

神州智达·实效精练

Effect

{ 高考题型专练 · 直击命题秘籍 }
易错试题纠正 · 杜绝无谓失分 }小台阶 步步高 跳一跳 够得着 >>
题精致 用时少 抓基础 见强效 >>

题型专练

纠错

物理目录

2024 | 高考 V

高考选择题型

题型 1 匀变速直线运动的规律及应用	1
题型 2 相互作用与平衡	2
题型 3 牛顿运动定律	4
题型 4 曲线运动	6
题型 5 万有引力与宇宙航行	8
题型 6 功和能	10
题型 7 动量	12
题型 8 静电场	13
题型 9 磁场	15
题型 10 电路和电磁感应	17
题型 11 交流电和变压器	19
题型 12 机械振动和机械波、光学	21
题型 13 热学、原子物理	23
题型 14 选择题巧思妙解	25

高考实验题型

题型 15 力学实验(一)	27
题型 16 力学实验(二)	28
题型 17 电学实验(一)	29

题型 18 电学实验(二) 31

题型 19 热学实验、光学实验 32

高考综合题型

题型 20 牛顿运动定律和运动学的综合	34
题型 21 板块模型和传送带模型	35
题型 22 动量与能量的综合	37
题型 23 静电场中的力电综合	39
题型 24 带电粒子在组合场中的运动	41
题型 25 带电粒子在叠加场中的运动	43
题型 26 电磁感应中的动力学和能量综合	45
题型 27 机械振动和机械波、光	46
题型 28 热学	48

高考学科素养训练

高考学科素养训练(一)	49
高考学科素养训练(二)	52



小台阶 步步高 跳一跳 够得着 >>
题精致 用时少 抓基础 见强效 >>

题型专练

纠错

高考题型专练 · 直击命题秘籍
易错试题纠正 · 杜绝无谓失分

物理编写说明

2024 | 高考 V

1. 编写宗旨：

以新教材为基础,依据最新高中物理课程标准,以《中国高考评价体系》为指导,落实双基与提升思维能力,根据高考试题考查的方式方法,精心选择新颖题目,重点内容高频考查,热点内容跟踪考查,易错点内容滚动考查,确保基础知识覆盖到位、思维方法训练到位、综合能力培养到位。

2. 编写特点：

通过对新高考先行省份的分析,以及对过去五年全国卷经典试题的研究,从命题者的角度对试题进行了有效选择、合理规划和整合,每一个专题均由最新高考题及2023年各市高三下学期的模拟题引领,完美展现了新高考命题思想方法和趋势。

(1)选择题部分:强调基础知识的灵活运用,注重基本规律和基本能力的考查。考查角度准确新颖,提升重点和热点问题的考查频次,让学生反复练习,驾轻就熟。

(2)实验题部分:验证型与探究型实验重点考查基本仪器的使用、实验数据的处理、偶然误差与系统误差的分析,从而加深对教材实验原型的理解;创新型实验来源于教材又高于教材,是对教材原型实验的延伸,能够充分培养学生的知识迁移能力,突出教材母题的重要地位。

(3)综合题部分:注重培养从实际问题中建立物理模型的能力、综合分析能力和应用数学知识解决物理问题的能力,从而达到由解题到解决问题能力的提升。

(4)答案解析详细准确,让考生学起来轻松,“易错提醒”重在对该题型易错点的点拨,“误区警示”和“破题点”重在对试题易错点的找寻和突破。这样的设计,便于学生纠错、消化吸收、拓展,始终把“纠错是提升学习成绩的捷径”这一理念贯穿始终。

3. 编写思路：

(1)命题本着以不变应万变的策略,总结试题的稳定性、周期性,同时兼顾新高考的变化性。高考是一种选拔性考试,因此新高考物理也一定会把物理学科素养和学科思维的考查放到首位。2023年高考,选择题预计仍会体现基础性和创新性,以基础题为主,能力题附加,实验题会在现有的实验基础上再有新突破,重点还是在对基本实验思维的巩固利用和理解,计算题体现综合性和应用性,体现高考选拔性的特点。

(2)注重物理模型在不同情境中的应用,同时按照同一模型对试题归类,发扬原有的成功经验,坚持立意创新和情境创新,紧跟时代发展,与时俱进,引导学生走科学备考之路。

(3)精选典型题对重点主干知识进行全方位考查,通过本专题的训练达到对物理重点主干知识的理解进一步深化,充分提升学生的关键能力,全面提高学生的物理核心素养。

深度了解考题特点和规律,迅速形成应考能力。

参 考 答 案

题型 1 匀变速直线运动的规律及应用

题型特点

本专题匀变速直线运动的有关概念、规律是重点，匀变速直线运动规律的应用及运动图像是难点，试题注重与生活实际情境相结合，常见情境有安全行车、交通运输、体育运动、汽车刹车、飞机起飞、高铁运行等。

解题策略

直线运动的问题常与生活实际情境相结合，解决这类问题时要分析运动实例和物理情境，分析运动过程，建构物理模型，再运用相应的运动学公式和规律分析处理。

题型纠错

本专题的易错点：一、匀变速运动的公式都是矢量式，列方程解题时要注意各物理量的方向，正确确定各量的符号；二、汽车刹车问题应先判断汽车何时停止运动，特别是在追及匀减速运动的物体，一定先判定在停止运动时是否追上，不能盲目套用匀减速直线运动公式求解。

真题导引

1. D **解析：** $x-t$ 图像的斜率表示速度，小车先做匀加速运动，因此速度变大，即 $0 \sim t_1$ 图像斜率变大， $t_1 \sim t_2$ 做匀减速运动，则图像的斜率变小，在 t_2 时刻速度降为零时图像的斜率变为零，D 正确。

2. C **解析：**由题知，电动公交车做匀减速直线运动，且设 RS 间的距离为 x ，则根据题意有 $\bar{v}_{RS} = \frac{x}{t_1} = \frac{v_R + v_S}{2}$ ， $\bar{v}_{ST} = \frac{2x}{t_2} = \frac{v_S + v_T}{2}$ ，联立解得 $t_2 = 4t_1$ ， $v_T = v_R - 10 \text{ m/s}$ ，再根据匀变速直线运动速度与时间的关系有 $v_T = v_R - a \cdot 5t_1$ ，则 $at_1 = 2 \text{ m/s}$ ，其中还有 $v_{\frac{t_1}{2}} = v_R - a \cdot \frac{t_1}{2}$ ，解得 $v_R = 11 \text{ m/s}$ ，联立解得 $v_T = 1 \text{ m/s}$ ，C 正确。

题型训练

1. B **解析：**舰载机需要在甲板上滑行的时间为 $t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{50 - 30}{5} \text{ s} = 4 \text{ s}$ ，A 错误；舰载机在甲板上滑行的距离为

$x = \frac{v + v_0}{2}t = \frac{50 + 30}{2} \times 4 \text{ m} = 160 \text{ m}$ ，B 正确；研究航空母舰在海上运动的时间，航空母舰的长度对问题的研究影响很小，航空母舰可以看成质点，C 错误；研究舰载机在航空母舰上加速运动的时间，舰载机的大小和形状对问题的影响可以忽略，舰载机可以看成质点，D 错误。

2. D **解析：** $x-t$ 图像的斜率表示速度，由图像可知， $3 \sim 6 \text{ s}$ 内速度方向不变，则 3 s 末和 6 s 末的速度方向相同，A 错误；由 $x-t$ 图像可知，物体前 6 s 通过的位移为 $\Delta x = -2 \text{ m} - 4 \text{ m} = -6 \text{ m}$ ，物体前 6 s 的平均速度为 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-6}{6} \text{ m/s} = -1 \text{ m/s}$ ，B 错误；设物体的初速度为 v_0 ，加速度为 a ，由 $x-t$ 图像可知，物体前 3 s 通过的位移为 $\Delta x' = 3 \text{ m} - 4 \text{ m} = -1 \text{ m}$ ，把前 3 s 通过的位移和前 6 s 通过的位移代入运动学方程 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ ，可得 $v_0 = \frac{1}{3} \text{ m/s}$ ， $a = -\frac{4}{9} \text{ m/s}^2$ ，C 错误，D 正确。

3. B **解析：**令 $x_1 = 50 \text{ m}$ ， $x_2 = 1 \text{ m}$ ，汽车的刹车时间为 t ，刹车时的加速度大小为 a ，则有 $v_0^2 = 2a(x_2 - x_1)$ ， $t = \frac{v_0}{a}$ ，解得 $a = 8 \text{ m/s}^2$ ， $t = 3.5 \text{ s}$ ，所以汽车开始“主动刹车”后第 4 s 内通过的位移大小为 $3 \text{ s} \sim 3.5 \text{ s}$ 内通过的位移大小，有 $x_4 = \frac{1}{2}a(0.5 \text{ s})^2$ ，解得 $x_4 = 1 \text{ m}$ ，B 正确。

误区警示 刹车类问题易错点在于不考虑刹车运动的实际情况，盲目地套用位移公式 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 和速度公式 $v = v_0 + at$ 导致错解，解答这类问题的关键就是先计算停车所用的时间作为临界时间，然后用所求的时间与这个临界时间作比较判定属于哪种情况。所以这类问题的解法可归纳为“刹车问题有陷阱，关键就在何时停”。

4. C **解析：**由 $v-t$ 图像与时间轴所围面积表示位移，则有机器人加速阶段的位移大小为 $x_{\text{机}} = \frac{6 \times 3}{2} \text{ m} = 9 \text{ m}$ ，A 错误；由 $v-t$ 图像的斜率表示加速度，可得机器人减速阶段的加速度大小为 $a_{\text{机}} = \frac{6}{9-3} \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$ ，B 错误；冰壶的加速度为 $a_{\text{壶}} = \frac{5-6}{11-3} \text{ m/s}^2 = -0.125 \text{ m/s}^2$ ， $t = 9 \text{ s}$ 时，冰壶的速度大小为 $v = v_0 + a_{\text{壶}} t = 6 \text{ m/s} - 0.125 \times 6 \text{ m/s} = 5.25 \text{ m/s}$ ，C 正确；机器人与冰壶减速阶段所围三角形面



积表示冰壶与机器人的相对位移，则有在 $t=9$ s 时，冰壶与机器人的距离为 $\Delta x=\frac{5.25}{2}\times(9-3)$ m=15.75 m，可知此时二者的距离大于 8 m，机器人不可以准确获取冰壶的运动信息，D 错误。

5. A **解析：**设上升的最大高度为 $4h$ ，喷泉向上喷的逆过程为初速度为零的匀加速直线运动，则 $4h=\frac{1}{2}gt^2$ ，解得总时间为 $t=\sqrt{\frac{8h}{g}}$ ，通过最后一等份高度 $h=\frac{1}{2}gt_2^2$ ，解得 $t_2=\sqrt{\frac{2h}{g}}$ ，水通过后两等份高度 $2h=\frac{1}{2}gt'^2$ ，解得 $t'=\sqrt{\frac{4h}{g}}$ ，水通过前两等份高度用时 $t_1=t-t'=\sqrt{\frac{8h}{g}}-\sqrt{\frac{4h}{g}}$ ，所以 $\frac{t_2}{t_1}=\frac{1}{2-\sqrt{2}}=1+\frac{\sqrt{2}}{2}$ ，则 $1<\frac{t_2}{t_1}<3$ ，A 正确。

6. C **解析：**运动员 B 做匀减速直线运动，速度减为零的时间为 $t_B=\frac{v_1}{a}=4$ s，此时运动员 A 的位移为 $x_A=v_0t_B=20$ m，运动员 B 的位移为 $x_B=\frac{v_1}{2}t_B=16$ m，因为 $x_A < x_B+x_0$ ，即运动员 B 的速度减少为零时，运动员 A 还未追上运动员 B，则运动员 A 在运动员 B 停下来的位置追上运动员 B， $x_1=x_B=16$ m，C 正确。

7. BD **解析：**根据位移时间关系可得 A 车匀加速阶段的位移为 $x_1=\frac{1}{2}at_0^2=\frac{1}{2}\times0.4\times30^2$ m=180 m，在该过程中 B 车的位移为 $x_2=vt_0=8\times30$ m=240 m> x_1 ，由此可知，A 车在加速阶段没有追上 B 车，A 错误；设两车经过时间 t 相遇，则有 $\frac{1}{2}at_0^2+at_0(t-t_0)=vt$ ，解得 $t=45$ s，所以相遇时两车的位移为 $x=vt=360$ m，B 正确；A 车在匀速阶段与 B 相遇，此时 A 车的速度大于 B 车的速度，C 错误；A 车追上 B 车时，A 车的速度大于 B 车的速度，两车均做匀速直线运动，所以接下来 A 车一直在 B 车前面，且两车间的距离不断增大，D 正确。

8. BC **解析：**由于 A 小球距球面最低点 O 的距离远远小于 R ，故 A 球的运动可视为单摆，由单摆周期公式可知 A 球到达 O 点的时间为 $t_A=\frac{T}{4}=\frac{1}{4}\times2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{R}{g}}$ ，C 球做自由落体运动，故 C 球到达 O 点的时间为 $t_C=\sqrt{\frac{2R}{g}}$ ，设 C 球与 B 球连线与竖直方向的夹角为 θ ，则 B 球运动到 O 点的距离为 $x=2R\sin\frac{\theta}{2}$ ，根据力的分解可知 B 球下滑的加速度大小为 $a=g\sin\frac{\theta}{2}$ ，根据匀变速直线运动位移时间关系可得 B 球到达 O 点的时间为 $t_B=\sqrt{\frac{2x}{a}}=2\sqrt{\frac{R}{g}}$ ，故 $t_B>t_A>t_C$ ，B、C 正确。

【纠错点拨】A 球沿圆弧轨道运动，A 距球面最低点 O 的距离远远小于 R ，则将 A 球等效为单摆模型，根据单摆的周期公式求解 A 球的运动时间。

9. AD **解析：**因开始时，乙车速度较大，则在乙停止运动之前乙车可超过甲车，然后两车距离逐渐变大，当蓝牙第一次中断时乙车超过了甲车，则第一次信号中断时满足 $v_2t_1-\frac{1}{2}a_2t_1^2=d+s_0+v_1t_1+\frac{1}{2}a_1t_1^2$ ，解得 $t_1=4$ s，即 $t=4$ s 时信号第一次中断，A 正确；当第一次信号中断时，甲车的速度 $v_{11}=1.4$ m/s，乙车的速度 $v_{21}=4.4$ m/s，到信号第一次恢复时应该满足 $v_{21}t_2-\frac{1}{2}a_2t_2^2=v_{11}t_2+\frac{1}{2}a_1t_2^2$ ，解得 $t_2=12$ s，但是乙车停止运动的时间 $t'=\frac{v_{21}}{a_2}=11$ s，即经过 12 s 时乙车已经停止，则信号第一次恢复的时刻应该小于 16 s，B 错误；乙车停止运动时，距 O 点的距离为 $x=\frac{v_2^2}{2a_2}-6$ m=39 m，信号第二次中断时，甲在乙的右侧 10 m 位置，则此时甲车在 O 点右边 49 m 处，C 错误；信号第一次恢复时甲距 O 点的距离为 $x_1=v_1t_1+\frac{1}{2}a_1t_1^2+\frac{v_{21}^2}{2a_2}=29$ m，从信号第一次恢复到信号第二次中断，甲的位移为 49 m-29 m=20 m，D 正确。

题型 2 相互作用与平衡

题型特点

本专题属于相互作用与平衡问题，用矢量三角形的方法解决问题的居多。涉及的物理模型有轻绳、轻杆、轻弹簧、轻环等理想的物理模型。

解题策略

第一，挖掘题目的隐含条件；第二，合理地选取研究对象；第三，对研究对象进行受力分析；第四，三个力的话，保持力的方向不变，作出力的矢量三角形，多于三个力采用正交分解。

题型纠错

本专题易错点：一、力的矢量三角形不能完美规范画出；二、审题不够到位，隐含条件不能很好地挖掘出来，不能快速找出临界条件；三、研究对象选取不够灵活。

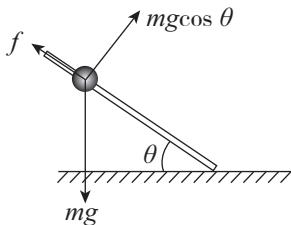
真题导引

- B **解析：**由题知，取走一个盘子，稳定后余下的正好升高补平，则说明一个盘子的重力可以使弹簧形变相邻两盘间距，则有 $mg=3\cdot kx$ ，解得 $k=100$ N/m，B 正确。



题型训练

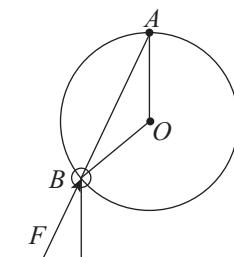
1. D **解析:**如图所示,对小球受力分析有 $f = mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta$,从而有 $\mu = \tan \theta$,A、B 错误,D 正确;增大小球的质量,仍然有 $f = mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta$,并不能使小球下滑,C 错误.



2. C **解析:**以 O 点为研究对象,轻绳 OC 对 O 点的拉力方向竖直向下,轻绳 OA 对 O 点的拉力方向沿 OA 方向指向左上方,根据共点力的平衡条件可得,弹簧对 O 点的弹力方向应该为水平向右,所以弹簧应处于压缩状态,A 错误;弹簧和轻绳 OA 对 O 点的作用力大小与轻绳 OC 对 O 点竖直向下的拉力大小相等,方向相反,轻绳 OC 对 O 点竖直向下的拉力大小等于灯笼的重力大小,即 $G = mg = 60 \text{ N}$,B 错误;根据共点力的平衡条件和力的正交分解可得,水平方向上有 $F_{OA} \sin 53^\circ = kx$,竖直方向上有 $F_{OA} \cos 53^\circ = mg$,两式联立解得轻绳 OA 上的弹力为 $F_{OA} = 100 \text{ N}$,弹簧的形变量为 $x = 0.08 \text{ m} = 8 \text{ cm}$,C 正确,D 错误.

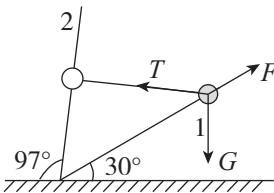
3. C **解析:**对小球进行受力分析如图所示.根据相似三角形法可得

$\frac{F}{AB} = \frac{F_N}{OB} = \frac{mg}{OA}$,在小球从 B 点缓慢上升到 C 点的过程中,重力的大小和方向均不变,A、B 间的距离变小,OA、OB 不变,则拉力 F 逐渐减小,大圆环轨道对小球的支持力 F_N 大小不变,由牛顿第三定律知小球对大圆环轨道的压力大小不变,C 正确.

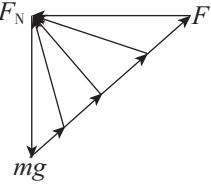


4. C **解析:**根据对小球受力分析可知,轻质小环受力平衡,则拉力 T 的方向垂直于杆 2,根据几何关系可知 T 的方向与杆 1 夹角为 37° ,小球受力平衡,对小球所受力进行正交分解,在沿杆 1 方向上有 $T \cos 37^\circ + mg \sin 30^\circ = F$,代入数据,解得 $T = 1.25 \text{ N}$,C 正确.

【纠错点拨】本题中轻质小环套在杆 2 上时不计小环的重力,因为杆 2 对小环的弹力方向与杆 2 垂直,则细线的弹力与杆 2 垂直,即细线与杆垂直,这样根据几何关系可以确定细线与杆 1 的夹角.



