上的目标点 P，轨迹如图。忽略空气阻力，下列说法正确的是（　　）



A．A 点抛出的初速度的竖直分量更大　　B．B 点抛出的运动时间更长

C．两抛体击中 P 点时速度大小相等　　D．A 点抛出时机械臂对物体做功更多

【答案】D

【详解】AB．两次抛体运动均垂直击中 P 点，说明末速度竖直分量为零，由逆向思维可把 P 到 A、B 看出平抛运动，根据 $h=\frac{1}{2}gt^2$，$v_y=gt$

由于高度相同，可知两抛体竖直初速度 v_y 相同，运动时间 t 相同，故 AB 错误；

C．根据 $x=v_xt$

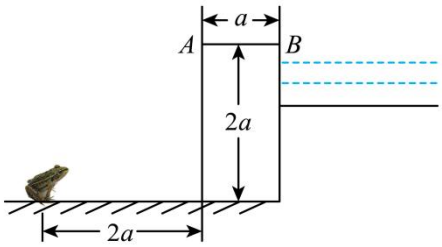
因为 v_y 相同，A 点水平位移更大，可知其水平初速度 v_x 更大，故两抛体击中 P 点时速度大小不相等，故 C 错误；

D．根据总初速度 $v=\sqrt{v_x^2+v_y^2}$

由于 A 的水平速度更大，A 点抛出时的物体初速度更大，机械臂做功更多，故 D 正确。

故选 D。

5．野外一只小青蛙欲跳到前上方的水田，它从田坎前方 $2a$ 处起跳，需要跳跃前方高为 $2a$、宽为 a 的田坎，其运动轨迹恰好过田坎左前方 A 点，运动的最高点在 B 点的正上方。设青蛙起跳时的速度大小为 v，方向与水平方向的夹角为 α，不计空气阻力，重力加速度大小为 g，小青蛙可视为质点，则（　　）



A．$v=\frac{\sqrt{26ga}}{2}$　$\tan\alpha=\frac{3}{4}$　　B．$v=\frac{\sqrt{26ga}}{2}$　$\tan\alpha=\frac{3}{2}$

C．$v=\frac{\sqrt{13ga}}{2}$　$\tan\alpha=\frac{3}{2}$　　D．$v=\frac{\sqrt{13ga}}{2}$　$\tan\alpha=\frac{3}{4}$

【答案】B

【详解】青蛙斜抛运动看作是从 B 点上方 P 点平抛运动的逆运动，根据平抛运动水平方向做匀速直线运动可得，从 P 到 A 的时间是 A 到青蛙起跳点时间的一半，把平抛运动的时间分成三段相等的时间，竖直方向做自由落体运动，根据初速度为零的匀变速直线运动的比例规律 $h:2a=1:8$，可得 P 到 A 点的竖直距离为

$h=\frac{2a}{8}=0.25a$

根据平抛运动的规律有 $\tan\alpha=2\tan\theta=2\times\frac{0.25a+2a}{2a+a}=\frac{3}{2}$

青蛙起跳时的竖直速度 $v_y=\sqrt{2g\left(0.25a+2a\right)}=\frac{3\sqrt{2ga}}{2}$

青蛙起跳时的水平速度 $v_x=\frac{v_y}{\tan\alpha}=\sqrt{2ga}$

青蛙起跳时的速度 $v=\frac{\sqrt{26ga}}{2}$

故选 B。

6．在 2025 年春节文艺晚会的机器人表演中，机器人转动手帕使其在竖直面内做匀速圆周运动，如图所示。已知手帕边缘 P 点的线速度为 3m/s，转动半径为 0.3m。则 P 点（　　）



A．角速度 $\omega=0.9\text{rad/s}$　　B．角速度 $\omega=10\text{rad/s}$

C．向心加速度 $a=0.9\text{m/s}^2$　　D．向心加速度 $a=10\text{m/s}^2$

【答案】B

【详解】AB．根据线速度与角速度的关系有 $\omega=\frac{v}{r}=10\text{rad/s}$

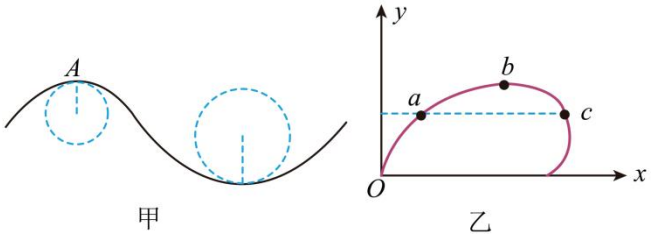
故 A 错误，B 正确；

CD．根据向心加速度与线速度的关系有 $a=\frac{v^2}{r}=30\text{m/s}^2$

故 CD 错误。

故选 B。

7．如图甲所示，研究一般的曲线运动时可以将其分成很多小段，质点在每小段的运动都可以看成圆周运动的一部分。图乙是 2024 年珠海航空展上，飞行员驾驶飞机在竖直面内匀速率飞行的轨迹，a、b、c 为飞行轨迹上的三点，a、c 为飞行过程中距离地面高度相等的两点，b 为最高点，关于飞机的说法正确的是（　　）



A．a、b、c 三点的机械能相等

B．a、b、c 三点的加速度大小相等

C．b 点的加速度方向竖直向下

D．a 点所受的合力大于 c 点

【答案】C

【详解】A．由于飞机匀速率飞行，a、b、c 三点的动能相等，a、c 为飞行过程中距离地面高度相等的两点，但 b 与 a、c 的高度不一样，故机械能 a、c 两点相等，且与 b 点不相等，故 A 错误；

B．图乙可知 a、b、c 曲率圆半径不同，根据向心加速度 $a=\frac{v^2}{r}$

可知 a、b、c 三点的加速度大小不相等，故 B 错误；

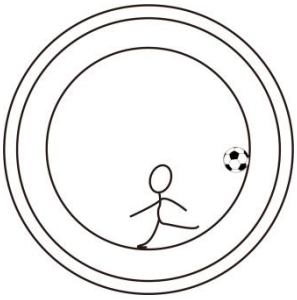
C．b 为最高点，曲率圆圆心在其正下方，故加速度方向指向圆心，即竖直向下，故 C 正确；

D．由于飞机匀速率飞行，合力即向心力，根据 $F=m\frac{v^2}{r}$

可知曲率圆半径大的合力大，图像可知 a 点的曲率圆半径大于 c 点的曲率圆半径，故 a 点所受的合力小于 c 点，故 D 错误。

故选 C。

8．如图所示是一儿童游戏的图片，儿童站在固定竖直圆轨道的最低点，用力将一足球由静止踢出，发现足球能够沿着圆轨道通过最高点，已知轨道半径为 R，足球的质量为 m，重力加速度为 g，不考虑摩擦和空气阻力作用，由此可判断儿童对小球做的功（　　）



A．可能等于 $3.6mgR$　　B．可能等于 $2.4mgR$

C．可能等于 $1.2mgR$　　D．可能等于 $0.8mgR$

【答案】A

【详解】足球刚好沿圆轨道通过最高点时有 $mg=m\frac{v^2}{R}$

解得 $v=\sqrt{gR}$

所以足球能够沿着圆轨道通过最高点应满足 $v\geq\sqrt{gR}$

设儿童对小球做的功为 W，对足球从最低点到最高点的过程由动能定理有 $W-mg\times 2R=\frac{1}{2}mv^2$

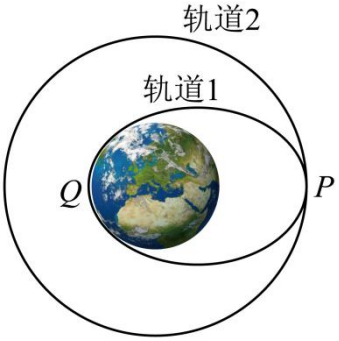
解得 $W=2mgR+\frac{1}{2}mv^2$

即 $W\geq\frac{5}{2}mgR$，故选 A。

押题猜想三 万有引力定律与航天

终极密押

（原创）2025 年 4 月 24 日 17 时 17 分，神舟二十号载人飞船成功实现与空间站天和号的对接，神舟飞船对接过程简化如图所示。神舟二十号载人飞船先沿椭圆轨道 1 运行，后沿圆形空间站运行轨道 2 运行，P 为两轨道切点，Q 为轨道 1 近地点，Q 点离地高度不计。已知轨道 2 的半径为 r，地球表面重力加速度为 g，地球半径为 R，轨道 1 的周期为 T，引力常量为 G，下列分析或结论正确的是（　　）



A．载人飞船在轨道 1 上经过 P 点时速度等于 $\sqrt{\frac{gR^2}{r}}$

B．载人飞船在轨道 1 上经过 P 点时速度大于 $\sqrt{\frac{gR^2}{r}}$

C．空间站在轨道 2 运行的速率等于 $\sqrt{\frac{gR^2}{r}}$

D．地球质量 $M=\frac{4\pi^2r^3}{GT^2}$

【答案】C

【详解】ABC．根据 $G\frac{Mm_0}{R^2}=m_0g$ 载人飞船在轨道 2 上运动时 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v_2^2}{r}$ 解得 $v_2=\sqrt{\frac{gR^2}{r}}$ 飞船从轨道 1 上的 P 点加速才能进入轨道 2，可知飞船在轨道 1 上经过 P 点时速度小于 $\sqrt{\frac{gR^2}{r}}$，选项 AB 错误，C 正确；

D．飞船在轨道 2 上运行时 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{4\pi^2}{T_2^2}r$ 可得地球质量 $M=\frac{4\pi^2r^3}{GT_2^2}\neq\frac{4\pi^2r^3}{GT^2}$ 选项 D 错误。故选 C。

押题解读

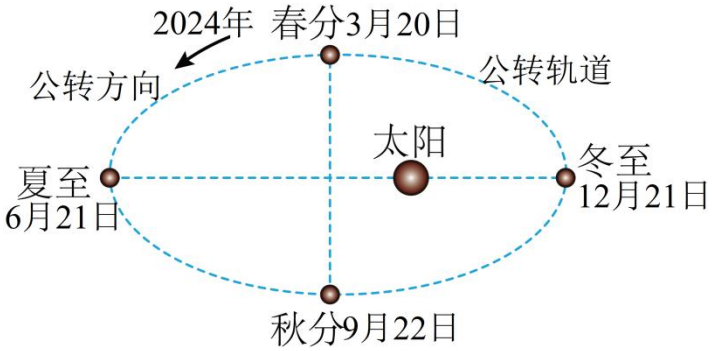
万有引力定律与航天在高考中的命题将紧密结合我国的航天成就和发展趋势，既考查学生对基础知识的掌握程度，又注重考查学生运用知识解决实际问题的能力。因此，在备考过程中，学生不仅需要深入理解万有引力定律的原理和应用，还需要关注我国航天领域的最新动态和成就。

考前秘笈

结合我国的航天成就，如嫦娥探月工程、空间站建设等，掌握和回顾有关天体质量估算、同步卫星、卫星变轨、卫星追及相应、第一宇宙速度等内容的规律，多以选择题训练为主。

押题预测

1．二十四节气入选联合国教科文组织非物质文化遗产代表作名录。在国际气象界中，二十四节气被誉为“中国第五大发明”。2024 年春分、夏至、秋分和冬至在椭圆轨道所处位置和对应时间如图所示，关于这四个节气，下列说法正确的是（　）



A．太阳对地球的万有引力在夏至时达到最大值

B．地球绕太阳公转运行到冬至时线速度达到最大值

C．地球绕太阳公转由春分到秋分的过程中，加速度逐渐增大

D．根据地球的公转周期和太阳与地球的距离可估算出地球的质量

【答案】B

【详解】A．夏至时地球离太阳最远，由万有引力 $F=\frac{GMm}{r^2}$ 知，太阳对地球的万有引力在夏至时达到最小值，故 A 错误；

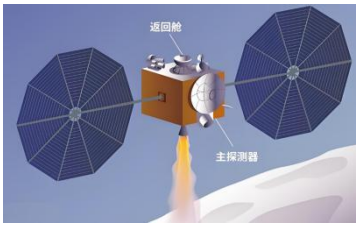
B．由开普勒第二定律知，地球绕太阳公转运行到冬至时线速度达到最大值，故 B 正确；

C．由牛顿第二定律得 $\frac{GMm}{r^2}=ma$，解得 $a=\frac{GM}{r^2}$，故地球绕太阳公转由春分到秋分的过程中，加速度先减小后增大，故 C 错误；

D. 由牛顿第二定律得 $\frac{GMm}{r^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}r$，所以根据地球的公转周期和太阳与地球的距离可估算出太阳的质量，估算不出地球的质量，故 D 错误。

故选 B。

2．“天问二号”探测器即将出征，将再次创造中国航天新高度。假设“天问二号”绕地球的运动可视为匀速圆周运动，距地面的高度为 h，飞行 n 圈所用时间为 t，“天问二号”的总质量为 m，地球半径为 R，引力常量为 G，则（　　）



A．地球的质量 $M=\dfrac{4\pi^2n^2R^3}{Gt^2}$

B．地球表面的重力加速度 $g=\dfrac{4\pi^2n^2}{t^2R^2}(R+h)^3$

C．探测器的向心加速度 $a=\dfrac{Gm}{(R+h)^2}$

D．探测器的线速度 $v=\sqrt{\dfrac{2\pi nR}{t}}$

【答案】B

【详解】A．“天问二号”绕地球做圆周运动的周期 $T=\dfrac{t}{n}$

根据 $G\dfrac{Mm}{(R+h)^2}=m\dfrac{4\pi^2}{T^2}(R+h)$

可得地球的质量 $M=\dfrac{4\pi^2n^2(R+h)^3}{Gt^2}$

选项 A 错误；

B．根据 $G\dfrac{Mm_0}{R^2}=m_0g$

地球表面的重力加速度 $g=\dfrac{4\pi^2n^2}{t^2R^2}(R+h)^3$

选项 B 正确；

C．根据 $G\dfrac{Mm}{(R+h)^2}=ma$

探测器的向心加速度 $a=\dfrac{GM}{(R+h)^2}=\dfrac{4\pi^2n^2(R+h)}{t^2}$

选项 C 错误；

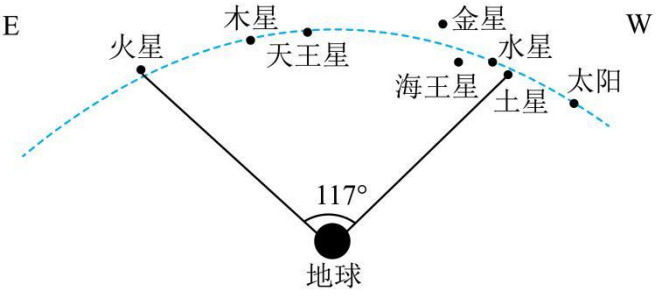
D．探测器的线速度 $v=\dfrac{2\pi}{T}(R+h)=\dfrac{2\pi n(R+h)}{t}$

选项 D 错误。

故选 B。

3．2025 年 2 月 28 日晚在夜空开始上演了“七星连珠”。发生“连珠”的七颗行星自西向东分别为土星、水星、海王星、金星、天王星、木星和火星，它们出现在黄昏日落后不久。从最西端的土星到最东端的火星，张

角为117°，横跨大半个天空，地球观测的天象简略示意图如图所示。下列说法正确的是（　　）



A．在“七星连珠”现象发生的时间内，这七颗行星都围绕太阳做匀速圆周运动

B．七星中水星绕太阳运动的角速度最大

C．若七星绕太阳运动可近似看做匀速圆周运动，则知道七星中任意一颗行星的公转周期就可求太阳的质量

D．金星的公转周期大于火星的公转周期

【答案】B

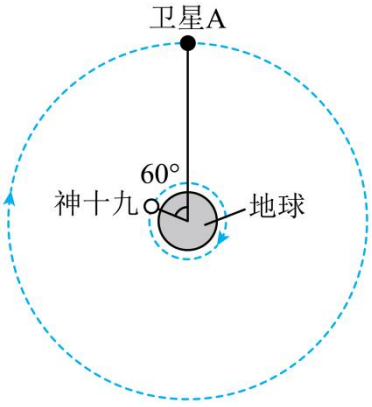
【详解】A．七星连珠现象发生的时间内，这七颗行星都围绕太阳做椭圆轨道运动，故 A 错误；

B．由万有引力提供向心力 $G\frac{Mm}{r^2}=mr\omega^2$ 解得 $\omega=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ 可知由于水星绕太阳运动的轨道半径最小，七星中水星绕太阳运动的角速度最大，故 B 正确；

C．若七星都绕太阳做匀速圆周运动，知道七星中任意一颗行星的公转周期与轨道半径才可以求出太阳的质量，故 C 错误；

D．因为金星的轨道半径小于火星，由开普勒第三定律 $\frac{r^3}{T^2}=k$ 可知，金星的公转周期小于火星的公转周期，故 D 错误。故选 B。

4．北京时间 2025 年 1 月 21 日 1 时 12 分，神舟十九号乘组航天员蔡旭哲、宋令东、王浩泽密切协同，经过约 8.5 小时的出舱活动，圆满完成出舱活动，航天员安全返回问天实验舱，出舱活动取得圆满成功。神十九与卫星 A 在同一平面内，二者沿同一方向（顺时针）做匀速圆周运动，航天员刚出舱时神十九、卫星 A 与地心连线的夹角为 60°，如图所示。已知神十九的运行周期为 1.5h，卫星 A 的轨道半径是神十九的 4 倍，则此后 8.5 小时内，卫星 A 在神十九正上方的次数为（　　）



A．5　　B．6　　C．7　　D．8

【答案】A

【详解】神十九的运动周期为 T_1，卫星 A 的运动周期为 T_2，由开普勒第三定律有 $\frac{r_1^3}{T_1^2}=\frac{r_2^3}{T_2^2}$

解得 T_2=12h

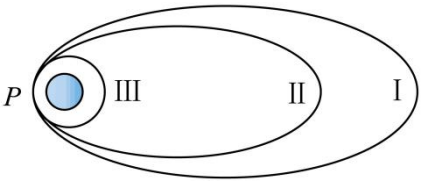
卫星 A 在神十九正上方的运动时间满足 $(\frac{2\pi}{T_1}-\frac{2\pi}{T_2})t=2\pi n+\frac{\pi}{3}$

根据题意 t≤8.5h，解得 $n<5$

故 n 取 0，1，2，3，4，卫星 A 在神十九正上方的次数为 5。

故选 A。

5．我国计划于 2025 年发射“天问 2 号”小行星取样返回探测器，它将对名为“2016HO3”的小行星开展伴飞探测并取样返回地球。“天问 2 号”发射后接近“2016HO3”小行星时，先完成从轨道 I 到轨道II的变轨，然后进入环小行星圆轨道III。如图，轨道 I、II、III相切于 P 点，轨道 I 的长轴为 b_1，轨道II的长轴为 b_2；“天问 2 号”在轨道III上的线速度大小为 v、加速度大小为 a。则“天问 2 号”（　　）



A．在轨道II上 P 点的加速度大于 a

B．在轨道II上 P 点的速度小于 v

C．在轨道I的机械能小于在轨道II的机械能

D．在轨道I、II上的周期之比大于 $\frac{b_1}{b_2}$

【答案】D

【详解】A．根据 $\frac{GMm}{r^2}=ma$ 解得 $a=\frac{GM}{r^2}$ 加速度大小至于距离有关，所以在轨道II上 P 点的加速度等于 a，故 A 错误；

B．从轨道II的变轨进入环小行星圆轨道III需要在 P 点减速，所以在轨道II上 P 点的速度大于 v，故 B 错误；

C．从轨道 I 到轨道II的变轨要减速，所以在轨道I的机械能大于在轨道II的机械能，故 C 错误；

D．根据开普勒第三定律 $\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2=\left(\frac{b_1}{b_2}\right)^3$

所以 $\frac{T_1}{T_2}=\left(\frac{b_1}{b_2}\right)^{\frac{3}{2}}>\frac{b_1}{b_2}$

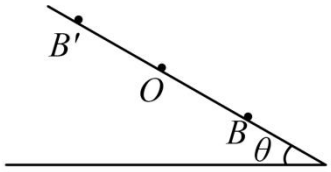
故 D 正确。

故选 D。

押题猜想四 功能关系与能量守恒定律

终极密押

（原创）在一场滑草场活动中，一位质量为 m 的游客从倾角为θ的草坡顶端 O 点静止滑下。游客与草坡的动摩擦因数$\mu=kx$（k 为常数，x 为 O 点到当前位置的距离）。游客将在 A 点达到最大滑行速度并最终停在 B 点，B'是 B 关于 O 的对称点。下列说法正确的是（ ）。



A．OB 之间的距离为$\dfrac{2\tan\theta}{k}$

B．OA 之间的距离大于 AB 之间的距离

C．OA 之间所用的时间小于 AB 之间所用的时间

D．若小物块从 O 向上运动恰能到 B' 点，则初速度为$\sqrt{\dfrac{4g\sin\theta\tan\theta}{k}}$

【答案】A

【详解】A．设 OB 间距为 x，小物块于 O 点静止释放，最终停在 B 点，由于 $\mu=kx$，则摩擦力与位移成线性关系，摩擦力做功为 $W_{\mathrm{f}}=\dfrac{1}{2}kx\cdot mg\cos\theta x$ 根据动能定理有 $mgx\sin\theta-\dfrac{1}{2}kx\cdot mg\cos\theta x=0$ 解得 $x=\dfrac{2\tan\theta}{k}$ 故 A 正确；

B．设 OA 间距为 x'，小物块于 A 点（图中未标出）达到最大速度，此时加速度为 0，则有 $mg\sin\theta-kx'\cdot mg\cos\theta=0$ 解得 $x'=\dfrac{\tan\theta}{k}$ 则 OA 之间的距离等于 AB 之间的距离，故 B 错误；

C．物块在 OA 之间运动，根据动量定理有 $mg\sin\theta t_1-\dfrac{1}{2}kx'mg\cos\theta t_1=mv$ 物块在 AB 之间运动，根据动量定理有 $mg\sin\theta t_2-\dfrac{1}{2}k\times3x'mg\cos\theta t_2=0-mv$ 解得 $t_1=t_2$ 故 C 错误；

D．若小物块从 O 向上运动恰能到 B' 点，根据动能定理有 $mgx\sin\theta+\dfrac{1}{2}kx\cdot mg\cos\theta x=\dfrac{1}{2}mv_0^{\,2}$ 解得 $v_0=\sqrt{\dfrac{8g\sin\theta\tan\theta}{k}}$ 故 D 错误；故选 A。

押题解读

对复杂的物理过程时，动能定理成为分析初末状态动能、求解变力做功的有力工具。对于单个物体或是由多个物体组成的系统，在机械能守恒的条件下，我们可以运用机械能守恒定律来解决问题。当涉及到

机械能与其他形式能量的转化时，能量守恒的观点则成为解决问题的关键。在物理考试中，特别是高考中，直线运动、圆周运动、抛体运动等运动形式经常与动能定理、机械能守恒定律相结合进行考查。这种结合不仅检验了学生对这些基本物理定律的理解程度，还考查了他们运用这些定律解决实际问题的能力。因此，深入理解并熟练掌握这些知识点，对于提高物理学习水平和应对物理考试都至关重要。

考前秘笈

在处理物理问题时，可以将复杂的运动过程拆解为两个或多个子过程。在每个子过程中，对物体进行详细的受力分析，并据此列出动能定理方程或机械能守恒方程。如果机械能不守恒，则只能利用动能定理来求解。而在利用机械能守恒定律解决问题时，我们可以通过转化思想避免选择参考平面，通常这需要综合考虑多个物体或多个过程，综合列出方程进行求解。

押题预测

1．在平直路面上有一辆质量为m的汽车以额定功率P由静止启动，汽车运动过程中受到的总的阻力与行驶速度的平方成正比，比例常数为k。这辆汽车加速到最大速度过程中克服阻力做功为W，则汽车加速运动阶段所用的时间为（　　）

A．$\frac{1}{2}m\sqrt[3]{\frac{1}{Pk}}-\frac{W}{P}$　　B．$\frac{1}{2}m\sqrt[3]{\frac{1}{Pk}}+\frac{W}{P}$

C．$\frac{1}{2}m\sqrt[3]{\frac{1}{Pk^2}}-\frac{W}{P}$　　D．$\frac{1}{2}m\sqrt[3]{\frac{1}{Pk^2}}+\frac{W}{P}$

【答案】D

【详解】汽车速度最大时，牵引力等于阻力，则$P=fv_{\mathrm{m}}=kv_{\mathrm{m}}^3$

汽车最大速度为$v_{\mathrm{m}}=\sqrt[3]{\frac{P}{k}}$

由动能定理可得$Pt-W=\frac{1}{2}mv_{\mathrm{m}}^2=\frac{1}{2}m\left(\sqrt[3]{\frac{P}{k}}\right)^2$

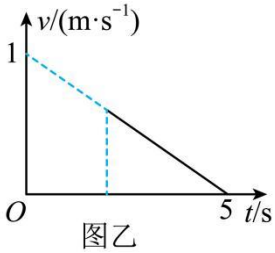
可得加速阶段所用的时间$t=\frac{1}{2}m\sqrt[3]{\frac{1}{Pk^2}}+\frac{W}{P}$

故选 D。

2．如图甲所示，每只冰壶直径$d=30\mathrm{cm}$、质量$m=19\mathrm{kg}$。某次试投过程中，冰壶 A 在$t=0$时刻以$v_0=1\mathrm{m/s}$的初速度投出，与静止的冰壶 B 发生弹性正碰，此后冰壶 B 在水平面上运动 0.9m 后停止，冰壶 B 的$v-t$图像如图乙所示，不计空气阻力，则（　　）



图甲



图乙

A．两只冰壶在$t=3\text{s}$时发生碰撞

B．碰撞前摩擦力对冰壶 A 做功为-3.42J

C．碰撞后冰壶 B 受到摩擦力的冲量大小为$11.4\text{N}\cdot\text{s}$

D．$t=0$和$t=5\text{s}$两时刻冰壶重心间的距离之比为$16:9$

【答案】C

【详解】A．两冰壶质量相等，发生弹性正碰时，两冰壶发生速度交换

由冰壶 B 的$v-t$图像可知冰壶匀减速直线运动的加速度大小为$a=\frac{1}{5}\text{m/s}^2$

冰壶 B 在水平面上运动 0.9m 后停止，所以冰壶 B 运动时间为t，则$x_{\text{B}}=v_1t-\frac{1}{2}at^2$

$v_1-at=0$

解得$t=3\text{s}$，$v_1=0.6\text{m/s}$

所以冰壶 A 与冰壶 B 相碰后冰壶 B 运动了 3s，因此两只冰壶在$t_1=2\text{s}$时发生碰撞，故 A 错误；

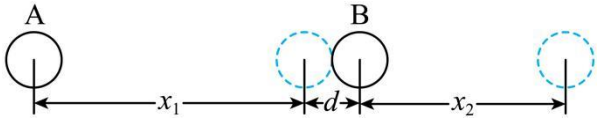
B．对冰壶 A 有$W_{\text{f}}=\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2}mv_0^2$

解得$W_{\text{f}}=-6.08\text{J}$，故 B 错误；

C．碰撞后冰壶 B 受到摩擦力的冲量大小$I=mv_1-0$

解得$I=11.4\text{N}\cdot\text{s}$，故 C 正确；

D．全过程的位置图如下图所示



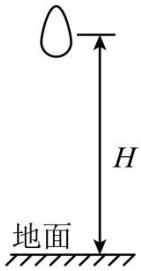
两只冰壶在$t_1=2\text{s}$时发生碰撞，所以$t=0$时两冰壶重心的距离为$\Delta x_1=\frac{v_0+v_1}{2}\cdot t_1+d$

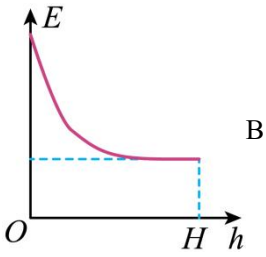
解得$\Delta x_1=1.9\text{m}$ $t=5\text{s}$两冰壶重心的距离为$\Delta x_2=\frac{v_1}{2}\cdot(5-t_1)+d$解得$\Delta x_2=1.2\text{m}$所以$t=0$和$t=5\text{s}$两时刻冰壶重心间的距离之比为$\frac{\Delta x_1}{\Delta x_2}=\frac{19}{12}$，故 D 错误。

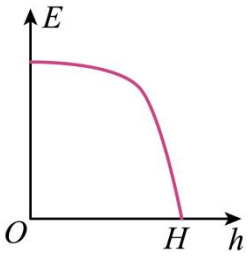
故选 C。

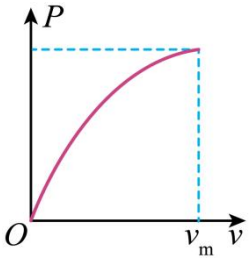
3．空下落的雨滴，由于空气阻力的原因，接近地面时已经达到匀速。如图所示，离地面高度为H的雨滴，由静止开始竖直下落，下落过程中受到的空气阻力大小与速度大小成正比，即$f=kv$（k为常数），以地面为

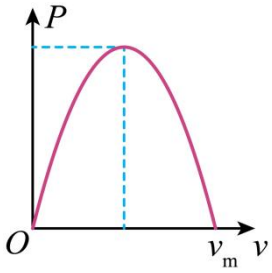
零势能面，雨滴下落过程中机械能 E 随下落的高度 h 及所受合外力的功率 P 随速度大小 v 变化的图像可能正确的是（　　）



A.


B.


C.


D.