5. B **解析:**由题意可知,在力 F 缓慢推运动的过程中物块处于动态平衡状态,且重力为恒力始终不变,推力的方向始终不变,重力、推力、圆弧面对物块的弹力三力始终平衡,合力为零,则



可作出力的矢量三角形,如图所示,则根据动态变化过程中的矢量三角形可知,推力 F 逐渐增大,圆弧面对物块的弹力 F_N 先减小后增大,A 错误,B 正确;将小物块和凹槽看成一个整体,由整体法分析可知,推力 F 斜向右上方,方向不变,但大小始终在增大,因此可知力 F 在竖直方向和水平方向的分力都在始终增大,设力 F 与水平方向的夹角为 θ ,则由平衡条件可得,竖直方向有 $(M+m)g = F \sin \theta + F'_N$,水平方向有 $f = F \cos \theta$,由以上平衡方程结合力 F 的变化情况可知,地面对凹槽的支持力一直减小,地面对凹槽的摩擦力一直增大,C、D 错误.

6. D **解析:**杆与水平方向间的夹角 θ 由 30° 缓慢减小为 0° 的过程中,物块 b 始终处于平衡状态,物块 b 所受合力始终为 0,即合力不变,A 错误;杆与水平方向间的夹角 θ 由 30° 缓慢减小为 0° 的过程中,物块 a 一直处于平衡状态,根据平衡条件可得轻绳的弹力 F 始终等于物块 a 的重力 G_1 ,则轻绳上的弹力不变,D 正确,C 错误;轻绳上各处的弹力大小均相等,则 PA、PB 与竖直方向间的夹角相等,均为 $\frac{\alpha}{2}$,以 P 和 b 整体为研究对象,设物块 b 的重力为

G_2 ,根据共点力的平衡条件可得 $2F \cos \frac{\alpha}{2} = G_2$,弹力 F 和重力 G_2 的大小不变,则 PA 和 PB 间的夹角 α 不变,B 错误.

【误区警示】本题学生容易错误地认为当杆与水平方向间的夹角 θ 由 30° 缓慢减小为 0° 的过程中两悬点间的水平距离增大,左右两绳夹角增大,轻绳上的力增大,其实本题中轻绳上的弹力大小是不变的,总等于物块 a 的重力.

7. C **解析:**过 B 点作 CD 的垂线,其垂足为 E,由几何关系可知,BE 的长度约为 2 m. 设轻绳所在平面与水平面的夹角为 θ ,两轻绳上的拉力大小为 F,合力为 $F_{合}$,石磙做匀速直线运动,所以其受力平衡,对两石磙整体受力分析,有 $F_{合} \cos \theta = \frac{\sqrt{3}}{6} (mg - F_{合} \sin \theta)$,其中 $\cos \theta = \frac{\sqrt{3}}{2}$,
 $\sin \theta = \frac{1}{2}$,代入数据解得 $F_{合} = 60 \text{ N}$,由上述分析可知,设 BD 绳上的拉力与 BE 夹角为 β ,则该夹角的余弦值为 $\cos \beta = \frac{2 \text{ m}}{2.01 \text{ m}} = \frac{200}{201}$,有 $2F \cos \beta = F_{合}$,解得 $F \approx 30.2 \text{ N}$,C 正确.

教学笔记

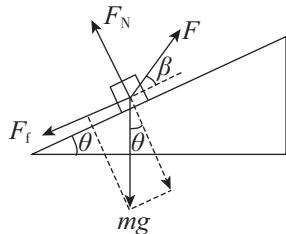
8. AC **解析:**以石球为研究对象,受力如图所示,缓慢抬起的过程中,石球

受力平衡,结合数学知识可得 $\frac{N_1}{\sin \beta} = \frac{N_2}{\sin \alpha}$

$\frac{N_2}{\sin \gamma} = \frac{G}{\sin \alpha}$,其中 G 和 α 不变,在转

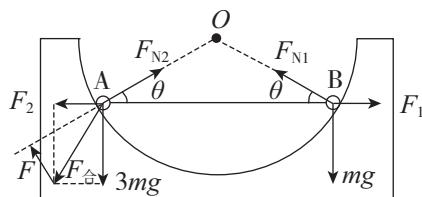
动过程中 β 从 90° 增大到 180° ,则 $\sin \beta$ 不断变小, N_1 将不断变小; γ 从 150° 减小到 60° ,其中跨过了 90° ,因此 $\sin \gamma$ 先变大后变小,则 N_2 将先变大后变小,A、C 正确.

9. AD **解析:**斜面对物体的作用力,指的是摩擦力 F_f 和支持力 F_N 的合力,则有 $\tan \alpha = \frac{F_N}{F_f} = \frac{F_N}{\mu F_N} = \frac{1}{\mu}$, μ 不变,则 $\tan \alpha$ 不变,即斜面对物块作用力的方向不随拉力 F 变化,C 错误;对物块受力分析如图所示.



则有 $F \cos \beta = F_f + mg \sin \theta$, $F_f = \mu F_N$, $F_N = mg \cos \theta - F \sin \beta$, 联立上式可得 $F = \frac{mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta}{\cos \beta + \mu \sin \beta}$, 当 $\beta = 30^\circ$ 时, 拉力 F 最小, 最小值为 $\frac{\sqrt{3}}{2} mg$, 此时物体受 4 个力的作用, A、D 正确, B 错误.

10. AD **解析:**轻杆水平时,由几何关系可知 $\theta = 30^\circ$, 受力分析如图所示,对小球 B 受力分析可知凹槽对小球 B 的支持力大小为 $F_{N1} = \frac{mg}{\sin 30^\circ} = 2mg$, B 错误;轻杆对小球 A、B 的作用力大小 $F_1 = F_2 = \frac{mg}{\tan 30^\circ} = \sqrt{3} mg$, A 正确;设小球 A 受到的重力和轻杆对小球 A 的作用力的合力为 $F_{合}$,其大小为 $F_{合} = \sqrt{(3mg)^2 + F_2^2} = 2\sqrt{3} mg$, 设其与水平方向的夹角为 α ,则 $\tan \alpha = \frac{3mg}{F_2} = \sqrt{3}$,解得 $\alpha = 60^\circ$,由受力分析可知,当作用在小球 A 上的外力 F 的方向与凹槽对小球 A 的支持力 F_{N2} 的方向垂直向上时,外力 F 有最小值 $F_{min} = F_{合} \sin(\alpha - \theta) = \sqrt{3} mg$, C 错误,D 正确.



题型 3 牛顿运动定律

题型特点

本专题为牛顿运动定律,往往设计的问题为:通过物体的受力情况,来推测物体的运动情况,进而准确判定物体在任何时刻的速度、加速度、一段时间内的位移等;另一类为通过物体的运动情况,来确定物体的受力情况.

解题策略

第一,确定物体的运动状态,勾画题目中的关键字词与句子,挖掘题目当中的隐含条件,第二,合理地选取研究对象,对物体进行受力分析;第三,根据物体的运动状态,列出相应的方程.

题型纠错

本专题易错点:一、物理模型理解不到位,对牛顿第二定律理解不够深刻,往往是仅仅记住了 $F = ma$,但不能灵活且准确地使用;二、错误地认为只有加速度相同时,才能用整体法受力分析.

真题导引

BC **解析:**根据牛顿第二定律有 $F - \mu mg = ma$,整理后有 $F = ma + \mu mg$,则可知 $F - a$ 图像的斜率为 m ,纵截距为 μmg ,则由题图可以看出 $m_甲 > m_乙$, $\mu_甲 m_甲 g = \mu_乙 m_乙 g$,则 $\mu_甲 < \mu_乙$,B、C 正确.

题型训练

1. D **解析:**下降过程中,榔头先加速后减速,向下加速过程,加速度向下,处于失重状态,向下减速过程,加速度向上,处于超重状态,A 错误;榔头对年糕的弹力是榔头发生形变引起的,B 错误;由牛顿第三定律,榔头对年糕的打击力等于年糕对榔头的支持力,C 错误;榔头向下打击年糕时,设榔头对年糕的冲击力为 F ,地面对石槽的支持力为 F_N ,石槽和年糕的总重力为 G .则有 $F_N = G + F > G$,D 正确.

2. C **解析:**由图可知 $0 \sim 0.4$ s 手机静止,从约 0.4 s 开始运动, 0.5 s 开始做自由落体运动, $t = 0.6$ s 时手机下降高度约为 $x < \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times (0.6 - 0.4)^2 \text{ m} = 0.2 \text{ m}$, A 错误;由图像可知 0.6 s 开始,加速度为负值且加速度大小逐渐减小,手机向下做加速运动,橡皮筋的拉力逐渐增大,约 0.8 s 时拉力和重力相等,手机速度最大,之后拉力大于重力,加速度为正值,手机向下做减速运动,橡皮筋的拉力逐渐增大,当手机的速度为零时,橡皮筋的拉力最大,加速度为正的最大值,约为 70 m/s^2 ,C 正确,B、D 错误.

教学笔记

3. B **解析:**根据题意,设 A、B 两球的质量均为 m ,去掉挡板前,对 A 球受力分析,由平衡条件有 $F_{\text{弹}}=mg \sin \theta$,去掉挡板瞬间,弹簧弹力不变,A 球受力情况不变,合力为 0,加速度为 0,对 B 球有 $mg \sin \theta + F_{\text{弹}}=ma$ 解得 $a=2g \sin \theta$,A 错误,B 正确;根据上述分析可知,去掉挡板瞬间,B 球有沿斜面向下的加速度,处于失重状态,则地面对斜面体 C 的支持力小于球 A、B 和 C 的重力之和,C 错误;去掉挡板瞬间,B 球的加速度方向沿斜面向下,在水平方向上有水平向左的分加速度,对 A、B 和 C 整体分析,地面对斜面体的摩擦力不为零,方向水平向左,D 错误.

4. C **解析:**由 $v-t$ 图像得到,小物块在 t_1 时刻速度为零,下一刻开始向右运动,所以 t_1 时刻小物块离 A 处最远,A 错误; t_2 时刻,小物块第一次与传送带相对静止,之前始终相对传送带向左运动,所以此刻小物块相对传送带滑动的距离达到最大,B 错误;0~ t_2 时刻,小物块相对传送带向左运动,始终受到向右的滑动摩擦力 $f=\mu mg$,滑动摩擦力的大小和方向都不变,C 正确,D 错误.

【误区警示】从图像上可知当小物块速度不发生变化时,即为小物块与传送带速度相等的时刻,从而确定 t_2 时刻之后小物块与传送带之间不再有摩擦力的作用.

5. D **解析:**对小球受力分析可知,合力与加速度方向水平向左,所以汽车运动的加速度方向水平向左,如果向右运动,则做匀减速直线运动,如果向左运动,则做匀加速直线运动,A 错误;设小球的加速度为 a ,受力分析如图所示,对小球由牛顿第二定律得 $m_1 g \tan \theta = m_1 a$,解得 $a = g \tan \theta$,则汽车的加速度和苹果箱的加速度都为 $a = g \tan \theta$,苹果箱和箱内的苹果始终相对于车厢底板静止,则车厢底板对苹果箱的摩擦力为静摩擦力,方向水平向左,B 错误;以苹果箱中间一个质量为 m 的苹果为研究对象,合外力为 ma ,设周围其他苹果对它的作用力大小为 F ,方向与竖直方向的夹角为 α ,在水平方向根据牛顿第二定律有 $F \sin \alpha = ma$,在竖直方向上 $F \cos \alpha = mg$,加速度 $a = g \tan \theta$,三式联立解得 $F = \sqrt{(mg \tan \theta)^2 + (mg)^2} = mg \sqrt{1 + \tan^2 \theta} = \frac{mg}{\cos \theta}$,
 $\tan \alpha = \frac{a}{g} = \tan \theta$,则 $\alpha = \theta$,C 错误,D 正确.

6. B **解析:**物块上滑过程有 $x = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$,物块下滑过程有 $x = \frac{1}{2} a_2 t_2^2$,根据牛顿第二定律有 $a_1 = g \sin \theta + \mu g \cos \theta$,
 $a_2 = g \sin \theta - \mu g \cos \theta$,又因为 $a_1 = k^2 a_2$,解得 $\mu = \frac{k^2 - 1}{k^2 + 1} \tan \theta$,B 正确.

7. C **解析:**在恒力 F 作用前,对 A、B 整体受力分析,由平衡条件有 $F_{\text{弹}}=2mg$,物块 A 开始向上运动时,物块 B 与弹簧组成的系统机械能没有变化,则以 B 为研究对象,由

牛顿第二定律有 $F_{\text{弹}}-mg=ma_B$,解得 $a_B=g$,此时物块 A 的最小加速度也应为 g ,故恒力 F 的最小值应为 $2mg$,A、B 错误;若在 $2t$ 时刻两物块间的距离刚好达到最大,经 t 时间物块 B 也第一次达到最大高度.则再经过 t 时间物块 B 恰好回到原来静止位置,且物块 A 应恰好达到最高点,这样两物块距离恰好达到最大.在 $0 \sim t$ 时间,物块 A 做匀加速运动,在 $t \sim 2t$ 时间物块 A 做加速度为 g 的匀减速运动,则有 $a_A=g$,根据匀变速直线运动中位移与时间的关系可知,物块 A 在 $0 \sim 2t$ 时间内上升的高度 $x = \frac{1}{2} gt^2 + (gt^2 - \frac{1}{2} gt^2) = gt^2$,物块 B 在 $2t$ 时刻回到初始位置,故在 $2t$ 时刻两物块间的最大距离为 gt^2 ,C 正确;物块 B 与弹簧组成的系统机械能守恒,当势能最大时,此时动能最小,所以应是 0 时刻或 $2t$ 时刻,物块 B 与弹簧组成的系统势能最大,D 错误.

8. AC **解析:**根据题意,由运动学公式 $v^2 - v_0^2 = 2ax$,可得无人机失去升力时的速度大小为 $v = \sqrt{2a_1 x_1} = 12 \text{ m/s}$,A 正确;根据题意,由牛顿第二定律有 $F - mg - f = ma_1$,解得 $F = 70 \text{ N}$,B 错误;根据题意,由牛顿第二定律有 $mg + f = ma_2$,解得 $a_2 = 12 \text{ m/s}^2$,C 正确;根据题意,由运动学公式 $v^2 - v_0^2 = 2ax$,可得无人机减速上升的高度为 $x_2 = \frac{v^2}{2a_2} = 6 \text{ m}$,则无人机上升的最大高度为 $H = x_1 + x_2 = 42 \text{ m}$,D 错误.

9. CD **解析:**如果 A、B 能保持相对静止,将 A、B、C 看作一个整体,根据牛顿第二定律可知 $Mg = (2m + M)a$,解得加速度大小为 $a = \frac{Mg}{2m + M}$,A 受到 B 水平方向的作用力大小为 $F_x = ma$,竖直方向的作用力为 $F_y = mg$,B 对 A 的作用力大小为 $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = mg \sqrt{\frac{M^2}{(M+2m)^2} + 1}$,A、B 错误;小球滚出凹槽的临界条件为小球受到槽的支持力的方向沿着圆心与二者接触的左端点的连线方向,此时 $N \sin \alpha = ma_1$, $N \cos \alpha = mg$,解得临界加速度大小为 $a_1 = \frac{\sqrt{3}}{3} g$,整体上有 $a_1 = \frac{Mg}{2m + M}$,解得 $M = (\sqrt{3} + 1)m$,C 正确;当 $\alpha = 45^\circ$ 时,小球滚出凹槽的临界条件为小球受到槽的支持力的方向沿着圆心与二者接触的左端点的连线方向,有 $N \sin \alpha = ma_2$, $N \cos \alpha = mg$,解得临界加速度大小 $a_2 = g$,由于 $\frac{Mg}{2m + M} < g$,所以无论 M 为多大,A 都不能滚出凹槽,D 正确.

【纠错点拨】根据整体法求出整体的加速度 a ,再根据临界法确定小球滚出凹槽的临界加速度大小 $a_2 = g$,比较两加速度的大小就可以判断出小球能否滚出凹槽.

10. ABD **解析:**根据 $v-t$ 图像可知,在前 1 s 内小车向右做匀加速直线运动,小物体向右做匀减速直线运动,小车和小物块的加速度分别为 $a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t} = \frac{2-0}{1} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$,

$a_2 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t} = \frac{2-11}{1} \text{ m/s}^2 = -9 \text{ m/s}^2$, 对小车根据牛顿第二定律有 $\mu m_2 g = m_1 a_1$, 对小物块根据牛顿第二定律有 $-(F + \mu m_2 g) = m_2 a_2$, 代入数据联立解得 $\mu = 0.4$, $F = 0.5 \text{ N}$, A、B 正确; 根据图像可知, 在 $t = 1 \text{ s}$ 时小车和小物块的速度相同, 两者不再发生相对运动, 在前 1 s 内小车发生的位移为 $x_1 = \frac{1}{2} a_1 t^2 = 1 \text{ m}$, 小物块发生的位移

为 $x_2 = v_0 t + \frac{1}{2} a_2 t^2 = 6.5 \text{ m}$, 则物块与小车间的相对位移 $x_{\text{相对}} = x_2 - x_1 = 5.5 \text{ m}$, C 错误; 当小车与小物块的速度相等后, 在外力的作用下一起向右做匀减速运动, 其加速度为 $a_3 = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{5}{3} \text{ m/s}^2$, 当速度减小到 0 时, 整体发生的位移为 $x_3 = \frac{v_1^2}{2a_3} = 1.2 \text{ m}$, 所以小物块向右滑动的最大位移是 $x_{\text{max}} = x_2 + x_3 = 7.7 \text{ m}$, D 正确.

题型 4 曲线运动

题型特点

本专题是曲线运动的选择部分, 主要考查运动的合成与分解, 平抛运动的规律, 圆周运动的基本规律, 以及向心力公式在平面、竖直面上的应用.

解题策略

对于平抛运动, 重点是把握分维度分析运动, 利用等时性把水平、竖直方向的运动联系在一起, 并充分考虑角度的关系; 圆周运动重点以空间为背景, 利用力学规律解决问题, 重在寻找临界条件; 速度关联问题重点在于掌握分解速度的技巧.

题型纠错

本专题易错点: 一、圆周运动的绳、杆模型的区别与联系; 二、涉及渡河问题的最短时间问题.

真题导引

1. C 解析: 质点做匀速圆周运动, 根据题意设周期 $T = \frac{k}{r}$, 合外力等于向心力, 根据 $F_{\text{合}} = F_{\text{n}} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$, 联立可得 $F_{\text{n}} = \frac{4m\pi^2}{k^2} r^3$, 其中 $\frac{4m\pi^2}{k^2}$ 为常数, r 的指数为 3, 故题中 $n=3$, C 正确.

2. B 解析: 抛出的两谷粒在空中均仅受重力作用, 加速度均为重力加速度, 故谷粒 1 做自由落体运动, 谷粒 2 做斜向上抛运动, 均从 O 点运动到 P 点, 故位移相同, 在竖直方向上谷粒

2 做竖直上抛运动, 谷粒 1 做自由落体运动, 竖直方向上位移相同故谷粒 2 运动时间较长, C 错误; 谷粒 2 做斜向上抛运动, 水平方向上为匀速直线运动, 故运动到最高点的速度即为水平方向上的分速度, 与谷粒 1 比较水平位移相同, 但运动时间较长, 故谷粒 2 水平方向上的速度较小, 即最高点的速度小于 v_1 , B 正确; 两谷粒从 O 点运动到 P 点的位移相同, 运动时间不同, 故平均速度不相等, 谷粒 1 的平均速度大于谷粒 2 的平均速度, D 错误.