【答案】D

【详解】AB．雨滴下落，机械能 E 的减少量等于克服空气阻力 f 做的功，故图像斜率的绝对值 $\frac{\Delta E}{\Delta h}=f=kv$

根据牛顿第二定律有 $mg-kv=ma=F$

雨滴做加速度减小的加速运动，当 a=0 时，速度达到最大，$v_{\mathrm{m}}=\frac{mg}{k}$

故落到地面时 $E=\frac{1}{2}mv_{\mathrm{m}}^2$

因此 E-h 图像斜率的绝对值越来越大，落地时 E>0，AB 错误；

CD．合外力的功率 $P=Fv=mgv-kv^2$ 因此 P 是关于 v 的二次函数，且当 v=0 和 $v=v_{\mathrm{m}}=\frac{mg}{k}$ 时，P=0，C 错误，D 正确。故选 D。

4．如图 1 所示，劲度系数为 k 的轻弹簧竖直固定在水平面上，质量为 m 的小球从 A 点自由下落，至 B 点时开始压缩弹簧，下落的最低位置为 C 点。以 A 点为坐标原点 O。沿竖直向下建立 x 轴，定性画出小球从 A 到 C 过程中加速度 a 与位移 x 的关系，如图 2 所示，重力加速度为 g。对于小球、弹簧和地球组成的系统，下列说法正确的是（　　）

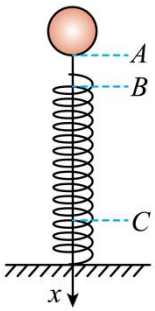


图1

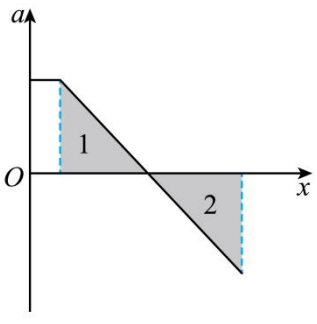


图2

A．小球在 B 点时的速度最大

B．小球从 B 到 C 的运动为简谐运动的一部分，振幅为 $\frac{mg}{k}$

C．小球从 B 到 C，系统的动能与弹性势能之和增大

D．图中阴影部分 1 和 2 的面积大小相等

【答案】C

【详解】A．小球至 B 点时开始压缩弹簧，一开始弹力小于重力，则小球继续向下加速运动，所以小球在 B 点时的速度不是最大，故 A 错误；

B．设平衡位置为 O，弹簧在平衡位置的压缩量为 x_1，则有 $x_1=\frac{mg}{k}$

设平衡位置 O 下方有一 D 点，且 B、D 相对于 O 点对称，根据对称性可知，小球到达 D 点的速度等于 B 点的速度，且 B、D 两点的加速度大小相等，即 D 点的加速度大小为 g，则小球在最低点 C 点的加速度大于 g，方向向上，根据牛顿第二定律可得 $kx_C-mg=ma_C>mg$

可得最低点 C 的压缩量满足 $x_C>\frac{2mg}{k}$

则小球从 B 到 C 的运动为简谐运动的一部分，振幅为 $A=x_C-x_1>\frac{mg}{k}$

故 B 错误；

C．小球和弹簧、地球组成的系统机械能守恒，小球从 B 运动到 C 的过程中，小球的重力势能一直在减小，小球的动能与弹簧的弹性势能之和一直在增大，故 C 正确；

D．设小球在平衡位置的速度为 $v_{\max}$，根据积分的思想可得 $\sum max=S=W_{合}$

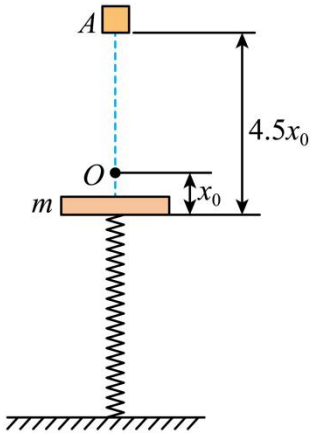
根据动能定理可得 $S_1=\frac{1}{2}mv_{\max}^2-\frac{1}{2}mv_B^2$，$S_2=\frac{1}{2}mv_{\max}^2-0$

由于 $v_B>0$ 所以 $v_B>0$

即中阴影部分 1 的面积小于阴影部分 2 的面积，故 D 错误。

故选 C。

5．质量为 m 的钢板与直立轻弹簧的上端连接，弹簧下端固定在地上。平衡时，弹簧的压缩量为 x_0，如图所示，一质量为 $2m$ 物块从钢板正上方距离为 $4.5x_0$ 的 A 处自由落下，打在钢板上并立刻与钢板粘连一起向下运动。它们到达最低点后又向上运动。已知弹簧以原长处为零势能面的弹性势能表达式为 $E_p=\frac{1}{2}kx^2$，弹簧振子做简谐运动的周期 $T=2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$，（x 为弹簧形变量，M 为振子的质量，k 为弹簧劲度系数），钢板与物块均可视为质点，弹簧始终在弹性限度内，重力加速度为 g，下列说法正确的是（　　）



A．物块与钢板碰撞后一起下落的初速度是 $3\sqrt{gx_0}$

B．碰后物块与钢板一起做简谐运动，振幅 $A=6x_0$

C．碰撞刚结束至两者第一次运动到最低点所经历的时间 $t=\frac{2\pi}{3}\sqrt{\frac{3x_0}{g}}$

D．运动过程中弹簧的最大弹性势能 $E_{pm}=18mgx_0$

【答案】C

【详解】A．对物块，根据动能定理有 $2mg\cdot 4.5x_0=\frac{1}{2}\cdot 2mv_0^2$

解得 $v_0=3\sqrt{gx_0}$

设 v_1 表示质量为 $2m$ 的物块与钢板碰撞后一起开始向下运动的速度，因碰撞时间极短，动量守恒，取 v_0 方向为正，则 $2mv_0=3mv_1$

解得 $v_1=\frac{2v_0}{3}=2\sqrt{gx_0}$

故 A 错误；

B．碰后根据能量守恒 $\frac{1}{2}kx_0^2+\frac{1}{2}\times 3mv_1^2+3mg\left(x_1-x_0\right)=\frac{1}{2}kx_1^2$

根据平衡条件可得 $F_{弹}=kx_0=mg$

解得 $x_1=7x_0$

当物块与钢板受力平衡时，为平衡位置 $3mg=kx_2$

解得 $x_2=3x_0$

所以振幅为 $A=x_1-x_2=4x_0$

故 B 错误；

C．碰撞刚结束至两者第一次运动到平衡位置时间为 t_1，则 $\sin\frac{2\pi t_1}{T}=\frac{2x_0}{A}$

解得 $t_1=\frac{T}{12}$

继续运动到最低点所经历的时间t_2，则$t_2=\frac{T}{4}$

所以，碰撞刚结束至两者第一次运动到最低点所经历的时间$t=t_1+t_2=\frac{T}{3}=\frac{1}{3}\times 2\pi\sqrt{\frac{3m}{k}}=\frac{2\pi}{3}\sqrt{\frac{3x_0}{g}}$

故 C 正确；

D．当物块与钢板运动到最低点时，弹簧的弹性势能最大$E_{pm}=\frac{1}{2}kx_1^2=24.5mgx_0$

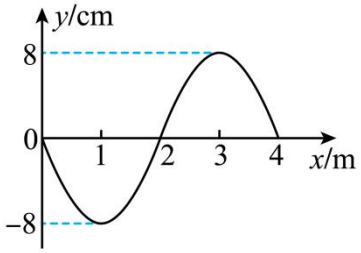
故 D 错误。

故选 C。

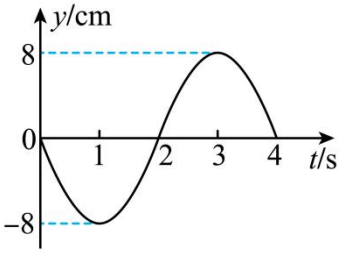
押题猜想五 机械振动与机械波

终极密押

（原创）如图，甲为一列简谐横波在某时刻的波形图，乙为 x=2m 处质点从此刻开始计时的振动图像，下列说法正确的是（　　）



甲



乙

A．此列波沿x轴负向传播

B．$t=0.5\text{s}$时，$x=1\text{m}$处质点的位移为0.5m

C．$t=1.5\text{s}$时，$x=1\text{m}$处质点的位移为$4\sqrt{2}\text{cm}$

D．$x=0.5\text{m}$处质点比$x=1\text{m}$处质点振动相位滞后$\frac{\pi}{4}$

【答案】C

【详解】A．由图乙可知该时刻$x=2\text{m}$处质点沿y轴负方向振动，根据同侧法可知此列波沿x轴正向传播，A 错误；

BC．根据题图可知该波的周期为$T=4\text{s}$结合图甲可知$x=1\text{m}$处质点的振动方程为

$y=-8\cos\frac{2\pi}{4}t(\text{cm})=y=-8\cos\frac{\pi}{2}t(\text{cm})$ $t=1.5\text{s}$时，$x=1\text{m}$处质点的位移为$y=4\sqrt{2}\text{cm}$（cm），C 正确，B 错误；

D．根据图甲可得$y=-\sin\frac{2\pi}{\lambda}\cdot x(\text{cm})=-\sin\frac{\pi}{2}\cdot x(\text{cm})$可得该时刻$x=0.5\text{m}$处质点的位移为$y=-4\sqrt{2}(\text{cm})$则$x$=0.5m 处质点的振动方程为$y=-8\cos(\frac{2\pi}{4}+\varphi)\ t(\text{cm})$其中$-8\cos\varphi=-4\sqrt{2}\text{cm}$联立可得

$y=-8\cos(\frac{2\pi}{4}t+\frac{\pi}{4})$ t(cm)则 $x=0.5\text{m}$ 处质点比 $x=1\text{m}$ 处质点振动相位超前 $\frac{\pi}{4}$，D 错误。故选 C。

押题解读

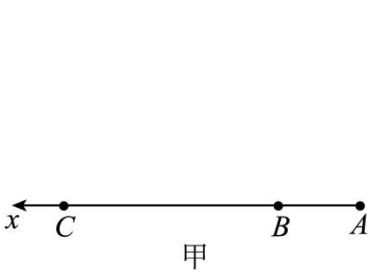
对于这部分内容，高考多以考查机械振动中的弹簧振子和单摆模型，对于机械波多以考查波动图像和振动图像想结合的问题、机械波的多解问题和机械波的干涉问题。

考前秘笈

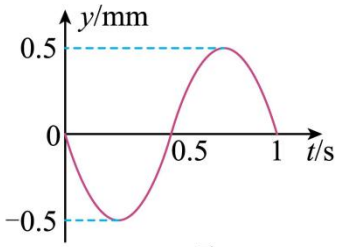
要求掌握机械振动弹簧振子和单摆模型的特点，以及在此基础上基本规律的拓展应用，明确振动图像和波动图像的物理意义和应用。

押题预测

1．中医的悬丝诊脉中给悬的是“丝”；“诊”的是脉搏通过悬丝传过来的振动；即通过机械波判断出病灶的位置与轻重缓急。如图甲；假设“丝”上有 A、B、C 三个质点；坐标分别为 $x_A=0$；$x_B=0.4\text{m}$；$x_C=1.4\text{m}$。$t=0$ 时刻；脉搏搭上丝线图中的质点 A；质点 A 开始振动；其振动图像如图乙所示；产生的机械波沿丝线向 x 轴正方向传播；A、B 两质点运动的方向始终相反；波长大于 0.6m；关于该机械波；下列说法正确的是（　）



甲



乙

A．波长为 0.4m

B．质点 C 的起振方向沿 y 轴正方向

C．在 $t=1\text{s}$ 时刻；质点 B 位于平衡位置

D．若将丝线的另一端搭在另一个人的脉搏上，则丝线中两列波相遇时一定发生干涉现象

【答案】C

【详解】A．由于波长大于 0.6m，A、B 两质点运动的方向始终相反，可知 A、B 点的距离等于半个波长，则有 $\Delta x=x_B-x_A=\frac{\lambda}{2}=0.4\text{m}$

解得波长为 $\lambda=0.8\text{m}$

故 A 错误；

B．由乙图可知，振源的起振方向沿 y 轴负方向，则所有质点的起振方向均沿 y 轴负方向，则质点 C 的起振方向沿 y 轴负方向，故 B 错误；

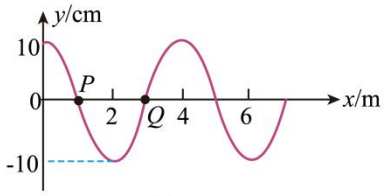
C．由乙图可知，在 $t=1\text{s}$ 时刻，质点 A 位于平衡位置，振动方向沿 y 轴负方向，依题意，A、B 两质点运动的方向始终相反，则该时刻质点 B 位于平衡位置，振动方向沿 y 轴正方向，故 C 正确；

D．若将丝线的另一端搭在另一个人的脉搏上，二人脉搏的频率大小关系不明，所以丝线中两列波相遇时不一定发生干涉现象，故 D 错误。

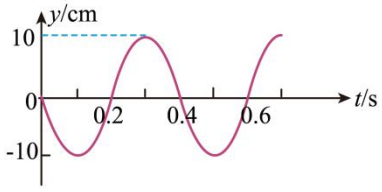
故选 C。

2．2024 年 9 月 18 日 20 时 08 分，安徽合肥市肥东县发生 4.7 级地震，震源深度 12 千米，震中位于北纬 31.98 度，东经 117.60 度，很多居民的手机都收到了“地震预警”，而“地震预警”是指在地震发生以后，抢在地震波传播到受灾地区前，向受灾地区提前几秒至数十秒发出警报，通知目标区域从而实现预警。科研机构对波的特性展开研究，一列简谐横波在 $t=0$ 时刻的波形如图甲所示，质点 P、Q 在 x 轴上的位置为 $x_{\mathrm{P}}=1\mathrm{m}$ 和 $x_{\mathrm{Q}}=3\mathrm{m}$，从此时开始，P 质点的振动图像如图乙所示，下列说法正确的是（　　）





甲



乙

A．该波沿 x 轴正向传播

B．此后 P、Q 两点速度始终相等

C．$t=0.25\mathrm{s}$ 时，Q 质点的位移为 $5\sqrt{2}\,\mathrm{m}$

D．若此波遇到另一列简谐横波并发生了稳定的干涉现象，则所遇到的波的频率为 2.5Hz

【答案】D

【详解】A．由图乙可知，$t=0$ 时刻质点 P 向下振动，根据“上下坡”法由图甲可知，该波沿 x 轴负向传播，故 A 错误；

B．由图甲可知，波长 $\lambda=4\mathrm{m}$，由于 P、Q 两点间距离等于半个波长，所以两质点振动步调相反，速度等大反向，故 B 错误；

C．由图乙可知，周期为 $T=0.4\mathrm{s}$，则角频率为 $\omega=\dfrac{2\pi}{T}=5\pi\mathrm{rad/s}$

设 Q 质点的振动方程为 $y=10\sin\left(\omega t+\varphi_0\right)\mathrm{cm}=10\sin\left(5\pi t+\varphi_0\right)\mathrm{cm}$

当 $t=0$ 时 $y=0$，代入上式，可得 $\varphi_0=0$

故 Q 质点的振动方程为 $y=10\sin\left(5\pi t\right)\mathrm{cm}$

当 $t=0.25\mathrm{s}$ 时 Q 质点的位移为 $y=-5\sqrt{2}\mathrm{cm}$

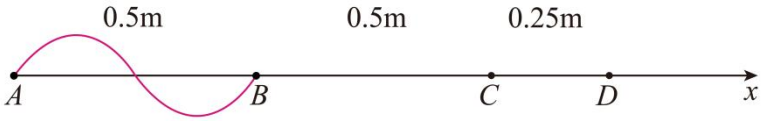
故 C 错误；

D．若此波遇到另一列简谐横波发生了干涉现象，则两列波频率相同，则所遇到的波的频率为 $f=\dfrac{1}{T}=2.5\mathrm{Hz}$

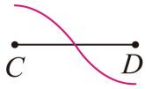
故 D 正确。

故选 D。

3．如图所示，在 x 轴上有 A、B、C、D 四个点，其间距已在图中标注。现有一周期为 T、波长为 0.5m、沿 x 轴正方向传播的横波，当 $t=0$ 时波恰好传到 B 点，则 $t=2.5T$ 时，CD 段的波形图为（　　）



A. 

B. 

C. 

D. 

【答案】D

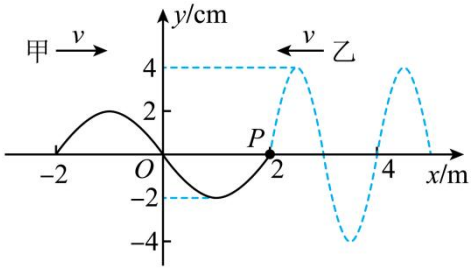
【详解】该波的波长为 0.5m，故波速可表示为 $v=\dfrac{\lambda}{T}=\dfrac{0.5}{T}$

该波刚传播到 CD 中点时需要的时间为 $\Delta t=\dfrac{x}{v}=\dfrac{0.625}{\dfrac{0.5}{T}}=1.25T$

故在 $t=2.5T$ 时，CD 中点处质点振动了 $1.25T$ 的时间，波沿 x 轴正方向传播可知波源的起振方向向下，故 CD 中点处质点在 $t=2.5T$ 时刚好处于波谷位置。

故选 D。

4．甲、乙两列简谐横波在同一均匀介质中沿 x 轴相向传播，波速均为 2m/s。t=0 时刻二者在 x=2m 处相遇，波形图如图所示。关于平衡位置在 x=2m 处的质点 P，下列说法正确的是（　　）



A．t=0.5s 时，P 偏离平衡位置的位移为 0

B．t=0.5s 时，P 偏离平衡位置的位移为 2cm

C．t=1.0s 时，P 向 y 轴正方向运动

D．t=1.0s 时，P 向 y 轴负方向运动

【答案】C

【详解】AB．在 0.5s 内，甲、乙两列波传播的距离均为 $\Delta x=v\Delta t=2\times0.5\text{m}=1\text{m}$

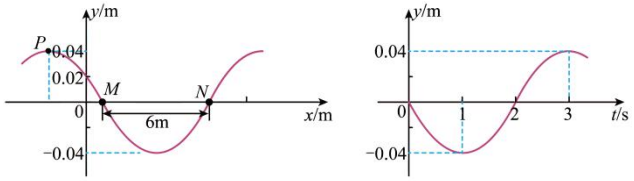
根据波形平移法可知，$t=0.5\text{s}$ 时，$x=1\text{m}$ 处甲波的波谷刚好传到 P 处，$x=3\text{m}$ 处乙波的平衡位置振动刚好传到 P 处，根据叠加原理可知，$t=0.5\text{s}$ 时，P 偏离平衡位置的位移为 -2cm，故 AB 错误；

CD．在 1.0s 内，甲、乙两列波传播的距离均为 $\Delta x'=v\Delta t'=2\times1.0\text{m}=2\text{m}$

根据波形平移法可知，$t=1.0\text{s}$ 时，$x=0$ 甲波的平衡位置振动刚好传到 P 处，$x=4\text{m}$ 处乙波的平衡位置振动刚好传到 P 处，且此时两列波的振动都向 y 轴正方向运动，根据叠加原理可知，$t=1.0\text{s}$ 时，P 向 y 轴正方向运动，故 C 正确，D 错误。

故选 C。

5．一列简谐横波在 $t=0$ 时刻的波动图像如图甲所示，质点 M、N 刚好在平衡位置，质点 P 在波峰。质点 N 的振动图像如图乙所示，则下列说法正确的是（　　）



图甲　　图乙

A．波沿 x 轴负方向传播

B．质点 N 的平衡位置坐标 $x_{\mathrm{N}}=7\mathrm{m}$

C．质点 M 在 $t=0.5\mathrm{s}$ 时位移为 $0.02\mathrm{m}$

D．$t=0.5\mathrm{s}$ 时 P 点的位移大于 M 点的位移

【答案】B

【详解】A．由图乙可知，t=0 时刻质点 N 的振动方向沿 y 轴负方向向下，结合图甲可知波沿 x 轴正方向传播，故 A 错误；

B．由图甲可知，波长

$$\lambda=6\mathrm{m}\times2=12\mathrm{m}$$

振幅为

$$A=0.04\mathrm{m}$$

设该波 t=0 时刻的波动方程为

$$y=A\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x+\varphi\right)$$

将 $(0,0.02)$ 代入可得

$$\varphi=\frac{\pi}{3}$$

由图可知，M 点平衡位置的坐标 xM 使

$$\frac{2\pi}{\lambda}x_M+\frac{\pi}{3}=\frac{\pi}{2}$$

解得

$$x_M=1\mathrm{m}$$

由图知

$$x_N=x_M+6\mathrm{m}=7\mathrm{m}$$

质点 N 的平衡位置坐标

$$x_N=7\mathrm{m}$$

故 B 正确；

C．由图乙可知该波的周期为

$$T=2\text{s}\times 2=4\text{s}$$

可得质点 M 的振动方程为

$$y_M=A\sin\frac{2\pi}{T}t=0.04\sin\left(\frac{\pi}{2}t\right)\text{m}$$

质点 M 在 $t=0.5\text{s}$ 时位移为

$$y_M=0.02\sqrt{2}\,\text{m}$$

故 C 错误；

D．质点 P 的振动方程为

$y_P=A\cos\frac{2\pi}{T}t$ $t=0.5\text{s}$ 时 P 点的位移

$$y_P=0.02\sqrt{2}\,\text{m}$$

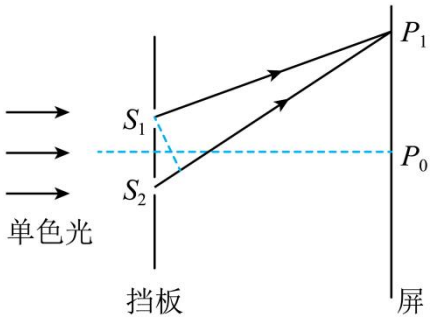
所以 $t=0.5\text{s}$ 时 P 点的位移等于 M 点的位移，故 D 错误。

故选 B。

押题猜想六 光的折射与光的干涉

终极密押

（原创）如图为光的双缝干涉原理图，用红色激光照射挡板上的两条平行的狭缝 S_1、S_2，在后面的屏上能观察光的干涉条纹，在屏上 P_0、P_1 处分别是中央明条纹和第一条明条纹的中心。下列说法正确的是（　　）



A．干涉条纹与狭缝垂直

B．在挡板和屏之间的空间不发生光的干涉

C．屏上 P_1 到两条狭缝 S_2、S_1 的距离差等于干涉光的波长

D．其他条件不变，将整个装置放进折射率为 n 的水中，则条纹间距将变宽

【答案】C

【详解】A．根据双缝干涉的原理可知干涉条纹与狭缝平行，故 A 错误；

B．光的干涉发生于双缝后相遇的所有三维空间，故 B 错误；

C．明条纹的中心到双缝的距离差为波长的整数倍，即$r_2-r_1=k\lambda\left(k=0,\pm1,\pm2\cdots\right)$时，两列波叠加干涉出现明条纹，$k$为条纹的级次，故C正确；

D．放进折射率为n水中时，光的波长变为$\frac{\lambda}{n}$变短，由$\Delta x=\frac{L\lambda}{nd}$可知，屏上相邻干涉条纹间距$\Delta x$将变窄，故D错误。故选C。

押题解读

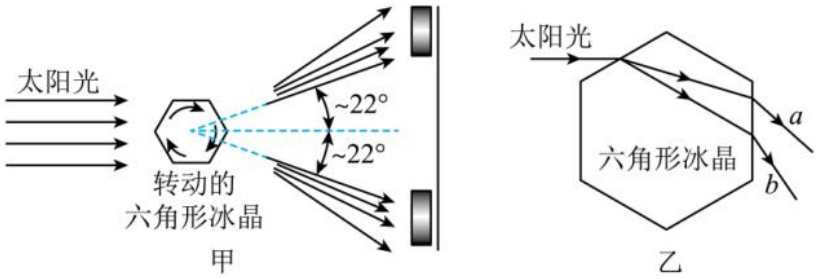
对于几何光学的考查，主要是包含光的折射和光的全反射两部分内容。对于物理光学的考查，主要是考查双缝干涉和薄膜干涉。几何光学要求学生能够准确且标准的画出光路图，能够充分利用三角形中边角关系来处理有关问题，物理光学中的光的干涉要求学生能够熟练应该条纹间距公式。

考前秘笈

要求学生熟练记忆和掌握几何光学中的三个基本公式，双缝干涉中条纹间距公式和薄膜干涉亮条纹间距公式。

押题预测

1．平行太阳光透过大气中整齐的六角形冰晶时，中间的光线是由太阳直射过来的，是“真正的太阳”；左右两条光线是折射而来，沿水平方向朝左右折射约22°是“假太阳”。图甲为太阳光穿过转动的六角形冰晶形成“双太阳”的示意图，图乙为a、b两种单色光穿过六角形冰晶的过程图，则（　　）



A．太阳光照在转动的冰晶表面上，部分光线发生了全反射

B．冰晶对a的折射率比对b的折射率大

C．a光光子能量比b更大

D．用a、b光在相同实验条件下做双缝干涉实验，a的条纹间距大

【答案】D

【详解】A．全反射条件是光密进入光疏介质才能发生，故A错误；

B．由图可知，太阳光射入冰晶时，a光的偏折程度比b光的偏折程度小，则a的折射率比b的小，故B错误；

C．a的折射率比b的小，则a的频率比b的小，根据$E=h\nu$

可知a的光子能量比b的小，故C错误；

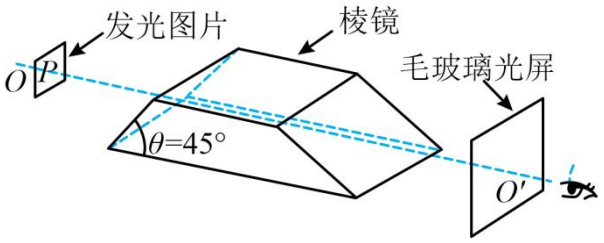
D．a的频率比b的小，根据$c=\lambda\nu$

则 a 的波长比 b 的大，用 a、b 光在相同实验条件下做双缝干涉实验，根据 $\Delta x=\frac{L}{d}\lambda$

可知 a 的双缝干涉条纹间距大，故 D 正确。

故选 D。

2．光学仪器“道威棱镜”被广泛用来进行图形翻转。其由发光图片、棱镜和光屏构成，发光图片的中心、棱镜左右侧面的中心以及毛玻璃光屏的中心都处于 OO' 轴上，如图所示。其中棱镜的横截面为底角 $\theta=45°$ 的等腰梯形，棱镜材料对绿光的折射率 $n=\sqrt{2}$。已知平行于 OO' 轴入射到左侧界面的绿光穿过棱镜时，只与下底面发生一次反射，下列说法正确的是（　　）



A．平行于 OO' 轴入射到左侧界面的绿光折射时偏折了 30°

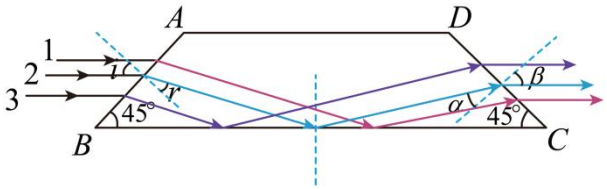
B．平行于 OO' 轴入射到左侧界面不同位置的绿光在棱镜内通过的路程不同

C．若从图示视角观察，图片以 OO' 轴旋转，则光屏上的像与图片旋转方向相同

D．若棱镜以 OO' 轴旋转的角速度为 ω，则光屏上的像旋转周期为 $\frac{\pi}{\omega}$

【答案】D

【详解】A．光线在棱镜中传播时光路图如图



平行于 OO' 轴入射到左侧界面的绿光折射角为 $\sin r=\frac{\sin i}{n}=\frac{\sin 45^\circ}{\sqrt{2}}=\frac{1}{2}$

可知 r=30°

可知折射时偏折了 15°，选项 A 错误；

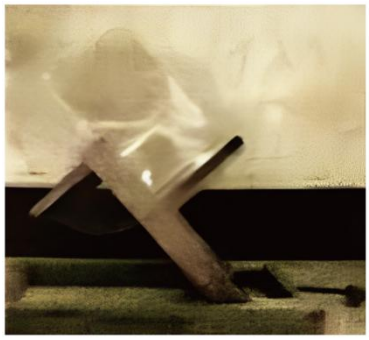
B．由几何关系可知，平行于 OO' 轴入射到左侧界面不同位置的绿光在棱镜内通过的路程相同，选项 B 错误；

C．若从图示视角观察，图片以 OO' 轴旋转，则根据光路图可知，入射到左侧面的光线和从右侧面的出射光线上下位置颠倒，则光屏上的像与图片旋转方向相反，选项 C 错误；

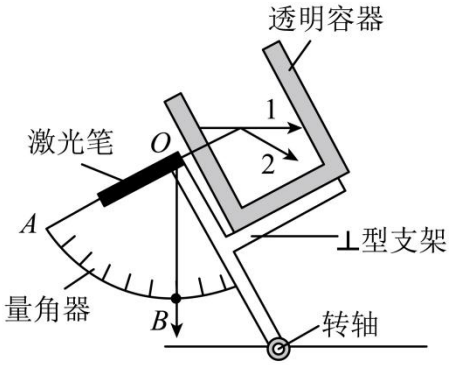
D．若棱镜以 OO' 轴旋转的角速度为 ω，则周期 $\frac{2\pi}{\omega}$，因棱镜旋转一周，则屏上的像转 2 周，则光屏上的像旋转周期为 $\frac{\pi}{\omega}$，选项 D 正确。