题型训练

1. B 解析: 根据题意可知, 子弹做平抛运动, 小积木做自由落体运动, 子弹和小积木竖直方向的运动相同, 子弹一直与小积木的 P 点等高, 则子弹将击中 P 点, 子弹在水平方向上做匀速直线运动, 由 $x = v_0 t$ 可得, 运动的时间为

$$t = \frac{L}{v}, \text{ B 正确.}$$

2. B 解析: 设花灯垂直河岸的速度为 v_0 , 河宽为 $2d$, 花灯与河岸的距离为 $x (x \leq d)$, 则花灯沿水流方向的速度为 $v_{\text{水}} = kx$, 垂直于水流方向有 $x = v_0 t$, 则有 $a = \frac{\Delta v_{\text{水}}}{\Delta t} = \frac{k v_0 \Delta t}{\Delta t} = k v_0$, 可知加速度为一恒定值, 且推出花灯处的加速度方向沿水流方向, 靠近对岸位置加速度方向与水流方向相反, 故花灯在从岸边到河中间的轨迹为类平抛运动, 从河中间到对岸的轨迹与该轨迹对称, 根据加速度方向与合力方向相同, 合力方向指向轨迹内侧可知第二个图像符合要求, B 正确.

3. B 解析: 对于 a、b 爆炸后两者做平抛运动, 由 $x = \sqrt{(v_0 t)^2 + \left(\frac{1}{2} g t^2\right)^2}$, a、b 离爆炸点的距离和初速度不成正比, A 错误; 由于 a、b 同时开始平抛, 虽然初速度不等, 但由分运动的独立性原理, 二者竖直方向均为自由落体运动, 故在空中始终位于同一水平面上, B 正确; a、b、c 在运动过程中, 均只受重力作用, 根据牛顿第二定律 $G = mg = ma$, 因此三者的加速度大小均为 g , a、b、c 速度变化率相等, C 错误; a、b、c 运动过程中, 加速度方向均是竖直向下, 因此 a、b、c 都处于失重状态, D 错误.

【误区警示】注意 a、b、c 速度变化率不是速率大小的变化率, 而是 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$, 即为加速度 a , 根据牛顿第二定律可知三者的加速度相同, 均为 g , 则速度变化率相同.

4. A 解析: 苹果从最低点 a 到最左侧点 b 运动的过程中, 加速度大小不变, 加速度在水平方向上的分加速度逐渐增大, 由牛顿第二定律可知, 手掌对苹果的摩擦力越来越大, A 正确; 苹果做匀速圆周运动, 从 a 到 b 的运动中, 加速度在竖直方向上有向上的分加速度, 可知苹果处于超重状态, B 错误; 苹果做匀速圆周运动, 从 a 到 b 的运动中, 加速度大小不变, 加速度在竖直方向上的分加速度逐



渐减小,可知手掌对苹果的支持力越来越小,C错误;苹果做匀速圆周运动,加速度大小不变,则有苹果所受的合外力大小不变,方向始终指向圆心,D错误.

5.B **解析:**篮球离开手到篮筐的时间为 $t = \frac{x}{v} = \frac{5}{10} \text{ s} = 0.5 \text{ s}$,要使篮球到达篮筐时,竖直方向的分速度刚好为零,则有 $v_y^2 = 2g(H-h)$, $v_y = gt$,联立解得 $H = 3.05 \text{ m}$,B正确.

【速解】常识解法!熟记一些生活常识,如篮板下沿离地高为2.90 m,篮板高为3.05 m,可以直接得出答案为B.

6.D **解析:**从场地中线开始,甲匀速跑动2 s后,甲、乙两人沿垂直场地中线方向的位移差为 $(3-2) \times 2 \text{ m} = 2 \text{ m}$.甲抛出篮球后,球做平抛运动,乙接到球时,球下落的竖直高度 $h = (1.7-1.5) \text{ m} = 0.2 \text{ m}$,由 $h = \frac{1}{2}gt^2$,可得球运动的时间 $t = 0.2 \text{ s}$,在球做平抛运动的0.2 s内,乙仍然做匀速运动,此过程篮球的水平位移 $x = \sqrt{3^2 + (2+3 \times 0.2)^2} \text{ m} \approx 3.97 \text{ m}$,由 $x = v_0 t$,可解得篮球被甲抛出瞬间的速度 $v_0 = 19.85 \text{ m/s}$,D正确.

7.C **解析:**设该运动员落到斜坡上经历的时间为 t ,由平抛运动的规律可得,水平方向上的位移 $x = v_0 t$,竖直方向上的位移 $y = \frac{1}{2}gt^2$,由几何关系可得 $x = (h-y) \cdot \tan 45^\circ$,整理得到 $v_0 = \frac{h}{t} - \frac{1}{2}gt$,该运动员落到斜坡上时的速度 v 满足 $v^2 = v_0^2 + (gt)^2$,再整理可以得到 $v^2 = \left(\frac{h}{t} - \frac{1}{2}gt\right)^2 + (gt)^2$,变形为 $v^2 = \left(\frac{h}{t}\right)^2 + \frac{5}{4}(gt)^2 - gh$,当 $\left(\frac{h}{t}\right)^2 = \frac{5}{4}(gt)^2$ 时,速度 v 最小,且最小为 $v = \sqrt{(\sqrt{5}-1)gh}$,C正确.

8.AD **解析:**汽车通过此圆弧形弯道时做匀速圆周运动,轨道半径为120 m,运动速率 $v = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$,向心加速度为 $a = \frac{v^2}{R} = \frac{20^2}{120} \text{ m/s}^2 \approx 3.3 \text{ m/s}^2$,角速度 $\omega = \frac{v}{R} = \frac{20}{120} \text{ rad/s} = \frac{1}{6} \text{ rad/s}$,A正确,B错误;以汽车为研究对象,当路面对轮胎的径向摩擦力指向内侧且达到径向最大静摩擦力时,此时汽车的速率为安全通过圆弧形弯道的最大速率 v_m .设汽车的质量为 m ,在水平方向上根据牛顿第二定律得 $f_m = m \frac{v_m^2}{R}$,在竖直方向有 $F_N = mg$,径向最大静摩擦力变为正压力的0.8倍,即 $f_m = kF_N$,联立得 $v_m = \sqrt{kgR}$,解得 $v_m \approx 111.5 \text{ km/h}$,所以晴天时,汽车以180 km/h的速率不能安全通过此圆弧形弯道,C错误;下雨时,路面对轮胎的径向最大静摩擦力变为正压力的0.4倍,有 $v'_m = \sqrt{k'gR}$,解得 $v_m \approx 78.9 \text{ km/h} >$

70 km/h,所以下雨时汽车以70 km/h的速率可以安全通过此圆弧形弯道,D正确.

9.BC **解析:**小球在顶端时,绳的拉力 F_T 与重力沿斜面向下的分力的合力提供小球做圆周运动所需的向心力,有 $F_T + mg \sin \theta = m \frac{v^2}{l}$,可知绳的拉力越小,小球的速度越小,当绳的拉力为零时,小球恰好在斜面上做圆周运动,在顶端时的速度为 $v_{\min} = \sqrt{gl \sin \theta} = \sqrt{\frac{gl}{2}}$,A错误;小球由顶端向底端运动时,只有重力对小球做功,根据动能定理 $mg \cdot 2l \sin \theta = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_{\min}^2$,代入数据可得 $v = \sqrt{\frac{5gl}{2}}$,B正确;小球在斜面上受重力、支持力和绳的拉力作用做变速圆周运动,其所受重力与斜面的支持力大小和方向均保持不变,绳的拉力大小和方向均不断变化,根据牛顿第三定律,以斜劈为研究对象,斜劈在小球恒定的压力、绳沿斜面方向不断变化的拉力、地面的支持力、摩擦力和自身的重力作用下保持平衡,绳的拉力沿斜面方向不断变化,故其在水平和竖直方向上的分量也在不断变化,根据斜劈的平衡条件可知,它受到的水平方向上的摩擦力大小是变化的,地面对斜劈的支持力大小不一定等于小球和斜劈的重力之和,C正确,D错误.

【误区警示】小球在斜面上受重力、支持力和绳的拉力作用,但这三个力在不同方向上,应将这三个力正交分解再分析各力的变化.

10.BC **解析:**设甲抛出的初速度为 v_0 ,Q点相对于P点的竖直高度为 H ,则 $H = \frac{1}{2}gt^2$,甲抛出的小石块落在P点时的速度的竖直分量 $v_y = \sqrt{2gH}$,甲抛出小石块的水平位移 $x = \frac{L}{2} \cos \alpha$, $v_0 = \frac{x}{t}$, $\tan 37^\circ = \frac{v_0}{v_y}$,联立可得 $H = \frac{4}{15}L$, $v_0 = \sqrt{\frac{3gL}{10}}$, $t = \sqrt{\frac{8L}{15g}}$,则A点相对于P点的高度 $h_A = \frac{L}{2} \sin \alpha = \frac{3}{10}L$,Q、A两点竖直高度差为 $\Delta h = \frac{3}{10}L - \frac{4}{15}L = \frac{L}{30}$,A错误,B正确;对于乙,有 $\frac{3}{10}L = \frac{1}{2}gt'^2$, $\frac{2}{5}L = v_A \cdot t'$,结合前面式子可得 $\frac{t}{t'} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$, $v_A = \sqrt{\frac{4gL}{15}}$,C正确;小石块运动的最高点,此时速度即为水平方向分速度,大小为 $v_x = v_A \cdot \cos 53^\circ = \frac{6}{5} \sqrt{\frac{gL}{15}}$,D错误.

题型5 万有引力与宇宙航行

题型特点

本专题是万有引力的选择部分,主要考查万有引力与天体运动的规律、天体质量和密度的计算、卫星运动的各物理量间的比较、宇宙速度、卫星的发射与变轨问题等。

解题策略

对于万有引力问题解题的关键就是分析题设情境,建立环绕模型,灵活运用卫星运动的动力学方程的不同表述形式列方程求解。

题型纠错

本专题易错点:一、重力与万有引力的关系;二、地球上物体、近地卫星和同步卫星运动参量的比较;三、变轨问题运动参量的比较容易与稳定运行时运动参量的比较相混淆。

真题导引

1.D **解析:**物体在低速(速度远小于光速)宏观条件下质量保持不变,即在空间站上和地面上的质量相同,A错误;设空间站离地的高度为,这批物资在地面上静止时合力为零,在空间站所受合力为万有引力,即 $F = \frac{GMm}{(R+h)^2}$,在地面受地球引力为 $F_1 = \frac{GMm}{R^2}$,因此有 $F_1 > F$,B,C错误;物体绕地球做匀速圆周运动的万有引力提供向心力,则 $\frac{GMm}{r^2} = m\omega^2 r$,解得 $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$,这批物资在空间站内的轨道半径小于同步卫星的轨道半径,因此这批物资的角速度大于同步卫星的角速度,同步卫星的角速度等于地球自转的角速度,即这批物资的角速度大于地球自转的角速度,D正确。

2.D **解析:**设月球绕地球运动的轨道半径为 r_1 ,地球绕太阳运动的轨道半径为 r_2 ,根据 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$,可得 $G \frac{m_{\text{地}} m_{\text{月}}}{r_1^2} = m_{\text{月}} \frac{4\pi^2}{T_1^2} r_1$, $G \frac{m_{\text{地}} m_{\odot}}{r_2^2} = m_{\text{地}} \frac{4\pi^2}{T_2^2} r_2$,其中 $\frac{r_1}{r_2} = \frac{R_{\text{月}}}{R_{\odot}} = \frac{R_{\text{地}}}{kR_{\odot}}$, $\rho = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi R^3}$,联立可得 $\frac{\rho_{\text{地}}}{\rho_{\odot}} = \frac{1}{k^3} \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2$,D正确。

题型训练

1.B **解析:**在轨道Ⅱ上的运动过程中,只有引力做功,机械能守恒,故经过A点的机械能等于经过B点的机械能,A错误;在轨道Ⅰ上A点短时间开动发动机使航天飞机减速做近心运动,B正确;在轨道Ⅱ上运动的半长轴小于

在轨道Ⅰ上运动的半径,由开普勒第三定律可知,在轨道Ⅱ上运动的周期小于在轨道Ⅰ上运动的周期,C错误;由牛顿第二定律可得 $a = G \frac{M}{r^2}$,A点到地心的距离一定,故在轨道Ⅱ上经过A点的加速度等于在轨道Ⅰ上经过A点的加速度,D错误。

【误区警示】航天飞机在圆形轨道Ⅰ上经过A点的速度大于在椭圆轨道Ⅱ上经过A点的速度,这是变轨问题,加速做离心运动向高轨道运动,减速做向心运动向低轨道运动,这与天体在圆形轨道上稳定运行时轨道半径越大,线速度越小并不矛盾。

2.A **解析:**卫星1为地球同步卫星,周期为24 h,卫星2一天内环绕地球飞行14圈,故卫星1的周期大于卫星2的周期,A正确;根据万有引力提供向心力有 $G \frac{Mm}{r^2} =$

$m \frac{4\pi^2}{T^2} r$,解得 $r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$,所以卫星1的轨道半径大于卫星2的轨道半径,卫星1与卫星2距离地面的高度不相同,B错误;根据万有引力公式 $F = G \frac{Mm}{r^2}$,万有引力提供向心力,由于卫星的质量未知,所以两者的向心力无法比较,C错误;根据万有引力提供向心力有 $G \frac{Mm}{r^2} = ma$,

解得 $a = \frac{GM}{r^2}$,卫星1的轨道半径大于卫星2的轨道半径,所以卫星1的向心加速度小于卫星2的向心加速度,D错误。

3.C **解析:**设质量为M的恒星轨道半径为 R_1 ,质量为m的恒星轨道半径为 R_2 ,根据万有引力提供向心力可得 $G \frac{Mm}{L^2} = R_1 \omega^2 M = R_2 \omega^2 m$, $R_1 + R_2 = L$,联立解得 $G = \frac{\omega^2 L^3}{M+m} = \frac{4\pi^2 L^3}{T^2 (M+m)}$,而周期 $T = 51 \times 60$ s,A,B错误;由上式得

出双星系统的角速度为 $\omega = \sqrt{\frac{G(M+m)}{L^3}}$,若恒星质量不变,二者相互环绕的速度加快,则角速度变大,二者环绕的轨道半径将变小;若恒星一部分质量转移到另一个恒星上,由于两者质量总和不变,且双星间的距离不变,则二者相互环绕的速度不变,C正确,D错误。

4.C **解析:**由题图,设地球的半径为R,由几何关系可得 $\sin \frac{\theta}{2} = \frac{R}{r}$,解得地球半径为 $R = r \sin \frac{\theta}{2}$,A错误;因为地球表面物体的重力等于地球的引力,可得 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$,可得 $GM = gR^2 = gr^2 \sin^2 \frac{\theta}{2}$,设航天员的质量为m',由万有引力定律可知,航天员所受地球引力为 $F =$



$G \frac{Mm'}{r^2} = \frac{m' gr^2 \sin^2 \frac{\theta}{2}}{r^2} = m' g \sin^2 \frac{\theta}{2}$, 因航天员的质量 m' 不是零, 所以航天员所受地球引力不是零, B 错误; 空间站受地球的引力提供向心力, 可得 $G \frac{Mm''}{r^2} = m'' \frac{4\pi^2}{T^2} r$,

解得 $T = \frac{2\pi}{\sin \frac{\theta}{2}} \sqrt{\frac{r}{g}}$, C 正确; 由牛顿第二定律可得

$G \frac{Mm'}{r^2} = m' a$, 解得航天员的向心加速度为 $a = \frac{GM}{r^2} = \frac{gr^2 \sin^2 \frac{\theta}{2}}{r^2} = g \sin^2 \frac{\theta}{2}$, D 错误.

5. A 解析: 卫星 a 和 b 下次相距最近所需时间为 t , 则 $\frac{t}{T} - \frac{t}{T_0} = 1$, 解得 $t = \frac{T T_0}{T_0 - T}$, A 正确; 根据 $\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$, 可得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, 卫星 a 的运行半径大于 R , 可知卫星 a 的运行速度小于 7.9 km/s, B 错误; 根据 $\frac{GMm}{(R+h)^2} = m \frac{4\pi^2}{T_0^2} (R+h)$, 解得卫星 b 距地面高度为 $h = \sqrt[3]{\frac{GMT_0^2}{4\pi^2}} - R$, C 错误; 因为卫星 a 和卫星 b 的质量关系未知, 所以无法判定机械能的大小, D 错误.

6. B 解析: 由万有引力定律可知, 设质量为 m 的物体在两极处, 有 $G \frac{Mm}{R^2} = mg_0$, 在地球的赤道上, 有 $G \frac{Mm}{R^2} - mg = m \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R$, 地球的质量为 $M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho$, 联立三式可得 $\rho = \frac{3\pi g_0}{GT^2(g_0 - g)}$, B 正确.

7. A 解析: 根据万有引力提供向心力有 $\frac{GMm}{r^2} = mr \frac{4\pi^2}{T^2}$, 整理得 $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3$, 两边取对数得 $2\lg T = 3\lg r + \lg \frac{4\pi^2}{GM}$, 整理可得 $\lg T = \frac{3}{2} \lg r + \frac{1}{2} \lg \frac{4\pi^2}{GM}$, 可知题图乙中两条直线的斜率均为 $\frac{3}{2}$, A 正确; 根据已知条件有 $\frac{1}{2} \lg \frac{4\pi^2}{GM_B} - \frac{1}{2} \lg \frac{4\pi^2}{GM_A} = \lg \sqrt{3}$, 解得 $M_A : M_B = 3 : 1$, B 错误; 由题图甲可知, 两行星的第一宇宙速度相等, 有 $\sqrt{\frac{GM_A}{R_A}} = \sqrt{\frac{GM_B}{R_B}}$, 解得 $R_A = 3R_B$, 两行星的密度满足 $\rho_A = \frac{M_A}{\frac{4}{3}\pi R_A^3}$, $\rho_B = \frac{M_B}{\frac{4}{3}\pi R_B^3}$, 解得 $\rho_A : \rho_B = 1 : 9$, C 错误; 在星球表面

$a_A = \frac{GM_A}{R_A^2}$, $a_B = \frac{GM_B}{R_B^2}$ 解得 $a_A : a_B = 1 : 3$, D 错误.

8. BD 解析: 第一宇宙速度是最大的环绕速度, 对应的轨道半径等于地球半径, 而月球的轨道半径大于地球半径, 所以月球运行的速度小于第一宇宙速度, A 错误; 月球和“鹊桥”的周期相同, 所以“鹊桥”的向心加速度为 $\frac{4\pi^2}{T^2} (r_1 + r_2)$, B 正确; 对“鹊桥”进行受力分析知, 地球对“鹊桥”的万有引力与月球对“鹊桥”的万有引力的合力提供向心力, 并非只有地球对“鹊桥”的万有引力提供向心力, 所以“鹊桥”并非处于完全失重状态, C 错误; 设地球质量为 M_1 , 月球质量为 M_2 , 对月球 $\frac{GM_1 M_2}{r_1^2} = M_2 \omega^2 r_1$, 对“鹊桥” $\frac{GM_1 m}{(r_1 + r_2)^2} + \frac{GM_2 m}{r_2^2} = m \omega^2 (r_1 + r_2)$, 解得 $\frac{M_1}{M_2} = \frac{r_1^3 (r_1 + r_2)^2}{r_2^2 [(r_1 + r_2)^3 - r_1^3]}$, D 正确.

9. AD 解析: 对地球卫星有 $G \frac{Mm}{r^2} = m \omega^2 r$ 解得 $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$, 可知卫星轨道半径越大, 角速度越小, 由于太空电梯上各质点的角速度与同步卫星的角速度相同, 即太空电梯各质点的角速度小于与其处于同一轨道半径上卫星的角速度, 则太空电梯上各质点做圆周运动所需的向心加速度小于该轨道卫星的向心加速度, 卫星的向心力是全部由万有引力提供, 但是太空电梯上各质点的向心力小于其万有引力, 则电梯轨道对电梯的作用力方向背离地心, 该作用力将万有引力的效果抵消, 从而达到圆周运动的供求平衡, 所以处于失重状态, 但是不是完全失重状态, A 正确, B 错误; 对于同步空间站上, 由万有引力提供向心力, 即 $G \frac{Mm_{\text{同}}}{r_{\text{同}}^2} = m_{\text{同}} \frac{4\pi^2 r_{\text{同}}}{T^2}$, 电梯的环绕半径小于同步空间站的环绕半径, 即 $r_{\text{梯}} < r_{\text{同}}$, 则 $G \frac{Mm_{\text{梯}}}{r_{\text{梯}}^2} > m_{\text{梯}} \frac{4\pi^2 r_{\text{梯}}}{T^2}$, 万有引力大于电梯做圆周运动的向心力, 故电梯外壳上脱落的物体将做近心运动, C 错误; 同步卫星的周期为 $T_{\text{同}} = T$, 当两卫星第一次相距最远时, 满足 $\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi t}{T'} = \pi$, 解得 $T' = \frac{2Tt}{2t - T}$, D 正确.

【误区警示】注意卫星 B 比空间站 A 的轨道半径大, 则卫星 B 比空间站 A 的角速度小, 所以当两卫星第一次相距最远时应是空间站 A 比卫星 B 转过的角度多 π , 即 $\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi t}{T'} = \pi$.



10. AB **解析:**由万有引力公式可得中心星球对顶点处的星球的引力为 $F = G \frac{m^2}{(\frac{\sqrt{3}L}{3})^2}$, 即正三角形顶点所在处的星球与中心点处的星球之间的万有引力大小相等, 而根据几何关系可知, 顶点处的星球对中心点处星球的万有引力两两之间的夹角均为 120° , 则根据力的矢量合成可知中心点处星球所受万有引力的合力为零, A 正确; a、b、c 三颗星球所受万有引力大小相同, 方向均指向中心点 O, 任选其中一颗星球分析可知其所受万有引力为

$$F' = 2 \times G \frac{m^2}{L^2} \cdot \cos 30^\circ + G \frac{m^2}{(\frac{\sqrt{3}L}{3})^2} = \frac{Gm^2(3+\sqrt{3})}{L^2}, \text{而}$$

$$\text{由万有引力充当向心力有 } \frac{Gm^2(3+\sqrt{3})}{L^2} = m \frac{v^2}{\frac{\sqrt{3}L}{3}} =$$

$$ma = m \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot \frac{\sqrt{3}L}{3}, \text{解得 } v = \sqrt{\frac{(1+\sqrt{3})Gm}{L}}, a =$$

$$\frac{Gm(3+\sqrt{3})}{L^2}, T = \sqrt{\frac{4\pi^2 L^3}{Gm(3\sqrt{3}+3)}}, \text{B 正确, C 错误; 若某}$$

时刻中心 O 处星球消失, 则 a、b、c 三颗星球所受万有引力变成两两之间万有引力的合力, 且指向中心 O, 有

$$F'' = 2 \times G \frac{m^2}{L^2} \cdot \cos 30^\circ = G \frac{\sqrt{3}m^2}{L^2}, \text{显然万有引力变小}$$

了, 若要在原来的轨道上继续做圆周运动, 则可知做圆周运动的线速度必须减小, 而根据万有引力充当向心

$$\text{力, 可得周期 } T' = \sqrt{\frac{4\pi^2 L^3}{3Gm}}, \text{显然 } T' > T, \text{D 错误.}$$

题型 6 功和能

题型特点

本专题涉及的题目重点是对功能关系的理解与应用、对机械能守恒定律的使用, 题目综合性强, 方法使用比较灵活.

解题策略

对功能关系进行理解性的梳理, 不能简单记忆, 其他定律也要在理解公式的基础上进行使用.

题型纠错

本专题易错点: 一、处理能量问题习惯于用能量守恒来处理, 不会灵活使用功能关系; 二、物理情境把握不够准确; 三、解题习惯较差, 比如用动能定理来处理问题时, 动能定理的表达式左右颠倒.

真题导引

1. B **解析:**由题知, 水筒在筒车上均匀排布, 单位长度上有 n 个, 且每个水筒离开水面时装有质量为 m 的水, 其中的 60% 被输送到高出水面 H 处灌入稻田, 则水轮转一圈灌入农田的水的总质量为 $m_{\text{总}} = 2\pi R n m \times 60\% = 1.2\pi R n m$, 则水轮转一圈灌入稻田的水克服重力做的功 $W = 1.2\pi R n m g H$, 则筒车对灌入稻田的水做功的功率为 $P = \frac{W}{T}, T = \frac{2\pi}{\omega}$, 联立有 $P = \frac{3nmg\omega RH}{5}$, B 正确.

2. AD **解析:**由题知, 小球能沿轨道运动恰好到达 C 点, 则小球在 C 点的速度为 $v_c = 0$, 则小球从 B 到 C 的过程中, 有 $mgR(1 - \cos \alpha) = \frac{1}{2}mv^2, F_N = mg \cos \alpha - m \frac{v^2}{R}$, 联立有 $F_N = 3mg \cos \alpha - 2mg$, 则从 B 到 C 的过程中 α 由 θ 减小到 0, 则 $\cos \alpha$ 逐渐增大, 故 F_N 逐渐增大, 即对轨道的压力逐渐增大, A 正确; 由于 A 到 B 的过程中小球的速度逐渐减小, 则 A 到 B 的过程中重力的功率为 $P = -mgv \sin \theta$, 则 A 到 B 的过程中小球重力的功率始终减小, B 错误; 从 A 到 C 的过程中有 $-mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv_c^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 解得 $v_0 = \sqrt{4gR}$, C 错误; 若小球在 B 点时恰好脱离轨道, 则有 $mg \cos \theta = m \frac{v_B^2}{R}$, 可得 $v_B = \sqrt{gR \cos \theta}$, 所以若小球初速度 v_0 增大, 小球在 B 点的速度有可能为 $\sqrt{gR \cos \theta}$, 故小球有可能从 B 点脱离轨道, D 正确.

题型训练

1. C **解析:**匀速上升时, 高度增加, 故物资重力势能增加, A 错误; 在整个过程中, 物资重力势能增加了 $\Delta E_p = mgh = 8 \times 10 \times 35 \text{ J} = 2800 \text{ J}$, 匀加速运动后动能也增加了, 故物资机械能增加量大于 2800 J, B 错误; 物资在匀速上升时机械能的增加量为重力势能的增加量, 即 2800 J, C 正确; 无人机水平移动过程中空气对它的作用力与速度方向相反, 故做负功, 重力与速度方向垂直, 故不做功, D 错误.

2. B **解析:**列车以恒定功率 P_0 运动, 根据牛顿第二定律可得 $\frac{P_0}{v} - F_f = ma$, 列车的速度 v 逐渐增大, 则加速度 a 逐渐减小, 所以列车做加速度减小的加速直线运动, 直到达到最大速度 v_m , A 错误; 当牵引力等于阻力时, 列车速度达到最大, 则有 $P_0 = Fv_m = F_f v_m$, 解得最大速度为 $v_m = \frac{P_0}{F_f}$, C 错误; 列车以恒定牵引力启动时先做匀加速直线运动, 根据功率 $P = Fv$, 可知列车速度增大, 功率增大, 达到额定功率 P_0 后又开始做加速度减小的加速运动, 直至达



到最大速度，并且此过程与以额定功率 P_0 启动的最后阶段运动情况完全相同，而开始时的加速度比以额定功率 P_0 启动的加速度小，所以经历的时间较长，列车达到最大速度经历的时间一定大于 t ，B 正确；列车从开始到最大速度过程中，根据动能定理 $W - F_f x = \frac{1}{2} m v_m^2 - 0$ ，将 $v_m = \frac{P_0}{F_f}$ 代入解得 $W = \frac{m P_0^2}{2 F_f^2} + F_f x$ ，D 错误。

3. D **解析：**设小球到达最低点时的速度为 v_1 ，细线与钉子接触时小球的速度为 v_0 ，细线的长度为 L ，钉子离 O 点的距离为 x ，最低点绳子的最大拉力为 F ，绳与钉子接触前的过程由机械能守恒定律有 $mgL \sin 30^\circ = \frac{1}{2} m v_0^2$ ，绳与钉子接触后到小球运动到最低点的过程由动能定理有 $mg[L - x - (L - x) \sin 30^\circ] = \frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$ ，由牛顿第二定律有 $F - mg = m \frac{v_1^2}{L - x}$ ，联立解得 $x = 4$ m，D 正确。

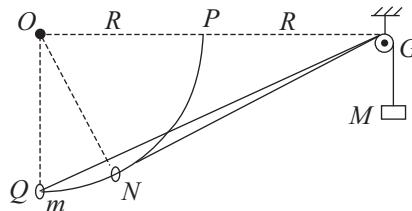
4. D **解析：**质量为 m 的物块从倾角为 α 、底边长度为 x 的斜面滑下，滑到斜面底端的过程中克服摩擦力做功为 $W = \mu m g \cos \alpha \cdot \frac{x}{\cos \alpha} = \mu m g x$ ，故当 μ 相同时，摩擦力做功只与斜面底边长度有关，由动能定理可知 $mgh - \mu m g x - \mu m g (x_1 - x) = 0$ ，可得 $h = \mu x_1$ ，从该式可知 x_1 与斜面倾角和物块质量无关，所以 $x_4 = x_1 = x_2$ ，图丙轨道是弯曲的，可视为倾角不断变化的无数个小斜面构成，但由于做圆周运动，则有 $N - mg \cos \theta = m \frac{v^2}{R}$ ，可得 $N = m \frac{v^2}{R} + mg \cos \theta$ ，当 θ 逐渐减小时，斜面所受的压力逐渐变大，使得物块在相应的位置所受的摩擦力变大，所以位移变小，即 $x_4 = x_1 = x_2 > x_3$ ，D 正确。

5. C **解析：**每秒冲击风车叶片的气体体积为 $V = SL = Sv$ ，这些气流的质量 $m = \rho V$ ，气流的动能 $E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \rho S v^3$ ，可知动能与 v^3 成正比，即输出功率与 v^3 成正比，A、B 错误；当风速为 10 m/s 时每台发电机的输出电功率约为 6 000 kW，当风速为 15 m/s 时每台发电机的输出电功率约为 20 250 kW，风的动能转化的电能为 $E_e = \eta E_k$ ，则每秒输出电功率 $P = \frac{E_e}{t} = \frac{E_k}{t} = \frac{1}{2} \cdot \rho S v^3$ ，解得 $S = 5 \times 10^4$ m²，C 正确，D 错误。

6. A **解析：**对 A、B 整体，由平衡条件可得 $m_A g \sin 30^\circ = F + mg$ ， F 为此时弹簧的弹力，因此时 C 恰好离开地面，则有 $F = mg$ ，联立解得 $m_A = 4m$ ，C 恰好离开地面时，对 C 则有 $kx_2 = mg$ ，解得 $x_2 = \frac{mg}{k}$ ，此时 A、B 有最大速度，且 A、B 速度大小相等。开始时系统静止，弹簧被压缩，绳

上无拉力，对 B 则有 $kx_1 = mg$ ，解得 $x_1 = \frac{mg}{k}$ ，从释放 A 到 C 恰好离开地面的运动中，弹簧的弹性势能变化量是零，在此运动中 A、B、C 组成的系统机械能守恒，由机械能守恒定律可得 $4mg(x_1 + x_2) \sin 30^\circ = mg(x_1 + x_2) + \frac{1}{2}(4m + m)v_{Am}^2$ ，解得 $v_{Am} = 2g \sqrt{\frac{m}{5k}}$ ，A 正确。

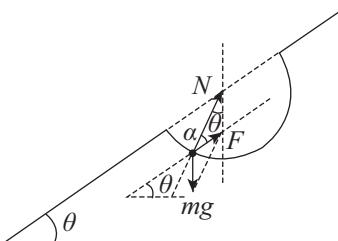
7. AC **解析：**由几何关系可知 $OG = 2R$ ， $QG = \sqrt{5}R$ 。在运动过程中，对环和重物组成的系统，根据机械能守恒定律可知 $mgR = Mg \times (\sqrt{5} - 1)R$ ，解得 $\frac{m}{M} = \frac{\sqrt{5} - 1}{1}$ ，A 正确；重物释放瞬间，加速度向下，绳子的拉力小于重物的重力，处于失重状态，B 错误；小圆环由 Q 点开始运动，到达 P 点时速度恰好为零，然后小圆环从 P 点向 Q 点运动，由于系统机械能守恒，所以小圆环能再次回到 Q 点，C 正确；如图所示，当圆环运动到 N 点时，细线与圆弧相切，圆环速度沿圆弧切线方向，圆环速度大小与重物速度大小相等，D 错误。



8. ABD **解析：**煤块无初速度地放在传送带上，经过 0.5 s 时，煤块的速度 $v_0 = a_1 t_1$ ，由牛顿第二定律 $mg \sin \theta + \mu m g \cos \theta = ma_1$ ，解得 $\mu = 0.5$ ，A 正确；在最初 0.5 s 内煤块的位移 $x_1 = \frac{v_0}{2} t_1$ ，以后煤块的加速度 $mg \sin \theta - \mu m g \cos \theta = ma_2$ ，再经过 $t_2 = 2$ s 到达传送带底端 Q 点，则 $x_2 = v_0 t_2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2$ ，则传送带 PQ 的长度 $L = x_1 + x_2$ ，联立代入数据解得 $L = x_1 + x_2 = 15.25$ m，B 正确；在最初的 0.5 s 内煤块相对传送带向上运动，相对滑动的距离 $\Delta x_1 = v_0 t_1 - x_1 = 1.25$ m，以后的 2 s 内滑块相对传送带向下滑动，则相对滑动的距离 $\Delta x_2 = x_2 - v_0 t_2 = 4$ m，则煤块从 P 点到达 Q 点的过程中在传送带上留下的划痕长度为 4 m，C 错误；煤块从 P 点到 Q 点的过程中系统因摩擦产生的热量为 $Q = f \Delta x = \mu m g \cos \theta (\Delta x_1 + \Delta x_2) = 21$ J，D 正确。

9. AD **解析：**通过 G 点时，对运动员（含雪车）整体受力分析，如图所示，整体受到重力、圆弧的支持力，根据几何关系有 $\alpha + \theta = 90^\circ - \theta$ ，解得 $\alpha = 30^\circ = \theta$ ，图中的 F 为重力与支持力的合力，则有 $F = mg$ ， $F = m \frac{v^2}{R}$ ，解得 $v = 20$ m/s，A 正确；根据上述分析有 $N = 2mg \cos \theta = 1500\sqrt{3}$ N，B 错误；从 E 点运动到 G 点重力势能减少 $mg(L + R) \sin \theta = 6.75 \times 10^4$ J，C 错误；从 E 点运动到 G 点过程中有 $mg(L +$

$R \sin \theta - W_{\text{克}} = \frac{1}{2}mv^2$, 解得 $W_{\text{克}} = 3.75 \times 10^4 \text{ J}$, D 正确.



【误区警示】钢架雪车在雪车轨道 FGH 部分做圆周运动时向心力的方向不是在水平面上,而是平行于斜面向上.

题型 7 动 量

题型特点

本专题涉及的题目重点是对力与冲量、动量关系的理解与应用、对动量定理的理解与应用、对动量守恒定律的运用,题目综合性强,方法使用比较灵活.

解题策略

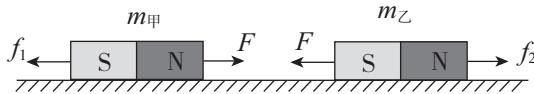
对动量的矢量性有充分的认识,能够理解动量定理和动量守恒定律的适用背景和使用条件,选取合适的研究对象和研究过程列式求解.

题型纠错

本专题易错点:一、动量的矢量性问题,对方向不敏感引起错误;二、对微观问题进行微元化的分析和解析容易出错.

真题导引

BD **解析:**对甲、乙两条形磁铁分别做受力分析,如图所示,根据牛顿第二定律有 $a_{\text{甲}} = \frac{F - \mu m_{\text{甲}} g}{m_{\text{甲}}}$, $a_{\text{乙}} = \frac{F - \mu m_{\text{乙}} g}{m_{\text{乙}}}$, 由于 $m_{\text{甲}} > m_{\text{乙}}$, 所以 $a_{\text{甲}} < a_{\text{乙}}$, 由于两物体运动时间相同,且同时由静止释放,可得 $v_{\text{甲}} < v_{\text{乙}}$, A 错误;对于整个系统而言,由于 $\mu m_{\text{甲}} g > \mu m_{\text{乙}} g$, 合力方向向左,合冲量方向向左,所以合动量方向向左,显然甲的动量大小比乙的小,B、D 正确,C 错误.



题型训练

1. B **解析:**Q 在 P 上运动的过程中,P 对 Q 有弹力且弹力方向垂直于接触面,与 Q 的位移方向夹角大于 90° ,则 P 对 Q 做功不为零,A 错误;Q 在 P 上运动的过程中,整个

系统只有重力做功,机械能守恒,P 和 Q 之间的相互作用力属于内力并且等大反向,二者在力的方向上发生的位移相等,所以做功之和为零.系统在水平方向合力为零,即水平方向动量守恒.系统在竖直方向所受合力不为零,则竖直方向动量不守恒,B 正确,C、D 错误.

【误区警示】本题中系统水平方向动量守恒,但竖直方向动量不守恒,只在某一方向系统的动量守恒时不能说系统的动量守恒.

2. D **解析:**碰后运动过程中,锤头与桩头受重力与阻力作用,它们的总动量不守恒,A 错误;桩头由静止向下运动的过程先加速,最后减速,加速过程中失重,减速过程中超重,B 错误;锤头与桩头碰撞过程,由动量守恒定律可得 $mv = 2mv_{\text{共}}$, 对锤头下落的过程,由自由落体运动的规律可得 $v^2 = 2gh$, 解得 $v = \sqrt{2gh}$, $v_{\text{共}} = \frac{\sqrt{2gh}}{2}$, 即碰撞前后瞬间锤头的速度变化量的大小为 $|\Delta v| = |v_{\text{共}} - v| = \frac{\sqrt{2gh}}{2}$, C 错误;从碰后瞬间到静止,对锤头由动量定理

可得 $\bar{F}t = mv_{\text{共}}$, 解得 $\bar{F} = \frac{m \sqrt{2gh}}{2t}$, D 正确.

3. D **解析:**设喷出气体的质量为 m , 则 $m = \rho S v_1 t$, 根据动量守恒定律可得 $mv_1 = Mv_2$, 宇航员受力恒定, 做初速度为零的匀加速直线运动, 则 $\frac{v_2}{2} \cdot t = d$, 联立解得 $\rho = \frac{Mv_2^2}{2Sd v_1^2}$, D 正确.

4. C **解析:**由图可知,物块 B 的初速度为 $v_0 = 1.2 \text{ m/s}$, $t = 1 \text{ s}$ 时,物块 A、B 的共同速度大小为 $v = 1.0 \text{ m/s}$, 由动量守恒定律可得 $m_B v_0 = (m_A + m_B)v$, 解得 $m_B = 5m_A$, A 错误; $0 \sim 1 \text{ s}$ 内,弹簧对 A 的冲量方向向右,弹簧对 B 的冲量方向向左,所以弹簧对 A、B 的冲量不相同,B 错误; $t = 1 \text{ s}$ 时,物块 A、B 有共同速度,弹簧最短,弹簧的弹性势能最大,C 正确; $t = 2 \text{ s}$ 时, A 的动量 $p_A = m_A v_A$, B 的动量 $p_B = m_B v_B$, 由图可知 $v_A = 2.0 \text{ m/s}$, $v_B = 0.8 \text{ m/s}$, 又 $m_B = 5m_A$, 所以 A 的动量比 B 的小,D 错误.