故选 D。

3．图甲为张老师设计的测液体折射率装置，示意图如图乙，装有液体的厚长方体透明容器放在支架上可绕水平轴转动。激光笔固定在量角器上且与 AO 边重合。过中心 O 悬挂一重锤，其所指位置为 B。现让激光垂直容器壁射入液体并在液面处出现光线 1 和 2，支架转动到光线 1 恰好消失时，读出 $\angle AOB$ 并记为 θ，即可求出液体的折射率并标在量角器上。已知容器的折射率为 n，下列说法正确的是（　　）



甲



乙

A．该液体的折射率为 $\dfrac{n}{\sin\theta}$

B．该液体的折射率为 $n\sin\theta$

C．越靠近 A 端标注的折射率值越大且刻度均匀

D．若为薄壁容器，激光也必须垂直容器壁入射

【答案】D

【详解】AB．题意知光线 1 恰好消失时，光恰好发生全发射，几何关系可知，光在液体内部的入射角为 θ（临界角），则有 $\sin\theta=\dfrac{1}{n_{液}}$ 整理得 $n_{液}=\dfrac{1}{\sin\theta}$ 故 AB 错误；

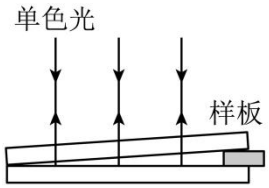
C．由 $n_{液}=\dfrac{1}{\sin\theta}$

可知越靠近 A 端 θ 越小，$n_{液}$ 越大，但 $n_{液}$ 与 θ 不成正比，即刻度不均匀，故 C 错误；

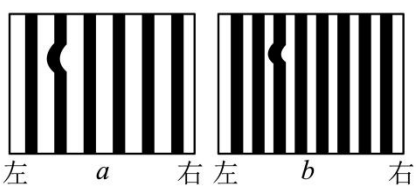
D．若为薄壁容器，激光不垂直容器壁入射时，在容器壁处会发生折射，此时 θ 不再等于光在液体内部的入射角，会对测量液体折射率产生干扰，所以激光也必须垂直容器壁入射，故 D 错误。

故选 D。

4．薄膜干涉技术是平面表面质量检测的一种常用方法。样板与工件平面之间形成一个楔形空气薄膜，如图甲所示。现用两种颜色不同的平行单色光 a、b 分别从上向下垂直被检查工件上表面照射，分别形成了如图乙所示的两种明、暗相间的条纹。下列说法正确的是（　　）



甲



乙

A．该检测工件上表面有一个明显的凸起

B．单色光 a 和 b 从同种介质射向空气发生全反射时的临界角，单色光 a 的比单色光 b 的小

C．单色光 a、b 分别通过相同的装置、在相同的条件下，进行双缝干涉实验时形成的相邻明条纹间距，单色光 a 的比单色光 b 的小

D．若用单色光 b 照射某金属未发生光电效应，换用单色光 a 照射该金属不可能发生光电效应

【答案】D

【详解】A．同一亮条纹所对应的光程差相等，由图可知，弯曲的亮条纹提前出现，说明该检测工件上表面有一个明显的凹坑，故 A 错误；

B．由图乙可知，在空气薄膜中相同的长度下，单色光 a 所对应的亮条纹间距较大，则单色光 a 的波长较长，单色光 a 的频率较小，单色光 a 的折射率较小，根据 $\sin C=\frac{1}{n}$ 可知，单色光 a 发生全反射时的临界角较大，故 B 错误；

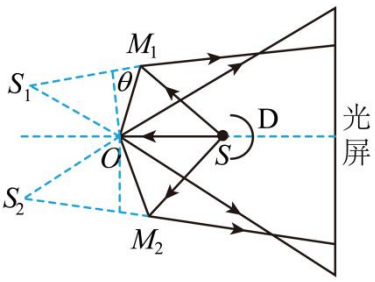
C．由于单色光 a 的波长较长，根据 $\Delta x=\frac{L}{d}\lambda$

可知单色光 a、b 分别通过相同的装置，在相同的条件下，进行双缝干涉实验时形成的相邻明条纹间距，单色光 a 的比单色光 b 的大，故 C 错误；

D．由于单色光 a 的波长较长，则其频率较小，若用单色光 b 照射某金属未发生光电效应，换用单色光 a 照射该金属一定不能发生光电效应，故 D 正确。

故选 D。

5．菲涅耳双面镜干涉实验装置如图所示，将两块平面镜 M_1、M_2 边缘对齐并处于同一平面内，然后绕 O 点各转过微小角度 θ，图中 D 为遮光板。用位于两平面镜夹角平分线上的单色光源 S 照射，在光屏上出现了干涉条纹，光屏与角平分线垂直。下列说法正确的是（　　）



A．仅增大 S 到 O 点的距离，屏上相邻两条亮条纹间距增大

B．仅换用频率更小的光源，屏上相邻两条亮条纹间距减小

C．仅减小转过的角度 θ，屏上相邻两条亮条纹间距增大

D．光屏上有光照射到的区域都会出现明暗相间的干涉条纹

【答案】C

【详解】A．光源 S 在两平面镜中的像可以等效为杨氏双缝干涉实验中的双缝，令光源 S 到光屏的间距为 L_1，两虚像之间的间距为 d，S 到 O 点的距离为 x_0，根据几何关系有 $d=2\times 2x_0\cos\theta\sin\theta=2x_0\sin 2\theta$

S_1、S_2 连线到到光屏间距为 $L=L_1+2x_0\cos\theta\cos\theta=L_1+2x_0\cos^2\theta$

对比双缝干涉公式，则屏上相邻两条亮条纹间距 $\Delta x=\frac{L}{d}\lambda=\frac{L_1+2x_0\cos^2\theta}{2x_0\sin 2\theta}\lambda$

若仅增大 S 到 O 点的距离 x_0，可知，屏上相邻两条亮条纹间距减小，故 A 错误；

B．仅换用频率更小的光源，根据 $c=\lambda f$

可知，波长增大，结合上述可知屏上相邻两条亮条纹间距变大，故 B 错误；

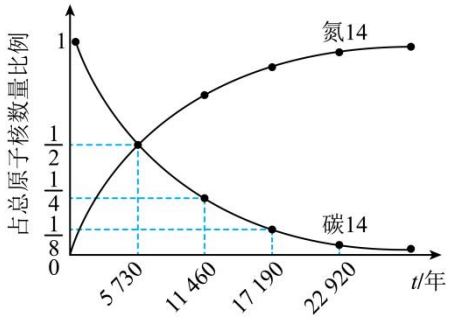
C．根据题意可知，θ 为一个微小的角，即 2θ 仍然为锐角，若仅减小转过的角度 θ，结合上述可知，屏上相邻两条亮条纹间距增大，故 C 正确；

D．根据图示可知，在经过两平面镜反射后的光在光屏上重叠区域才能够出现明暗相间的干涉条纹，该区域比光屏上有光照射到的区域要小，在重叠区域之外有光照射的区域可以等效为只有一个虚像光源发出的光到达，在该区域不能够出现明暗相间的干涉条纹，故 D 错误。故选 C。

押题猜想七 近代物理

终极密押

（原创）某实验室利用碳 14 定年法测定古代钱币的年代，已知碳 14 是一种放射性的元素，其衰变为氮 14 图像如图所示，根据图像提供的信息下列说法中正确的是（　　）



A．经过 11460 年 100 个碳 14 核将衰变 75 个

B．碳 14 转变为氮 14 过程中有一个中子转变为质子

C．若氮 14 生成碳 14 的核反应方程为 ${}^{14}_{7}\mathrm{N}+{}^{1}_{0}\mathrm{n}\rightarrow{}^{14}_{6}\mathrm{C}+\mathrm{X}$，则 X 为电子

D．当氮 14 数量是碳 14 数量的 3 倍时，碳 14 衰变所经历时间为 5730 年

【答案】B

【详解】A．衰变服从量子统计规律，只对大量的原子才有意义，A 错误；

B．碳 14 转变为氮 14 过程中有一个中子转变为质子和电子，电子被释放出来，B 正确；

C．根据质量数守恒和电荷数守恒可知若氮 14 生成碳 14 的核反应方程为 ${}^{14}_{7}\mathrm{N}+{}^{1}_{0}\mathrm{n}\rightarrow{}^{14}_{6}\mathrm{C}+\mathrm{X}$，则 X 为质子，C 错误；

D．由图可知碳 14 的衰变周期为 5730 年，当氮 14 数量是碳 14 数量的 7 倍时，根据 $N_{余}=N_{原}(\frac{1}{2})^{\frac{t}{T}}$

可知$\frac{t}{T}=2$即$N_{余}=\frac{N_{原}}{4}$解得$t=11460$年，D 错误。故选 B。

押题解读

近代物理的考查主要涉及到光电效应、玻尔原子理论和原子核物理，内容简单，考查题目的难度也不大，容易得分。

考前秘笈

这部分内容建议考前认真看看课本，且该记忆的内容一定要记住。

押题预测

1．如图所示的火灾自动报警器工作原理为：放射源处的镅$^{241}_{95}\mathrm{Am}$发生α衰变生成镎$^{237}_{93}\mathrm{Np}$，α粒子使壳内气室空气电离而导电。当烟雾进入壳内气室时，α粒子被烟雾颗粒阻挡，于是锋鸣器报警。下列说法正确的是（　　）



A．发生火灾时温度升高，$^{241}_{95}\mathrm{Am}$的半衰期变长

B．这种报警装置应用了α射线贯穿本领强的特点

C．$^{241}_{95}\mathrm{Am}$发生α衰变过程中需要吸收能量

D．α衰变的本质是原子核内的两个质子与两个中子结合成了一个α粒子然后释放出来

【答案】D

【详解】A．半衰期只由原子核内部决定，与所处环境温度无关，故 A 错误；

B．这种报警装置应用了α射线电离本领强的特点，故 B 错误；

C．$^{241}_{95}\mathrm{Am}$发生α衰变过程中要释放能量，故 C 错误；

D．α衰变的本质是原子核内的两个质子与两个中子结合成了一个α粒子然后释放出来，故 D 正确。

故选 D。

2．我国首座钍基熔盐实验堆采用钍$^{232}_{90}\mathrm{Th}$作为燃料，并使用熔盐冷却剂，避免了核污水排放。$^{232}_{90}\mathrm{Th}$吸收中子后会发生的一系列核反应：$^{232}_{90}\mathrm{Th}+^{1}_{0}\mathrm{n}\rightarrow^{233}_{90}\mathrm{Th}\xrightarrow{x\text{衰变}}^{233}_{91}\mathrm{Pa}\xrightarrow{x\text{衰变}}^{233}_{92}\mathrm{U}$

已知$^{233}_{92}\mathrm{U}$的半衰期为 16 万年，某次实验中生成 0.5g 的$^{233}_{92}\mathrm{U}$。下列说法正确的是（　　）

A．x衰变为α衰变

B．$^{233}_{92}\mathrm{U}$比$^{232}_{90}\mathrm{Th}$多 1 个质子

C．$^{233}_{92}\mathrm{U}$的比结合能小于$^{233}_{91}\mathrm{Pa}$的比结合能

D．经过 24 万年，剩余$^{233}_{92}\mathrm{U}$质量约为 0.177g

【答案】D

【详解】A．根据核反应过程中质量数和电荷数守恒，可知 x 衰变为β衰变，故 A 错误；

B．$^{233}_{92}\mathrm{U}$ 的质子为 92，$^{232}_{90}\mathrm{Th}$ 的质子为 90，所以 $^{233}_{92}\mathrm{U}$ 比 $^{232}_{90}\mathrm{Th}$ 多 2 个质子，故 B 错误；

C．根据衰变过程放出能量，所以生成的新核更稳定，所以 $^{233}_{92}\mathrm{U}$ 的比结合能大于 $^{233}_{91}\mathrm{Pa}$ 的比结合能，故 C 错误；

D．根据半衰期公式，可得经过 24 万年，剩余 $^{233}_{92}\mathrm{U}$ 的质量为 $m=m_0(\frac{1}{2})^{\frac{24}{16}}=0.177\ \mathrm{g}$

故 D 正确。

故选 D。

3．2024 年 6 月 25 日，嫦娥六号返回器准确着陆于内蒙古四子王旗预定区域，标志着探月工程嫦娥六号任务取得圆满成功，实现世界首次月球背面采样返回。嫦娥六号中有一块“核电池”，在月夜期间提供电能的同时还能提供一定能量用于舱内温度控制。“核电池”利用了 $^{238}_{94}\mathrm{Pu}$ 的衰变，$^{238}_{94}\mathrm{Pu}$ 的半衰期为 87.7 年。关于 $^{238}_{94}\mathrm{Pu}$ 的半衰期，下列说法正确的是（　　）

A．嫦娥六号绕月球做匀速圆周运动时处于完全失重状态，$^{238}_{94}\mathrm{Pu}$ 的半衰期小于 87.7 年

B．在月球上夜间的温度很低，$^{238}_{94}\mathrm{Pu}$ 的半衰期小于 87.7 年

C．经过 175.4 年，“核电池”中的 $^{238}_{94}\mathrm{Pu}$ 变为原来的 $\frac{1}{4}$

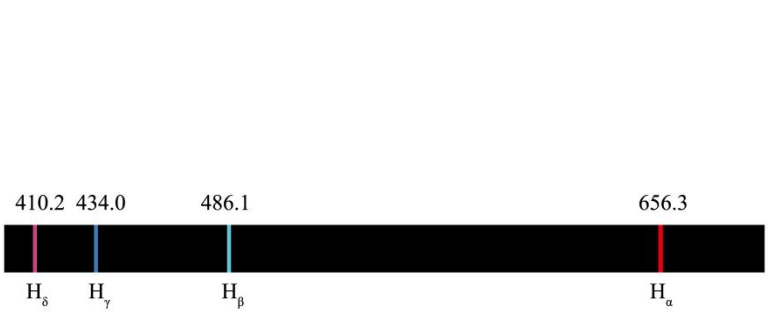
D．经过 175.4 年，“核电池”中的 $^{238}_{94}\mathrm{Pu}$ 变为原来的 $\frac{1}{8}$

【答案】C

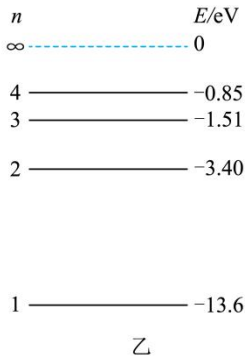
【详解】AB．半衰期与物体所处的状态和温度无关，故 AB 错误；

CD．经过 175.4 年，“核电池”中的 $^{238}_{94}\mathrm{Pu}$ 的质量 $m=m_0(\frac{1}{2})^{\frac{t}{T}}$ 解得 $m=\frac{1}{4}m_0$ 故 C 正确，D 错误。故选 C。

4．如图甲为氢原子光谱示意图，图乙为氢原子部分能级示意图。图甲中的 H_α、H_β、H_γ、H_δ 是氢原子在可见光区的四条谱线，这四条谱线为氢原子从 $n\geq 3$ 能级向 $n=2$ 能级跃迁时产生的。已知可见光的光子能量范围为1.62～3.11eV。下列说法正确的是（　　）



甲



乙

A．H_α 对应的光子能量比 H_γ 对应的光子能量大

B．H_δ可能是氢原子从$n=3$能级向$n=2$能级跃迁时产生的

C．若氢原子从$n=4$能级向$n=3$能级跃迁，则辐射出的光属于红外线

D．若氢原子从$n=2$能级向$n=1$能级跃迁，则需要吸收 10.2eV 的能量

【答案】C

【详解】A．H_α谱线的波长最长，频率最小，能量最小，故H_γ对应的光子能量比H_α对应的光子能量大，A 错误；

B．由图可知，四条谱线中H_δ谱线的波长最短，频率最大，而氢原子从高能级向$n=2$能级跃迁产生的光子中，从$n=3$能级向$n=2$能级跃迁时产生的光子能量最小，其波长最长，频率最小，B 错误；

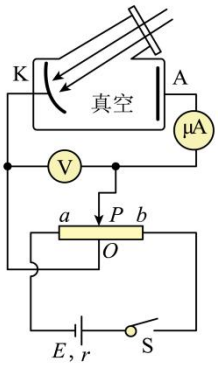
C．氢原子从$n=4$能级向$n=3$能级跃迁时发出的光子的能量为$-0.85\text{eV}-(1.51)\text{eV}=0.66\text{eV}$

此能量小于可见光的能量范围，故此光属于红外线，C 正确；

D．若氢原子从$n=2$能级向$n=1$能级跃迁，释放出能量为 10.2eV 的光子，D 错误。

故选 C。

5．如图所示为研究光电效应的实验原理图，O为ab的中点，滑动变阻器的滑片 P 初始时也位于ab的中点，现用绿光照射光电管时，电流表的示数为I_0，电表均可视为理想电表，下列说法正确的是（　　）



A．将入射光换为蓝光，电路其他位置不变，电流表的示数一定大于I_0

B．将入射光换为强度相同的红光，电路其他位置不变，电流表的示数一定为 0

C．仅将滑动变阻器的滑片 P 向右滑动，电流表的示数会一直增大

D．仅将滑动变阻器的滑片 P 向左滑动，当电流表的示数恰好为 0 时，电压表的示数等于遏止电压

【答案】D

【详解】B．用绿光照射光电管时，电流表的示数为I_0，说明绿光频率大于等于极限频率，将入射光换为强度相同频率更小的红光，无法判断是否发生光电效应，则无法判断电流表是否有示数，B 错误；

A．将入射光换为蓝光，光照强度无法确定，电流表的示数无法确定，A 错误；

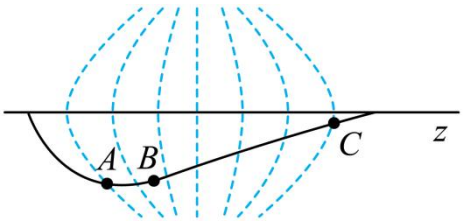
C．仅将滑动变阻器的滑片 P 向右滑动，光电管 A 极电势高，加正向电压，电压增大，电流增大，但达到饱和电流后，再增大电压，电流表示数也不会变化，C 错误；

D．仅将滑动变阻器的滑片 P 向左滑动，即加反向电压，电流表的示数减小，当电流表的示数恰好为 0 时，电压表的示数称为遏止电压，D 正确。故选 D。

押题猜想八 电磁场的基本性质规律

终极密押

（原创）环形电极聚焦电场是由带电环形导体产生的静电场来实现电子束聚焦的装置，常用于电子束焊接和精密加工设备中。如图所示为电子束焊接装置的聚焦电场，虚线为等势线，任意两条相邻等势线间电势差相等，z 轴为电场的对称轴。一电子从左侧以初速度进入该电场，仅在电场力作用下运动，实线为其轨迹，A、B、C 为轨迹上的三点。下列说法正确的是（　　）



A．A、B 两点的电场强度相同

B．各点电势高低的关系为$\varphi_A<\varphi_B<\varphi_C$

C．该电子从 A 点到 B 点过程中动能先增大后减小

D．该电子从 A 点到 B 点过程中电势能一直增大

【答案】B

【详解】A．根据等势线与电场线垂直，可知 A、B 两点的电场强度方向不同，故 A、B 两点的电场强度不同，故 A 错误；

B．电子仅在电场力作用下从 A 点运动到 C 点，由于合力方向指向轨迹的内侧，电子带负电，所受电场力方向与电场方向相反，电场力方向与等势线垂直可知，电场线方向整体从右侧指向左侧，又由于沿电场线方向电势降低，可知各点电势高低关系为 $\varphi_A<\varphi_B<\varphi_C$

故 B 正确；

CD．结合上述可知，从 A 到 B 的运动过程中，电子所受电场力做正功，电子的电势能一直减小，电子的动能一直增大，故 CD 错误。故选 B。

押题解读

静电场这部分内容主要结合等量同种或者等量异种电荷的电场特点和电场线特点，重点考查静电场的电场强度、电势、电势能等基本概念，同时也可以通过各类图像中斜率、面积的物理含义来对静电场中上述概念的考查。

磁场的基本概念和规律主要涉及磁感应强度、安培力的特点、洛伦兹力的特点，考查主要是对磁感应强度大小、安培力大小、洛伦兹力特点的考查，内容相对较为基础。

考前秘笈

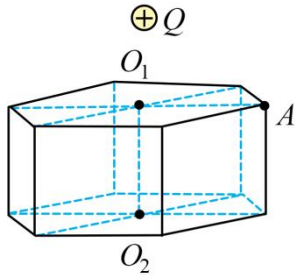
掌握等量同种或者等量异种电荷的电场分布，特别是电荷连线和连线中垂线上各点电场强度、电势、

电势能的变化。熟悉 φ-x 图像、EP-x 图像、E-x 图像的斜率和面积物理含义的掌握。

掌握磁感应强度的定义方式,安培力大小求解中注意 L 为有效长度,同时要注意只有在 B⊥I 的情况下才有 F=BIL，洛伦兹力方向判断要注意区分正负电荷。这部分还要熟练掌握安培定则和左手定则。

押题预测

1．如图所示，正六棱柱金属壳上下底面的中心为 O_1，O_2，A 为棱角顶点，在 O_1 正上方置一正点电荷 Q，则达到静电平衡后（　　）



A．O_1 点电势高于 O_2 点电势

B．相比于 A 点，O_1 点的电荷密集程度更高

C．在正六棱柱金属壳内部电场强度处处为零

D．在上表面 O_1 点上方附近的电场方向与上表面平行

【答案】C

【详解】A．由于处于静电平衡状态的金属壳为等势体，其表面为等势面，所以 O_1 点电势与 O_2 点电势相等，故 A 错误；

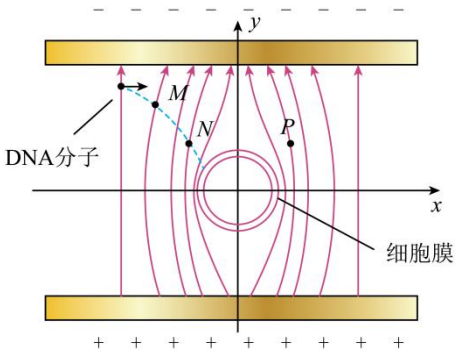
B．金属壳表面的感应电荷集中于尖端，所以相比于 A 点，O_1 点的电荷密集程度更低，故 B 错误；

C．由于金属壳处于静电平衡状态，其内部电场强度处处为零，故 C 正确；

D．由于金属壳为等势体，所以在上表面 O_1 点上方附近的电场方向与上表面垂直，故 D 错误。

故选 C。

2．细胞电转染的原理简化如图所示，两带电的平行金属板间，由于细胞的存在形成如图所示的电场。其中实线为电场线，关于 y 轴对称分布。虚线为带电的外源 DNA 进入细胞膜的轨迹，M、N 为轨迹上的两点，P 点与 N 关于 y 轴对称，下列说法正确的是（　　）



A．N、P 两点的电场强度相同　　B．M 点的电势与 N 点的电势相等

C．DNA 分子在 M 点的加速度比在 N 点大　　D．DNA 分子在 M 点的电势能比在 N 点大

【答案】D

【详解】A．电场中某点的电场强度的方向为电场线在该点的切线方向，由图可知 N、P 两点的电场强度的方向不同，故 A 错误；

B．沿着电场线电势降低，故 M 点的电势低于 N 点的电势，故 B 错误；

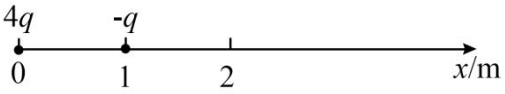
C．M 处的电场线更稀疏，场强更小，由牛顿第二定律可知 $a=\frac{qE}{m}$

DNA 分子在 M 点的加速度比在 N 点小，故 C 错误；

D．由轨迹可知，DNA 分子由 M 向 N 运动的过程电场力做正功，电势能减小，故 DNA 分子在 M 点的电势能比在 N 点大，故 D 正确。

故选 D。

3．在 x 轴上 $x=0$ 和 $x=1\text{m}$ 处固定两个点电荷，电荷量分别为 $4q$ 和 $-q$（$q>0$），已知点电荷在空间各点的电势φ可由 $\varphi=\frac{kq}{r}$ 计算，其中 r 为各点到点电荷的距离，k 为静电力常量。电子带电量为 $-e$，质量为 m，下列说法正确的是（　　）



A．轴上 $x=\frac{4}{3}\text{m}$ 处的电场强度为零

B．轴上 $x=2\text{m}$ 处电势为零

C．在轴上 $x=\frac{4}{3}\text{m}$ 处，由静止释放电子，电子只在电场力作用下可以沿 x 轴运动到无穷远处

D．在轴上 $x=\frac{4}{3}\text{m}$ 处，由静止释放电子，电子只在电场力作用下获得的最大速度为 $\sqrt{\frac{kqe}{m}}$

【答案】C

【详解】

A．设在坐标为 x 处电场强度为零，则 $\frac{4kq}{x^2}=\frac{kq}{(x-1)^2}$

解得 $x=2\text{ m}$

故 A 错误；

B．设 x 处的电势为零，则 $\varphi=\frac{4kq}{x}-\frac{kq}{x-1}$

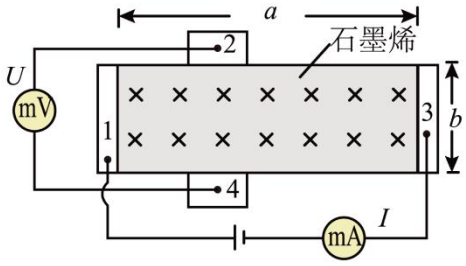
当 x=2m 时，解得 $\varphi=kq$

故 B 错误；

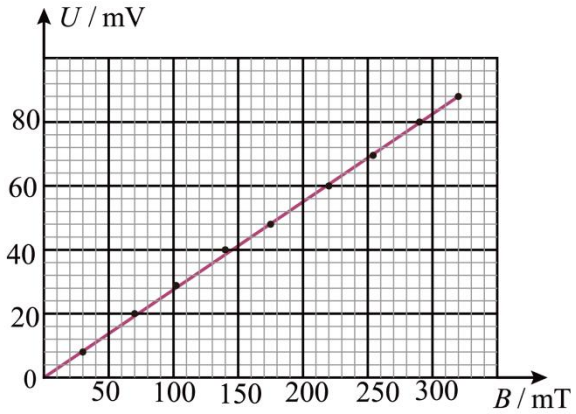
C．将电子由静止释放在 $x=\frac{4}{3}\text{m}$ 处时，该点电势为零，电子的初始总能量为零。x 轴上大于 $\frac{4}{3}\text{m}$ 的范围内，电势随 x 先增加后减小，根据动能定理可知，电子最远可以到达无穷远处，故 C 正确；

D. 电子获得的最大动能出现在电场强度为零的位置，即 x=2m 的位置，$x=2\text{ m}$ 处电势为 $\varphi=\frac{4kq}{2}-\frac{kq}{1}=kq$，由动能定理得 $ekq=\frac{1}{2}mv_{\max}^2$ 解得 $v_{\max}=\sqrt{\frac{2ekq}{m}}$ 故 D 错误。故选 C。

4．石墨烯是一种由碳原子组成的单层二维材料，其载流子为电子。如图甲所示，在长为 a，磁感应强度为 B，电极 1、3 间通以恒定电流 I，当 $I=1.6mA$ 时测得 $U-B$ 关系图线如图乙所示，元电荷 $e=1.60\times10^{-19}\text{C}$，则（　　）



甲



乙

A．电极 2 的电势高于电极 4 的电势

B．U 与 a 成正比

C．样品每平方米载流子数约为 3.6×10^{19} 个

D．样品每平方米载流子数约为 3.6×10^{16} 个

【答案】D

【详解】A．根据电路中的电流方向为电极 1→3，根据左手定则可知电子在洛伦兹力作用下向电极 2 所在一侧偏转，则电极 2 的电势低于电极 4 的电势，故 A 错误；

B．当电子稳定通过样品时，设电子定向移动的速率为 v，根据 $evB=e\frac{U}{b}$ 解得 $U=Bbv$ 故 B 错误；

CD．设样品每平方米载流子（电子）数为 n，根据电流的定义式得 $I=\frac{q}{t}=nevb$

由 $U-B$ 关系图线可得 $\frac{U}{B}=\frac{80-0}{290-0}\text{V/T}=\frac{8}{29}\text{V/T}$

由洛伦兹力与电场力平衡 $evB=e\frac{U}{b}$

各方程联立，得 $n=\frac{BI}{eU}\approx3.6\times10^{16}$ 个。故 C 错误，D 正确。故选 D。

5．在无线长通电直导线周围某点产生的磁感应强度 B 与距离 r 的一次方成反比，可表示为 $B=\frac{kI}{r}$。现有一半径为 R 的薄壁长圆筒如图 1，其壁上电流 I_0，在筒内侧磁感应强度处处为 0，筒外侧磁场可等效为一位于圆筒中心电流强度为 I_0 的长直导线所产生，则（　　）