5. B **解析:**游戏中每次弹射前弹簧的压缩量相同,设弹性势能为 E_p , 设“炮弹”的质量为 M , 则 $E_p = \frac{1}{2}Mv^2$, “炮弹”击中小车后留在小车上,由动量守恒定律有 $Mv = (M+m)v_1$, 小车运动时所受阻力与车对地面的压力成正比,则对小车和“炮弹”整体 $k(M+m)g = (M+m)a$, 小车运动距离 $x = \frac{v_1^2}{2a} = \frac{M}{2kg(M+m)^2} \cdot 2E_p = \frac{E_p}{kg} \frac{1}{M+2m+\frac{m^2}{M}}$,

故当 $M = m = 0.5 \text{ kg}$ 时,小车运动距离最远,B 正确.

6. D **解析:**“吉祥鸟”直升机悬停在空中,空气对“吉祥鸟”直升机的作用力不为零,空气对“吉祥鸟”直升机的冲量不为零,A 错误;设空气对“吉祥鸟”直升机的作用力大小

教学笔记

为 F , 则有 $F=Mg$, 设 t 时间内被螺旋桨向下推出的空气质量为 m , 根据动量定理可得 $F't=Ft=mv$, 联立可得单位时间内被螺旋桨向下推出的空气质量为 $m_0=\frac{m}{t}=\frac{Mg}{v}$, C 错误; “吉祥鸟”直升机 t 时间内对空气所做的功为 $W=\frac{1}{2}mv^2$, “吉祥鸟”直升机的发动机消耗的功率为 $P=\frac{W}{t}=\frac{\frac{1}{2}mv^2}{t}=\frac{1}{2}Mgv$, B 错误, D 正确.

【误区警示】 这里求解“吉祥鸟”直升机的发动机消耗的功率实际是平均功率, 应该用 $P=\frac{W}{t}$ 求解, 而不能用瞬时功率的公式 $P=Fv$ 求解, 因为螺旋桨向下推出空气的过程, 空气的速度是变化的, 是从 0 增加到速度 v .

7. A **解析:** 甲乙弹珠碰撞瞬间动量守恒, 机械能守恒, 设弹珠甲乙的质量分别为 m_1, m_2 , 碰后甲的速度为 v_1 , 乙的速度为 v_2 , 则有 $m_1v_0=m_1v_1+m_2v_2$, $\frac{1}{2}m_1v_0^2=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2$, 联立解得 $v_1=\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}v_0$, $v_2=\frac{2m_1}{m_1+m_2}v_0$, 若碰后甲乙同向运动, 则 $v_1>0$, 可知甲的质量一定大于乙的质量, A 正确; 若碰后甲反弹, 且甲的速率为 $1.2v_0$, 则有 $-1.2v_0=\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}v_0$, 解得 $0.2m_2=-2.2m_1$, 质量不能为负值, 则可知, 若碰后甲反弹, 则甲的速率不可能为 $1.2v_0$, B 错误; 若碰后乙的速率为 $3v_0$, 则有 $3v_0=\frac{2m_1}{m_1+m_2}v_0$, 解得 $m_1=-3m_2$, 质量不能为负值, 则可知, 碰后乙的速率不可能为 $3v_0$, C 错误; 若碰后甲反弹, 且甲的速率大于乙的速率, 则有 $\frac{m_2-m_1}{m_1+m_2}v_0>\frac{2m_1}{m_1+m_2}v_0$, 可知, 只要 $m_2-m_1>2m_1$, 即 $m_2>3m_1$, 就可满足碰后甲反弹, 且甲的速率大于乙的速率, D 错误.

8. BC **解析:** 设碰撞后绝缘棒 a 的速度为 v_1 , 导体棒 b 的速度为 v_2 , 根据弹性正碰满足动量守恒和机械能守恒可得 $m_1v_0=m_1v_1+m_2v_2$, $\frac{1}{2}m_1v_0^2=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2$, 解得 $v_1=\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}v_0=-2\text{m/s}$, $v_2=\frac{2m_1}{m_1+m_2}v_0=2\text{m/s}$, 由动量定理可知绝缘棒 a 受到的冲量为 $I=m_1v_1-m_1v_0=-3\text{N}\cdot\text{s}$, A 错误, B 正确; 设导体棒 b 最终的速度大小为 v_3 , 则导体棒 b 稳定时两端的电压大小为 $E=BLv_3$, 电容器所带的电荷量为 $Q=CE$, 从碰后瞬间到导体棒 b 速度稳定的过程中, 由动量定理可知 $-B\bar{I}Lt=m_2v_3-m_2v_2$, 电容器所带的电荷量等于流过导体棒的电荷量, 则有 $Q=\bar{I}t$, 联立解得 $v_3=1.5\text{m/s}$, $Q=0.75\text{C}$, C 正确, D 错误.

9. BD **解析:** 对船与铁块有 $mx_1-Mx_2=0$, 由于铁块到船头的距离为 L , 则有 $x_1+x_2=L$, 解得 $x_1=\frac{2}{3}L$, $x_2=\frac{1}{3}L$, 铁块脱离木船后在空中运动的水平距离为 $x_3=x_2+x=\frac{1}{3}L+\frac{1}{3}L=\frac{2}{3}L$, A 错误; 铁块脱离木船后做平抛运动, 则有 $h=\frac{1}{2}gt^2$, $x_3=\frac{2}{3}L=v_1t$, 解得 $v_1=\frac{L}{3}\sqrt{\frac{2g}{h}}$, B 正确; 对船与铁块有 $mv_1-Mv_2=0$, 结合上述解得 $v_2=\frac{L}{6}\sqrt{\frac{2g}{h}}$, C 错误; 弹簧释放的弹性势能为 $E_p=\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}Mv_2^2$, 解得 $E_p=\frac{mgL^2}{6h}$, D 正确.

10. ACD **解析:** 铰链球 A 与桌面相碰时, 三个小球的水平速度均为零, 只有铰链球 A 具有竖直向下的速度 u . A、B、C 三个小球组成的系统机械能守恒, 则有 $mgL=\frac{1}{2}mu^2$, 解得小球 A 碰撞地面时的速度为 $u=\sqrt{2gL}$, A、C 正确; 在铰链球下落过程中, 铰链球 A 垂直方向有加速度, B、C 两球垂直方向没有加速度, 可知 A、B、C 三个小球组成的系统垂直方向动量不守恒; A、B、C 三个小球组成的系统水平方向不受力, 故 A、B、C 三个小球组成的系统水平方向动量守恒, 当两杆夹角为 90° 时, 如图所示, 根据系统水平方向动量守恒可得 $mv_1+mu_1-2mv_2=0$, A、B、C 三个小球组成的系统机械能守恒, 则有 $\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}m(u_1^2+u_2^2)+\frac{1}{2}\times 2mv_2^2=mgL(1-\sin 45^\circ)$, 因杆为刚性杆, 所以每个杆的上、下两端小球沿杆方向的速度分量应相同, 当两杆夹角为 90° 时, 有 $v_1\cos 45^\circ=u_1\cos 45^\circ+u_2\sin 45^\circ$, $v_2\cos 45^\circ=u_2\sin 45^\circ-u_1\cos 45^\circ$, 联立以上各式可解得 $v_2=\sqrt{\frac{3}{10}\left(1-\frac{\sqrt{2}}{2}\right)gL}$, $v_1=\frac{5}{3}v_2$, $u_1=\frac{1}{3}v_2$, $u_2=\frac{4}{3}v_2$, 故当两杆夹角为 90° 时, B、C 两球的速度之比为 $v_1:v_2=5:3$, B 错误, D 正确.

题型 8 静电场

题型特点

本专题主要考查了点电荷激发的电场, 等量异种或同种电荷电场以及匀强电场的规律和特点, 并解决电场背景下的静电力平衡问题、加速偏转问题、电势、电势能问题等.

教学笔记

解题策略

理解并掌握电场强度的相关分析和计算，充分考虑电场强度、电势、电性、电荷对问题的影响，结合前边力学问题进一步分析掌握常见题型。

题型纠错

本专题的易错点主要集中在对电势、电势能和电场力做功的相关理解以及与这些问题相关的图像问题的理解。

真题导引

BC **解析：**由题知， $OP > OM, OM = ON$ ，则根据点电荷的电势分布情况可知 $\varphi_M = \varphi_N > \varphi_P$ ，则带负电的小球在运动过程中，电势能先减小后增大，且 $E_{pP} > E_{pM} = E_{pN}$ ，则带负电的小球在 M 点的机械能等于在 N 点的机械能，A 错误，B、C 正确；从 M 点运动到 N 点的过程中，电场力先做正功后做负功，D 错误。

题型训练

1. B **解析：**小球 a 对斜面的压力恰好为零，则小球 b 一定带负电，电场力 $F_{电} = k \frac{q|Q|}{l^2}$ ，根据平衡条件 $F_{电} \sin \theta = mg \cos \theta$ ，解得 $|Q| = \frac{mgl^2}{kq \tan \theta}$ ，A 错误，B 正确；根据题中条件 $F_{弹} = \frac{mg}{\sin \theta}$ ，可得弹簧的原长为 $l - \frac{mg}{k_0 \sin \theta}$ ，C、D 错误。

2. D **解析：**根据静电平衡规律，导体棒 A 端带负电，B 端带正电，静电平衡时 O 处的电场强度为零，A、B 错误；根据静电平衡规律，导体静电平衡时 O 处的电场强度为零，即感应电荷在棒的中心 O 处产生的电场强度与电荷 q 在 O 点产生的电场强度等大反向，所以有 $E = k \frac{q}{(R + 0.5l)^2}$ ，C 错误；静电平衡时导体是等势体，表面是等势面，则导线上没有电流，D 正确。

3. D **解析：**根据等量同种正点电荷的电场线分布特征，可知 a、c 两点处电场线分布的密集程度相同，即 a、c 两点处的电场强度大小相等，但是电场强度方向相反，a、c 两点处电场强度不相同，b、d 两点处电场线分布的密集程度相同，即 b、d 两点处电场强度大小相等，但是电场强度方向相反，b、d 两点处电场强度不相同，A 错误；根据等量同种正点电荷的等势线分布特征，可知 a、c 两点处电势相等，b、d 两点处电势相等，B 错误；沿电场线方向电势逐渐降低，根据等量同种正点电荷的电场线分布特征可知 $\varphi_c > \varphi_d$ ，则有 $-q\varphi_c < -q\varphi_d$ ，可知某负点电荷在 c 点的电势能小于在 d 点的电势能，C 错误；根据等量同种正点电荷的电场线分布特征可知，在 b 点静止释放一负点电荷（不计重力），其所受外力的合力，即电场力方向指向

O 点，负点电荷靠近 O 位置做加速运动，越过 O 位置后速度向下，合力即电场力方向向上指向 O 点，负点电荷远离 O 位置做减速运动，当减速至 0 后，根据对称性，恰好到达 d 点，之后又向上靠近 O 位置做加速运动，越过 O 位置后速度向上，所受外力的合力，即电场力方向指向 O 点向下，减速至 0，根据对称性，恰好到达 b 点，之后重复先前的运动，即在 b 点静止释放一负点电荷（不计重力）将在 bd 之间往复运动，D 正确。

4. D **解析：**由图中电场线分布情况可知，两点电荷为异种电荷，且 B 处电荷量为 $4q$ ，C 处电荷量为 q ，设电荷量为 $4q$ 的点电荷为负电荷，则电荷量为 q 的点电荷为正电荷， $AB = BC = CD = r$ ，则 A 点的电场强度大小为 $E_A = k \frac{4q}{r^2} - k \frac{q}{(2r)^2} = \frac{15kq}{4r^2}$ （方向指向负电荷 $4q$ ），D 点的电场强度大小为 $E_D = k \frac{4q}{(2r)^2} - k \frac{q}{r^2} = 0$ ，由于 D 点的电场强度大小为零，可知从 D 点向左至无穷远处，电场强度先增大后减小，A、B 错误；若电荷量为 $4q$ 的点电荷为负电荷，由以上分析可知，电子从 A 向 B 移动的过程中，电场强度方向由 A 指向 B，电场力与运动方向相反，电场力对电子做负功，电势能增加，C 错误；若电荷量为 $4q$ 的点电荷为负电荷，则 B 处为 $4q$ 的负电荷，C 处为 q 的正电荷，根据离正点电荷越近电势越高，离负点电荷越近电势越低，可知 $-4q$ 的点电荷在 A 点的电势低于 D 点的电势， $+q$ 的点电荷在 A 点的电势低于 D 点的电势，则 A 点电势低于 D 点电势，D 正确。

5. B **解析：**若电容器充电，电流沿顺时针方向，通过二极管的电流从左向右，与二极管的导通方向相同，所以电容器能充电，A 错误；A、B 间电势差 $U_{AB} = E_0$ ，则 A、C 间电势差 $U_{AC} = \frac{(d - 0.75d)U_{AB}}{d} = 0.25E_0$ ，点电荷的电势能 $E_p = \varphi_C q$ ，结合 $\varphi_A = 0, U_{AC} = \varphi_A - \varphi_C$ ，可得 $E_p = -0.25E_0 q$ ，B 正确；由二极管的单向导电性可知，电容器只能充电，不能放电，当两板的正对面积减小时，电容器所带的电荷量 Q 不变，由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ ， $C = \frac{Q}{U_{AB}}$ ， $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ ，可得 $\varphi_B = \frac{-4\pi k d Q}{\epsilon_r S}$ ，当两板的正对面积减小，其他量不变时，B 板的电势降低，C 错误；由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ ， $C = \frac{Q}{U_{AB}}$ ， $E = \frac{U_{AB}}{d}$ ，可得板间电场强度 $E = \frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$ ，则把 A 板向下移动，两板间的电场强度不变，点电荷受到的电场力不变，D 错误。

【纠错点拨】本题中电容器始终与电源相连，应该是电容器两板间的电势差不变，但是因为电路中串联了二极管，由于二极管具有单向导电性，电容器只能充电，不能放电，所以当两板的正对面积减小时，并不是两板间的电势差不变，而是电容器所带的电荷量 Q 不变。



6. D **解析:**电场力对 a 球先做正功再做负功,对 b 球也是先做正功再做负功,所以杆从静止开始由水平位置顺时针转动 90° 的过程中小球 a、b 与轻杆组成的系统电势能先减小,总动能增加,机械能增加;杆从 90° 转到 180° 的过程中,系统电势能增大,总动能减小,机械能减小,最后与初始位置的电势能相等,机械能也相等,总动能为零,A、B、C 错误;由于 O 点处电势为零,由 $W_{电}=0-E_p$,在匀强电场中 $W_{电}=Eqx$,因为两小球运动过程中竖直方向上的位移大小相同,所以小球 a、b 在任一时刻的电势能都相等,D 正确.

7. BC **解析:**根据电场强度的叠加有 $E_0=2 \cdot 2E \cos 30^\circ$, $\varphi_0=4\varphi$,所以 $E=\frac{\sqrt{3}}{6}E_0$, $\varphi=\frac{1}{4}\varphi_0$, A 错误,B 正确;将质子从 P 点无初速度释放,根据动能定理可得 $e(\varphi_0-\varphi_\infty)=\frac{1}{2}mv_m^2$, $\varphi_\infty=0$,解得 $v_m=\sqrt{\frac{2e\varphi_0}{m}}$, C 正确;若两段弧形材料带上的电荷量相等,根据对称性,x 轴上各点的电场强度为零,电势为 0,D 错误.

【误区警示】根据对称性,两条圆弧 AOB 和 COD 上的电荷在垂直于 x 轴方向上的分量相互抵消,即垂直于 x 轴方向上的矢量和为 0,两条圆弧 AOB 和 COD 上的电荷在 P 点产生的电场强度方向沿 x 轴正方向.

8. BD **解析:**根据 $\varphi-x$ 图像的斜率表示电场强度可知, $x=2L$ 的电场强度为零,由点电荷的电场强度公式 $E=\frac{kQ}{r^2}$ 和电场的叠加原理, A 处电荷的电荷量为 Q, 则有 $\frac{kQ_C}{(2L)^2}=\frac{kQ}{(6L)^2}$, 解得 $Q_C=\frac{Q}{9}$, A 错误,B 正确;带电物块运动过程中受电场力和摩擦力,从 $x=-2L$ 到 $x=3L$ 过程中,由动能定理有 $q(\varphi_1-\varphi_2)-\mu mg(2L+3L)=0$,解得 $\mu=\frac{q(\varphi_1-\varphi_2)}{5mgL}$, C 错误,D 正确.

9. AC **解析:**设打在 Q 板上最远处的粒子初速度方向与水平方向成 θ 角,则 $v_x=v_0 \cos \theta$, $v_y=v_0 \sin \theta$, 水平位移为 $x=v_xt=v_0 \cos \theta \cdot \frac{2v_0 \sin \theta}{a}=\frac{v_0^2 \sin 2\theta}{a}$, 由牛顿第二定律可得粒子加速度为 $a=\frac{Eq}{m}$, 可知当 $\theta=45^\circ$ 时水平位移最大 $x_{max}=\frac{v_0^2}{a}=8d$, 此时竖直方向上的最大位移 $y=\frac{(v_0 \sin \theta)^2}{2a}=2d<3d$, 粒子不会打到 P 板上,所以初速度方向与水平方向成 45° 角的粒子打在 Q 板上最远处,A 正确;由 $x_{max}=\frac{v_0^2}{a}=8d$, $a=\frac{Eq}{m}$, 可得 $E=\frac{mv_0^2}{8qd}$, B 错误;设到达 P 板时竖直分速度恰好减为 0 的粒子初速度方向与水

平方向成 α 角,根据运动学公式可得 $(v_0 \sin \alpha)^2=2a \cdot 3d$,解得 $\alpha=60^\circ$,则粒子到达 P 板时的水平位移为 $x_P=v_0 \cos \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{a}=2\sqrt{3}d$,根据对称性可知,发光部分是以 x_P 为半径的圆,所以发光面积 $S=\pi x_P^2=12\pi d^2$, C 正确;结合上述分析,可认为 $\alpha=60^\circ$ 时粒子恰打不到 P 板,粒子在电场中的运动时间最长为 $t_{max}=2 \frac{v_0 \sin \alpha}{a}=2 \frac{8\sqrt{3}d}{v_0}$, D 错误.

10. AD **解析:**由题图乙可知 $\varphi_A=2$ V,

如图所示,当 $\theta=\frac{\pi}{3}$ 时,P 点位于图中的 E 点处,此时可得 $\varphi_E=1$ V,当 $\theta=\frac{4\pi}{3}$ 时,P 点位于下图中的 F 点处,由几何知识可知 E、F、O 三点共线,此时可得 $\varphi_F=5$ V,则圆心 O 点的电势为 $\varphi_O=\frac{\varphi_E+\varphi_F}{2}=3$ V,过 A 点作 OE 的垂线交于 M 点,由几何知识易得,M 点为 EO 中点,则图中 M 点的电势为 $\varphi_M=\frac{\varphi_E+\varphi_O}{2}=2$ V,故直线 AM 为等势线,由于电场线与等势面垂直,则可知电场线沿 FOE 方向,过 B 点作电场线 FOE 的垂线,交于 N 点,如图所示,则有 $\varphi_A=\varphi_M>\varphi_N=\varphi_B$, 电场强度的大小为 $E=\frac{\varphi_O-\varphi_M}{R \cos \frac{\pi}{3}}=\frac{1}{0.2 \times \frac{1}{2}}=10$ V/m, A 正确;电子在 A 点时的电势能

为 $E_{pA}=-e\varphi_A=-2$ eV, B 错误;由 A 选项中的分析可知,电子在 A 点时所受电场力平行于 EF 斜向左下方,C 错误;由 A 选项中的分析可知,圆弧不是电场的一个等势面,所以电子沿圆弧运动过程中电场力做功,D 正确.

题型 9 磁 场

题型特点

本专题主要涉及对磁感应强度的矢量性的计算、对安培力的大小和方向的判断、对带电粒子在磁场中运动的轨迹和规律的分析、理解和计算,需要的综合能力较强.

解题策略

深入理解基本概念,认真的练习矢量的合成与分解,并且在学习中注意认真练习作图,对以后的考试很有益处.

题型纠错

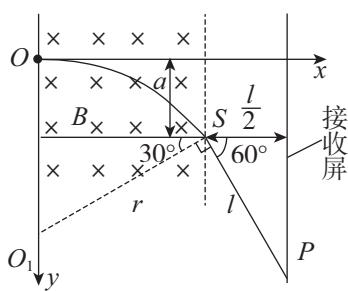
本专题易错点:一、磁感应强度的矢量计算;二、安培力

教学笔记

和洛伦兹力的方向的判断方法；三、养成好习惯不丢力、认真作图找圆心、找半径等有效解题条件。

真题导引

A 解析:由题知,一带电粒子由 O 点沿 x 轴正向入射到磁场中,在磁场另一侧的 S 点射出,运动轨迹如图所示,则根据几何关系可知粒子出磁场时的速度方向与竖直方向夹角为 30° ,则 $\sin 30^\circ = \frac{r-a}{r}$,解得粒子做圆周运动的半径 $r=2a$,则粒子做圆周运动有 $qvB = m \frac{v^2}{r}$,则有 $\frac{q}{m} = \frac{v}{2aB}$,如果保持所有条件不变,在磁场区域再加上电场强度大小为 E 的匀强电场,该粒子入射后则会沿 x 轴到达接收屏,则有 $Eq = qvB$,联立有 $\frac{q}{m} = \frac{E}{2aB^2}$,A 正确.



题型训练

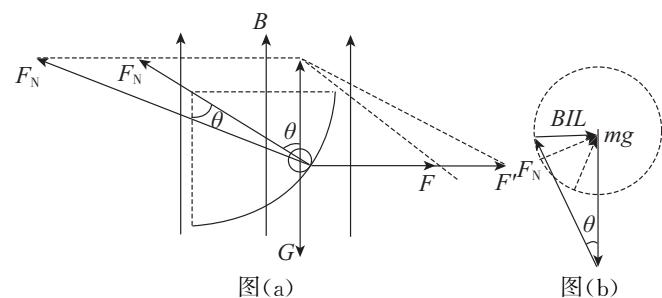
1.C **解析:**如图所示.画出三根导线的截面图,由右手螺旋定则及矢量的叠加规律可知,
 c' 点的磁感应强度方向斜向右上方, b' 点的磁感应强度方向水平向左,A 错误;a 和 c 导
 线在 O 处的磁感应强度矢量和为 0, O 点处的磁感应强度即为 b 导线在 O 处的磁感应强度,其大小为 B ,设
 $b'c'$ 的长度为 L ,则 $b'O$ 的距离为 $\frac{\sqrt{2}}{2}L$,故导线 a 在 b' 处的
 磁感应强度为 $\frac{\sqrt{2}}{2}B$,根据对称性,导线 c 在 b' 处的磁感应
 强度大小也为 $\frac{\sqrt{2}}{2}B$,则 b' 处的磁感应强度大小 $B_b=2\times$
 $\frac{\sqrt{2}}{2}B\cos 45^\circ=B$,如图所示,根据左手定则,导线 b 受到的
 安培力方向竖直向下,B 错误,C 正确;a、c 导线在 a' 、 c' 的
 连线上的磁感应强度的方向均在竖直方向(O 点除外),而 b 导线在 a' 、 c' 的连线上
 的磁感应强度的方向均不在竖直方向,故无法完全抵消,即在 a' 、 c' 的连线上不存在
 磁感应强度为零的位置,D 错误.

【误区警示】通电直导线受安培力的方向与导体所在处的磁场方向不相同,具体受力方向要根据安培定则判定。

2. D **解析:**根据题意前进 1000 m 后电流影响可忽略,由表格可知沿地面前进 1000 m 的磁场方向为地磁场方向并非沿着 y 轴方向,而是与 xOy 成一定夹角指向 $-z$ 方向,根据矢量的合成可知地磁场的磁感应强度为 $B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} \approx 60\text{ }\mu\text{T}$, A、B 错误;沿 y 轴方向保持手机平移前进 1000 m ,沿 y 轴方向的磁场减小,可知长导线产生的磁场沿着 y 轴方向,所以长导线中电流方向为自西向东, C 错误;通有电流 I 的长直导线在距导线 r 处产生磁场的磁感应强度大小为 $B = \frac{kI}{r}$,则根据在 y 轴方向磁场的变化可知 $5 \times 10^{-6} = \frac{2 \times 10^{-7} \times I}{20}$,解得 $I = 500\text{ A}$, D 正确.

3. C **解析:**由动能定理 $FL = \frac{1}{2}mv^2 - 0$, 得安培力大小 $F = \frac{mv^2}{2L}$, A 错误; 结合安培力公式 $F = BId$, 得 $kI^2dL = \frac{1}{2}mv^2$, 可知若电流增大到 $2I$, 则弹体射出的速度为 $2v$, B 错误; 若轨道长增大到 $2L$, 则弹体射出的速度变为 $\sqrt{2}v$, C 正确; 若电流 I 从 N 轨道左边流入, M 轨道左边流回, 由受力分析可知, 弹体仍向右边射出, D 错误.

4. D **解析:**对导体棒受力分析,受重力、支持力和安培力,受力如图(a),若仅将电流强度 I 缓慢增大,则安培力逐渐增大,根据受力平衡和平行四边形法则可知 θ 逐渐增大, F_N 逐渐增大,A、B 错误;导体棒受到重力 mg 、安培力 BIL 和弹力 F_N ,安培力 BIL 和弹力 F_N 的合力始终与重力 mg 等大反向, BIL 的大小不变,作出矢量图如图(b)所示, BIL 的方向始终与磁场方向垂直,根据矢量图可知若仅将磁场方向沿逆时针缓慢转过 90° , θ 先增大再减小, F_N 逐渐减小,C 错误,D 正确.



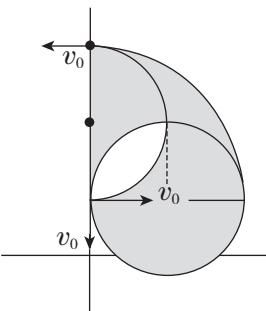
5. D **解析:**带电粒子进入大气层后,由于与空气相互作用,粒子的运动速度会变小,在洛伦兹力作用下的偏转半径 $r = \frac{mv}{Bq}$, 会变小, A 错误; 若越靠近两极地磁场越强, 则随着纬度的增加地磁场变强, 其他条件不变, 则半径变小, B 错误; 漠河地区的地磁场竖直分量是竖直向下的, 宇宙粒子入射后, 由左手定则可知, 从下往上看将以顺时针的方向运动, C 正确, D 错误。



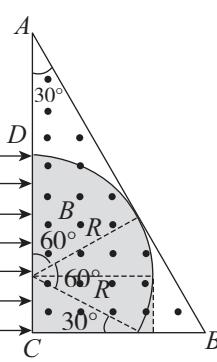
向向前旋进，C 错误；当不计空气阻力时，将带电粒子的运动沿磁场方向和垂直于磁场方向进行分解，沿磁场方向将做匀速直线运动，垂直于磁场方向做匀速圆周运动。若带电粒子运动速率不变，与磁场的夹角变小，则速度的垂直分量变小，故粒子在垂直于磁场方向的运动半径会减少，即直径 D 减小，而速度沿磁场方向的分量变大，故沿磁场方向的匀速直线运动将变快，则螺距 Δx 将增大。D 正确。

【纠错点拨】带正电的宇宙粒子入射速度方向与地磁场方向不垂直时，沿磁场方向将做匀速直线运动，垂直于磁场方向做匀速圆周运动，当不计空气阻力时，匀速直线运动的速度大小和匀速圆周运动的轨道半径都不变，当计空气阻力时，匀速直线运动的速度变小，匀速圆周运动的轨道半径也变小。

6.C **解析：**由 $v_0 = \frac{qRB_1}{m}$ 可知粒子在圆形磁场区域经历磁聚焦，聚于两区域相切点而后进入正方形区域，如图所示，图中阴影部分即为所求，则 $r = \frac{mv_0}{qB_2} = \frac{B_1}{B_2} \cdot R$ ，空白区域面积 $S_{\text{白}} = 2 \times \left(\frac{1}{4}\pi r^2 - \frac{1}{2}r^2 \right) = \frac{\pi - 2}{2}r^2$ ，空白加阴影的总面积 $S_{\text{总}} = \frac{1}{4}\pi(2r)^2 + \frac{1}{2}\pi r^2 = \frac{3}{2}\pi r^2$ ，则 $S_{\text{阴}} = S_{\text{总}} - S_{\text{白}} = (\pi + 1) \frac{B_1^2}{B_2^2} \cdot R^2$ ，C 正确。

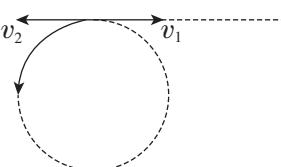


7.C **解析：**从 BC 边垂直射出的粒子运动时间 $3t = \frac{T}{4}$ ，解得 $T = 12t$ ，根据 $qvB = \frac{mv^2}{R}$ ， $T = \frac{2\pi R}{v}$ ，可知 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ ，解得 $\frac{q}{m} = \frac{\pi}{6Bt}$ ，A 错误；在磁场中运动时间最长的粒子轨迹如图所示， $4t = \frac{1}{3}T$ ， $\theta = \frac{1}{3} \times 360^\circ = 120^\circ$ ，由几何关系



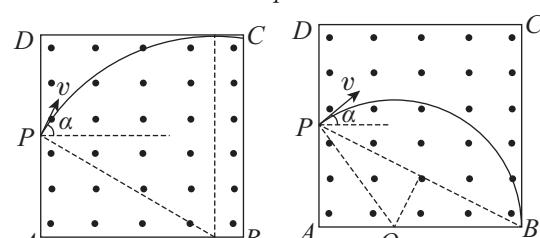
$R \sin 30^\circ + \frac{R}{\cos 60^\circ} = L$ ，解得 $R = \frac{2}{5}L$ ，B 错误；由 $qvB = \frac{mv^2}{R}$ ，解得 $v = \frac{\pi L}{15t}$ ，C 正确；粒子在磁场中扫过的面积如图中灰色部分所示，则 $S = R \cdot R \sin 30^\circ + \frac{\pi R^2}{4} = \frac{\pi + 2}{25}L^2$ ，D 错误。

8.BC **解析：**因为重力改变速度的大小，而洛伦兹力仅改变速度的方向，又洛伦兹力大小随速度的变化而变化，故合力不可能充当向心力，故电荷运动



的轨迹不可能是圆，A 错误；因为系统只有重力做功，所以最低点处速度最大，曲线运动的速度方向为该点的切线方向，最低点的切线方向在水平方向，B 正确；整个过程中由于洛伦兹力不做功，即只有重力做功，故系统机械能守恒，C 正确；假定小球带正电，且磁场方向垂直纸面向里。小球初速度为 0，可以将这个初速度分解为向右的速度 v_1 和向左的速度 v_2 （如图所示），则两者大小关系为 $v_1 = v_2$ ，且使满足 $qv_1 B = mg$ ，则根据前述分析可知，小球的运动可看作是 v_1 引起的向右的匀速直线运动和 v_2 引起的一开始向左的逆时针匀速圆周运动的两个分运动的合运动。如图所示，且小球运动至最低点 A 时速度为向右的 v_2 和 v_1 的矢量和，即为 $2v_1$ ，洛伦兹力大小为 $2mg$ ，D 错误。

9.AC **解析：**当 $\alpha = 0^\circ$ 时，粒子的速度 $v = v_0$ ，粒子恰好从 AB 边中点射出，则 $\frac{L}{2} = \frac{mv_0}{qB}$ ，当粒子从 P 点运动至与 DC 边相切时，则轨道半径 $r = \frac{mv}{qB} = \frac{mv_0}{qB \cos \alpha} = \frac{L}{2 \cos \alpha}$ ，即 $r \cos \alpha = \frac{L}{2}$ ，可知所有粒子的轨迹圆心都在 AB 边上；当轨迹与 DC 相切时，由几何关系 $r \cos \alpha = r - \frac{L}{2}$ ，可得 $r = L$ ， $\alpha = 60^\circ$ ，则粒子运动的时间 $t = \frac{60^\circ}{360^\circ} \cdot \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\pi m}{3qB}$ ，A 正确；如图(a)，当粒子轨道与 DC 边相切时，粒子打到 BC 边上的位置为上边缘，可知粒子在 BC 边上发出荧光的总长度小于 L ，B 错误；打在 B 点的粒子轨迹如图(b)，此时轨迹与 B 点相切，设 $\angle APB = \beta$ ，则 $2r \cos(\beta - \alpha) = PB = \frac{\sqrt{5}}{2}L$ ，其中 $r = \frac{L}{2 \cos \alpha}$ ，由几何关系 $\cos \beta = \frac{1}{\sqrt{5}}$ ， $\sin \beta = \frac{2}{\sqrt{5}}$ ，解得 $\tan \alpha = \frac{3}{4}$ ，解得轨道半径为 $r = \frac{5L}{8}$ ，C 正确；当轨迹圆与 B 点相切时，粒子在磁场中转过的角度大于 90° ，此时运动时间 $t > \frac{\pi m}{2qB}$ ，D 错误。



图(a)

图(b)

题型 10 电路和电磁感应

题型特点

本专题主要涉及电磁感应产生的条件、感应电动势大小的计算、电磁感应中等效电路的寻找、电磁感应中的能量

问题、电磁感应与实际生活的联系、直流电路的动态分析与能量及含容电路的处理。

解题策略

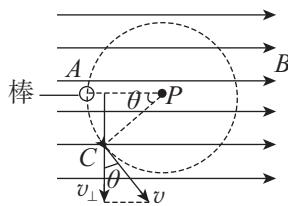
对于直流电路的动态分析，首先要看整个回路的总电阻变化，然后再用闭合电路的欧姆定律确定电流变化，最后根据内外电压关系进行判定；对于直流电路的一些二级结论要高度重视；电磁感应问题要准确找到电源以及电源的正负极，然后确定电路结构，结合直流电路的知识求解。

题型纠错

本专题易错点：一、等效电路的寻找；二、对电路中的能量计算理解欠缺；三、电磁感应产生条件重视度不够，倾向于单纯记一些结论去生搬硬套；四、电磁感应中电路寻找不到位，感应电动势大小计算错误。

真题导引

C 解析：如图所示，导体棒匀速转动，设速度为 v ，导体棒从 A 到 C 的过程中，棒转过的角度为 θ ，则导体棒垂直磁感线方向的分速度为 $v_{\perp} = v \cos \theta$ ，可知导体棒垂直磁感线的分速度为余弦变化，根据左手定则可知，导体棒经过 C 点和 C 点关于 P 点的对称点时，电流方向发生变化，根据 $u = BLv_{\perp}$ ，可知导体棒两端的电势差 u 随时间 t 变化的图像为余弦图像，C 正确。



题型训练

1. D 解析：由楞次定律的“来拒去留”可知， $t_1 \sim t_3$ 时间内，磁铁受到线圈的作用力方向一直是向上的，A 错误；磁铁下落过程减少的重力势能大于增加的动能，原因是线圈对磁铁的作用力在这个过程中做负功，B 错误；若将线圈的匝数加倍，则线圈中磁通量变化量不变，原因是线圈的磁通量和匝数无关，C 错误；若将磁铁两极翻转后重复实验，则穿过线圈的磁通量的方向与原来相反，由楞次定律可知，将先产生负向感应电流，后产生正向感应电流，D 正确。

2. C 解析：ab 棒刚好能静止在斜面上，由受力分析可知，电流方向由 b 向 a，故 a 端电势低于 b 端电势，A 错误；由右手定则可知，圆盘转动的方向（从上往下看）为逆时针方向，B 错误；由题可知，圆盘产生的感应电动势为 $E = \frac{1}{2} Br^2 \omega$ ，由闭合电路欧姆定律可知，ab 间电势差大小为 $U = \frac{2R}{2R + R} E = \frac{1}{3} Br^2 \omega$ ，C 正确；若圆盘停止转动，ab 棒

沿导轨向下做切割磁感线运动，由 ab 棒受力分析可知，棒先做加速运动后做匀速运动，D 错误。

3. D 解析： $t_1 \sim t_2$ 时间内，线圈中电流均匀减小，两线圈之间的磁场的磁感应强度也均匀减小，A 错误； t_3 时刻，两线圈中电流达到 $t_2 \sim t_4$ 时间内的最大值，但是电流变化率为零，故此时 m 点处的圆环产生的感生电动势为零，B 错误； $t_1 \sim t_2$ 时间内两线圈电流正向减小， $t_2 \sim t_3$ 时间内两线圈电流反向增大，故 $t_1 \sim t_3$ 时间内 m 点的圆环中产生的感应电流方向不变，C 错误；若 m 点的圆环水平放置，则通过圆环的磁通量始终为零，圆环内没有感应电流，D 正确。

4. C 解析：在线框的对角线 bd 进入磁场之前，线框中的感应电动势 $E = Blv = B \cdot vt \cdot v = Bv^2 t$ ，感应电流 $i = \frac{E}{R} = \frac{Bv^2 t}{R}$ ，由函数关系可知，电流随时间的变化关系是线性关系，A、B 错误；在线框的对角线 bd 进入磁场之前，线框所受安培力 $F = \sqrt{2} Bi \cdot vt = \frac{\sqrt{2} B^2 v^3 t^2}{R}$ ，当线框的对角线 bd

进入磁场之后，线框所受安培力 $F = \frac{\sqrt{2} B^2 (l - vt')^2 v}{R}$ ，由函数关系可知，安培力随时间变化为开口向上的二次函数，有确定的转折点，不连续，C 正确，D 错误。

5. D 解析：由楞次定律，线圈进入磁场的过程中产生的感应电流方向为 MQPNM，线圈从磁场出去的过程中产生的感应电流方向为 MNPQM，A 正确；线圈做匀速直线运动时，由平衡条件，则沿斜面有 $mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta + BId$ ，其中 $I = \frac{E}{R} = \frac{Bdv}{R}$ ，两式联立得 $v = 0.4 \text{ m/s}$ ，B 正确；线圈速度为 $v = 0.2 \text{ m/s}$ 时，沿斜面由牛顿第二定律 $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta - \frac{B^2 d^2 v}{R} = ma$ ，解得 $a = 1 \text{ m/s}^2$ ，C 正确；线圈从开始运动到通过整个磁场的过程中能量守恒，则有 $mg \sin \theta \times \frac{3}{2} d = \mu mg \cos \theta \times \frac{3}{2} d + \frac{1}{2} mv^2 + Q$ ，代入数据解得 $Q = 2.92 \text{ J}$ ，D 错误。由题意可知本题选 D。

6. BC 解析：根据法拉第电磁感应定律有 $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = S \frac{\Delta B}{\Delta t} = kS$ ，由于虚线 EF 下方有效面积大，则三角形金属线框 ACD 的总电动势由虚线 EF 下方回路决定，根据楞次定律可知，金属线框中有逆时针方向的感应电流，A 错误；虚线 EF 上方回路产生的感应电动势大小为 $E_1 = kS_1 = k \frac{\frac{L}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = \frac{3L^2}{2}$ ，虚线 EF 下方回路产生的感应电动势大小为 $E_2 = kS_2 = k \left(\frac{L \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} L}{2} - \frac{\frac{L}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2} \right) = \frac{9L^2}{2}$ ，则