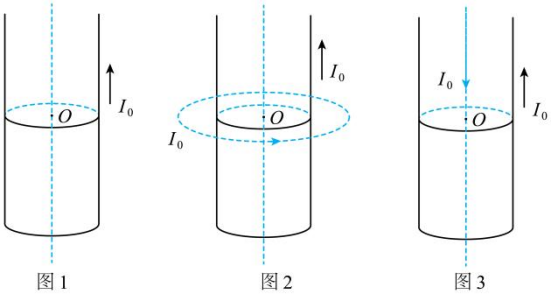


图 1　　图 2　　图 3

A．圆筒侧壁单位面积受到的压力为 $\frac{kI_0^2}{2\pi R^2}$

B．圆筒左半侧在 O 点产生的磁感应强度水平垂直纸面向里

C．若在圆筒外侧同轴心放置一逆时针的圆形电流如图 2，则圆形电流受到圆筒的吸引力

D．若在圆筒轴线放置一反向电流也为 I_0 长直细导线如图 3，则圆筒侧壁单位面积受力 $\frac{kI_0^2}{4\pi R^2}$

【答案】BD

【详解】A．根据题意紧贴圆筒外侧的磁感强度 $B=\frac{kI_0}{R}$

导体上的电流密度 $j=\frac{I_0}{2\pi R}$

在圆筒上取宽度为 Δd，长度为 Δl 一个小微元，在微元朝向圆筒一侧，磁感强度为零，可知该微元产生的磁场和除去该微元以外电流产生的磁场，在圆筒内部等大反向，根据对称性可知在圆筒的外侧等大同向，因此其他部分在该微元处产生的磁场 $B'=\frac{B}{2}=\frac{kI_0}{2R}$ 该微元受到的磁场力 $F=B'\cdot j\Delta d\cdot\Delta l=\frac{1}{2}B\cdot j\Delta d\cdot\Delta l$ 圆筒侧壁单位面积受到的压力 $p=\frac{F}{\Delta d\cdot\Delta l}$ 整理得 $p=\frac{kI_0^2}{4\pi R^2}$，A 错误；

B．将圆筒的左半部分分成完全相同的 n 份，根据右手螺旋定则，关于原点对称的内、外两份在原点产生的磁场的合场强垂直纸面向里，所有磁场叠加，因此圆筒左半侧在 O 点产生的磁感应强度水平垂直纸面向里，B 正确；

C．圆筒的电流在圆环部分产生的磁场与圆环平行，对圆环没有力的作用，C 错误；

D．在圆筒的内部紧贴圆筒部分，磁感强度为 $B=\frac{kI_0}{R}$

利用磁场的叠加可知，在圆筒的外部合场强为零，利用 A 选项中的结论可知，圆筒单位面积受到的力与 A 选项大小相等，D 正确。

故选 BD。

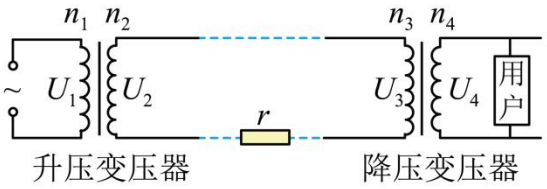
押题猜想九 电磁感应及交变电流

终极密押

（原创）图甲是目前世界上在建规模最大、技术难度最高的水电工程——白鹤滩水电站，是我国实施“西电东送”的大国重器，其发电量位居全世界第二，仅次于三峡水电站。其输电原理图如图乙所示，采用高压输电可减少输电线上电能的损耗，发电机组发出电压有效值一定的交流电，经理想变压器升压后向远方输电，再经理想变压器降压后输送给用户。假设输电线总电阻 r 保持不变，下列说法正确的是（　　）



甲



乙

A．若 $\frac{n_1}{n_2}=\frac{n_4}{n_3}$，则用户获得的电压 $U_4=U_1$

B．若输电电压 U 一定时，输电功率 P 加倍，则输电线损耗功率加倍

C．输电功率 P 一定时，输电电压 U 加倍，则输电线中的电流减半

D．若用户开启的用电器减少，则降压变压器输入的电压 U_3 减小

【答案】C

【详解】A．根据变压器原理可得 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$，$\frac{U_3}{U_4}=\frac{n_3}{n_4}$ 若 $\frac{n_1}{n_2}=\frac{n_4}{n_3}$，则有 $U_4=\frac{U_1U_3}{U_2}$ 由于输电线上电阻分压作用，则 $U_3\neq U_2$，$U_4\neq U_1$ 故 A 错误；

B．由 $P=UI$ 可知输电线电流 $I=\frac{P}{U}$ 输电线损耗功率 $P_r=I^2r=\frac{P^2}{U^2}r$ 输电电压 U 一定时，发电功率 P 加倍，输电线损耗功率变为原来的 4 倍，故 B 错误；

C．由 $I=\frac{P}{U}$ 可知，发电功率 P 一定时，输电电压 U 加倍，则输电线中的电流减半，故 C 正确；

D．若用户开启的用电器减少，则用户总电阻增大，将降压变压器和用户看成一等效电阻，则有 $R_{等}=\frac{n_3^2}{n_4^2}R_{用}$ 则输电线上的电流为 $I_2=\frac{U_2}{r+R_{等}}=\frac{U_2}{r+\frac{n_3^2}{n_4^2}R_{用}}$ 可知输电线上的电流减小，则输电线上消耗的功率减小，输电线的损失电压 ΔU 减小，根据 $U_2=\Delta U+U_3$ 可知降压变压器输入的电压 U_3 增大，故 D 错误。故选 C。

押题解读

电磁感应与电路的综合问题，实际上是一个融合了多个物理知识点的复杂问题。它涵盖了牛顿第二定律、楞次定律、法拉第电磁感应定律、闭合电路欧姆定律、动能定理、动量定理以及能量守恒定律等多

个重要概念。这类问题不仅要求学生对每个知识点有深入的理解，还需要他们能够将这些知识点综合运用，以分析和解决复杂的物理问题。在处理这类问题时，学生首先需要明确每个物理量的含义和它们之间的关系，然后利用相关的物理定律和定理，建立数学模型。通过解这个模型，学生可以得出问题的解，并对结果进行解释和讨论。因此，电磁感应与电路的综合问题不仅是对学生物理知识的检验，更是对他们综合分析能力、逻辑思维能力和问题解决能力的全面考察。通过解决这类问题，学生可以进一步提升自己的物理素养和综合能力。

交变电流与变压器重点考查交变电流的产生和四值问题，变压器重点考查变压器的基本原理和动态分析，远距离输电问题重点考查功率、电压的变化问题。

考前秘笈

对于电磁感应这部分内容，要求熟练掌握楞次定律和法拉第电磁感应定律，能够对线框、单棒、双棒模型的运动特点有清晰的认识，会结合牛顿第二定律、功能关系、动量定理和动量守恒定律对有关问题进行解决。

对于交变电流与变压器要熟练掌握交变电流的产生原理，四值问题的求解方法，变压器熟悉变压器的基本原理和动态分析的基本方法，熟记远距离输电问题功率、电压的计算公式和关系。

押题预测

1．磁悬浮列车是一种使用磁力使得列车悬浮起来移动的交通工具，由于悬浮行驶时不与地面接触，故可减小摩擦力，以便获得较高的行驶速度。如图 1 所示，科学家利用 EDS 系统来产生悬浮，列车在导槽内行驶，车厢的两侧有电磁铁，而导槽两侧则有“8”字形的线圈，当车辆两侧的电磁铁（左侧 N 极、右侧 S 极）通过“8”字形线圈时会在线圈上感应出电流，感应电流产生的磁场又与电磁铁产生排斥及吸引作用，形成一个向上的磁力使得列车悬浮起来。某时刻车厢的左边电磁铁靠近“8”字形线圈产生图 2 中方向所示的感应电流，则关于电磁铁与线圈的相对位置说法正确的是（　　）

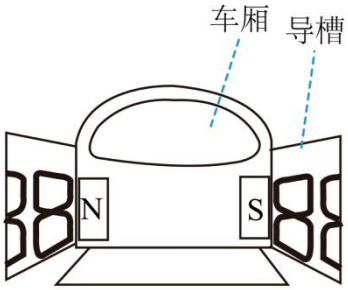


图1


图2

A．电磁铁中心与线圈中心等高

B．电磁铁中心高于线圈中心

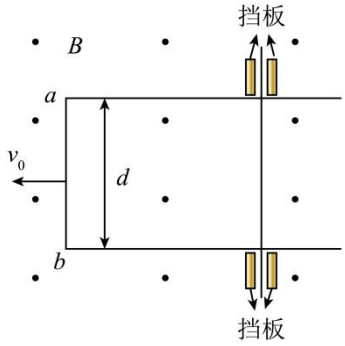
C．电磁铁中心低于线圈中心

D．电磁铁中心高于或等于线圈中心

【答案】C

【详解】从图 2 中感应电流的方向可判断，此时线圈产生的磁场对电磁铁具有“拉回”或“托举”作用（即使电磁铁向上回复到线圈中心位置）。根据楞次定律，如感应电流方向如图所示，则说明电磁铁此刻低于线圈中心，线圈对电磁铁的合力指向上方，使电磁铁趋于回到中心位置。故选 C。

2．绝缘水平桌面上有一质量为m的“C”型金属框，框宽度为d，ab间电阻为R，两侧部分电阻不计且足够长。在竖直固定的绝缘挡板间放一根金属棒，挡板间隙略大于棒的直径，棒与金属框垂直且接触良好，金属棒接入电路部分的电阻为R，不计一切摩擦。空间存在竖直向上的匀强磁场，磁感应强度大小为B，现给框水平向左、大小为v_0的初速度，俯视图如图所示。则下列说法正确的是（　　）



A．开始时金属框的加速度大小为$\frac{B^2d^2v_0}{mR}$

B．开始时挡板给导体棒的作用力大小为$\frac{B^2d^2v_0}{2R}$，方向水平向左

C．金属框从开始运动到静止过程中通过金属棒的电荷量为$\frac{mv_0}{Bd}$

D．金属框从开始运动到静止过程中金属棒上产生的热量为$\frac{1}{2}mv_0^2$

【答案】C

【详解】A．开始时金属框产生感应电动势大小为$E=Bdv_0$，感应电流沿顺时针方向，大小为$I=\frac{E}{2R}=\frac{Bdv_0}{2R}$

其所受安培力大小为$F_{安}=BId=\frac{B^2d^2v_0}{2R}$则加速度大小为$a=\frac{F_{安}}{m}=\frac{B^2d^2v_0}{2mR}$故 A 错误；

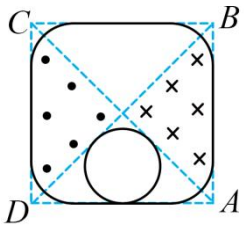
B．开始时导体棒所受安培力方向向左，大小也为$BId=\frac{B^2d^2v_0}{2R}$，但导体棒静止不动，受力平衡，则挡板给导体棒的作用力大小为$\frac{B^2d^2v_0}{2R}$，方向水平向右，故 B 错误；

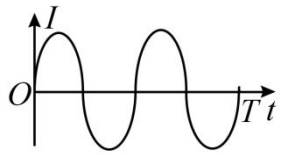
C．金属框从开始运动到静止，由动量定理，有$\sum-\frac{B^2d^2v}{2R}\cdot\Delta t=0-mv_0$而金属框总位移$x=\sum v\cdot\Delta t$得$x=\frac{2mv_0R}{B^2d^2}$设总共用时为$t$，则通过金属棒的电荷量为$q=\bar{I}\cdot t=\frac{Bdx}{t\cdot 2R}\cdot t=\frac{Bdx}{2R}=\frac{mv_0}{Bd}$故 C 正确；

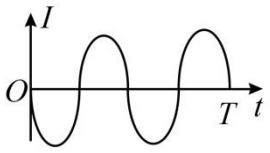
D．由能量守恒定律可知，金属框从开始运动到静止过程中，系统产生的总热量为$Q_{总}=\frac{1}{2}mv_0^2$

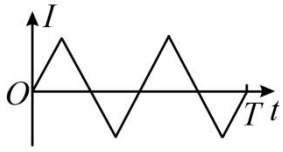
二者电阻相等，则金属棒上产生的热量为$Q_{棒}=\frac{1}{2}Q_{总}=\frac{1}{4}mv_0^2$故 D 错误。故选 C。

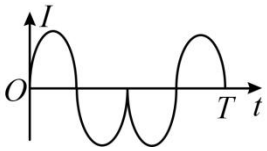
3．如图所示，正方形 *ABCD* 被对角线分割成四个区域，左右两个三角形内分别有垂直纸面向外和向里的匀强磁场，磁感应强度大小相等。金属环初始位置与下方三角形内切，一个四角带有圆弧的绝缘轨道，其直边与正方形重合，圆弧半径均与金属环半径相等。让该金属环沿绝缘轨道内侧以恒定速率逆时针运动一周，规定逆时针方向为电流正方向，关于环内电流随时间变化关系，下列图像正确的是（　　）



A. 

B. 

C. 

D. 

【答案】D

【详解】根据楞次定律可知，线圈由图示位置开始逆时针匀速滚动时，线圈内垂直于纸面向里的磁通量增大，产生垂直于纸面向外的感应磁场，根据右手螺旋定则可知，线圈将产生逆时针方向的磁场，根据法拉第电磁感应定律可知，线圈内将产生正弦式的周期性变化的磁场，即 0~$\frac{T}{4}$，电流逆时针方向，$\frac{T}{4}$~$\frac{T}{2}$，电流顺时针方向，$\frac{T}{2}$~$\frac{3T}{4}$，电流顺时针方向，$\frac{3T}{4}$~T，电流逆时针方向。故选 D。

4．某自行车的车灯发电机如图 1 所示，其结构如图 2。绕有 300 匝线圈的匚形铁芯开口处装有磁铁。车轮转动时带动半径为 2cm 的摩擦小轮转动，摩擦小轮又通过传动轴带动磁铁一起转动，从而使铁芯中磁通量发生变化，其变化图像如图 3 所示，其中 ω 为摩擦小轮转动的角速度。线圈两端 *c*、*d* 作为发电机输出端与标有“12V，6W”的灯泡 L 相连。当自行车以速度 *v* 匀速行驶时，小灯泡恰好正常发光。假设灯泡阻值不变，线圈的总电阻为6Ω，摩擦小轮与轮胎间不打滑，发电机输出电压可视为正弦交流电压。则（　　）



图1

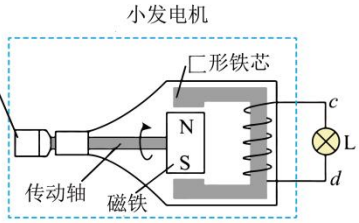


图2

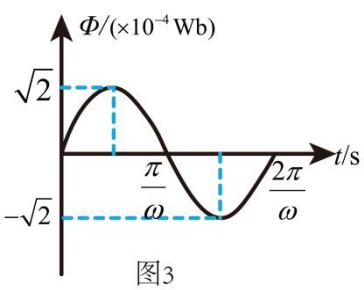


图3

A．自行车的速度 $v=10\text{m/s}$

B．小灯泡正常发光时 $\omega=250\text{rad/s}$

C．若自行车的速度减半，则小灯泡的功率也减半

D．磁铁处于图 2 位置时，小灯泡两端的电压为 $12\sqrt{2}\text{V}$

【答案】A

【详解】B．令感应电动势的最大值为 $E_{\max}$，则有 $E_{\max}=NBS\omega=N\Phi_{\max}\omega$ 则感应电动势的有效值 $E_0=\dfrac{E_{\max}}{\sqrt{2}}$ 小灯泡恰好正常发光，则有 $\dfrac{E_0}{R_{线}+R_{灯}}=\dfrac{U_{灯}}{R_{灯}}$ 对小灯泡有 $P_{灯}=\left(\dfrac{U_{灯}}{R_{灯}}\right)^2R_{灯}$ 解得 $\omega=500\text{rad/s}$ 故 B 错误；

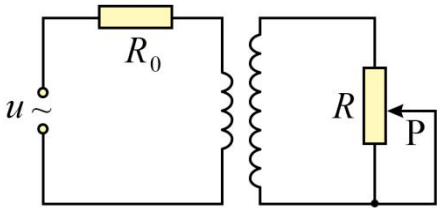
A．车轮转动时带动半径为 2cm 的摩擦小轮转动，根据 $v=\omega r$ 结合上述解得 $v=10\text{m/s}$ 故 A 正确；

C．若自行车的速度减半，结合上述可知，摩擦小轮转动的角速度减半，感应电动势的最大值减半，感应电动势的有效值减半，根据闭合电路欧姆定律可知，感应电流的有效值减半，则小灯泡的功率减为先前的 $\dfrac{1}{4}$，故 C 错误；

D．磁铁处于图 2 位置时，穿过线圈的磁通量达到最大值，根据图 3 可知，此时磁通量的变化率为 0，即磁铁处于图 2 位置时，小灯泡两端的电压为 0，故 D 错误。

故选 A。

5．如图所示，理想变压器原线圈的匝数为 100 匝，副线圈的匝数为 200 匝，交流电源的电压 $u=22\sqrt{2}\sin(100\pi t)\text{V}$。与原线圈相连的定值电阻 R_0=5Ω，副线圈与最大阻值为 50Ω的滑动变阻器 R 相连，P 为其滑片。下列说法正确的是（　　）



A．通过滑动变阻器 R 的交流电频率为 100Hz

B．滑片 P 向上滑动，滑动变阻器 R 两端的电压变大

C．滑片 P 向下滑动，通过 R_0 的电流变大

D．改变滑片 P 的位置，副线圈的最大输出功率为 24.2W

【答案】D

【详解】A．由 $\omega=2\pi f$ 可得，通过滑动变阻器 R 的交流电频率为 $f=\dfrac{\omega}{2\pi}=\dfrac{100\pi}{2\pi}=50\text{Hz}$，A 错误；

B．将变压器与副线圈电阻等效为一个定值电阻，则 $I_1^2R_{等}=I_2^2R$，又 $\dfrac{I_1}{I_2}=\dfrac{n_2}{n}$

联立可得 $R_{等}=\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R=\frac{R}{4}$，交流电压的有效值为 $U=\frac{22\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\text{V}=22\text{V}$

滑片 P 向上滑动时，滑动变阻器 R 的阻值减小，等效电阻阻值减小，由闭合电路欧姆定律原线圈电流 $I_1=\frac{U}{R_0+R_{等}}$ 增大，变压器输入电压 $U_1=U-I_1R_0$ 减小，则变压器输出电压减小，滑动变阻器 R 两端的电压减小，B 错误；

C．滑片 P 向下滑动，滑动变阻器 R 的阻值增大，等效电阻阻值增大，由闭合电路欧姆定律通过 R_0 的电流 $I_1=\frac{U}{R_0+R_{等}}$ 变小，C 错误；

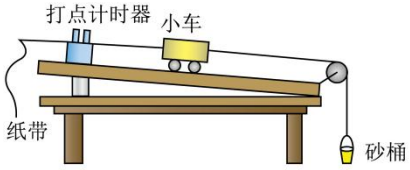
D．副线圈的输出功率为 $P=I_1^2R_{等}=\left(\frac{U}{R_0+\frac{R}{4}}\right)^2\times\frac{R}{4}=\frac{U^2}{\frac{4R_0^2}{R}+\frac{R}{4}+2R_0}$

故 $P\le\frac{U^2}{2R_0+2R_0}=24.2\text{W}$，副线圈的最大输出功率为 24.2W，D 正确。故选 D。

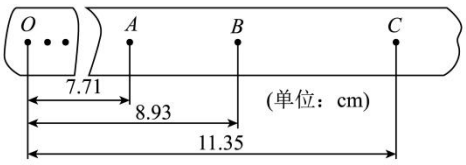
押题猜想十 力学实验

终极密押

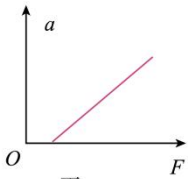
（原创）某实验小组探究“加速度 a 与合外力 F 和物体质量的关系”。如图甲所示，将一端带有定滑轮的长木板放在水平桌面上，小车前端可通过轻绳跨过定滑轮与砂桶连接，小车后端与穿过打点计时器限位孔的纸带相连。实验开始时首先补偿阻力，补偿阻力后，让轻绳跨过定滑轮连接砂桶，调整细线与木板平行，给砂桶中加入适量砂子，让小车加速运动，实验过程中可近似认为砂桶及桶内砂子的重力等于小车的合外力。保持小车质量不变，改变砂桶中砂子的质量，重复实验多次；每次根据纸带计算小车的加速度 a。描点作图，作出 $a-F$ 的图像。



甲



乙



丙

(1)下列操作过程中，正确的是（　　）

A．实验开始时，让小车靠近打点计时器处，先释放小车再接通电源

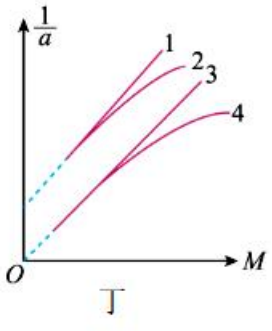
B．实验中每次改变砂桶中砂子的质量时，需重新调节木板的倾斜度

C．为减小误差，实验中需保证砂和砂桶的总质量远小于小车的质量

(2)实验中得到一条如图乙所示的纸带（相邻两计数点间还有四个点未画出），打点计时器所用交流电的频率 $f=50\text{Hz}$，根据纸带可求出小车的加速度大小为_____m/s^2（结果保留三位有效数字）。

(3)根据实验测得的数据作出 $a-F$ 的图线如图丙所示，该图线未通过坐标原点，请分析该小组做实验时存在的问题是_____。

(4)按正确的步骤操作，若保持沙和沙桶的质量 m_0 不变，改变小车的质量 M，测出对应的加速度 a，并作出 $\frac{1}{a}-M$ 图像，实验操作无误，下列图像最符合实际的是图丁中的图线_____（填“1”“2”“3”或“4”）。



丁

【答案】(1)C　　(2)1.20

(3)补偿阻力不够，或平衡摩擦力不足，或木板左侧垫得太低　　(4)1

【详解】（1）A．实验开始时，让小车靠近打点计时器处，先接通电源，待打点稳定后，再释放小车，这样纸带会得到充分利用，会有更多的数据信息，故 A 错误；

B．所需平衡的摩擦力与小车所受的拉力无关，故实验中每次改变砂桶中砂子的质量时，不需重新调节木板的倾斜度，故 B 错误；

C．以砂和砂桶及小车组成的系统为研究对象，设小车总质量为 M，砂和砂桶总质量为 m，由牛顿第二定律，则有 $mg=(m+M)a$ 小车的加速度为 $a=\frac{mg}{(m+M)}$ 小车所受的合外力 $F=Ma=\frac{mMg}{(m+M)}=\frac{mg}{\frac{m}{M}+1}$ 当 $m\ll M$ 时，可认为小车受到的拉力等于砂和砂桶的总重力。为使，砂和砂桶的总重力在数值上近似等于木块运动时受到的拉力，应满足的条件是砂和砂桶的总质量远小于小车的总质量，故 C 正确。故选 C。

（2）[1]相邻两计数点间还有 4 个点未画出，则两计数点间时间间隔为 $T=5\times\frac{1}{50}\text{s}=0.1\text{s}$

纸带上 $x_{AB}=8.93\text{cm}-7.71\text{cm}=1.22\times10^{-2}\text{ m}$，$x_{BC}=11.35\text{cm}-8.93\text{cm}=2.42\times10^{-2}\text{m}$

根据逐差法可得小车的加速度为

$$a=\frac{x_{BC}-x_{AB}}{T^2}=\frac{2.42\times10^{-2}\text{m}-1.22\times10^{-2}\text{m}}{1.0\times10^{-2}\text{m}}=1.20\text{m/s}^2$$

（3）[1]根据实验测得的数据作出 $a-F$ 的图线如图丙所示，该图线未通过坐标原点，且力不为零时小车加速度依然为零，存在的问题是补偿阻力不够，或平衡摩擦力不足，或木板左侧垫得太低。

（4）根据题意，由牛顿第二定律有 $m_0g=(m_0+M)a$ 整理得 $\frac{1}{a}=\frac{1}{g}+\frac{1}{m_0g}M$ 图像 1 正确。

押题解读

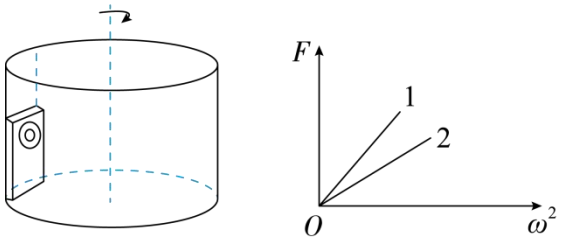
验证式实验：验证机械能守恒定律实验；验证动量守恒定律实验；验证力的平行四边形定则实验。探究式实验：探究加速度和质量、力的关系；探究向心力与质量、角速度、半径的关系；探究动摩擦因数的大小；探究抛体运动的规律。

考前秘笈

力学中的基本量的测量：长度的测量，质量的测量、时间的测量。力学导出量的测量：速度的测量、加速度的测量、动量的测量、动能的测量、重力势能的测量。会借助图像实验数据处理，消除实验误差。会用光电门、DIS 实验等先进实验仪器完成实验。

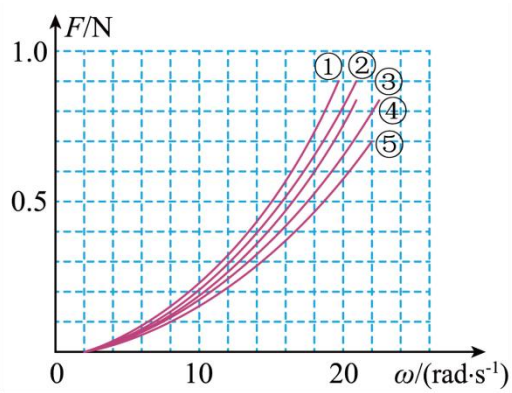
押题预测

1．某同学常用身边的器材来完成一些物理实验。如图甲，他将手机放在蔬菜沥水器中侧壁竖直的蔬菜篮底部，紧靠侧壁边缘竖直放置，从慢到快转动手柄，可以使手机随蔬菜篮转动，手机和蔬菜篮始终相对静止，利用手机自带的 Phyphox 软件可以记录手机与蔬菜篮侧壁间压力 F 和角速度 ω 的数值。



甲

乙



丙

(1)保持手机到竖直转轴的距离 r 不变，更换不同质量的手机（均可看作质点），重复上述操作，利用电脑拟合出两次的 $F-\omega^2$ 图像，由图像乙可知，直线_____（填“1”或“2”）对应的手机质量更大；

(2)保持手机质量不变，使用半径不同的蔬菜篮重复上述步骤，测出手机到竖直转轴的距离 r，作出对应的 F-ω图像，在同一坐标系中分别得到图丙中的五条图线。对 5 条图线进行分析研究可知图线_____（填①、②、③、④、⑤）对应的半径 r 最大；

(3)图丙中图线不过坐标原点的原因是_。

A．手机到竖直转轴的距离 r 的测量值偏小

B．手机和蔬菜篮底部间存在摩擦力

C．手机和蔬菜篮侧壁间存在摩擦力

【答案】(1)1

(2)①

(3)B

【详解】（1）对手机，根据牛顿第二定律有 $F=m\omega^2 r$

故 $F-\omega^2$ 图像斜率为 $k=mr$

因为 r 不变，故斜率大的质量大，所以直线 1 的手机质量更大。

（2）根据 $F=m\omega^2 r$

由 F-ω图像可知，当 m，ω相同时，r 大的对应的 F 大，故而图线①对应的半径 r 最大。

（3）图丙可知，当 ω 增大到一定程度时，手机与蔬菜篮侧壁间才有压力作用，该原因是手机和蔬菜篮底部间存在摩擦力。

故选 B。

2．重力加速度参数广泛应用于地球物理、空间科学、航空航天等领域。高精度的重力加速度值的测量对重力场模型建立与完善、自然灾害预警、矿物勘探、大地水准面绘制等领域有着重要的作用。某同学在“用单摆周期公式测量重力加速度”的实验中，利用了智能手机和两个相同的圆柱体小磁粒进行了如下实验：

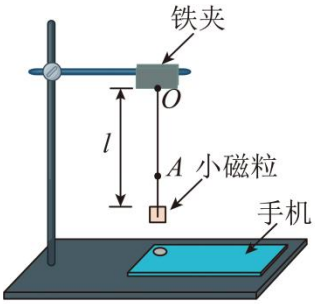


图1

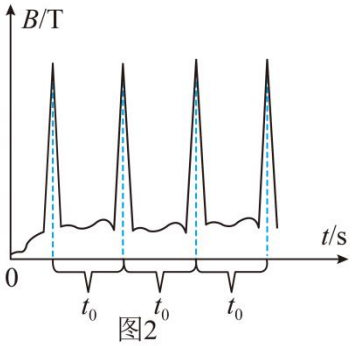


图2

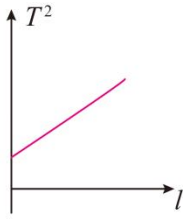


图3

（1）用铁夹将摆线上端固定在铁架台上，将两个小磁粒的圆柱底面吸在一起，细线夹在两个小磁粒中间，做成图 1 所示的单摆，则关于器材选择及测量时的一些实验操作，下列说法正确的是(　　)

A．摆线尽量选择细些、伸缩性小些且适当长一些的

B．小磁粒尽量选择质量大些、体积小些的

C．为了使摆的周期大一些以方便测量，应使摆角大一些

（2）用刻度尺测量悬线的长度为 l，用游标卡尺测得小磁粒的底面直径为 d，算出摆长；

（3）将智能手机磁传感器置于小磁粒平衡位置正下方，打开手机智能磁传感器，测量磁感应强度的变化；

（4）将小磁粒由平衡位置拉开一个小角度，由静止释放，手机软件记录磁感应强度的变化曲线如图 2 所示。试回答下列问题：

①由图 2 可知，单摆的周期为_____；（用 t_0 表示）

②改变悬线长度 l，重复实验操作，得到多组数据，画出对应的图像如图 3，算出图像的斜率为 k，则重力加速度 g 的表达式为_____；（用题中物理量的符号表示）

③因小磁粒质量分布不均匀，其重心位于其几何中心的正下方。若只考虑摆长测量值偏小造成的影响，则由①计算得到的重力加速度的测量值_____真实值。（选填“天于"“等干”或“小于”）