教学笔记

回路总的感应电动势大小为 $E = E_2 - E_1 = 3L^2$ ，回路的感应电流大小为 $I = \frac{E}{3R} = \frac{L^2}{R}$ ，即金属线框的感应电流始终保持不变，B 正确；在 $0 \sim t_0$ 的时间内，通过金属线框某截面的电荷量为 $q = It_0$ ，结合上述解得 $q = \frac{t_0 L^2}{R}$ ，C 正确；

虚线 EF 上下两方回路的有效长度相等，均为 $L_0 = \frac{L}{2}$ ，根据左手定则可知，安培力方向均垂直于 EF 向上，大小为 $F = 2BIL_0 = \frac{8\sqrt{3}L^3 t}{R}$ ，可知安培力方向不变，大小随时间的增大而增大，D 错误。

7. BD **解析：**开关 S 接 2 后， MN 开始向右加速运动， MN 切割磁感线产生的感应电动势阻碍电容器 C 放电，当 MN 上的感应电动势与电容器两极板间的电压相等时，回路中电流为零， MN 达到最大速度，此过程中通过 MN 的电流减小，则 MN 在水平方向有 $a = \frac{F_{安}}{m} = \frac{BIL}{m}$ ，所以 MN 先做加速度逐渐减小的加速运动，最后匀速，A 错误；S 接至 2 瞬间， MN 棒未动，电路属于纯电阻电路，通过 MN 的电流为 $I = \frac{E}{R} = \frac{18}{0.2} A = 90 A$ ，所以金属棒 MN 加速度大小为 $a = \frac{F_{安}}{m} = \frac{BIL}{m} = \frac{2 \times 90 \times 0.4}{0.16} m/s^2 = 450 m/s^2$ ，B 正确；当 MN 达到最大速度时， MN 切割磁感线产生的感应电动势等于此时电容器两端的电压，则 $CBLv = CE - q$ ，由动量定理得 $BL\bar{I}t = mv$ ， $q = \bar{I}t$ ，联立解得 $v = \frac{CEBL}{CB^2L^2 + m} = 18 m/s$ ，C 错误；当 MN 达到最大速度时，电容器的电荷量 $Q = CBLv = 1 \times 2 \times 0.4 \times 18 C = 14.4 C$ ，下一架相同飞机要以相同的速度起飞还需要对电容器充电的电荷量为 $Q' = CE - Q = 1 \times 18 C - 14.4 C = 3.6 C$ ，D 正确。

8. AD **解析：**根据题意可知，导体棒运动至 ab 处过程中，所受安培力为 $F = BI \cdot 2d$ ，由动量定理有 $-Ft = -B \cdot 2d \sum It = -2Bdq = mv - mv_0$ ，又有 $q = \bar{I}t = \frac{\bar{E}}{R}t = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{B \cdot 2dx}{R}$ ，联立解得 $v = \frac{4B^2d^2x}{mR} = \frac{1}{2}v_0$ ，B 错误，A 正确；根据题意，在右侧区域运动过程中，由动量定理有 $-F't' = -B \cdot d \sum I't' = -Bdq' = 0 - mv$ ，又有 $q' = \bar{I}'t' = \frac{\bar{E}'t'}{R} = \frac{\Delta\Phi'}{R} = \frac{B \cdot dx'}{R}$ ，联立解得 $x' = 4x$ ，C 错误，D 正确。

题型 11 交流电和变压器

题型特点

本专题考查了交流电的有效值、交流电的产生、交流电的表达式、理想变压器的原理与应用、远距离输电、变压器的动态分析等。

解题策略

第一、了解交流电产生的条件以及该模型的特征，对于交流电瞬时值的表达式要会证明，并知道交流电的最大值的表示形式与哪些因素有关；第二、明确理想变压器中的输入功率与输出功率的关系；第三、有效值的计算需要从定义入手。

题型纠错

本专题易错点：一、容易把正弦式交流电与旋转切割混淆；二、不了解理想变压器输出功率决定输入功率；三、远距离输电中生搬硬套公式；四、有效值的计算易错。

真题导引

AC **解析：**大轮和小轮通过皮带传动，线速度相等，小轮和线圈同轴转动，角速度相等，根据 $v = \omega r$ ，根据题意可知大轮与小轮半径之比为 $4 : 1$ ，则小轮转动的角速度为 4ω ，线圈转动的角速度为 4ω ，A 正确；线圈产生感应电动势的最大值 $E_{max} = nBS \cdot 4\omega$ ，又 $S = L^2$ ，联立可得 $E_{max} = 4nBL^2\omega$ ，则线圈产生感应电动势的有效值 $E = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} = 2\sqrt{2}nBL^2\omega$ ，根据串联电路分压原理可知灯泡两端电压有效值为 $U = \frac{RE}{R+R} = \sqrt{2}nBL^2\omega$ ，B 错误；若用总长为原来两倍的相同漆包线重新绕制成边长仍为 L 的多匝正方形线圈，则线圈的匝数变为原来的 2 倍，线圈产生感应电动势的最大值 $E'_{max} = 8nBL^2\omega$ ，此时线圈产生感应电动势的有效值 $E' = \frac{E'_{max}}{\sqrt{2}} = 4\sqrt{2}nBL^2\omega$ ，根据电阻定律 $R' = \rho \frac{l}{S'}$ ，可知线圈电阻变为原来的 2 倍，即为 $2R$ ，根据串联电路分压原理可得灯泡两端电压有效值 $U' = \frac{RE'}{R+2R} = \frac{4\sqrt{2}nBL^2\omega}{3}$ ，C 正确；若仅将小轮半径变为原来的两倍，根据 $v = \omega r$ 可知小轮和线圈的角速度变小，根据 $E = \frac{nBS\omega}{\sqrt{2}}$ ，可知线圈产生的感应电动势有效值变小，则灯泡变暗，D 错误。

题型训练

1. D **解析：**线圈经过图示位置时，穿过线圈的磁通量为零，磁通量的变化率最大，瞬时电流最大，A、B 错误；根据右手定则， ab 边切割磁感线产生的感应电流方向为 $a \rightarrow b$ ，则 b 点的电势高于 a 点的电势，C 错误；线圈转动产生的正弦交流电的有效值为 $E = \frac{1}{\sqrt{2}}nBS\omega$ ，则线圈转速加倍时，角速度加倍，有效值加倍，D 正确。

【易错点拨】 ab 边切割磁感线时 ab 边相当于电源，产生的



感应电流方向为 $a \rightarrow b$, ab 为内电路, 内电路电流的方向从低电势流向高电势, 所以 a 点的电势低于 b 点的电势.

2.C 解析: 由题图乙可知, $t=0$ 时刻, 电流具有最大值, 线圈处于与中性面垂直的位置, A 错误; 由题图乙知, 线圈中产生正弦交变电流的最大值 $I_m=22\sqrt{2}$ A, 则电流的有效值 $I=\frac{I_m}{\sqrt{2}}=22$ A, B 错误; 由题图乙可知, 正弦交流电

的周期 $T=0.02$ s, 频率 $f=\frac{1}{T}=50$ Hz, 由于在一个周期内交变电流的方向改变两次, 所以交变电流方向在 1 s 内改变 100 次, C 正确; 线圈从题图甲所示位置转过 90° 的过程中, 流经电阻 R 的电荷量 $q=n \frac{\Delta\Phi}{R}=\frac{nBS}{R}$, 又 $E_m=$

$I_m \cdot R=nBS\omega$, 其中 $\omega=\frac{2\pi}{T}=100\pi$ rad/s, 联立解得 $q=I_m=\frac{11\sqrt{2}}{50\pi}$ C, D 错误.

3.B 解析: 手机无线充电利用了互感现象, A 错误; 由电流的瞬时值表达式 $i=\frac{\sqrt{2}}{4}\sin(\pi \times 10^5 t)$ A 可知, 交变电流的频率为 $f=\frac{1}{T}=\frac{\omega}{2\pi}=\frac{\pi \times 10^5}{2\pi}$ Hz=5×10⁴ Hz, 每个周期内电流方向改变 2 次, 故 1 s 内发射线圈中的电流方向改变 $2 \times 5 \times 10^4$ 次=1×10⁵ 次, B 正确; 发射线圈 AB 端输入

电流的有效值为 $I=\frac{I_m}{\sqrt{2}}=\frac{\frac{\sqrt{2}}{4}}{\sqrt{2}} A=0.25$ A, 由于发射线圈与接收线圈的匝数比为 4:1, 所以接收线圈 CD 端输出电流的有效值为 $I'=4I=1$ A, C 错误; 发射线圈与接收线圈中磁通量的变化频率相同, 则发射线圈与接收线圈中交变电流的频率相同, D 错误.

4.A 解析: 导体棒在金属圆环上运动时, 设导体棒与圆心连线与竖直方向夹角为 θ , 则导体棒切割磁感线产生的电动势为 $E=BLv\cos\theta$, 峰值为 $E_m=BLv$, 其中 $v=2\pi nr$, 有效值为 $E_{\text{有}}=\frac{E_m}{\sqrt{2}}$, 交流电压表的示数显示的是有效值,

为 $U=\frac{E_{\text{有}}}{R+R_0}R=\frac{\sqrt{2}\pi}{3}$ V, A 正确.

5.B 解析: 根据原、副线圈电压之比等于匝数比可得 $U_1=\frac{n_1}{n_2}U_2=\frac{3}{1} \times 3$ V=9 V, 根据原、副线圈电流与匝数关系可得原线圈电流为 $I_1=\frac{n_2}{n_1}I_2=\frac{1}{3}I_2$, 则电阻 R 上的电压为 $U_R=I_1R=\frac{1}{3}I_2R=\frac{1}{3}U_2=1$ V, 则输入电压为 $U=U_R+U_1=10$ V, B 正确.

6.B 解析: 在输电功率不变的情况下, 输电电压从 150 kV 高压输电升级为 1 350 kV, 输电电压变为原来的 9 倍, 由

电功率公式 $P=UI$, 可知输电电流变为原来的 $\frac{1}{9}$, 则输电线不变的情况下, 由欧姆定律公式 $U=IR$, 可知输电线上损失的电压变为原先的 $\frac{1}{9}$; 由电功率公式 $P=I^2R$, 可知输电线上损失的功率变为原来的 $\frac{1}{81}$, A 错误, B 正确; 如果损失的功率不变, 由电功率公式 $P=I^2R$, 可知输电线的电阻变为原来的 81 倍, 由电阻定律 $R=\rho \frac{L}{S}$, 可知相同材料、传输到相同地方所需导线横截面积是原先的 $\frac{1}{81}$, 相同材料、相同粗细的输电线传输距离是原先的 81 倍, C、D 错误.

7.C 解析: 变压器输入电压的最大值为 $220\sqrt{2}$ V, 故有效值为 $U_0=\frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{2}}$ V=220 V, 根据理想变压器原、副线圈电压关系有 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$, 根据变压器电路 $U_1=U_0-I_1R_1 < 220$ V, 解得 $U_2 < 110$ V, 可知电压表的示数小于 110 V, A 错误; 单刀双掷开关与 a 连接时, 设原线圈电压为 U_1 , 电流为 I_1 , 副线圈电压为 U_2 , 电流为 I_2 , R_2 消耗的功率为 P , 则有 $P=I_2^2R_2$, 又由于 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{2}{1}=\frac{I_2}{I_1}$, 则有 $R_2=\frac{U_2}{I_2}=\frac{U_1}{4I_1}$, 所以 $I_1=\frac{U_1}{4R_2}$, 又由 $U_1=U_0-I_1R_1=220$ V- I_1R_1 , 解得 $I_1=\frac{220}{4R_2+R}$, $I_2=2I_1=\frac{220 \times 2}{4R_2+R}$, 则有 $P=\left(\frac{220 \times 2}{4R_2+R}\right)^2 R_2=\frac{220^2}{(4R_2+R)^2}+4R$, 可知当 $R_2=\frac{R}{4}$ 时, R_2 消耗的功率为最大, B 错误; 单刀双掷开关由 a 扳向 b , 原、副线圈匝数相等, 则有 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{1}{1}=\frac{I_2}{I_1}$, R_1 消耗的功率为 $P=I_1^2R_1=I_2^2R$, 又由于 $R_2=\frac{U_2}{I_2}=\frac{U_1}{I_1}$, 所以 $I_1=\frac{U_1}{R_2}$, 又由 $U_1=U_0-I_1R_1=220-I_1R$, 则有 $I_1=\frac{220}{R+R_2}$, 所以 $P=\left(\frac{220}{R+R_2}\right)^2 R$, 当滑动变阻器触头从正中间向下移动的过程中, R_2 从 R 减小到 0, 则 P 一直增大, C 正确; 单刀双掷开关与 a 连接, 滑动变阻器触头向上移, 滑动变阻器接入电路的电阻变大, 根据上述分析可知副线圈的电流 I_2 减小, 由原、副线圈匝数比和电流关系可知, 原线圈中的电流 I_1 减小, 电流表示数变小, 同时 R_1 上的电压减小, 则原线圈电压 U_1 增大, 故副线圈电压 U_2 增大, 则电压表的示数增大, D 错误.

8.BD 解析: 由题图(c)可知 $t=0.1$ s 时, 电动势为最大值, 根据 $E=BLv$, 可知线圈往复运动的速度最大, A 错误;



由题图(c)可知电动势的最大值为 $E_{\max} = 4$ V, 周期为 $T = 0.4$ s, 角速度为 $\omega = \frac{2\pi}{T} = 5\pi$ rad/s, 则线圈电动势的表达式为 $e = 4\sin 5\pi t$ (V), B 正确; 设原线圈两端的电压有效值为 U_1 , 则有 $U_1 = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}} = 2\sqrt{2}$ V, 设副线圈两端的电压有效值为 U_2 , 根据理想变压器电压与匝数关系有 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$, 解得 $U_2 = \sqrt{2}$ V, 两灯泡的总功率为 $P = 2U_2 I = \sqrt{2}$ W, 外力做功功率为 $P_{\text{外}} = \frac{P}{40\%} = \frac{5\sqrt{2}}{2}$ W, C 错误; 根据法拉第电磁感应定律 $E_{\max} = nB \cdot 2\pi R v_{\max}$, 解得 $v_{\max} = 2$ m/s, D 正确.

9. AD 解析: 升压变压器原线圈电流为 $I_1 = \frac{P_1}{U_1} = 1500$ A, 所以 $I_2 = \frac{n_1}{n_2} I_1 = 100$ A, A 正确; 输电线损耗的功率为 $\Delta P = P_1 - I_2^2 r = 1.2 \times 10^5$ W, 所以用户获得的功率为 $P_4 = P_1 - \Delta P = 2.1 \times 10^5$ W, B 错误; 升压变压器副线圈电压为 $U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1 = 3300$ V, 输电线损耗的电压为 $\Delta U = I_2 r = 1200$ V, 所以降压变压器的匝数比为 $\frac{n_3}{n_4} = \frac{U_3}{U_4} = \frac{3300 - 1200}{50} = 42$, C 错误; 若充电桩消耗的功率增大, 则电源输入总功率变大, 因为总电压不变, 由 $I = \frac{P}{U}$ 可知升压变压器原线圈电流变大, 升压变压器副线圈电流变大, 则输电线上的损耗电压变大, 降压变压器原线圈电压变小, 则降压变压器副线圈电压也变小, D 正确.

题型 12 机械振动和机械波、光学

题型特点

本专题主要是振动图像与波动图像综合的问题, 需要认真思考, 看清坐标轴, 光的折射和全反射部分需要注意几何的画法和找好角的关系.

解题策略

第一, 深入理解振动图像与波动图像的物理意义; 第二, 画好光路图, 找好光线的几何关系和物理关系.

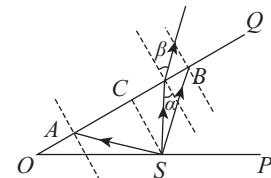
题型纠错

本专题易错点: 一、不看坐标轴, 仅看图像的大概形状导致出错; 二、波的多解问题不找通项式而漏解; 三、容易因为几何关系不明确导致出错.

真题导引

1. B 解析: 主动降噪耳机是根据波的干涉条件, 抵消声波与噪声的振幅、频率相同, 相位相反, 叠加后才能相互抵消来实现降噪的. 抵消声波与噪声的振幅相同, 也为 A, A 错误; 抵消声波与噪声的频率相同, 由 $f = \frac{1}{T} = 100$ Hz, B 正确; 抵消声波与噪声的波速、频率相同, 则波长也相同, 为 $\lambda = vT = 340 \times 0.01$ m = 3.4 m, C 错误; 抵消声波在耳膜中产生的振动与图中所示的振动反相, D 错误.

2. C 解析: 设光在 OQ 界面的入射角为 α , 折射角为 β , 由几何关系可知 $\alpha = 30^\circ$, 则根据折射定律可得 $n = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \sqrt{2}$, 由全反射定律 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2}$, 全反射的临界角为 45° , 光在 OQ 界面的临界光线如图所示, 其中 $OB \perp SC$, 光线在 A、B 两点发生全反射, 则 AB 之间有光线射出, 由几何关系可知 $AB = 2AC = 2CS = OS = d$, C 正确.



题型训练

1. B 解析: 由图可知, a 光的折射角更小, 根据 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$, 则 a 光折射率大于 b 光折射率, 同时 a 光的频率大于 b 光的频率, A 错误; a 光折射率大, 根据 $v = \frac{c}{n}$, 可知在同种介质中, a 光传播速度小于 b 光传播速度, B 正确; 根据 $c = \lambda v$, 可知光的频率大, 则波长小, a 光波长小于 b 光波长, 发生衍射现象的条件是障碍物尺寸远远小于波长, 故 b 光的衍射现象更明显, C 错误; a 光波长小于 b 光波长, 在双缝干涉实验中, 条纹间距 $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$, 可知 b 光条纹间距更大, D 错误.