（5）关于摩擦力可以忽略的斜面上的单摆，某同学猜想单摆做小角度摆动时周期满足 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g\sin\alpha}}$，如图4所示。为了检验猜想正确与否，他设计了如下实验：如图5所示，铁架台上装一根重垂线，在铁架台的立柱跟重垂线平行的情况下，将小球、摆线、摆杆组成的“杆线摆”装在立柱上，调节摆线的长度，使摆杆与立柱垂直，摆杆可绕着立柱自由转动，且不计其间的摩擦。如图6所示，把铁架台底座的一侧垫高，立柱倾斜，静止时摆杆与重垂线的夹角为β，小球实际上相当于是在一倾斜平面上运动。下列图像能直观地检验猜想是否正确的是(　　)

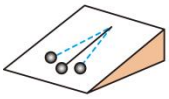


图4

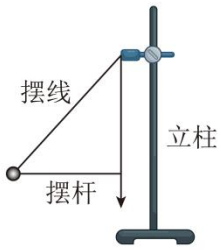


图5

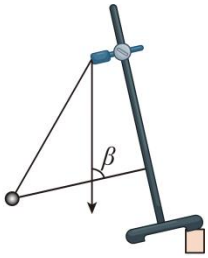


图6

A．$\frac{1}{T^2}-\sin\beta$ 图像

B．$\frac{1}{T^2}-\cos\beta$ 图像

C．$\frac{1}{T^2}-\tan\beta$ 图像

【答案】　AB　　$2t_0$　　$\frac{4\pi^2}{k}$　　等于　　B

【详解】[1]AB．为减小实验误差，摆线尽量选择细些、伸缩性小些且适当长一些的，摆球尽量选择密度大的，即质量大些、体积小些的，故AB正确；

C．应使摆角小于5°，才可看作理想单摆，故C错误。

故选AB。

[2]小磁铁块通过最低处磁感应强度最大，单摆在一个周期内应该有两个电磁感应的最大值，则单摆的周期为 $T=2t_0$

[3]根据单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l+\frac{d}{2}}{g}}$

可得 $T^2=4\pi^2\frac{l+\frac{d}{2}}{g}=\frac{4\pi^2 l}{g}+\frac{2\pi^2 d}{g}$

所以 $k=\frac{4\pi^2}{g}$

所以 $g=\frac{4\pi^2}{k}$

[4]由以上分析可知，若小磁粒质量分布不均匀，其重心位于其几何中心的正下方，则摆长测量值偏小，但图线的斜率不变，则由此得到的重力加速度的测量值等于真实值。

[5]根据题图可知等效重力加速度为重力加速度沿着垂直于立柱方向的分量，大小为$a=g\cos\beta$

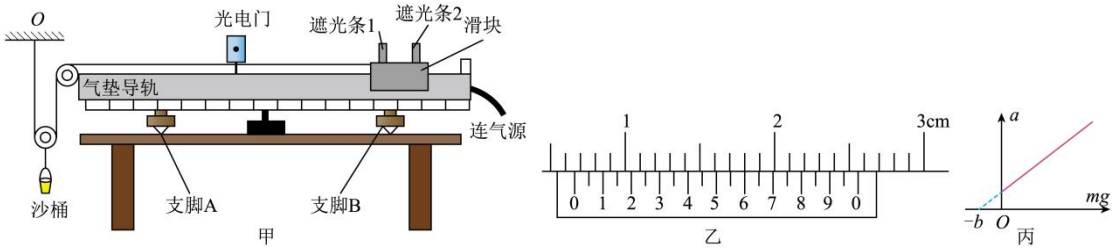
根据单摆周期公式$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{a}}$

变形可知$\frac{1}{T^2}=\frac{g}{4\pi^2L}\cos\beta$

即应作$\frac{1}{T^2}-\cos\beta$图像。

故选 B。

3．某实验小组用如图甲所示的实验装置验证牛顿第二定律。滑块上有两个宽度均为 d 的遮光片，滑块与遮光片总质量为 M，两遮光片中心间的距离为 L。



(1)用游标卡尺测量一个遮光片的宽度 d，结果如图乙所示，则遮光片的宽度 d=_____cm。

(2)将滑块置于光电门右侧的气垫导轨上，打开气泵电源，轻推滑块，遮光片 1、2 通过光电门的挡光时间分别为t_0和t_0'，发现$t_0>t_0'$，为了将气垫导轨调至水平，应将支脚 A 适当调_____（填“高”或“低”）。

(3)气垫导轨调至水平后，将细线一端拴在滑块上，另一端依次跨过光滑轻质定滑轮和光滑动滑轮后悬挂在 O 点，调节气垫导轨左端的定滑轮，使定滑轮和滑块之间的细线与气垫导轨平行，调整 O 点的位置，使动滑轮两侧的细线竖直，将沙桶悬挂在动滑轮上。将滑块在光电门右侧释放，光电门记录遮光片 1、2 通过时的挡光时间分别为t_1和t_2，则滑块的加速度大小为 a=_____。（用题目中的物理量符号表示）

(4)多次改变沙桶和桶内细沙的总质量$m\left(m\ll M\right)$，并记录遮光片 1、2 的挡光时间，计算相应的加速度 a，根据计算的数据描绘加速度 a 与沙桶和桶内细沙的总重力 mg 之间的关系图像如图丙所示，则图像的斜率 k=_____（用题目中的物理量符号表示），图像在横轴的截距为-b，则 b 的物理意义为_____。

【答案】(1)0.660

(2)高

(3)$\frac{d^2}{2L}(\frac{1}{t_2^2}-\frac{1}{t_1^2})$

(4) $\frac{1}{2M}$ 滑块在气垫导轨上重力的沿导轨分力的 2 倍

【详解】（1）游标卡尺的读数为主尺读数与游标尺读数之和，所以遮光片的宽度为

$d=6\text{mm}+12\times0.05\text{mm}=6.60\text{mm}=0.660\text{cm}$

（2）打开气泵电源，轻推滑块，遮光片 1、2 通过光电门的挡光时间分别为t_0和t_0'，发现$t_0 > t_0'$，说明滑块做加速运动，即导轨左低右高，所以为了将气垫导轨调至水平，应将支脚 A 适当调高。

（3）根据速度位移关系可得$a=\frac{v_2^2-v_1^2}{2L}$，$v_1=\frac{d}{t_1}$，$v_2=\frac{d}{t_2}$

联立可得$a=\frac{d^2}{2L}(\frac{1}{t_2^2}-\frac{1}{t_1^2})$

（4）[1][2]由图可知，当沙和沙桶的重力为零时，滑块已经具有加速度，说明气垫导轨不水平，根据牛顿第二定律，对滑块有$F+Mg\sin\theta=Ma$

对沙和沙桶有$mg-2F=m\frac{a}{2}$

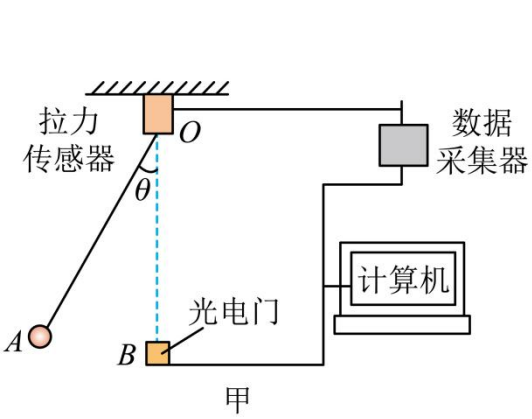
联立可得$a=\frac{2mg}{m+4M}+\frac{4Mg\sin\theta}{m+4M}$

由于 m 远小于 M，则$a=\frac{1}{2M}mg+g\sin\theta$

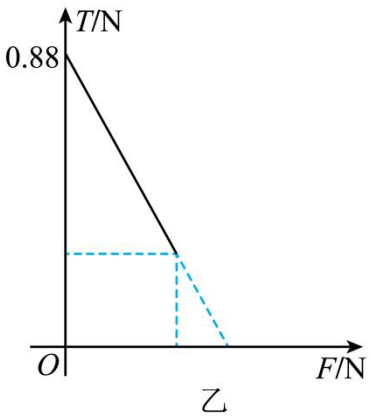
结合图像可得$k=\frac{1}{2M}$，$b=2Mg\sin\theta$

即 b 的物理意义为滑块在气垫导轨上重力的沿导轨分力的 2 倍。

4．某同学设计了一个验证机械能守恒定律的实验，一轻绳一端连接在拉力传感器上 O 点，另一端连接在半径为 r 的匀质小钢球上，小钢球球心至 O 点的长度为 L，O 点正下方 B 位置有一光电门，可记录小钢球通过光电门的时间。如图甲所示，将小钢球拉至某一位置由静止释放，同时拉力传感器通过计算机采集小钢球在摆动过程中轻绳上拉力的最大值 T 和最小值 F。改变小钢球的初始释放位置，重复上述过程，根据测量数据在直角坐标系中绘制的 T-F 图像如乙图所示。



甲



乙

(1)小钢球从 A 位置由静止释放时，细线与竖直方向成θ角，小钢球通过最低点位置 B 时，光电门记录遮光时间为 t，则小钢球通过光电门的速度 v_B=_____；在实验误差允许的范围内，若 t^2=_____（用 r、L、θ、g 等符号表示）则验证了小钢球从 A 点运动到 B 点过程中机械能守恒。

(2)若小钢球摆动过程中机械能守恒，则绘制乙图 T-F 图像的直线斜率理论值为_____。

(3)小钢球质量 m=30g，根据测量数据绘制的乙图计算出重力加速度 g=_____m/s^2（结果保留 3 位有效数字），与当地实际重力加速度相比_____（选填“偏小”“不变”或“偏大”）。

【答案】(1)　$\frac{2r}{t}$　$\frac{2r^2}{gL(1-\cos\theta)}$

(2)-2

(3)　9.78　偏小

【详解】（1）[1]小钢球从 A 位置由静止释放时，细线与竖直方向成θ角，小钢球通过最低点位置 B 时，光电门记录遮光时间为 t，则小钢球通过光电门的速度 $v_B=\frac{2r}{t}$

[2]小钢球从 A 到 B 过程中，若无空气阻力，根据机械能守恒定律，有 $mgL(1-\cos\theta)=\frac{1}{2}m(\frac{2r}{t})^2$

解得 $t^2=\frac{2r^2}{gL(1-\cos\theta)}$

（2）小钢球摆动过程中轻绳上拉力的最小值 F，则 $F=mg\cos\theta$

最大值 T 有 $T-mg=m\frac{v^2}{L}$，　$mgL(1-\cos\theta)=\frac{1}{2}mv^2$

联立解得 $T=3mg-2F$

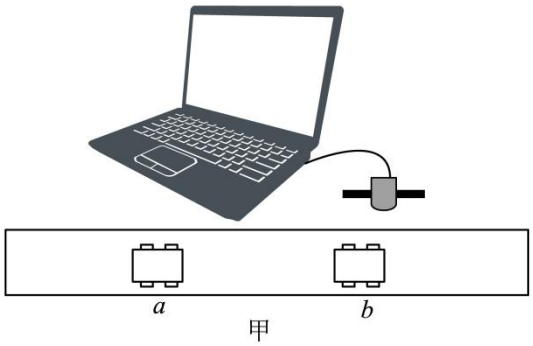
所以绘制乙图 T-F 图像的直线斜率理论值为-2；

（3）[1]小钢球质量 m=30g，根据乙图截距知 $3mg=0.88$

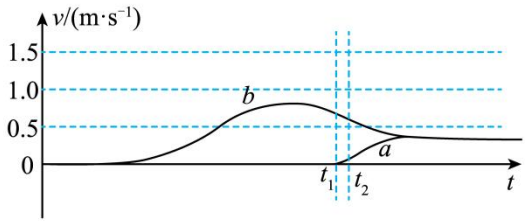
计算出重力加速度 $g=9.78\text{m/s}^2$

[2]实际上由于小钢球摆动过程中始终受空气阻力的影响，速度始终偏小导致绳上拉力偏小，所以截距偏小，所以与当地实际重力加速度相比偏小。

5．某同学发现在验证动量守恒定律的现有实验中，都是验证碰撞前与碰撞后系统的动量是否守恒。该同学提出质疑：碰撞作用过程中系统动量是否守恒？于是从实验室找来 DIS 传感器组件验证两小车碰撞过程中动量是否守恒。如图所示，无线速度传感器实时记录了两小车碰撞过程中速度与时间的关系图像。



甲



乙

(1)由图像可知该碰撞为_____碰撞（选填“弹性”、“ 非弹性”或“完全非弹性”）。

(2)已知 a 车的质量为0.46kg，b 车的质量为0.41kg，取碰撞过程中任意两个时刻 t_1 、 t_2，由图可知 t_1 时刻 $v_a=0.081\text{m/s}$，　$v_b=0.668\text{m/s}$，此时两车的总动量为 $p_1=$ _____ kg·m/s，　t_2 时刻 $v_a'=0.115\text{m/s}$，$v_b'=0.628\text{m/s}$，此时两车的总动量为 $p_2=$ _____kg·m/s（计算结果保留三位有效数字）。

(3)本实验得出的结论：_____。

【答案】(1)完全非弹性

(2)　　0.311　　0.310

(3)在误差范围内，两车碰撞过程中动量守恒

【详解】（1）由图像可知碰后两物体有共同的速度，可知该碰撞为完全非弹性。

（2）[1]碰撞过程中t_1时刻两车的总动量为$p_1 = m_a v_a + m_b v_b$ = (0.46× 0.081+ 0.41× 0.668)kg· m/s=0.311kg· m/s

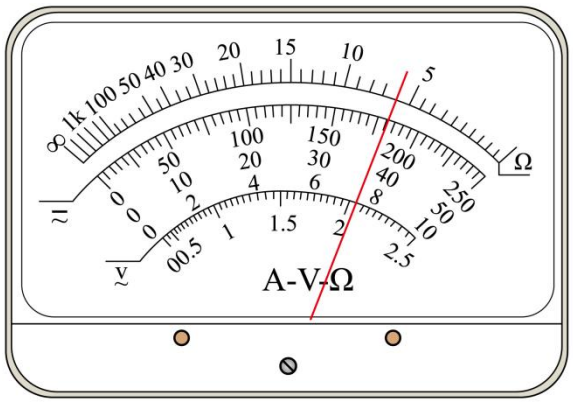
[2]碰撞过程中t_2时刻两车的总动量为$p_2 = m_a v'_a + m_b v'_b$ = (0.46× 0.115+ 0.41× 0.628)kg· m/s=0.310kg· m/s

（3）本实验得出的结论：在误差范围内，两车碰撞过程中动量守恒。

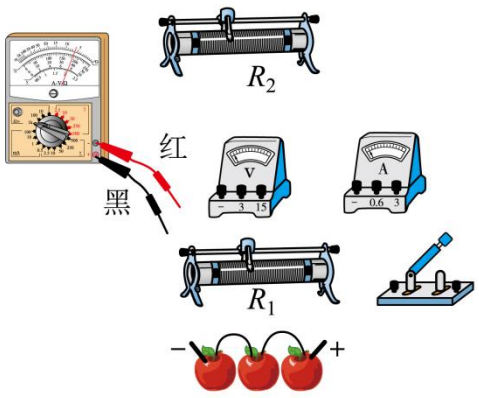
押题猜想十一 电学实验

终极密押

（原创）某课外活动小组用西红柿自制了一水果电池组。现在要测量该电池组的电动势和内阻（电动势约为 2V，内阻在 1kΩ~2kΩ之间），实验室现有如下器材各一个



甲



乙

多用电表：欧姆挡（×1，×10，×100，×1k）

直流电流挡（0~0.5mA，0~1mA，0~10mA，0~100mA）

直流电压挡（0~0.5V，0~2.5V，0~10V，0~50V，0~250V，0~500V）

电压表：（0~3V，0~15V）

电流表：（0~0.6A，0~3A）

滑动变阻器：R_1（0~10Ω），R_2（0~2000Ω）

开关及导线若干。

(1)该小组同学先用多用电表直流电压“0~2.5 V”挡，粗测了电池组的电动势，指针稳定时如图甲所示，其示数为_____V（结果保留两位有效数字）；

(2)为了更精确地测量该电池组的电动势和内阻，采用伏安法测量，应选_____测电压，选_____测电流（填电表名称和所选量程）；滑动变阻器应选_____（填电阻符号）；

(3)请设计实验电路，并用线段代替导线将图乙中相关器材连成实物电路图。

(4)按正确的步骤规范操作，测出多组 U 和 I 的数值，经分析，电动势 $E_{测}$_____$E_{真}$；内电阻 $r_{测}$_____$r_{真}$。(填“大于”、“小于”、“等于”)

【答案】(1)1.8

(2) 电压表 0~3V　　多用电表直流电流 0~1mA 挡　　R_2

(3)见解析

(4)等于　大于

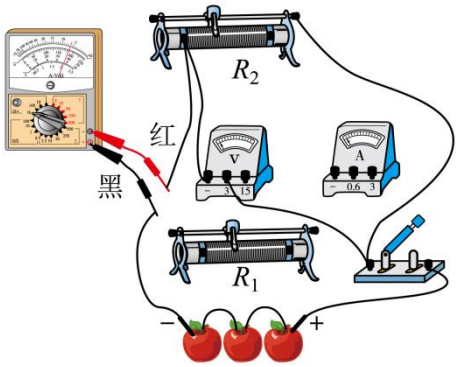
【详解】（1）多用电表直流电压“0~2.5V”挡，由图甲所示可知，其分度值为 0.05V，则读数为 1.80V；

（2）[1]用伏安法测量电源的电动势及内阻，因为水果电池组电动势约为 2V，应选用 0~3V 的电压表测量电压;

[2]因为水果电池组的电动势和内阻（电动势约为 2V，内阻在 1kΩ~2kΩ之间），根据闭合电路欧姆定律可得，电路中的最大电流为 1.8mA~0.9mA，故选择多用电表直流电流 0~1mA 挡最合适；

[3]滑动变阻器应采用限流接法，又因为电池内阻在 1kΩ~2 kΩ之间，所以滑动变阻器选择 R_2;

（3）因为伏安法测电源电动势和内阻时，由于电源内阻很大，相对于电源应使电流表采用内接法，把两者分开减小误差，则实物连线如图所示。



（4）因为多用电表电流档分压，所有电动势测量值和真实值相同，内电阻测量值大于真实值。

押题解读

测量式实验：测量金属电阻率实验；测量金属电阻实验；测量电动势和内阻的实验，用多用电表测量电流、电压和电阻。探究式实验：探究影响感应电流的因素的实验；探究变压器原副线圈电压和匝数关系的实验；探究动摩擦因数的大小；探究抛体运动的规律。设计性实验：利用传感器设计简单的控制电路。

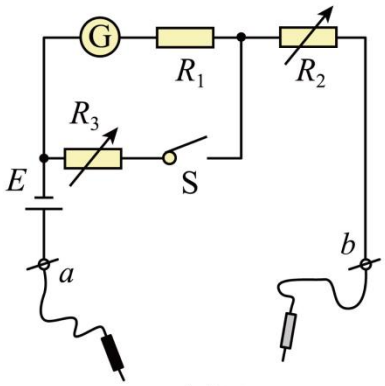
考前秘笈

电学量的测量：电流的测量，电压的测量、电阻的测量、电动势的测量、金属电阻率的测量。会借助图像实验数据处理，消除实验误差。会用 DIS 实验等先进实验仪器完成实验。

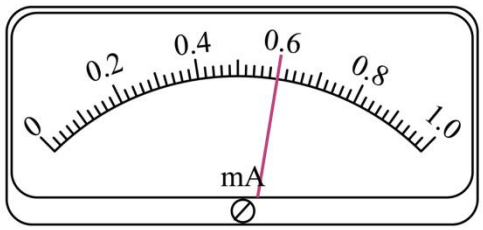
押题预测

1. 某同学用普通的干电池（电动势 $E=1.5\text{V}$，内阻 $r=0.5\Omega$）、直流电流表（量程 $I_g=1\text{mA}$，内阻 $R_g=120\Omega$）、定值电阻 $R_1=600\Omega$ 和电阻箱 R_2、R_3等组装成一个简单的欧姆表，电路如图甲所示，通过控制开关 S 和调

节电阻箱，可使欧姆表具有“×10”和“×100”两种倍率。



图甲



图乙

(1)图甲中 b 表笔为_____（选填“红表笔”或“黑表笔”）

(2)当开关 S 断开时，将红、黑表笔短接，调节电阻箱 R_2，使电流表达到满偏。再在 ab 表笔间接入待测电阻 R_x，电流表指针指向如图乙所示的位置，则待测电阻 R_x 的阻值为_____Ω。

(3)闭合开关 S，调节电阻箱 R_2 和 R_3，当 $R_2=$_____Ω 且 $R_3=$_____Ω 时，将红黑表笔短接，电流表再次满偏，电流表就改装成了另一倍率的欧姆表。

(4)若该欧姆表内电池使用已久，电动势降低到1.4V，内阻变为4Ω，当开关 S 闭合时，短接调零时仍能实现指针指到零欧姆刻度处（指针指电流满刻度）。若用该欧姆表测出的电阻值100Ω，这个电阻的真实值是_____Ω。（保留两位有效数字）

【答案】(1)红表笔(2)1000(3)　77.5　80(4)93

【详解】（1）由“红入黑出”可知，b 端应与红表笔连接。

（2）满偏时有 $I_g=\dfrac{E}{R_{内}}$

解得欧姆表的内阻 $R_{内}=1500\Omega$

表盘的中值电阻为1500Ω，电流表指针指向如图乙所示的位置时的读数为0.6mA，根据闭合电路的欧姆定律有 $I_x=\dfrac{E}{R_{内}+R_x}$

解得 $R_x=\dfrac{1.5}{0.6\times10^{-3}}\Omega-1500\Omega=1000\Omega$

（3）[1][2]闭合开关 S，欧姆表的内阻变小，倍率变小至“×10”，调节电阻箱 R_2 和 R_3，使电流表满偏时欧姆表内阻为150Ω，电路总电流为 $I=\dfrac{1.5}{150}\text{A}=0.01\text{A}$

根据欧姆定律，有 $R_3=\dfrac{I_g(R_g+R_1)}{I-I_g}=\dfrac{1\times10^{-3}\times(120+600)}{0.01-0.001}\Omega=80\Omega$

表的内阻为 $R_2+\dfrac{R_3(R_g+R_1)}{R_3+(R_g+R_1)}+r=150$

解得 $R_2=77.5\Omega$

（4）设电流表满偏电流 I_g，欧姆调零时 $I_g=\dfrac{E}{R_{内}}$

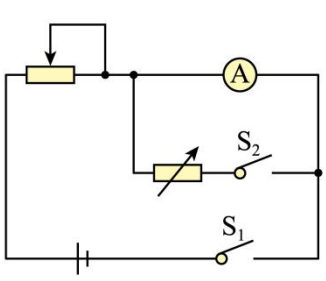
则 $R_{内}=\dfrac{E}{I_g}$

当电动势变小、内阻变大时，由于欧姆表重新调零，内阻的变化不影响，由于满偏电流 I_g 不变，由 $R'_{内}=\dfrac{E'}{I_g}$

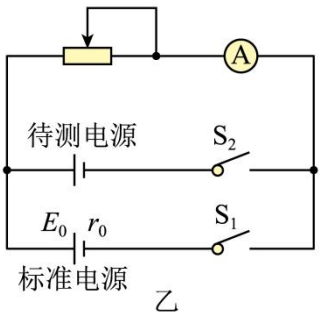
知，欧姆表的内阻变小，用欧姆表测电阻时 $\dfrac{E}{\dfrac{E}{I_g}+R_{测}}=\dfrac{E'}{\dfrac{E'}{I_g}+R_{真}}$

解得 $R_{真}=93\Omega$

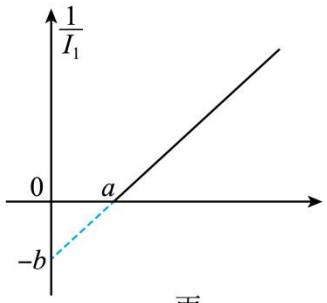
2．实验小组中的小亮同学设计了测量电源电动势和内阻的实验。实验室提供的器材如下：待测电源、标准电源（电动势为 E_0、内阻为 r_0）、滑动变阻器、电阻箱、电流表 A（量程恰当、内阻未知）、开关和导线若干。操作步骤如下：



甲



乙



丙

（1）先用如图甲所示的电路运用“半偏法”测量电流表 A 的内阻，记为 R_A。

（2）在图乙中，闭合开关 S_1、断开开关 S_2，调节滑动变阻器的滑片到某位置，记录下电流表示数为 I_1；保持滑动变阻器滑片的位置不变，断开开关 S_1，闭合开关 S_2，记录下电流表示数为 I_2。

（3）多次改变滑动变阻器滑片的位置，重复步骤（2），记录下多组示数 I_1 和 I_2，关于以上实验步骤，下列说法正确的是(　　)

A．电路甲运用半偏法测电流表 A 的内阻时，测量值偏大

B．电路甲中电源电动势大小和滑动变阻器的总阻值均应选择小一些

C．电路甲和乙中，闭合开关之前滑动变阻器的滑片均应置于最右端

（4）小亮同学利用图像法处理数据的过程中将 $\dfrac{1}{I_1}$ 设为纵轴，为得出线性关系，则应选取_____为横轴（选填 I_2、$\dfrac{1}{I_2}$ 或 $\dfrac{1}{I_2^2}$）。

（5）在正确选取横轴的物理量后，小亮同学将数据描绘在坐标系中得到如图丙所示的图像，图像与横、纵坐标轴的交点坐标分别为 a、$-b$，则可测得该电源的电动势 E=_____，内阻 r=_____（均用含有 E_0、r_0、a、b 的表达式填空）

（6）小组中的小江同学认为半偏法测出的 R_A 有误差，故将导致以上测出的电源内阻 r 出现误差，你认为 R_A 的测量误差将导致电源内阻 r 的测量值相对于真实值_____（选填“偏大”“偏小”“不变”）。

【答案】 C $\frac{1}{I_2}$ $\frac{b}{a}E_0$ bE_0+r_0 不变

【详解】[1]A．电路甲运用半偏法测电流表 A 的内阻时，由于接入电阻箱后回路总电阻减小，电流增大，则实际流过电阻箱的电流大于流过待测电流表的电流，二者电压相等，所以电阻箱接入电路的阻值小于电流表 A 的内阻，即电流表测量值偏小，故 A 错误；

B．由于接入电阻箱后回路中电流增大，所以电路甲中电源电动势大小和滑动变阻器的总阻值均应选择大一些的，电流变化较小，误差较小，故 B 错误；

C．电路甲和乙中，闭合开关之前滑动变阻器的滑片均应置于阻值最大处，即滑动变阻器最右端，故 C 正确。故选 C。

[2]闭合开关 S_1、断开开关 S_2，根据闭合电路欧姆定律可得 $I_1=\frac{E_0}{r_0+R}$

保持滑动变阻器滑片的位置不变，断开开关 S_1，闭合开关 S_2，有 $I_2=\frac{E}{r+R}$

联立可得 $\frac{1}{I_1}=\frac{r_0-r}{E_0}+\frac{E}{E_0}\cdot\frac{1}{I_2}$

所以将 $\frac{1}{I_1}$ 设为纵轴，为得出线性关系，则应选取 $\frac{1}{I_2}$ 为横轴。

[3][4]结合图线可得 $-b=\frac{r_0-r}{E_0}$，$\frac{b}{a}=\frac{E}{E_0}$

所以 $E=\frac{b}{a}E_0$，$r=bE_0+r_0$

[5]虽然半偏法测出的 R_A 有误差，但由以上分析可知，R_A 的测量误差将导致电源内阻 r 的测量值相对于真实值不变。

3．按图 1 所示的电路图测量合金丝的电阻 R_x。实验中除开关、若干导线之外还提供下列器材：

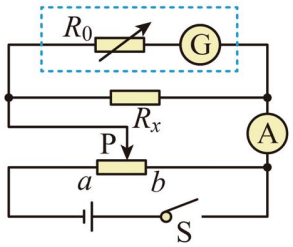


图1

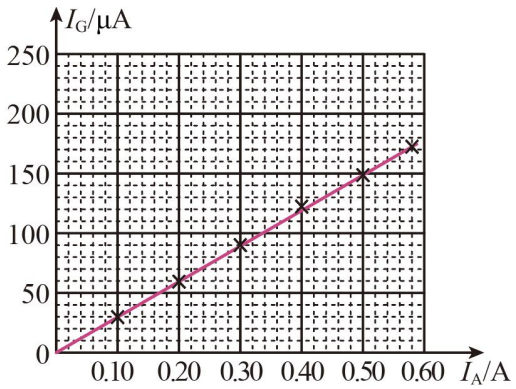


图2

A．待测合金丝 R_x（接入电路部分的阻值约 5Ω）

B．电源（电动势 4V，内阻不计）

C．电流表（0~3A，内阻约 0.025Ω）

D．电流表（0~0.6A，内阻约 0.125Ω）

E.灵敏电流计 G（满偏电流 I_g 为 200μA，内阻 r_g 为 500Ω）

F.滑动变阻器（0~10Ω，允许通过的最大电流 1A）

G.滑动变阻器（0~100Ω，允许通过的最大电流 0.3A）

H.电阻箱 R_0（0~99999.9Ω）

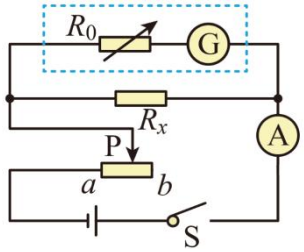
(1)为了测量准确、调节方便，实验中电流表应选_____，滑动变阻器应选_____。（均填写仪器前的字母）

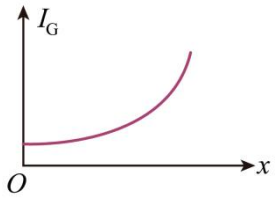
(2)按图 1 所示的电路图测量合金丝的电阻 R_x，开关闭合前应将滑动变阻器的滑片 P 置于_____端（选填“a”或“b”）。

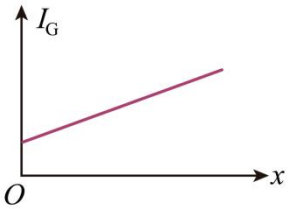
(3)若测出合金丝长度为 L，直径为 d，电阻为 R，则该合金电阻率的表达式 $\rho=$_____。（用上述字母和通用数学符号表示）

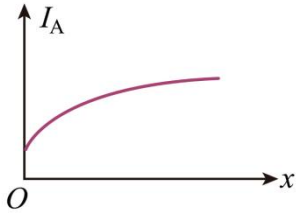
(4)甲同学按照图 1 电路图正确连接好电路，将电阻箱接入电路的阻值调为 $R_0=14500\Omega$，改变滑动变阻器接入电路的电阻值，进行多次实验，根据实验数据，画出了灵敏电流计的示数 I_G 和电流表的示数 I_A 的关系图线如图 2 所示。由此可知，合金丝接入电路的电阻测量值 $R_x=$_____Ω（保留两位有效数字）。

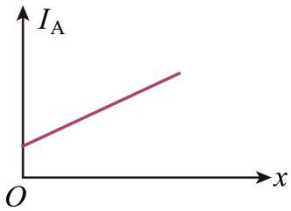
(5)乙同学选择同样的器材，按图 3 所示电路测量合金丝的阻值 R_x，保持电阻箱接入电路的阻值不变，在不损坏电表的前提下，他将滑动变阻器滑片 P 从一端滑向另一端随滑片 P 移动距离 x 的增加，灵敏电流计的示数 I_G 和电流表 A 的示数 I_A 也随之增加，图中反映 I_G-x 和 I_A-x 关系的示意图中可能正确的是（　）



A.


B.


C.


D.


【答案】(1)　D　F　(2)b　(3)$\dfrac{\pi Rd^2}{4L}$　(4)4.5　(5)A

【详解】（1）[1]电路最大电流约为 $I=\frac{U}{R}=\frac{4}{5}=0.8\text{A}$

电流表应选择 D；

[2]滑动变阻器采用分压接法，为方便实验操作应选择小电阻，故选 F。

（2）由图 2 所示电路图可知，滑动变阻器采用分压接法，为保护电路闭合开关前滑片应置于 b 端，使测量部分被短路，保护电表。

（3）合金丝的电阻 $R=\rho\frac{L}{S}=\rho\frac{L}{\pi(\frac{d}{2})^2}$

电阻率 $\rho=\frac{\pi Rd^2}{4L}$

（4）根据图 2 所示电路，由欧姆定律可知，合金丝阻值

$$R_x=\frac{U_x}{I_x}=\frac{I_{\text{G}}\left(r_{\text{g}}+R_0\right)}{I_{\text{A}}-I_{\text{G}}}=\frac{150\times10^{-6}\times\left(14500+500\right)}{0.5-150\times10^{-6}}\Omega\approx 4.5\Omega$$

（5）根据图 4 所示电路图，由欧姆定律可知，电表示数

$$I_{\text{A}}=\frac{E}{R_x+R}=\frac{E}{R_x+\rho\frac{L-x}{S}},\ I_{\text{G}}=\frac{I_{\text{A}}R_x}{R_0+r_{\text{g}}}=\frac{E}{\left(R_x+\rho\frac{L-x}{S}\right)\frac{R_0+r_{\text{g}}}{R_x}}$$

I_{A} 与 x 不是线性关系，I_{G} 与 x 也不是线性关系，随 x 增大 I_{A} 与 I_{G} 增大变快，

由图示图像可知，图 A 正确，BCD 错误。

故选 A。

4．某同学用题图 1 所示电路来探究一电容器的充放电性能。A 为理想电流传感器， V 为理想电压传感器，R 为定值电阻，E 为直流电源（内阻 r 不可忽略）。主要实验步骤如下：

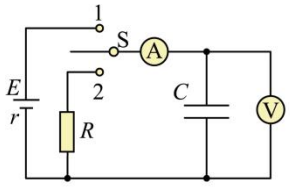
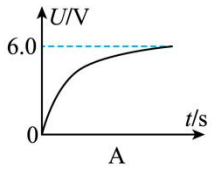
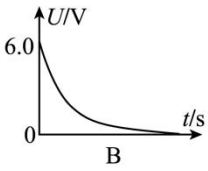


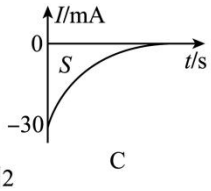
图1



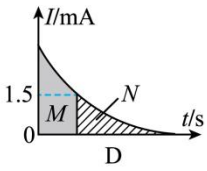
A



B



C



D

图2

①将电流传感器和电压传感器分别与计算机连接；

②将单刀双掷开关 S 接 1，利用计算机得到电流 I 和电压 U 随时间 t 变化的图像；

③将单刀双掷开关 S 接 2，再次利用计算机得到电流 I 和电压 U 随时间 t 变化的图像；

④导出所得的 4 张图像，如题图 2 所示。

请回答下列问题：

(1)开关 S 接 2 时的 $U-t$ 图像是题图 2 中的_____（选填“A”或“B”）。

(2)开关 S 接 1 时的 $I-t$ 图像如题图 2 中 C 所示，已知图中曲线与坐标轴围成的面积 $S=6.0\text{mA}\cdot\text{s}$，则该电容器的电容 $C=$_____（保留两位有效数字）。

(3)若题图 2D 中 M、N 区域的面积之比为 1:1，则定值电阻 $R=$_____Ω。

【答案】(1)B

(2)1.0×10^{-3}

(3)2×10^{3}

【详解】（1）开关 S 接 2 时，电容器处于放电过程，电容器两端电压逐渐减小，即电压表示数逐渐减小，可知，开关 S 接 2 时的 $U-t$ 图像是题图 2 中的 B。

（2）开关 S 接 1 时，电容器处于充电过程，电容器两端电压逐渐增大，可知，开关 S 接 1 时的 $U-t$ 图像是题图 2 中的 A，稳定时，电容器两端电压 $U=E=6.0\text{V}$ 根据电流的定义式有 $I=\frac{q}{t}$ 解得 $q=It$

可知，$I-t$ 图像中图像与时间轴所围几何图形的面积表示极板所带电荷量大小，根据题意可知，稳定时，电容器极板所带电荷量 $Q=6.0\text{mA}\cdot\text{s}=6.0\times10^{-3}\text{ C}$

根据电容的定义式有 $C=\frac{Q}{U}$

解得 $C=1.0\times10^{-3}\text{F}$

（3）电容器充电过程与放电过程极板所带电荷量的最大值均为 $Q=6.0\text{mA}\cdot\text{s}=6.0\times10^{-3}\text{C}$

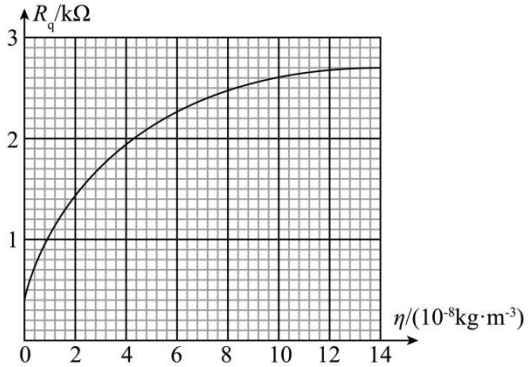
结合上述，根据图 2 中 D 可知，放电电流 $I_1=1.5\text{mA}$ 时，电容器的电荷量 $Q_1=\frac{Q}{2}=3\times10^{-3}\text{C}$

令此时电压为 U_1，根据电容的定义式有 $C=\frac{Q_1}{U_1}$

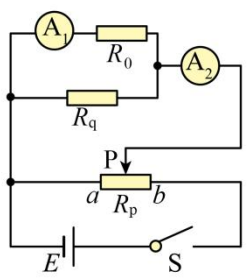
解得电容器两端电压 $U_1=3\text{V}$

根据欧姆定律可知，定值电阻 $R=\frac{U_1}{I_1}=2\times10^{3}\Omega$

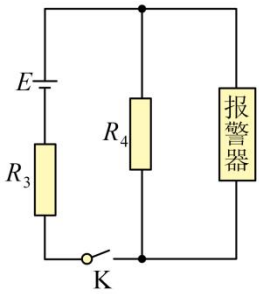
5．气敏电阻在安全环保领域有着广泛的应用。某气敏电阻说明书给出的气敏电阻 R_q 随甲醛浓度 η 变化的曲线如图 a 所示。



图a



图b



图c

(1)为检验该气敏电阻的参数是否与图 a 一致，实验可供选用的器材如下：

A．蓄电池（电动势 6V，内阻不计）

B．毫安表 A_1（量程 2mA，内阻为 200Ω）

C．毫安表 A_2（量程 5mA，内阻约 20Ω）

D．定值电阻 R_0（阻值 2800Ω）

E.滑动变阻器 R_1（最大阻值 10Ω，额定电流 0.2A）

F.滑动变阻器 R_2（最大阻值 200Ω，额定电流 0.2A）

G.开关、导线若干

探究小组根据器材设计了图 *b* 所示电路来测量不同甲醛浓度下气敏电阻的阻值，其中：

①滑动变阻器 R_p 应选用_____（填“R_1”或“R_2”）；

②开关 S 闭合前，应将滑动变阻器 R_p 的滑片置于_____端（填“*a*”或“*b*”）；

(2)实验时，将气敏电阻置于密封小盒内，通过注入甲醛改变盒内浓度，记录不同浓度下电表示数，当甲醛浓度为 $6\times10^{-8}\,\mathrm{kg\cdot m^{-3}}$ 时毫安表 A_1 和毫安表 A_2 的示数分别为 1.51mA 和 3.51mA，此时测得该气敏电阻的阻值为_____kΩ（结果保留三位有效数字）。

(3)多次测量数据，得出该气敏电阻的参数与图 *a* 基本一致。探究小组利用该气敏电阻设计了如图 *c* 所示的简单测试电路，用来测定室内甲醛是否超标（国家室内甲醛浓度标准是 $\eta\le1\times10^{-7}\mathrm{kg\cdot m^{-3}}$），并能在室内甲醛浓度超标时发出报警音。电路中报警器的电阻可视为无穷大，电源电动势 E=3.0V（内阻不计），在接通电路时报警器两端电压大于 2.0V 时发出报警音“已超标”，小于等于 2.0V 时发出提示音“未超标”。则在电阻 R_3 和 R_4 中，_____是定值电阻，其阻值为_____kΩ（保留两位有效数字）。

【答案】(1)　　R_2　　*a*

(2)2.27

(3)　　R_3　　1.3

【详解】（1）①[1]根据图 b 可知，滑动变阻器采用了分压接法，为了调节方便，本来应该选择最大阻值较小的 R_1；但是考虑到若选择 R_1=10Ω，电源电动势为 6V，则可能会超过滑动变阻器的最大电流 0.2A，所以选择 R_2。

②[2]开关 S 闭合前，应将滑动变阻器 R_p 的滑片置于 *a* 端。

（2）该气敏电阻的阻值为 $R_p=\dfrac{I_1(R_{A1}+R_0)}{I_2-I_1}=\dfrac{1.51(200+2800)}{3.51-1.51}\Omega=2.27\mathrm{k\Omega}$

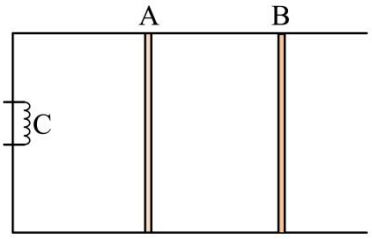
（3）[3][4]因甲醇浓度越大，则 R_P 阻值越大，回路总电阻越大，总电流越小，则定值电阻上的电压越小，R_P 上的电压越大，当超过 2.0V 时发出报警音，可知 R_4 为气敏电阻，R_3 为定值电阻；当室内甲醛浓度是 η=$1\times10^{-7}\mathrm{kg\cdot m^{-3}}$ 时 R_P=2.6kΩ，可知定值电阻 $R_3=\dfrac{E-U}{\dfrac{U}{R_P}}=\dfrac{3.0-2.0}{2.0}\times2.6\mathrm{k\Omega}=1.3\mathrm{k\Omega}$

押题猜想十二 气体实验定律与热力学定律的应用

终极密押

（原创）如图所示，是一个固定在水平面上的绝热容器，缸壁足够长，面积为 $S=100\mathrm{cm^2}$ 的绝热活塞 B 被

锁定。隔板 A 左右两部分体积均为$V_1=750\text{cm}^3$，隔板 A 左侧为真空，右侧中有一定质量的理想气体处于温度$T_1=300\text{K}$、压强$p_1=2.04\times10^5\text{Pa}$的状态 1。抽取隔板 A，右侧中的气体就会扩散到左侧中，最终达到状态 2。然后解锁活塞 B，同时施加水平恒力 F，仍使其保持静止，当电阻丝 C 加热时，活塞 B 能缓慢滑动（无摩擦），使气体达到温度$T_2=350\text{K}$的状态 3，气体内能增加64.5J。已知大气压强$p_0=1.01\times10^5\text{Pa}$，隔板厚度不计。



求：

（1）水平恒力 F 大小为多少？

（2）电阻丝放出的热量大小为多少？

【答案】（1）10N　（2）90J

【详解】（1）气体从状态 1 到状态 2 发生等温变化，则有$p_1V_1=p_2\cdot2V_1$解得状态 2 气体的压强为$p_2=\frac{p_1}{2}=1.02\times10^5\text{Pa}$解锁活塞 B，同时施加水平恒力 F，仍使其保持静止，以活塞 B 为对象，根据受力平衡可得$p_2S=p_0S+F$解得$F=(p_2-p_0)S=(1.02\times10^5-1.01\times10^5)\times100\times10^{-4}\text{N}=10\text{N}$

（2）当电阻丝 C 加热时，活塞 B 能缓慢滑动（无摩擦），使气体达到温度$T_2=350\text{K}$的状态 3，可知气体做等压变化，则有$\frac{2V_1}{T_1}=\frac{V_3}{T_2}$可得状态 3 气体的体积为$V_3=\frac{T_2}{T_1}\cdot2V_1=\frac{350}{300}\times2\times750\text{cm}^3=1750\text{cm}^3$该过程气体对外做功为$W=p_2\Delta V=p_2(V_3-2V_1)=1.02\times10^5\times(1750-2\times750)\times10^{-6}\text{J}=25.5\text{J}$根据热力学第一定律可得$\Delta U=-W+Q'$解得气体吸收的热量为$Q'=\Delta U+W=64.5\text{J}+25.5\text{J}=90\text{J}$可知电阻丝 C 放出的热量为$Q=Q'=90\text{J}$。

押题解读

以选择题形式对热学内容的考查时，注意涉及分子动理论、固体和液体、热力学定律三部分内容的考查，其中对热力学定律的考查的频度相对较高。

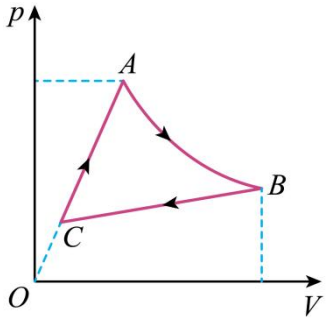
考前秘笈

这部分内容建议考前认真看看课本，且该记忆的内容一定要记住。对于热力学第一定律要明确公式中各个物理量的符号法则。

押题预测

1．一定质量的理想气体经历了 $A\to B\to C\to A$ 的循环，其 p—V 图像如图所示，其中 $A\to B$ 过程气体分子的平

均动能不变，下列说法错误的是（　　）



A．$A\to B$ 过程，气体的压强与体积乘积是一个定值

B．$B\to C$ 过程，气体放出的热量比外界对气体做功多

C．$C\to A$ 过程，气体分子碰撞单位面积器壁的平均作用力减小

D．再次回到 A 状态时，气体内能不变

【答案】C

【详解】A．$A\to B$ 过程，气体分子的平均动能不变，可知，此过程气体的温度不变，根据玻意耳定律可知，气体的压强与体积乘积是一个定值，故 A 正确，不符合题意；

B．$B\to C$ 过程，气体体积变小，外界对气体做功，气体的压强与体积乘积变小，根据玻意耳定律可知，气体的温度降低，则气体内能减小，根据热力学第一定律可知，气体放出的热量比外界对气体做功多，故 B 正确，不符合题意；

C．$C\to A$ 过程，气体体积变大，气体分子密度变小，但压强增大，气体分子碰撞单位面积器壁的平均作用力增大，故 C 错误，符合题意；

D．再次回到 A 状态时，气体温度不变，则气体内能不变，故 D 正确，不符合题意。

故选 C。

2．在某校“科技文化节”中，刘老师带领兴趣小组的同学们给大家再现了“马德堡半球”实验。实验中用到如下器材：两个各在碗底焊接了铁钩的半球型不锈钢碗（空腔直径为20 cm）、与碗口匹配的带有单向阀和抽气软管（体积忽略）的密封胶圈、注射器（容积为500 mL）、酒精小棉球。刘老师先后安排了两次实验：第一次在一个碗里点燃酒精棉球，待熄灭后迅速把另一个碗扣上密封后静置；第二次指导同学们对密封后的另一个“球”用注射器抽气。操作后要求两侧分别用相同数目的同学拉着绳子钩着铁钩朝相反的方向拉。设环境温度为 15℃，实验中“球”不变形不漏气，参与同学平均用力为400 N，大气压强为1×10^5 Pa，热力学温度与摄氏温度关系为$T=t+273\ \mathrm{K}$，$\pi=3.00$，$\left(\frac{8}{9}\right)^5=0.55$。



(1)第一次操作后当参与同学总数达到 6 人时，“球”刚好被拉开，请估算刚密封时“球”内空气的温度。

(2)第二次实验中用注射器抽气 5 次后，刘老师应控制每一侧最多几人参与才能保证实验效果（未能拉开）？

【答案】(1) $207\,^{\circ}\mathrm{C}$

(2)每侧 3 人

【详解】（1）对密封后气体由查理定律得 $\frac{p_0}{T_1}=\frac{p}{T_0}$

对右侧碗有 $p_0S=3F+pS$

其中 $S=\pi(\frac{d}{2})^2$

所以 $T_1=\frac{p_0T_0}{p}=480\,\mathrm{K}=207\,^{\circ}\mathrm{C}$

（2）第一次抽气过程由玻意耳定律得 $p_0V_0=p_1\left(V_0+V'\right)$

又 $V_0=\frac{4}{3}\pi\left(\frac{D}{2}\right)^3=4\,\mathrm{L}$，$V'=0.5\,\mathrm{L}$

整理得 $p_1=\frac{8}{9}p_0$

同理，第二次抽气后 $p_2=\left(\frac{8}{9}\right)^2p_0$

……

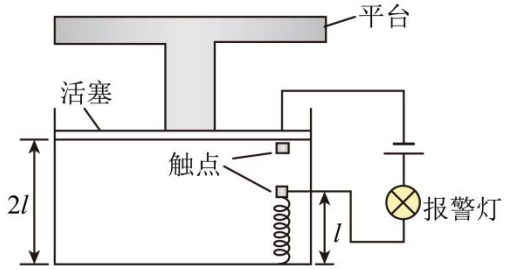
第五次抽气后 $p_5=\left(\frac{8}{9}\right)^5p_0$

又 $p_5S+NF\le p_0S$

整理得 $N\le3.4$

所以应控制在每侧 3 人。

3．如图是某超重报警装置示意图，它由导热性能良好的密闭气缸、固定有平台活塞、报警电路组成，当活塞下移两触点接触时，电路发出超重报警。已知活塞与平台的总质量为 m，活塞横截面积为 S，弹簧长为 l，大气压为 p_0。平台不放物体，在环境温度为 T_0 时，活塞距气缸底高为 $2l$。不考虑活塞与气缸间摩擦，忽略上触点与活塞之间的距离，气缸内气体视为理想气体。



(1)平台下移过程中气体分子间作用力为_____（选填“引力”、“斥力”或“零”），单位面积气缸壁受到气体分子的撞击力_____（选填“增大”、“不变”或“减小”）；

(2)轻放重物，活塞缓慢下移，求刚好触发超重预警时所放重物的质量 M；

(3)不放重物，若外界温度缓慢降低，从图示位置到刚触发超重预警过程，气体向外界放出热量 Q。求气体内能的变化 ΔU 。

【答案】(1)　　零　　增大

(2) $M=m+\dfrac{p_0S}{g}$

(3) $\Delta U=\left(\dfrac{mg}{S}+p_0\right)lS-Q$

【详解】（1）[1][2]因气体视为理想气体，则平台下移过程中气体分子间作用力为零，气体体积变小，因活塞导热性良好，可知气体温度不变，则气体压强变大，则单位面积气缸壁受到气体分子的撞击力增大；

（2）气体进行等温过程，则根据玻意耳定律： $p_1V_1=p_2V_2$

可得

$$\left(\frac{m}{S}g+p_0\right)2lS=\left(\frac{m+M}{S}g+p_0\right)lS$$

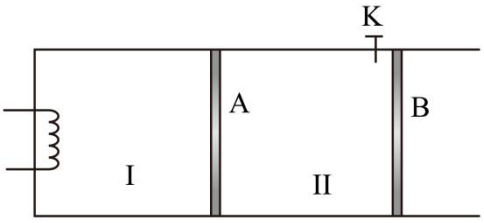
得 $M=m+\dfrac{p_0S}{g}$

（3）等压变化，外界对气体做功 $W=p_1(2l-l)S=\left(\dfrac{mg}{S}+p_0\right)lS$

由热力学第一定律 $\Delta U=W+Q$

解得 $\Delta U=\left(\dfrac{mg}{S}+p_0\right)lS-Q$

4．如图所示，开口向右的绝热汽缸水平放置，由厚度均不计的绝热活塞 A 和导热活塞 B 封闭相同质量的理想气体I、II，气体的体积均为 V_0，压强均为 $1.2p_0$，热力学温度与外界相同，均为 T_0，活塞 A 可以在汽缸内无摩擦地自由移动，活塞 B 与汽缸间的最大静摩擦力大小为 $F_{\text{fm}}=\dfrac{p_0S}{2}$。已知两部分气体均密封良好，活塞的横截面积为 S，大气压强为 p_0，外界的温度保持不变。现通过电加热丝对区域I内的气体缓慢加热。



(1)求当活塞 B 恰好要滑动时，活塞 A 移动的距离；

(2)当活塞 B 恰好要滑动时，电加热丝停止加热，同时将活塞 B 固定，然后打开区域II内的阀门 K，气体缓慢漏出。经过足够长的时间，区域II内剩余气体的质量是原来质量的 $\dfrac{5}{24}$，求区域I内气体最终的热力学温度。

【答案】(1) $\dfrac{V_0}{5S}$

(2)$\frac{35}{24}T_0$

【详解】（1）当活塞 B 恰好要滑动时，对其受力分析，根据平衡条件 $pS = p_0S + F_{fm}$

又 $F_{fm} = \frac{p_0S}{2}$

解得 $p = 1.5p_0$

区域II内气体发生等温变化，根据玻意耳定律有 $1.2p_0V_0 = pV$

当活塞 B 恰好要滑动时，活塞 A 移动的距离为 $\Delta x = \frac{V_0 - V}{S}$

联立可得 $\Delta x = \frac{V_0}{5S}$

（2）打开区域II内的阀门 K 后，经过足够长的时间，气体II的压强为 p_0，根据玻意耳定律有 $1.2p_0V_0 = p_0V'$

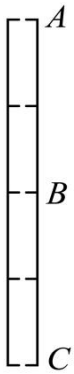
由题意可知 $\frac{V_{余}}{V'} = \frac{m_{余}}{m} = \frac{4}{25}$

解得 $V_{余} = \frac{V_0}{4}$

对气体I，根据理想气体状态方程 $\frac{1.2p_0V_0}{T_0} = \frac{p_0(2V_0 - V_{余})}{T}$

解得 $T = \frac{35}{24}T_0$

5．户外活动时需要在小口径井中取水，某同学取如图所示的一段均匀竹筒做了一个简易汲水器。在五个竹节处开小孔，把竹筒竖直放入水中一定深度后，水从 C 孔进入，空气由从 A 孔排出，当内外液面相平时，手指按住竹筒最上 A 处小孔缓慢地上提竹筒，即可把井中的水取上来。设竹筒内空间横截面积 S=20cm^2，竹筒共四小段，每小段长度 l=25cm，已知水密度 ρ=1.0×10^{3}kg/m^3，重力加速度大小 g=10m/s^2，大气压强 p_0=1.0×10^{5}Pa，整个过程温度保持不变，空气可视为理想气体。求：



(1)把竹筒全部浸入水中，堵住 A 孔将其拿出水面后再松开 A 孔让水慢慢流出，流出一部分水后再堵住 A 孔，等竹筒中水位稳定后，水位刚好下降到 B 处，求从 A 孔进入的标准大气压下空气的体积 V；

(2)把竹筒竖直放入井水中汲水时，如果井水水位刚好浸到竹筒竹节 B 处，手指按住最上面的 A 孔缓慢地上提竹筒，一次能汲出多少克的水？（$\sqrt{101} \approx 10.05$）

【答案】(1)$9.5\times10^{-4}\mathrm{m}^3$

(2)$0.95\mathrm{kg}$

【详解】（1）从 A 孔进入的空气，发生的是等温变化，初状态参量为 $p_1=p_0$，$V_1=V$

末状态参量为 $p_2=p_0-\rho gl$，$V_2=lS$

由玻意耳定律得 $p_1V_1=p_2V_2$

解得 $V=\dfrac{(p_0-\rho gl)lS}{p_0}=9.5\times10^{-4}\mathrm{m}^3$

（2）当手指按住最上面的 A 孔缓慢地上提竹筒，设最后竹筒里面取水的高度为 h。对竹筒上部分的空气分析可知初状态参量为 $p_3=p_0$，$V_3=lS$

末状态参量为 $p_4=p_0-\rho gh$，$V_4=(2l-h)S$

由玻意耳定律得 $p_3V_3=p_4V_4$

整理并代入数据得 $h^2-11h+5=0$

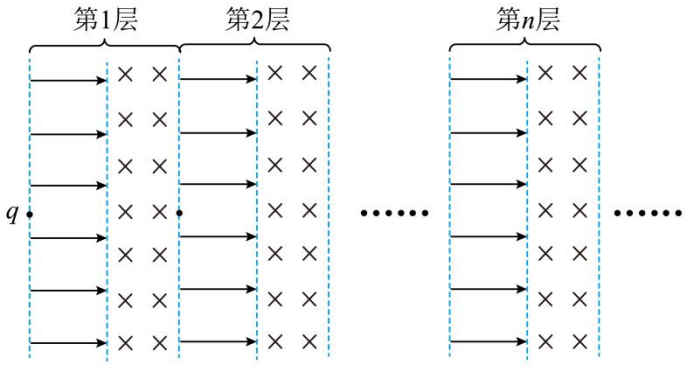
解得 $h=0.475\mathrm{m}$

所以一次能汲出水的质量 $m=\rho hS=0.95\mathrm{kg}$

押题猜想十三 电磁组合与叠加场问题

终极密押

（原创）利用带电粒子在电场、磁场受到的电场力和洛伦兹力，可以控制带电粒子的运动。真空中分布有如图所示的多层的匀强电场和匀强磁场，电场与磁场的宽度均为 d、电场强度为 E，方向水平向右；磁感应强度为 B，方向垂直纸面向里。电场、磁场的边界互相平行且与电场方向垂直。一质批 m、电荷量 q 的带正电粒子在第 1 层电场左侧边界某处由静止释放，粒子始终在电场、磁场中运动，不计粒子重力及运动时的电磁辐射。



求：

（1）粒子在第 2 层磁场中运动时速度和轨迹半径大小为多少？

（2）粒子从第 n 层磁场偏转返回时，在电场、磁场交界的位置速度大小为多少？

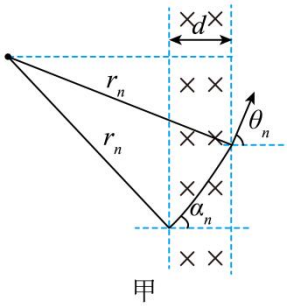
（3）若粒子能从第 n 层磁场右侧边界穿出，速度与竖直方向的夹角为 θ_n，则 $\sin\theta_n$ 为多大？

【答案】（1）$v_2=2\sqrt{\dfrac{qEd}{m}}$；$r_2=\dfrac{2}{B}\sqrt{\dfrac{mEd}{q}}$　　（2）$v_n=\sqrt{\dfrac{2nqEd}{m}}$　　（3）$\sin\theta_n=B\sqrt{\dfrac{nqd}{2mE}}$

【详解】（1）粒子在进入第 2 层磁场时，经过两次加速，中间穿过磁场时洛伦兹力不做功；由动能定理可得 $2qEd=\dfrac{1}{2}mv^2$ 解得 $v_2=2\sqrt{\dfrac{qEd}{m}}$ 粒子在第 2 层磁场中受到的洛伦兹力充当向心力，有 $qv_2B=m\dfrac{v_2^2}{r_2}$ 解得 $r_2=\dfrac{2}{B}\sqrt{\dfrac{mEd}{q}}$

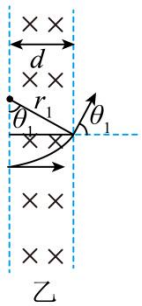
（2）设粒子在第 n 层磁场中运动的速度为 v_n，轨迹半径为 r_n(各量的下标均代表粒子所在层数，下同)，则 $nqEd=\dfrac{1}{2}mv_n^2$ 解得 $v_n=\sqrt{\dfrac{2nqEd}{m}}$

（3）粒子进入第 n 层磁场时，速度的方向与水平方向的夹角为 α_n，从第 n 层磁场右侧边界穿出时速度方向与水平方向的夹角为 θ_n，粒子在电场中运动时，垂直于电场线方向的速度分量不变，有 $v_{n-1}\sin\theta_{n-1}=v_n\sin\alpha_n$ 由图甲



甲

可得 $r_n\sin\theta_n-r_n\sin\alpha_n=d$ 解得 $r_n\sin\theta_n-r_{n-1}\sin\theta_{n-1}=d$ 可以看出 $r_1\sin\theta_1$，$r_2\sin\theta_2$，$\llcorner$，$r_n\sin\theta_n$ 为一等差数列，公差为 d，可得 $r_n\sin\theta_n=r_1\sin\theta_1+(n-1)d$ 当 n=1 时，由图乙



乙

看出 $r_1\sin\theta_1=d$ 解得 $\sin\theta_n=B\sqrt{\dfrac{nqd}{2mE}}$

押题解读

电磁场的组合和叠加场问题中物理模型有：带电粒子、带电小球、带电油滴等模型。以组合场出现的几率较高，近几年这类问题出现了有平面场问题转三维空间场问题。命题点常包含：匀变速直线运动、圆

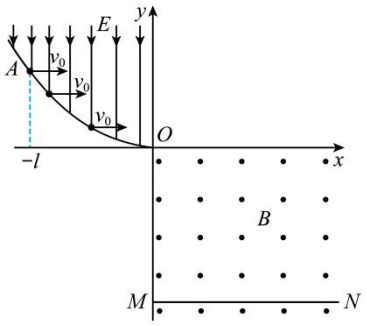
周运动、抛体运动等。命题常将电场、磁场部分知识与运动学、力学、功能关系等多个物理规律的综合运用，有时也会与相关图像联系在一起。

考前秘笈

单一或两个带电粒子在组合场、叠加场、交变场的运动问题。对带电粒子在不同的区域，受力分析和运动过程分析，判断带电粒子的运动性质，利用数学语言列方程求解。画运动过程示意图，确定临界条件。

押题预测

1．如图所示，在 xoy 平面直角坐标系中，第二象限有一过坐标原点 O 的曲线，该曲线及其上方有竖直向下的匀强电场。曲线上每个位置可连续发射质量为 m 、电荷量为 q 的粒子，粒子均以大小为 v_0 的初速度水平向右射入电场，所有粒子均能到达原点 O，曲线上 A 点离 y 轴的距离为 l，电场强度大小为 $\frac{mv_0^2}{ql}$ 。第四象限内（含 x 边界）存在垂直于纸面向外、磁感应强度大小为 $\frac{\sqrt{2}mv_0}{ql}$ 的匀强磁场，MN 为平行于 x 轴且足够大的荧光屏，荧光屏可以上下移动，不计粒子重力及粒子间的相互作用，粒子打到荧光屏上即被吸收。



(1)求图中曲线方程；

(2)若粒子运动中不会与荧光屏相碰，求从 A 点发射的粒子在磁场中运动时间；

(3)若将荧光屏缓慢上下移动，求从 A 点至 O 点发射的粒子打在荧光屏上的发光点间的最大距离 L 。

【答案】(1) $y=\frac{x^2}{2l}$ （ $x\le 0$ ）

(2) $\frac{\sqrt{2}\pi l}{4v_0}$

(3) $\left(\sqrt{2}-1\right)l$

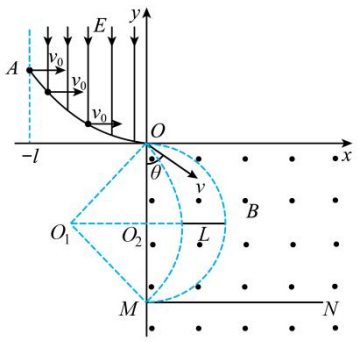
【详解】（1）设曲线某点坐标为（x，y），粒子在电场中做类平抛运动，水平方向有 $|x|=v_0t$

竖直方向有 $y=\frac{1}{2}\cdot\frac{qE}{m}\cdot t^2$

其中 $E=\frac{mv_0^2}{ql}$

解得 $y=\dfrac{x^2}{2l}$（$x\le 0$）

（2）对从曲线上 A 点射入的粒子，作出粒子的运动轨迹如图所示



在电场中，粒子做类平抛运动，在水平方向有 $l=v_0t_1$

在竖直方向有 $v_y=\dfrac{qE}{m}t_1$

设粒子进入磁场时速度 v 与竖直方向的夹角为 θ，则有 $\tan\theta=\dfrac{v_0}{v_y}$

解得 $\theta=45^\circ$

粒子在磁场中做匀速圆周运动，则有 $qvB=m\dfrac{v^2}{r}$，$T=\dfrac{2\pi r}{v}$

解得 $T=\dfrac{2\pi m}{qB}$

则粒子在磁场运动时间 $t=\dfrac{2\theta}{2\pi}T$

解得 $t=\dfrac{\sqrt{2}\pi l}{4v_0}$

（3）设粒子从 O 点进入磁场的速度 v，与 y 轴负向的夹角为 α，运动半径为 R，由洛伦兹力提供向心力有

$qvB=m\dfrac{v^2}{R}$

解得 $R=\dfrac{mv}{Bq}$

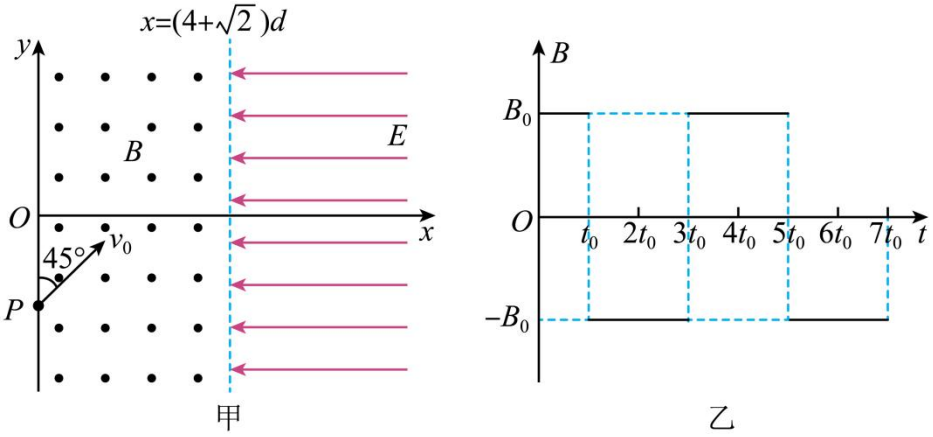
由几何知识可知，若无荧光屏粒子出磁场时对应的弦长为 $d=2R\sin\alpha=\dfrac{2mv\sin\alpha}{qB}=\dfrac{2mv_0}{qB}$

该弦长与 v 无关，即从 OA 任一点发射的粒子都从同一点射出磁场。令 O 点发射的粒子在磁场中运动轨道半径 R_1，结合上述有 $R_1=\dfrac{mv_0}{Bq}=\dfrac{\sqrt{2}}{2}l$

令从 A 点发射的粒子在磁场中运动轨道半径 R_2，则有 $R_2=\dfrac{mv}{Bq}=\dfrac{\sqrt{2}mv_0}{Bq}=l$

所以打在荧光屏上的发光点的最大距离为 $L=R_1-R_2\left(1-\cos\theta\right)$ 解得 $L=\left(\sqrt{2}-1\right)l$

2．如图甲所示，在平面直角坐标系 xOy 中，在直线 $x=(4+\sqrt{2})d$ 和 y 轴之间有垂直纸面的匀强交变磁场，磁场方向垂直纸面向外为正方向，磁感应强度的大小和方向变化规律如图乙所示；在直线（图中虚线）$x=(4+\sqrt{2})d$ 右侧有沿 x 轴负方向的匀强电场。t=0 时，一带正电的粒子从 y 轴上的 P 点$(0,\sqrt{2}d-4d)$沿与 y 轴正方形成 45°角射入匀强交变磁场，在 t=3t_0 时垂直穿过 x 轴，一段时间后粒子恰好沿原路径回到 P 点。粒子可视为质点、重力不计，忽略由于磁场变化引起的电磁效应，求：



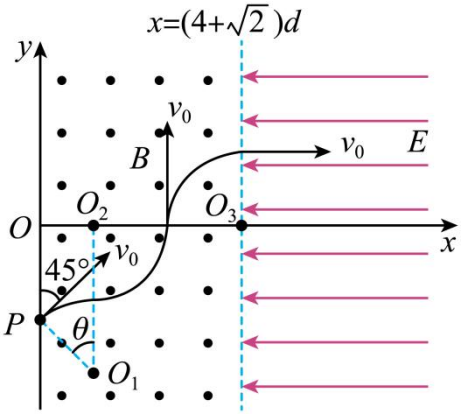
(1)粒子的比荷 $\frac{q}{m}$；

(2)粒子的初速度大小 v_0；

(3)匀强电场的场强大小 E。

【答案】(1) $\frac{q}{m}=\frac{\pi}{4B_0t_0}$ (2) $v_0=\frac{\pi d}{2t_0}$ (3) $E=\frac{B_0d}{kt_0}(k=1,2,3,.....)$

【详解】（1）粒子要沿原路返回到 P 点，则粒子在 $3t_0$ 时垂直穿过 x 轴时粒子必在磁场中，根据几何关系，此时粒子的速度方向沿 y 轴正方向，轨迹如图所示。



设在 0~t_0 内粒子的速度偏转角为θ，粒子在磁场中做匀速圆周运动的周期为 T，根据磁场变化的规律，则有

$2\theta-\theta=45°$，$t_0=\frac{\theta}{360°}\times T$

粒子在磁场中，洛伦兹力提供向心力，则有 $Bqv_0=m\frac{v_0^2}{r}$，$T=\frac{2\pi r}{v_0}$

可得粒子在磁场中的运动周期 $T=\frac{2\pi m}{qB_0}$ 联立解得解得 $\frac{q}{m}=\frac{\pi}{4B_0t_0}$

（2）设粒子做圆周运动的半径为 R，由几何关系有 $2R-R\cos\theta=4d-\sqrt{2}d$

粒子由洛伦兹力提供做圆周运动的向心力，则有 $qv_0B_0=\frac{mv_0^2}{R}$

联立以上各式解得 $v_0=\frac{\pi d}{2t_0}$

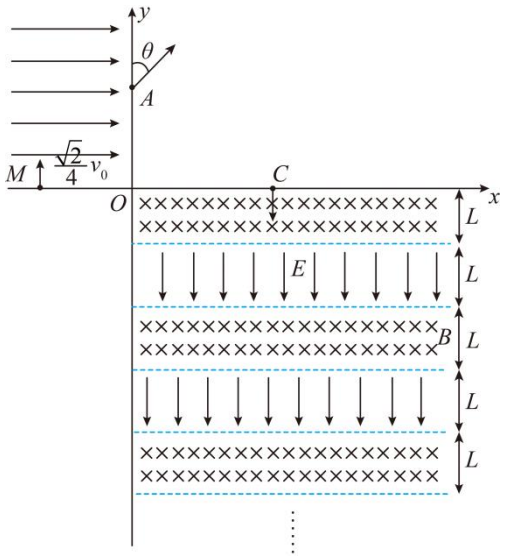
（3）根据几何关系，则有 $2R+R\sin\theta=4d+\sqrt{2}d$

可知，粒子在 $t=5t_0$ 时沿 x 轴正方向进入电场。粒子要沿原路返回到 P 点，则粒子从电场回到磁场时，磁场方向应垂直纸面向里，即粒子最早应在 $t=9t_0$ 时返回磁场。设粒子在电场中运动的时间为 t，考虑到周期性，则有 $t=4kt_0(k=1,2,3,.....)$

对粒子在电场中的运动，由动量定理，则有 $qE\frac{t}{2}=mv_0$

联立以上各式，解得 $E=\frac{B_0d}{kt_0}(k=1,2,3,.....)$

3．电磁场在现代科学技术中有着广泛的应用。通过电、磁场可以实现对带电粒子的控制。如图所示，在 xOy 平面直角坐标系中存在着多处电场、磁场，第一象限存在区域足够大的匀强磁场（未画出）；第二象限存在沿 x 轴正向的匀强电场；第四象限存在交替出现的边界与 x 轴平行的匀强电场与匀强磁场，电场与磁场宽度都是 L，电场强度大小 $E=\frac{mv_0^2}{8qL}$，磁感应强度大小 $B=\frac{mv_0}{4qL}$。现一质量为 m、电量为 q 的带正电粒子从 M 点沿 y 轴正向以初速度 $\frac{\sqrt{2}}{4}v_0$ 垂直射入第二象限匀强电场，后又经过 A 点进入第一象限，最后经过 C 点，沿 y 轴负向射入第四象限。已知 M 点坐标为 $\left(-\frac{L}{2},0\right)$，A 点处粒子速度方向与 y 轴正向夹角 $\theta=45^\circ$，虚线边界有电场，忽略磁场边界效应和粒子重力。求：



(1)第二象限中电场强度大小 E_1；

(2)第一象限中磁感应强度大小 B_1；

(3)整个运动过程中，粒子距 x 轴的最远距离。

【答案】(1) $E_1=\dfrac{mv_0^2}{8qL}$

(2) $B_1=\dfrac{\sqrt{2}mv_0}{4qL}$

(3) $y_{\mathrm{m}}=\left(4+2\sqrt{5}\right)L$

【详解】（1）对带电粒子在第二象限中运动分析可知，在水平方向 $\dfrac{L}{2}=\dfrac{v_x}{2}t$

根据速度的合成与分解可知水平方向的速度为 $v_x=\dfrac{\sqrt{2}}{4}v_0\tan45^\circ=\dfrac{qE_1}{m}t$

联立解得 $E_1=\dfrac{mv_0^2}{8qL}$

（2）带电粒子进入第一象限时速度大小为 $v_1=\dfrac{\frac{\sqrt{2}}{4}v_0}{\cos45^\circ}$

根据几何关系可知 $y_{OA}=\dfrac{\sqrt{2}}{4}v_0t=R\cos45^\circ$

根据洛伦兹力提供向心力，有 $B_1qv_1=\dfrac{mv_1^2}{R}$

联立解得 $B_1=\dfrac{\sqrt{2}mv_0}{4qL}$

（3）法一：设粒子在第四象限运动过程中，从上向下在第 n 层磁场中运动速度为 v_n，轨道半径为 r_n，则有

$(n-1)qEL=\dfrac{1}{2}mv_n^2-\dfrac{1}{2}mv_1^2$

根据洛伦兹力提供向心力，有 $qv_nB=m\dfrac{v_n^2}{r_n}$

速度为 $v_n=\dfrac{\sqrt{n}}{2}v_0$

半径关系为 $r_n=2\sqrt{n}L$

粒子进入第 n 层电场时，速度方向与 y 轴方向的夹角为 α_n，从第 n 层电场下边界穿出时速度方向与 y 轴方向的夹角为 θ_n，粒子在电场中运动时，垂直电场线方向的速度分量不变，有 $v_{n-1}\sin\alpha_{n-1}=v_n\sin\theta_{n-1}$，

$r_n\sin\alpha_n-r_n\sin\theta_{n-1}=L$

解得 $r_n\sin\alpha_n-r_{n-1}\sin\alpha_{n-1}=L$

可知 $r_1\sin\alpha_1$、$r_2\sin\alpha_2$、$r_3\sin\alpha_3$、……$r_n\sin\alpha_n$ 是一组等差数列，公差为 L，可得 $r_n\sin\alpha_n=r_1\sin\alpha_1+(n-1)L=nL$

将 $r_n = 2\sqrt{n}L$ 代入，可得 $\sin\alpha_n = \frac{\sqrt{n}}{2}$ 由于 $\sin\alpha_n \le 1$，则 $n \le 4$

由于 $n > 1$，且为整数，故 n 的最大值为 4，此时 $\sin\theta_4 = \frac{v_4}{v_5}\sin\alpha_4 = \frac{2\sqrt{5}}{5}$

半径为 $r_5 = 2\sqrt{5}L$

即粒子在第 5 层磁场中达到轨迹最下端，此时速度沿 x 轴正向，由几何关系得轨迹最下端距离第 5 层磁场上边界距离为 $\Delta y = r_s - r_5\sin\theta_4 = \left(2\sqrt{5}-4\right)L$

综上，轨迹最下端离 x 轴的竖直距离为 $y_m = n\cdot 2L + \Delta y = \left(4+2\sqrt{5}\right)L$

法二：还可以采用以下方法分析。

设在第 n 个磁场中最远，根据洛伦兹力提供向心力，有 $qv_yB\cdot\Delta t = m\Delta v_x$

$\sum qv_yB\cdot\Delta t = m\Delta v_x$

则有 $qBy_{磁} = mv_x$

根据动能定理，有 $qE(n-1)L = \frac{1}{2}mv_x^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$

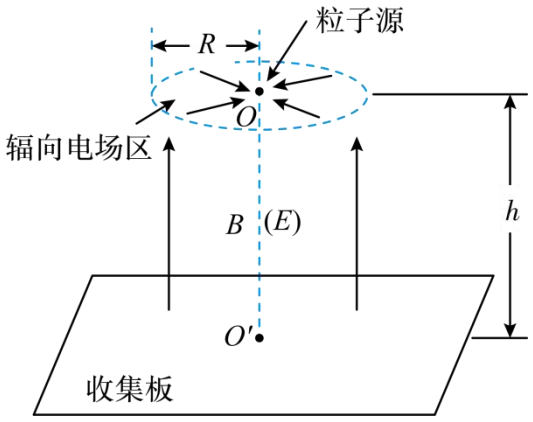
在磁场中运动的位移 $y_{磁} = 2\sqrt{n}L$

则有 $(n-1)L < y_{磁} < nL$

即 $3-2\sqrt{2} < n < 3+2\sqrt{2}$

则 $n = 5$，此时粒子距 x 轴的最远 $y_m = \left(4+2\sqrt{5}\right)L$ 。

4．如图所示是粒子发射接收装置，粒子源 O（大小不计）能均匀释放初速度可视为 0 的电子，单位时间内释放的电子数为 n。在以 O 为圆心、半径为 R 的水平区域内存在辐向电场，能为电子提供可在 $\frac{eB^2R^2}{6m}\sim\frac{eB^2R^2}{2m}$ 范围内调节的加速电压 U。电子经辐向电场加速后沿各个径向均匀射出，后进入同时存在磁感应强度为 B 的匀强磁场和电场强度为 E 的匀强电场的区域，两场方向均竖直向上。O' 为粒子源 O 正下方的一点，且位于足够大的水平收集板上，O' 与 O 的距离 h 可调。已知电子电量为 e，质量为 m，电子到达收集板后立刻被吸收且电中和，不计电子受到的重力及相互间作用力。



(1)求电子刚从辐向电场射出时速度v的大小范围；

(2)上下移动收集板，求收集板上能收集到电子的区域的最大面积S；

(3)若无论怎样调节辐向电场的加速电压U，电子在收集板上的落点与收集板中心O'的距离都相同，求

①距离h需满足的条件；

②收集板所受冲击力大小F。

【答案】(1)$\frac{\sqrt{3}eBR}{3m} \le v \le \frac{eBR}{m}$

(2)$S = 4\sqrt{2}\pi R^2$

(3)①$h = \frac{Ee}{2m}t^2 = \frac{2mE\pi^2 k^2}{eB^2}(k = 0,1,2,\cdots\cdots)$；②$F = \frac{2\pi nmEk}{B}(k = 0,1,2,\cdots\cdots)$

【详解】（1）从粒子源到辐射电场，根据动能定理：$eU = \frac{1}{2}mv^2 - 0$

根据题意可知电压范围为$\frac{eB^2R^2}{6m} \sim \frac{eB^2R^2}{2m}$

代入可得速度的最小值为$v_{\min} = \frac{\sqrt{3}eBR}{3m}$

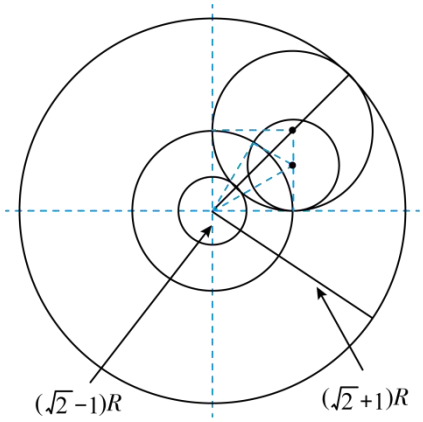
速度的最大值为$v_{\max} = \frac{eBR}{m}$

所以速度范围是$\frac{\sqrt{3}eBR}{3m} \le v \le \frac{eBR}{m}$

（2）根据洛伦兹力提供向心力$qvB = m\frac{v^2}{R}$

可得电子运动最大半径$r_{\max} = R$

由图可知



电子与中心O'的最远距离$r_{\max} = (\sqrt{2}+1)R$

电子与中心O'的最近距离$r_{\min} = (\sqrt{2}-1)R$

收集板上能收集到到电子的区域面积$S = \pi r_{\max}^2 - \pi r_{\min}^2 = 4\sqrt{2}\pi R^2$

（3）①由题意可知，接收板只能在电子运动周期整数倍的位置，才能使所有落在收集板上电子与收集板中心距离都相同。

电子运动周期 $T=\dfrac{2\pi m}{qB}$

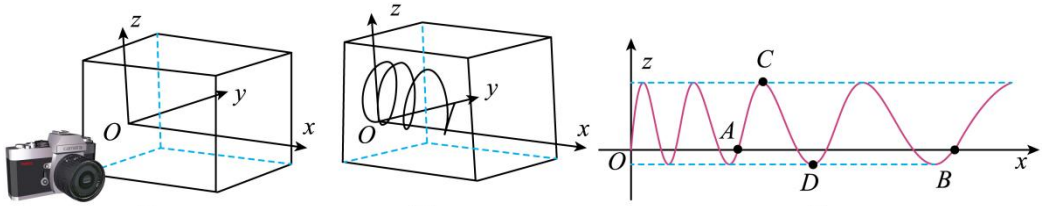
根据匀变速直线运动规律 $h=\dfrac{Ee}{2m}t^2=\dfrac{2mE\pi^2k^2}{eB^2}(k=0,1,2,\cdots\cdots)$

②垂直方向的速度为 $v_\perp=\dfrac{Ee}{m}t=\dfrac{2\pi Ek}{B}(k=0,1,2,\cdots\cdots)$

根据动量定理 $-F\Delta t=0-Nmv_\perp$

可得 $F=\dfrac{2\pi nmEk}{B}(k=0,1,2,\cdots\cdots)$

5．云室能利用饱和蒸气的凝结显示带电粒子在电磁场中的径迹。某同学利用云室和照相技术，设计了图（a）所示能测量电场强度和磁感应强度的一种装置。一长方体云室，以其左侧面粒子入射口为坐标原点 O，长、宽、高方向为 x、y、z 轴建立坐标系；速率为 v_0、比荷为 $\dfrac{q}{m}$ 的带正电粒子可从 O 点以任意方向射入云室；在云室前方有一相机，可以沿 y 轴方向对轨迹拍照。不计粒子所受重力和阻力。



图(a)　　图(b)　　图(c)

(1)若云室中只分布着沿 x 轴正方向、磁感应强度为 B 的匀强磁场。让粒子从 O 点沿 z 轴正方向射入云室，求粒子到达 z 方向最高点时的坐标；（结果用 m、q、v_0、B 表示）

(2)若云室中同时分布着方向均沿 x 轴正方向的匀强磁场和匀强电场，且电场强度为 E，磁感应强度为 B，粒子进入云室后将做图（b）所示的三维运动。让粒子从 O 点沿 z 轴正方向射入云室，求粒子第一次到达 z 方向最高点时的速度大小；（结果用 v_0、E、B 表示）

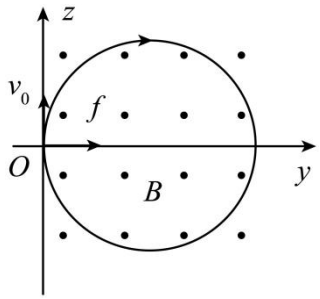
(3)某次实验中，云室中同时分布着方向均沿 x 轴正方向的匀强磁场和匀强电场，相机拍得的照片如图（c），该同学利用照片和背景换算测得 A、B 两个交点的实际 x 坐标分别为 1.2m 和 3.2m，C、D 两个极值点的实际 z 坐标分别为 0.144m 和 −0.036m。已知 $v_0=1.1\times10^5\,\text{m/s}$，$\dfrac{q}{m}=10^8\,\text{C/kg}$。求：①电场强度 E 和磁感应强度 B 的大小；②粒子入射速度在三个方向的分量 v_x、v_y 和 v_z。（取 $\pi\approx\sqrt{10}$）

【答案】(1)$\left(0,\dfrac{mv_0}{qB},\dfrac{mv_0}{qB}\right)$

(2)$v=\sqrt{v_0^2+\dfrac{\pi^2E^2}{4B^2}}$

(3)①$E=50\text{V/m}$，$B=0.01\text{T}$；②$v_x=2\sqrt{10}\times10^4\,\text{m/s}$，$v_y=-5.4\times10^4\,\text{m/s}$，$v_z=7.2\times10^4\,\text{m/s}$

【详解】（1）粒子受洛伦兹力作用在 yOz 平面内做匀速圆周运动，轨迹图所示



由牛顿运动定律有 $qv_0B=m\frac{v_0^2}{R}$ 可得半径 $R=\frac{mv_0}{qB}$ 解得粒子第一次到达 z 方向最高点时的坐标为

$\left(0,\frac{mv_0}{qB},\frac{mv_0}{qB}\right)$

（2）粒子所受电场力沿 x 轴正方向，洛伦兹力在 yOz 平面内。由运动的分解与合成可知，粒子在复合场中的三维运动由 x 方向的匀加速直线运动和 yOz 平面内的匀速圆周运动合成。其中，粒子的轨迹在 yOz 平面内的投影如图所示，粒子做圆周运动的周期：$T=\frac{2\pi R}{v_0}=\frac{2\pi m}{qB}$ 粒子运动 $\frac{1}{4}T$ 时第一次到达 z 方向最高点

此时粒子在 y、z 方向的速度大小分别为：$v_y=v_0$，$v_z=0$

粒子在 x 方向做匀加速运动，由牛顿运动定律有：$qE=ma$

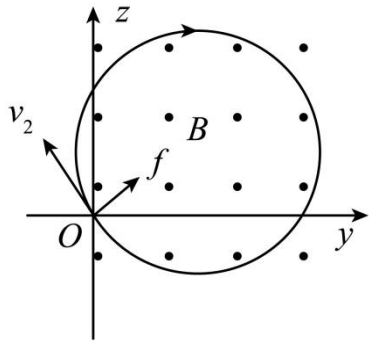
由运动学规律可得粒子运动 $\frac{1}{4}T$ 时在 x 方向的分速度大小为：$v_x=a\frac{T}{4}=\frac{\pi E}{2B}$

粒子第一次到达 z 方向最高点时的速度大小为：$v=\sqrt{v_x^2+v_y^2}$

解得：$v=\sqrt{v_0^2+\frac{\pi^2E^2}{4B^2}}$

（3）①设入射速度在 x 方向和 yOz 平面内的速度分量分别为 v_1、v_2，则：$v_0^2=v_1^2+v_2^2$

由（2 ）中分析可知，粒子在 yOz 平面内的运动为图所示的匀速圆周运动。C、D 两个极值点的实际 z 坐标之差即为 yOz 平面内圆周运动的直径



即：$z_C-z_D=2R=\frac{2mv_2}{qB}=0.144\text{m}-(-0.036\text{m})=0.18\text{m}$

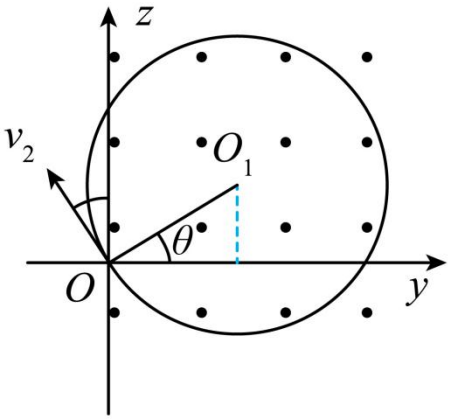
粒子经时间 $2T$ 运动到 A 点，故：$x_A=v_1(2T)+\frac{1}{2}\times\frac{qE}{m}(2T)^2=1.2\text{m}$

粒子经时间 $4T$ 运动到 B 点，故：$x_B = v_1(4T) + \frac{1}{2} \times \frac{qE}{m}(4T)^2 = 3.2\text{m}$

周期为：$T = \frac{2\pi R}{v_2}$ 联立可得：$v_1 = 2\sqrt{10} \times 10^4 \text{m/s}$，$v_2 = 9 \times 10^4 \text{m/s}$ 将数据代入解得电场强度 E 和磁感应强度 B 的大小为：$E = 50\text{V/m}$，$B = 0.01\text{T}$

②粒子在 yOz 平面内做圆周运动的半径为：$R = \frac{z_C - z_D}{2} = 0.09\text{m}$

如图所示，圆心 O_1 的 z 坐标为：$z_{O_1} = z_C - R = 0.054\text{m}$



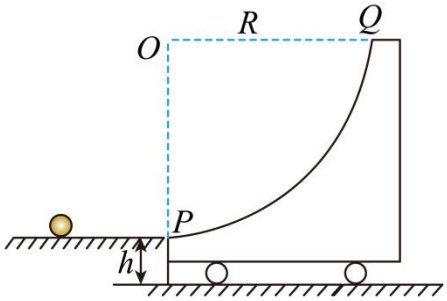
OO_1 与 y 轴的夹角 θ 为：$\sin\theta = \frac{z_{O_1}}{R} = 0.6$

解得：$v_x = v_1 = 2\sqrt{10} \times 10^4 \text{m/s}$，$v_y = -v_2 \sin\theta = -5.4 \times 10^4 \text{m/s}$，$v_z = v_2 \cos\theta = 7.2 \times 10^4 \text{m/s}$

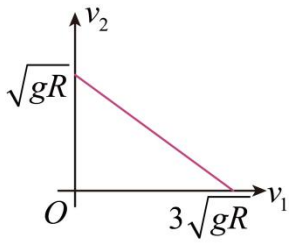
押题猜想十四 用力学三大观点处理综合性问题

终极密押

（原创）如图甲所示，一质量为 M 的小车静止在光滑水平地面上，其左端 P 点与平台平滑连接。小车上表面 PQ 是以 O 为圆心、半径为 R 的四分之一圆弧轨道。质量为 m 的光滑小球，以某一水平速度冲上小车的圆弧面。若测得在水平方向上小球与小车的速度大小分别为 v_1、v_2，作出图像如图乙所示。已知 OP 竖直，OQ 水平，水平台面高 $h = \frac{R}{4}$，小球可视为质点，重力加速度为 g，不计一切摩擦。求：



甲



乙

（1）小球运动过程中离平台的最大高度为多少？

（2）小球在 Q 点速度方向与竖直方向夹角的正切值 $\tan\theta$ 为多少？

（3）小球落地时与小车左端的水平距离为多少？

【答案】（1）$h_{\mathrm{m}}=\frac{27}{8}R$　（2）$\tan\theta=\frac{2\sqrt{19}}{3}$　（3）$\Delta x=\frac{3\sqrt{2}}{2}R$

【详解】（1）由题意可知，小球和小车组成的系统在水平方向动量守恒，由图乙可知，当$v_1=0$时$v_2=\sqrt{gR}$当$v_2=0$时$v_1=3\sqrt{gR}$则有$m\cdot3\sqrt{gR}=M\cdot\sqrt{gR}$解得$M=3m$，　设小球在$Q$点的速度为$v_Q$，小球在$Q$点时，在水平方向与小车共速，由动量守恒定律可得$m\cdot3\sqrt{gR}=(m+M)v_{共}$解得$v_{共}=\frac{3\sqrt{gR}}{4}$小球由$P$点运动到最高点时，由机械能守恒定律可得$\frac{1}{2}m\left(3\sqrt{gR}\right)^2=mgh_{\mathrm{m}}+\frac{1}{2}(m+M)v_{共}^2$联立解得$h_{\mathrm{m}}=\frac{27}{8}R$

（2）小球由P点运动到Q点时，由机械能守恒定律可得$\frac{1}{2}m\left(3\sqrt{gR}\right)^2=mgR+\frac{1}{2}Mv_{共}^2+\frac{1}{2}mv_Q^2$联立解得$v_Q=\frac{\sqrt{85gR}}{4}$则小球此时的竖直分速度为$v_{Qy}=\sqrt{v_Q^2-v_{共}^2}=\frac{\sqrt{19gR}}{2}$小球在$Q$点速度方向与水平方向夹角的正切值为$\tan\theta=\frac{v_{Qy}}{v_{共}}=\frac{2\sqrt{19}}{3}$

（3）根据题意可知，小球从P点离开小车，设离开小车时，小球的速度为v_3，小车的速度为v_4，由动量守恒定律和能量守恒定律有$m\cdot3\sqrt{gR}=mv_3+Mv_4$，$\frac{1}{2}m\left(3\sqrt{gR}\right)^2=\frac{1}{2}mv_3^2+\frac{1}{2}Mv_4^2$解得$v_3=-\frac{3\sqrt{gR}}{2}$，$v_4=\frac{3\sqrt{gR}}{2}$小球从$P$点离开小车后经时间$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}=\sqrt{\frac{R}{2g}}$故落地时小球与小车左端的水平距离为

$$\Delta x=2\times\frac{3\sqrt{gR}}{2}\times\sqrt{\frac{R}{2g}}=\frac{3\sqrt{2}}{2}R$$

押题解读

用力学三大观点处理综合性问题往往呈现出研究对象的多体性、物理过程的复杂性、已知条件的隐含性、问题讨论的多样性、数学方法的技巧性和一题多解的灵活性等特点，能力要求较高，具体问题中可能涉及到单个物体单一运动过程，也可能涉及到多个物体，多个运动过程，在知识的考查上可能涉及到运动学、动力学、功能关系、动量定理和动量守恒定律等多个规律的综合运用。

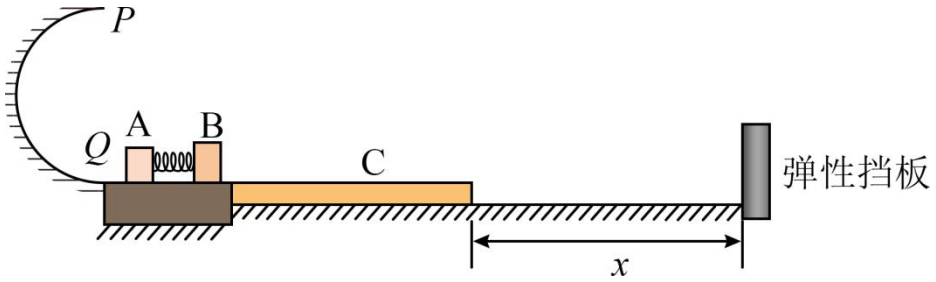
考前秘笈

对于多体问题:要灵活选取研究对象，善于寻找相互联系。对于多过程问题:要仔细观察过程特征，妥善运用物理规律。对于含有隐含条件的问题:要注重审题，深究细琢，努力挖掘隐含条件。对于存在多种情况的问题: 要认真分析制约条件，周密探讨多种情况。

押题预测

1．如图所示的装置，半圆形轨道的直径PQ与水平面垂直，轨道的最低点Q与右侧光滑的台阶相切，台阶

右侧紧靠着上表面与台阶齐平的长木板C。在台阶上两个铁块A、B间压缩一轻质弹簧（弹簧与铁块间不固定），某次由静止释放两铁块，铁块A脱离弹簧后恰好沿半圆形轨道运动到轨道最高点P。铁块B滑上木板C的上表面，与右侧固定在地面上的竖直弹性挡板碰撞时，B、C恰好速度相同。B、C接触面间的动摩擦因数$\mu=0.4$，其余摩擦不计，木板C与弹性挡板的碰撞过程中没有机械能损失且时间极短，半圆形轨道的半径$R=0.32\text{m}$，铁块A、B与木板C的质量之比是$m_{\text{A}}:m_{\text{B}}:m_{\text{C}}=3:2:1$，铁块B始终没有碰到挡板，求：



(1)铁块B滑上木板C时的速度大小；

(2)木板C的右端到挡板的距离x；

(3)木板C的最小长度L；

(4)从铁块B滑上木板C，到C停止，木板C运动的总路程s。

【答案】(1)6m/s

(2)1m

(3)4.5m

(4)3.25m

【详解】（1）设铁块A、B与木板C的质量分别为$3m$、$2m$、m。铁块A、B弹开过程动量守恒，有

$$3mv_{\text{A}}-2mv_{\text{B}}=0$$

铁块A弹开后恰好过半圆形轨道最高点P，则由牛顿第二定律得$3mg=\dfrac{3mv_P^2}{R}$

铁块A弹开后，一直运动到半圆形轨道最高点P，机械能守恒$\dfrac{1}{2}(3m)v_{\text{A}}^2=\dfrac{1}{2}(3m)v_P^2+2(3m)gR$

解得$v_{\text{B}}=6\text{m/s}$

（2）铁块B滑上木板C后动量守恒，设共速时速度为v，则$2mv_{\text{B}}=(2m+m)v$

对木板C由动能定理得$2\mu mgx=\dfrac{1}{2}mv^2$

代入数据解得$x=1\text{m}$

（3）经多次碰撞后，B和C最终停止，由能量守恒得

$$\mu(2m)gL=\frac{1}{2}(2m)v_{\text{B}}^2$$

解得$L=4.5\text{m}$

（4）碰撞过程C的速度大小不变，方向反向，到再次碰撞时B、C速度已相同，从第2次碰撞开始（以下

$n=2,3,4\cdots\cdots$），由动量守恒得 $m_{\mathrm{B}}v_{n-1}-m_{\mathrm{C}}v_{n-1}=(m_{\mathrm{B}}+m_{\mathrm{C}})v_n$

设第 $n-1$ 次碰撞后木板 C 的位移最大值为 x_{n-1}，则由动能定理得 $-2\mu mgx_{n-1}=0-\frac{1}{2}mv_{n-1}^2$

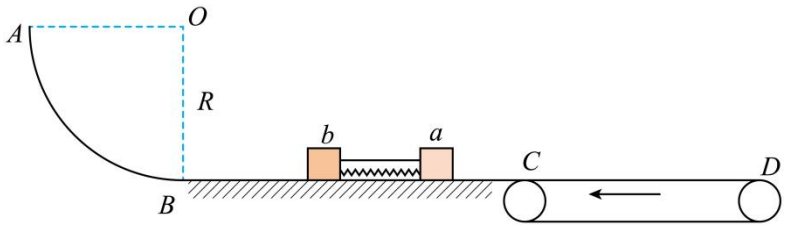
求得 $x_n=\frac{v_n^2}{4\mu g}$

所以 $q=\frac{x_{n+1}}{x_n}=\left(\frac{m_{\mathrm{B}}-m_{\mathrm{C}}}{m_{\mathrm{B}}+m_{\mathrm{C}}}\right)^2=\frac{1}{9}$

其中 $x_1=\frac{v_1^2}{4\mu g}=1\mathrm{m}$，则结合等比数列求和公式，可得从铁块 B 滑上木板 C，到 C 停止，木板 C 运动的总路程 $s=x+2\frac{x_1}{1-q}$

解得 $s=3.25\mathrm{m}$

2．如图所示，光滑水平平台 BC 左端与固定在竖直面内的半径为 $R=2\mathrm{m}$ 的光滑四分之一圆弧轨道 AB 在 B 点平滑连接，O 为圆心，OA 水平，平台右端与足够长水平传送带平滑无缝连接，传送带以 $1.5\ \mathrm{m/s}$ 的速度逆时针匀速转动。平台上静置着质量分别为 $m_a=2\ \mathrm{kg}$、$m_b=5\ \mathrm{kg}$ 的 a、b 两个小滑块，a、b 滑块间有一被压缩的轻弹簧（滑块与轻弹簧不拴接），两滑块用细线连接，此时轻弹簧的弹性势能为 $35\ \mathrm{J}$。剪断细线，弹簧将两滑块弹开，两滑块与弹簧分离后立刻撤去弹簧，之后滑块 a 滑上传送带，滑块 b 滑上圆弧轨道，此后 a、b 在平台上发生碰撞，b 始终未滑上传送带，a 与传送带间的动摩擦因数 $\mu=0.5$，滑块均可视为质点，重力加速度 g 取 $10\mathrm{m/s^2}$。求：



(1)弹簧将两滑块弹开后，滑块 b 第一次滑到圆弧轨道最低点 B 时对圆弧轨道的压力大小；

(2)若 a、b 在平台上碰撞后粘在一起，则 a、b 碰撞过程损失的机械能；

(3)若传送带运行的速度大小为 $6\ \mathrm{m/s}$，a、b 第一次碰撞的位置仍在平台上且发生的是弹性碰撞，则从弹簧将两滑块弹开至 a、b 发生第 n 次碰撞过程中，物块 a 与传送带间因摩擦产生的热量。

【答案】(1) $60\ \mathrm{N}$

(2) $8.75\mathrm{J}$

(3) $120n\ \mathrm{J}$

【详解】（1）设弹簧将两滑块弹开的一瞬间，a、b 的速度大小分别为 v_1、v_2，根据动量守恒，有 $m_av_1=m_bv_2$

根据能量守恒，有 $E_{\mathrm{p}}=\frac{1}{2}m_av_1^2+\frac{1}{2}m_bv_2^2$

解得 $v_1=5\ \mathrm{m/s}$，$v_2=2\ \mathrm{m/s}$

滑块 b 第一次滑到圆弧轨道最低点 B 时，根据牛顿第二定律，有 $F-m_bg=m_b\dfrac{v_2^2}{R}$

解得 $F=60\ \mathrm{N}$

根据牛顿第三定律，滑块 b 第一次滑到圆弧轨道最低点 B 时对圆弧轨道的压力为 $F'=F=60\ \mathrm{N}$

（2）由于 $v_1=5\ \mathrm{m/s}$ 大于传送带运行速度 $1.5\ \mathrm{m/s}$，因此滑块 a 第一次滑离传送带时的速度大小为 $v_3=1.5\ \mathrm{m/s}$

设 a、b 碰撞后的共同速度为 v_4，根据动量守恒有 $m_bv_2-m_av_3=(m_a+m_b)v_4$

设损失的机械能为 ΔE，根据能量守恒可得 $\Delta E=\dfrac{1}{2}m_bv_2^2+\dfrac{1}{2}m_av_3^2-\dfrac{1}{2}(m_a+m_b)v_4^2$

解得 $\Delta E=8.75\ \mathrm{J}$

（3）若传送带运行的速度大小为 $v=6\ \mathrm{m/s}$，由于 $v_1=5\ \mathrm{m/s}$ 小于传送带运行速度，因此滑块 a 以 $5\ \mathrm{m/s}$ 的速度滑离传送带向左运动，滑块 b 以 $2\ \mathrm{m/s}$ 的速度向右运动，两者发生弹性碰撞。

根据动量守恒和能量守恒可知，碰撞后两滑块以碰撞前的速度反向运动。此后两物块周期性重复运动。滑块 a 第一次在传送带上运动过程中，运动的加速度大小为 $a=\mu g=5\ \mathrm{m/s^2}$

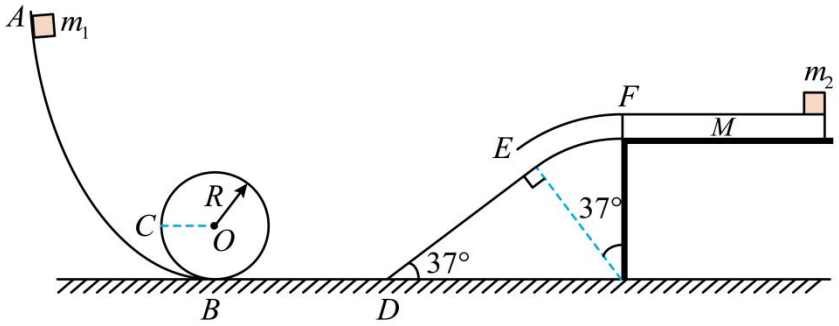
滑块 a 在传送带上向右运动过程中因摩擦产生的热量 $Q_1=\mu m_ag\left(\dfrac{v_1^2}{2a}+v\dfrac{v_1}{a}\right)=85\ \mathrm{J}$

物块 a 在传送带上向左运动过程中，因摩擦产生的热量 $Q_2=\mu m_ag\left(v\dfrac{v_1}{a}-\dfrac{v_1^2}{2a}\right)=35\ \mathrm{J}$

因此，从弹簧将两滑块弹开，至 a、b 发生第 n 次碰撞过程中，物块 a 与传送带间因摩擦产生的热量为

$Q=n(Q_1+Q_2)=120n\ \mathrm{J}$

3．某固定装置的竖直截面如图所示，该装置由弧形光滑轨道 AB、竖直光滑圆轨道、水平粗糙直轨道 BD、倾角为 37° 的粗糙斜轨道 DE、圆弧形光滑管道 EF 平滑连接而成。现将一质量为 $0.1\ \mathrm{kg}$、可视为质点的小滑块 m_1 由弧形轨道 AB 上高 h 处由静止释放（h 未知），在经历几段不同的运动后，m_1 在 F 点与静止在水平台面上质量为 $0.4\ \mathrm{kg}$ 的长木板 M 发生正碰。已知圆轨道半径 $R=0.5\ \mathrm{m}$，$L_{BD}=L_{DE}=1\ \mathrm{m}$；$m_1$ 与轨道 BD、DE 间的动摩擦因数均为 $\mu_1=0.25$，M 与水平台面间的动摩擦因数 $\mu_2=0.3$，M 最右端停放一质量为 $0.1\ \mathrm{kg}$、可视为质点的小滑块 m_2，M 与 m_2 间的动摩擦因数 $\mu_3=0.2$；水平台面和木板 M 足够长；m_1 从轨道 AB 上滑下后进入圆弧轨道，运动到与圆心 O 等高的 C 点时对轨道的压力为 $10\ \mathrm{N}$。忽略空气阻力，重力加速度 g 取 $10\ \mathrm{m/s^2}$，$\sin37^\circ=0.6$、$\cos37^\circ=0.8$。



(1)求 h 的大小。

(2)求 m_1 刚到达 F 点时的速度大小。

(3)若 m_1 与 M 碰撞时间极短，且碰后立即粘在一起，求最终 m_2 与 M 最右端之间的距离。

【答案】(1) $h=3\text{m}$

(2) $v_F=6\text{m/s}$

(3) $\Delta x=0.105\text{m}$

【详解】（1） m_1 运动到 C 点时，根据牛顿第二定律得 $F_N=m_1\dfrac{v_C^2}{R}$

m_1 从 A 到 C 的运动过程，根据动能定理得 $m_1g(h-R)=\dfrac{1}{2}m_1v_C^2-0$

联立代入数据解得 $h=3\text{m}$

（2）m_1 从 A 到 F 的运动过程，根据动能定理得

$$m_1g(h-L_{DE}\tan37°)-\mu_1m_1gL_{BD}-\mu_1m_1g\cos37°L_{DE}=\frac{1}{2}m_1v_F^2-0$$

代入数据解得 $v_F=6\text{m/s}$

（3）m_1 与 M 相碰，根据动量守恒定律得 $m_1v_F=(m_1+M)v_1$

代入数据解得 $v_1=1.2\text{m/s}$

m_1 与 M 碰后对 m_2 分析得 $\mu_3m_2g=m_2a_1$

代入数据解得 $a_1=2\text{m/s}^2$

对 M 和 m_1 构成的整体受力分析得 $\mu_2(M+m_1+m_2)g+\mu_3m_2g=(M+m_1)a_2$

代入数据解得 $a_2=4\text{m/s}^2$

设经过时间 t，m_2 与 m_1、M 共速，则 $v_1-a_2t=a_1t$

代入数据解得共速的速度 $v=0.4\text{m/s}$，$t=0.2\text{s}$

该过程中 m_2 运动的位移 $x_1=\dfrac{1}{2}a_1t^2=0.04\text{m}$

M 运动的位移 $x_2=v_1t-\dfrac{1}{2}a_2t^2=0.16\text{m}$

共速过后，m_2 与 M 分别减速运动，对 m_2 受力分析得 $\mu_3m_2g=m_2a_1$

代入数据解得 $a_1=2\text{m/s}^2$

对 M 和 m_1 构成的整体受力分析得 $\mu_2(M+m_1+m_2)g-\mu_3m_2g=(M+m_1)a_3$

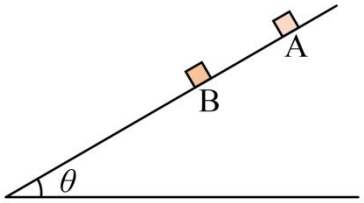
代入数据解得 $a_3=3.2\text{m}/\text{s}^2$

m_2 对地位移 $x_3=\dfrac{v^2}{2a_1}=0.04\text{m}$

M 的对地位移 $x_4=\dfrac{v^2}{2a_3}=0.025\text{m}$

最终计算可得 m_2 距离 M 最右端的长度 $\Delta x=x_2-x_1+x_4-x_3=0.105\text{m}$

4．如图所示，将质量$m_1=0.1\text{kg}$的小物块A从倾角$\theta=37°$的斜面上某处由静止释放，当物块A沿斜面下滑距离$L=1.62\text{m}$时与静止在斜面上的质量$m_2=1.7\text{kg}$的小物块B发生第一次碰撞。已知A、B两物块与斜面间的动摩擦因数分别为$\mu_1=\frac{1}{4}$、$\mu_2=\frac{7}{8}$，两物块之间的碰撞均为弹性碰撞，碰撞时间极短（可忽略），最大静摩擦力等于滑动摩擦力，两物块始终在斜面上，$\sin 37°=0.6$，$\cos 37°=0.8$，重力加速度g取$10\text{m}/\text{s}^2$。求：



(1)第一次碰撞前瞬间物块A的速度大小v_{A1}；

(2)第二次碰撞前瞬间物块A的速度大小v_{A2}；

(3)物块B运动的总距离x_{B}。

【答案】(1)$3.6\text{m}/\text{s}$

(2)$2.4\text{m}/\text{s}$

(3)0.144m

【详解】（1）设小物块A沿斜面下滑的加速度大小为a_1，根据牛顿第二定律有

$$m_1 g\sin\theta-\mu_1 m_1 g\cos\theta=m_1 a_1$$

解得

$$a_1=4\text{m}/\text{s}^2$$

方向沿斜面向下。

根据运动学规律有

$$v_{\text{A1}}^2=2a_1 L$$

解得

$$v_{\text{A1}}=3.6\text{m}/\text{s}$$

（2）设A、B第一次碰撞后瞬间的速度分别为v_1、u_1，选取沿斜面向下为正方向，根据弹性碰撞规律有

$$m_1 v_{\text{A1}}=m_1 v_1+m_2 u_1$$

$$\frac{1}{2}m_1 v_{\text{A1}}^2=\frac{1}{2}m_1 v_1^2+\frac{1}{2}m_2 u_1^2$$

解得

$$v_1=-3.2\text{m}/\text{s}$$

$$u_1=0.4\text{m}/\text{s}$$

设碰后A沿斜面上滑的加速度大小为a_2，则有

$$m_1 g\sin\theta+\mu_1 m_1 g\cos\theta=m_1 a_2$$

解得

$$a_2=8\mathrm{m/s^2}$$

方向沿斜面向下。设碰后 B 沿斜面下滑的加速度大小为 a_3，则有

$$\mu_2 m_2 g\cos\theta-m_2 g\sin\theta=m_2 a_3$$

解得

$$a_3=1\mathrm{m/s^2}$$

方向沿斜面向上。

第一次碰后，A 沿斜面上滑的距离

$x_{\mathrm{A1}}=\dfrac{v_1^2}{2a_2}=0.64\mathrm{m}$ B 沿斜面下滑的距离

$x_{\mathrm{B1}}=\dfrac{u_1^2}{2a_3}=0.08\mathrm{m}$ A 沿斜面上滑的时间

$t_{\mathrm{A1}}=\dfrac{-v_1}{a_2}=0.4\mathrm{s}$ B 沿斜面下滑的时间

$$t_{\mathrm{B1}}=\frac{u_1}{a_3}=0.4\mathrm{s}$$

由于

$$\mu_2 m_2 g\cos\theta>m_2 g\sin\theta$$

故 A 上滑至最高点时 B 停止运动。第二次碰撞前瞬间 A 的速度大小

$$v_{\mathrm{A2}}=\sqrt{2a_1\left(x_{\mathrm{A1}}+x_{\mathrm{B1}}\right)}=2.4\mathrm{m/s}$$

（3）同理，可得第三次碰撞前瞬间 A 的速度大小

$$v_{A3}=1.6\mathrm{m/s}$$

由上述分析可得

$$v_{\mathrm{A2}}=\frac{2}{3}v_{\mathrm{A1}}，\quad v_{\mathrm{A3}}=\frac{2}{3}v_{\mathrm{A2}}$$

由此类推，第 n 次碰撞前瞬间 A 的速度

$$v_{\mathrm{A}n}=\frac{2}{3}v_{\mathrm{A}(n-1)}=\left(\frac{2}{3}\right)^2 v_{\mathrm{A}(n-2)}=\cdots=\left(\frac{2}{3}\right)^{n-1}v_{\mathrm{A1}}$$

每次碰撞后 A 上滑至最高点时 B 停止运动，设第 n 次碰撞后瞬间 A 、B 的速度分别为 v_n 、u_n，则有

$$m_1 v_{\mathrm{A}n}=m_1 v_n+m_2 u_n$$

$$\frac{1}{2}m_1 v_{\mathrm{A}n}^2=\frac{1}{2}m_1 v_n^2+\frac{1}{2}m_2 u_n^2$$

解得

$$u_n=\frac{1}{9}\left(\frac{2}{3}\right)^{n-1}v_{A1}=\left(\frac{2}{3}\right)^{n-1}u_1$$

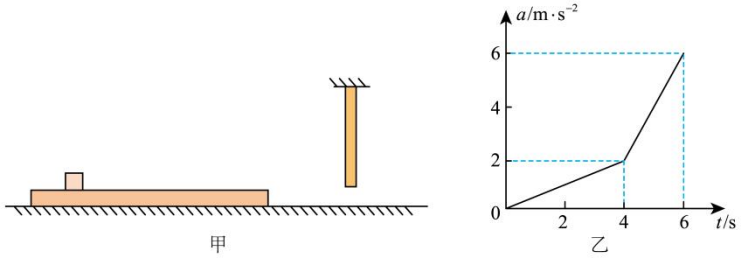
物块B下滑的总距离

$$x_B=\frac{u_1^2}{2a_3}+\frac{u_2^2}{2a_3}+\frac{u_3^2}{2a_3}+\cdots$$

即

$$x_B=\frac{u_1^2}{2a_3}\left[1+\frac{4}{9}+\left(\frac{4}{9}\right)^2+\cdots\right]=0.144\text{m}$$

5．如图甲所示，在光滑水平面上有一个足够长的木板，在木板右侧有一个固定的挡板，挡板底端略高于木板上表面。将一个可视为质点的小物块放置在木板上。$t=0$时刻对小物块施加一个大小$F=2t(\text{N})$，方向水平向右的推力，0~6s小物块加速度a与时间t的关系如图乙所示。$t=6\text{s}$时撤去力F，此后，小物块总是在与木板共速后与挡板相碰，并且小物块始终在木板上。小物块与挡板碰撞时无机械能损失且碰撞时间极短，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度g取10m/s^2。求：



(1)木板与小物块间动摩擦因数及木板的质量。

(2)小物块第一次与挡板相碰前的速度大小。

(3)小物块从与挡板相碰到最终停止经过的总路程。

【答案】(1)0.6，3kg

(2)9m/s

(3)18m

【详解】（1）设木板质量为m，小物块质量为m_0，在$0\sim4\text{s}$，小物块与木板一起向右加速，对小物块和木板组成的系统分析，据牛顿第二定律，有$F=(m+m_0)a_1$

其中$F=2t(\text{N})$

由图像得$a_1=\frac{1}{2}t(\text{m/s}^2)$

解得$m+m_0=4(\text{kg})$

在$4\sim6\text{s}$小物块相对木板向右动，对小物块，有$F\cdot\mu m_0g=m_0a_2$

得$a_2=\frac{F}{m_0}\cdot\mu g$

整理可得$a_2=\frac{2t}{m_0}-\mu g$

结合图像可得 $\frac{2}{m_0}=2\text{kg}$

解得 $m_0=1\text{kg}$，　$m=3\text{kg}$　，　$\mu=0.6$

（2）由图像解得，6s 末小物块的速度 $v_1=\frac{2\times4}{2}+\frac{2+6}{2}\times2=12(\text{m/s})$

4s 末木板的速度 $v_0=\frac{2\times4}{2}=4(\text{m/s})$

此后木板以 2m/s^2 的加速度加速，6s 末木板的速度 $v_2=v_0+at=8\text{m/s}$

$t=6\text{s}$ 时抛去力 F，小物块与挡板碰撞前，小物块与木板组成系统的动量守恒，物块第一次与挡板相碰前的速度为 v_3，则有 $m_0v_1+mv_2=(m+m_0)v_3$

解得 $v_3=9\text{m/s}$

（3）小物块与挡板碰撞后原速率反弹，碰后第一次与木板共速过程，系统的动量守恒，则有

$m_3-m_0v_3=(m+m_0)v_4$

解得 $v_4=\frac{1}{2}v_3$

同理，碰后第二次与木板其速过程，共速时巡度 $v_5=\frac{1}{2}v_4=\frac{1}{2^2}v_3$

故小物块与挡板碰后第 n 次与木板共速时速度 $v_n=\frac{1}{2^n}v_3$

小物块与挡板碰后相对木板向左滑动，速度减为 0 的过程，加速度 $a_3=\mu g=6\text{m/s}^2$

小物块与挡板第一次碰后速度减为 0 的过程，位移 $x_1=\frac{(v_3)^2}{2a}$

小物块与第挡板二次碰后速度为 0 的过程，位移 $x_2=\frac{(\frac{v_3}{2})^2}{2a}$

小物块与第挡板三次碰后速度为 0 的过程，位移 $x_3=\frac{(\frac{v_3}{2^2})^2}{2a}$

小物块与挡板第 n 次碰后速度减为 0 的过程，位移 $x_n=\frac{(\frac{v_3}{2^{n-1}})^2}{2a}$

则小物块从与挡板相碰到最终停止经过的总路程 $x=2(x_1+x_2+x_3+\cdots+x_n)$

解得 $x=18\text{m}$