2. C 解析: 由图知, 甲、乙周期相同, 由 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ 知, 两个小球质量相同, A 正确; 甲、乙都做简谐振动, 由图像可知, 甲、乙的振动不是同步的, 因此甲球的加速度不可能始终大于乙球的加速度, B 错误; 对甲有 $x_{\text{甲}} = 2\cos \omega_{\text{甲}} t = 2\cos 5\pi t$ (cm), 对乙有 $x_{\text{乙}} = -\sin \omega_{\text{乙}} t = -\sin 5\pi t$ (cm), $t = 0.15$ s 时, 则有 $x_{\text{甲}} = 2\cos \omega_{\text{甲}} t = 2\cos (5\pi \times 0.15)$ cm = $-\sqrt{2}$ cm, $x_{\text{乙}} = -\sin \omega_{\text{乙}} t = -\sin (5\pi \times 0.15)$ cm = $-\frac{\sqrt{2}}{2}$ cm, 弹簧劲度系数相同, 由 $F = -kx$ 可知, 甲弹簧

教学笔记

对小球的作用力大于乙弹簧对小球的作用力，C 正确；单摆周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ，与小球质量无关，甲球做成的单摆周期等于乙球做成的单摆周期，D 错误。

3. D **解析：**根据题意，由图可知，该波的波长为 4 m，在 $t=0$ 时刻 Q 点的振动方向沿 y 轴负方向，即波源的起振方向为沿 y 轴负方向，则点 P 的起振方向沿 y 轴负方向， $t=0.5$ s 时质点 R 第一次到达波谷，即 $x=4$ m 处质点的振动形式传播到 R，则有 $v = \frac{\Delta x}{t} = \frac{\lambda}{T}$ ，解得 $v=10$ m/s， $T=0.4$ s，则这列波的频率为 $f = \frac{1}{T} = 2.5$ Hz，A、B 错误；由图可知， $t=0$ 时刻，质点 P 在平衡位置，且沿 y 轴负方向振动，经过时间 $\Delta t=1.2$ s=3T，即质点 P 振动了 3 个周期，则 $t=1.2$ s 时，质点 P 处在平衡位置且振动方向沿 y 轴负方向，C 错误；质点 R 第一次到达波峰，则 $x=2$ m 处质点的振动情况传到 R 处，所用时间为 $t = \frac{x}{v} = 0.7$ s= $\frac{7}{4}T$ ，由于 Q 从平衡位置开始振动，则质点 Q 通过的路程为 $s = \frac{7}{4} \times 4A = 14$ cm，D 正确。

【误区警示】各质点起振的方向与波源起振方向相同，也与波最前端的质点刚开始运动的方向相同，各质点起振的方向并不是开始计时时质点的运动方向。

4. B **解析：**图丙中波沿 x 轴负方向传播，根据“同侧法”可知，质点 b 正沿 y 轴负方向运动，A 错误；图乙和图丙中，质点 a 和质点 b 位移相同，则根据 $a = -\frac{kx}{m}$ ，可知两质点的加速度相同，B 正确；图乙中质点 a 的振动周期为 $T = \frac{\lambda}{v} = \frac{0.012}{1500}$ s= 8.0×10^{-6} s，C 错误；因为 $t = \frac{0.1}{8 \times 10^{-6}} T = 12500T$ ，质点在一个周期内运动 4 个振幅，所以图乙中质点 a 在此后的 0.1 s 时间内运动的路程为 $12500 \times 4A = 200$ m，D 错误。

5. D **解析：**根据振动图像，质点 P 在 $t=0$ 时刻后的下一时刻的振动方向向上，结合波的图像，可知这列简谐横波向左传播，质点 Q 沿 y 轴负方向振动，A 错误；由图甲可得 $\lambda=8$ m，由图乙知 5 s= $\frac{T}{6} + \frac{T}{4}$ ，可得 $T=12$ s，所以横波的波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{2}{3}$ m/s，B 错误；设质点 Q 的振动方程为 $y=A\sin\left(\frac{2\pi}{T}t+\varphi\right)$ ，综合以上信息可得质点 Q 的振动方程为 $y=20\sin\left(\frac{\pi}{6}t+\pi\right)$ cm，C 错误；从 $t=0$ 到 $t=11$ s，经历了 $\Delta t = \frac{3T}{4} + \frac{T}{6}$ ，质点 Q 通过的路程为 $s = \frac{3}{4} \times 4A + \frac{1}{2}A = 70$ cm，D 正确。

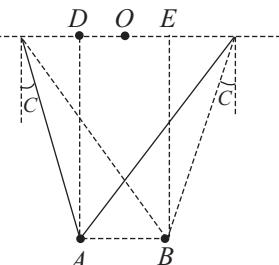
【纠错点拨】振动的各质点一个周期内运动的路程为 $4A$ ，半个周期内运动的路程为 $2A$ ，在求解小于半个周期时间内质点运动的路程时要根据质点所在的位置并结合振动方程或图像。

6. B **解析：**根据题意可知，当蝌蚪反射的光在荷叶边缘水面上发生全反射时，则在水面上看不到蝌蚪，如图所示，

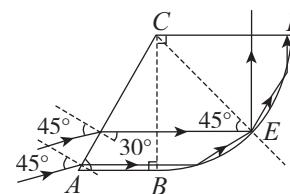
由于 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{3}{4}$ ，则有

$$\tan C = \frac{3}{\sqrt{4^2 - 3^2}} = \frac{3\sqrt{7}}{7}$$

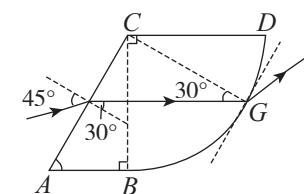
有 $OE=R-h\tan C=0.1$ m，由对称性可知 $AB=2OE=0.2$ m，则在水面之上看不到小蝌蚪的时间为 $t = \frac{AB}{v} = 4$ s，B 正确。



7. B **解析：**设光经 AC 折射后折射角为 θ' ，则 $n = \frac{\sin \theta}{\sin \theta'}$ ，解得 $\theta'=30^\circ$ ，圆弧 BD 上全反射临界角为 C，则有 $\sin C = \frac{1}{n}$ ，解得 $C=45^\circ$ ，如图(a)所示。



图(a)



图(b)

截面内圆弧 BD 有光线射出的长度为 ED 区域，其长度 $s = \frac{\pi R}{4}$ ，A 错误，B 正确；如图(b)所示，做圆弧 BD 的切线且与 AC 平行，切点为 G 时，光线在介质中的路径最长，其传播时间为 $t = \frac{2\sqrt{6}R}{3c}$ ，C 错误；在介质中的传播时间最长的光线经过的路径为紧贴 AB 传播后又紧贴圆弧 BD 传播，按照 ABD 路径得出的传播时间为 $t_1 = \frac{2\sqrt{6}R + 3\sqrt{2}\pi R}{6c}$ ，因多次全反射的路径一定小于圆弧 BD，所以所有光线在介质中的传播时间都小于 $\frac{2\sqrt{6}R + 3\sqrt{2}\pi R}{6c}$ ，D 错误。

8. CD **解析：**由题图乙可知，P、Q 两质点的振动周期都是 4 s，频率都是 0.25 Hz，A 错误；若波从 P 传向 Q，由题图乙可知，P、Q 两质点的振动时间差为 $\Delta t = \frac{3}{4}T + nT = (4n+3)$ s，则 P、Q 两质点的距离满足 6 m= $\left(n + \frac{3}{4}\right)\lambda$ ，即 $\lambda = \frac{24}{4n+3}$ m，由两质点平衡位置之间的距离不小于一



个波长知 $n = 1, 2, 3, \dots$, 则波长的最大值为 $\lambda_{\max} = \frac{24}{4+3} \text{ m} \approx 3.43 \text{ m}$, B 错误; 若波从 Q 传向 P, 则有 $\Delta t = \frac{1}{4} T + nT = (4n+1) \text{ s}$, 而 $6 \text{ m} = (n+\frac{1}{4})\lambda$, 即 $\lambda = \frac{24}{4n+1} \text{ m}$ ($n=1,2,3,\dots$), 同 B 选项分析可知 $\lambda_{\max} = \frac{24}{4+1} = 4.8 \text{ m}$, C 正确; 若波从 P 传向 Q, 则波速 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{6}{4n+3} \text{ m/s}$, 当 $n=8$ 时, $v = \frac{6}{35} \text{ m/s}$, D 正确.

9. AC 解析: 在 $\triangle AOE$ 中, 根据余弦定理 $OE^2 = AO^2 + AE^2 - 2AO \cdot AE \cos 30^\circ$, 解得 $OE = L$, 所以 $\triangle AOE$ 为等腰三角形, 则 $\angle AEO = 30^\circ$, $\angle AOE = 120^\circ$, 作出 O 点法线, 如图所示, 根据几何关系可得光线在 O 点入射角为 $i = 60^\circ$, 折射角为 $r = 30^\circ$, B 错误; 根据光的折射定律, 玻璃砖的折射率为 $n = \frac{\sin i}{\sin r} =$

$\frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$, C 正确; 设发生全反射的临界角为 C, 则

$\sin C = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{3}}{3}$, 根据几何关系可得在 AC 面上的入射角

为 60° , 由于 $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} > \frac{\sqrt{3}}{3}$, 所以在 AC 面上发生全反射, 光不从 AC 面射出; 作出 BC 面上入射光线 EF, 如图所示, 根据几何关系可得在 BC 面上的入射角为 30° , 由

于 $\sin 30^\circ = \frac{1}{2} < \frac{\sqrt{3}}{3}$, 所以在 BC 面上不发生全反射, 光最

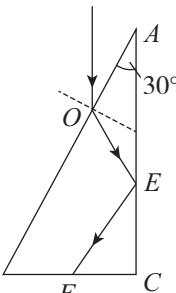
先从 BC 面射出, D 错误; 根据几何关系得 $EF = \frac{2}{\sqrt{3}}CE =$

$\frac{2}{\sqrt{3}}(AC - AE) = \frac{2}{\sqrt{3}}(AB \sin 60^\circ - AE) = L$, 光在玻璃砖中

的速度为 $v = \frac{c}{n} = \frac{\sqrt{3}}{3} c$, 所以最短时间为 $t = \frac{2L}{\sqrt{3}c} =$

$\frac{2\sqrt{3}L}{c}$, A 正确.

10. BC 解析: 由图可知, 甲的波长大小为 5 cm、乙的波长大小为 6 cm, A 错误; 由公式 $f = \frac{v}{\lambda}$, 可知 $f_{\text{甲}} = \frac{v}{\lambda} = \frac{5}{5} \text{ Hz} = 1 \text{ Hz}$, $f_{\text{乙}} = \frac{v}{\lambda} = \frac{5}{6} \text{ Hz}$, 发生干涉的条件为两列波的频率相同, 故甲、乙两列波在介质中不能发生干涉, B 正确; $t=0$ 时, 在 $x=5 \text{ cm}$ 处两列波的波峰相遇, 该处质点偏离平衡位置的位移为 8 cm, 甲、乙两列波的波峰



在 x 轴的坐标分别为 $x_1 = (5+k_1\lambda_{\text{甲}}) \text{ cm} = (5+5k_1) \text{ cm}$ ($k_1=0, \pm 1, \pm 2, \dots$), $x_2 = (5+k_2\lambda_{\text{乙}}) \text{ cm} = (5+6k_2) \text{ cm}$ ($k_2=0, \pm 1, \pm 2, \dots$), 由上述解得, 介质中偏离平衡位置位移为 8 cm 的所有质点的 x 轴坐标为 $x = (5+30n) \text{ cm}$ ($n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$), 故在 $t=0$ 时刻, 介质中偏离平衡位置位移为 8 cm 的相邻质点的距离为 $s = 30 \text{ cm}$, C 正确; 偏离平衡位置位移为 -8 cm 是两列波的波谷相遇的点, 在 $t=0$ 时刻, 波谷之差为 $\Delta x = (5+\frac{2n_1+1}{2}\times 6) - (5+\frac{2n_2+1}{2}\times 5)$ ($n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$), 整理解得 $\Delta x = (6n_1 - 5n_2) + 0.5$, 波谷之间最小的距离为 $\Delta x' = 0.5 \text{ cm}$, 两列波相向传播, 相对速度为 $2v = 10 \text{ cm/s}$, 故介质中第一次出现位移为 -8 cm 的质点的时间为 $t = \frac{\Delta x'}{2v} = \frac{0.5}{10} \text{ s} = 0.05 \text{ s}$, D 错误.

【纠错点拨】两列波长不同的波叠加时, 相邻的两个波峰相遇点之间的距离为两列波长的最小公倍数, 如本题中两列波长分别为 5 cm、6 cm, 则相邻的两个波峰相遇点之间的距离为 $5 \times 6 = 30 \text{ cm}$.

题型 13 热学、原子物理

题型特点

本专题包含知识点较多, 知识点呈现比较散. 本专题重点考查分子动理论、布朗运动、分子力和分子势能、热力学定律、固体和液体的性质、结合能、衰变、半衰期、聚变、裂变、光电效应等.

解题策略

第一, 把一些琐碎的知识点逐一弄明白, 不能单纯记忆, 需要深加工; 第二, 明确分子动理论的基本观点, 了解温度和内能、晶体和非晶体、液体表面张力、液晶等知识内容; 第三, 正确区分衰变、聚变、裂变、原子核的人工转变.

题型纠错

本专题易错点: 一、侧重于对热学部分琐碎知识点的简单背记没有深入理解; 二、对教材重视度不够; 三、混淆衰变、聚变、裂变、原子核的人工转变.

真题导引

1. AD 解析: 当电阻丝对 f 中的气体缓慢加热时, f 中的气体内能增大, 温度升高, 根据理想气体状态方程可知 f 中的气体压强增大, 会缓慢推动左边活塞, 可知 g 的体积被压缩, 压强变大, 对活塞受力分析, 根据平衡条件可知, 弹簧弹力变大, 则弹簧被压缩, 与此同时弹簧对右边活塞有弹力作用, 缓慢向右推动右边活塞, 故活塞对 h 中的气体做正功, 且是绝热过程, 由热力学第一定律可知, h 中的气体内能增加, A 正确; 未加热前, 三部分中气体的温度、体

积、压强均相等，当系统稳定时，活塞受力平衡，可知弹簧处于压缩状态，对左边活塞分析 $p_f S = F_{\text{弹}} + p_g S$ ，则 $p_f > p_g$ ，分别对 f、g 内的气体分析，根据理想气体状态方程有 $\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_f V_f}{T_f}$ ， $\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_g V_g}{T_g}$ ，由题意可知，因弹簧被压缩，则 $V_f > V_g$ ，联立可得 $T_f > T_g$ ，B 错误；在达到稳定的过程中 h 中的气体体积变小，压强变大，f 中的气体体积变大。由于稳定时弹簧保持平衡状态，故稳定时 f、h 中的气体压强相等，根据理想气体状态方程对 h 气体分析可知 $\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_h V_h}{T_h}$ ，联立可得 $T_f > T_h$ ，C 错误；对弹簧、活塞及 g 中的气体组成的系统分析，根据平衡条件可知，f 与 h 中的气体压强相等，D 正确。

2. D **解析：**原子吸收频率为 ν_0 的光子从基态能级 I 跃迁至激发态能级 II 时有 $E_{\text{II}} - E_{\text{I}} = h\nu_0$ ，且从激发态能级 II 向下跃迁到基态 I 的过程有 $E_{\text{II}} - E_{\text{I}} = h\nu_1 + h\nu_2 + h\nu_3$ ，联立解得 $\nu_2 = \nu_0 - \nu_1 - \nu_3$ ，D 正确。

题型训练

1. B **解析：**布朗运动是用肉眼观察不到的，对甲图，加热一锅水时发现水中的胡椒粉在翻滚，不是布朗运动，不能说明温度越高布朗运动越剧烈，A 错误；对乙图，半杯水与半杯酒精混合之后的总体积要小于整个杯子的容积，说明液体分子之间有间隙，B 正确；对丙图，自由膨胀和扩散现象都具有单向性，不具有双向可逆性，C 错误；对丁图，扩散现象也能在固体之间发生，D 错误。

2. C **解析：**该反应为原子核的裂变反应，不是人工转变，A 错误；X 原子核为锶⁹⁴Sr，根据比结合能曲线可知，中等质量的原子核比结合能大，则 X 原子核的比结合能比¹³⁹Xe 的大，B 错误；根据质能方程可知，反应后放出的能量为 $E = (m_1 - 2m_2 - m_3 - m_4)c^2$ ，C 正确；一定质量的 X 原子核经过 $3T$ 时间，剩余质量 $m = m_0 \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}m_0$ ，即衰变了 $\frac{7}{8}m_0$ ，D 错误。

3. B **解析：**打气后瓶塞未拔出前，气体分子间距离很大，分子间作用力非常小，可以忽略不计，A 错误；打气后瓶塞未拔出前，单位体积内的分子数增加，气体压强变大，根据压强微观意义可知，单位时间内与瓶塞碰撞的分子数增多，B 正确；快速拔出瓶塞的过程中，气体体积变大，对外做功，由于是快速拔出瓶塞，可认为该过程没有发生热传递，根据热力学第一定律可知，气体内能减少；拔出瓶塞的过程中，瓶塞克服摩擦力所做的功不等于气体内能的减少量，C、D 错误。

4. D **解析：** a 、 b 温度相同，则内能相等，A 错误；根据 $\frac{pV}{T} = C$ ，则状态 a 的体积大于状态 b 的体积，故在状态 a 的分

子密集程度小于在状态 b 的分子密集程度，B 错误；根据 $\frac{pV}{T} = C$ ，则状态 a 的体积等于状态 c 的体积，则 $b \rightarrow c$ 气体体积变化量等于 $a \rightarrow b$ 气体体积变化量，根据 $W = pV$ ， $b \rightarrow c$ 气体压强大于 $a \rightarrow b$ 气体压强，故 $b \rightarrow c$ 气体对外做功多于 $a \rightarrow b$ 外界对气体做功， $c \rightarrow a$ 气体不做功，故在 $b \rightarrow c$ 过程中气体对外界做功大于 $a \rightarrow b$ 和 $c \rightarrow a$ 过程外界对气体做功的和，C 错误；在 $a \rightarrow b \rightarrow c$ 过程中，温度升高，内能增加 $\Delta U > 0$ ，气体对外做功多于外界对气体做功， $W < 0$ ，根据热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$ ，可得 $Q > 0$ ，在 $a \rightarrow b \rightarrow c$ 过程中吸热，即 $a \rightarrow b$ 过程气体放出的热量小于 $b \rightarrow c$ 气体从外界吸收的热量，D 正确。

5. C **解析：**瓶内气体做等温变化，内能不变，A 错误；瓶内气体体积减小，则外界对气体做功，根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ ，可知瓶内气体向外界放热，B 错误；对瓶内气体，根据玻意耳定律有 $p_0 \cdot 2V = pV$ ，解得 $p = 2p_0$ ，C 正确；对气球中的气体，初始的压强和体积为 p_0 、 V ，充气后气球中气体的压强和体积为 $2p_0$ 、 $2V$ ，则气球中原来的气体与充入气球中的气体的质量比为 $\frac{m}{m_0} = \frac{p_0 V}{2p_0 \cdot 2V - p_0 V} = \frac{1}{3}$ ，D 错误。

误区警示当向气球中充入气体时，气球要膨胀，气体的体积增大，而瓶子不会膨胀，则瓶内气体体积减小。

6. D **解析：**当电压表的示数为 1.81 V 时，电流计的示数恰好为 0，则遏制电压为 $U_c = 1.81$ V，则光电子的最大初动能为 1.81 eV，A 错误；根据爱因斯坦光电效应方程可知，光电管阴极的逸出功为 $W_0 = h\nu - E_{\text{km}} = 4.10 \text{ eV} - 1.81 \text{ eV} = 2.29 \text{ eV}$ ，B 错误；若此时增大入射光的频率，则光电子的最大初动能增大，如使电流计的示数为 0，则需要增大遏止电压，故需要移动滑动变阻器，C 错误；光子能量仅与入射光的频率有关，与光的强度无关，因此仅增加入射光线的强度，光电子出射的最大初动能不变，电流计的计数仍为 0，D 正确。

7. B **解析：**一群处于 $n=5$ 能级的氢原子向基态跃迁时，能放出 $C_5^2 = \frac{5 \times (5-1)}{2} = 10$ 种不同频率的光，A 错误；一群处于 $n=5$ 能级的氢原子向基态跃迁时，发出的光照射锌板，其中只有从 $n=5$ 能级跃迁到基态，从 $n=4$ 能级跃迁到基态，从 $n=3$ 能级跃迁到基态，从 $n=2$ 能级跃迁到基态，这 4 种不同频率的光子能量大于锌的逸出功，故有 4 种不同频率的光能使锌板发生光电效应，B 正确；用能量为 10.30 eV 的光子照射，可使处于基态的氢原子能量为 $E = E_1 + \epsilon = -13.6 \text{ eV} + 10.30 \text{ eV} = -3.30 \text{ eV}$ ，没有 -3.30 eV 能量的激发态，故不发生跃迁现象，C 错误；假设氢原子从 n 能级向较低的各能级跃迁的概率均为



$\frac{1}{n-1}$,则对 N_A 个处于 $n=3$ 能级的氢原子,直接跃迁到基态的氢原子有 $N_{31}=\frac{1}{3-1}N_A=\frac{1}{2}N_A$,则对 N_A 个处于 $n=3$ 能级的氢原子,跃迁到 $n=2$ 能级的氢原子有 $N_{32}=\frac{1}{3-1}N_A=\frac{1}{2}N_A$,则处于 $n=2$ 能级的氢原子还要继续跃迁到基态,则有 $N_{21}=N_{32}=\frac{1}{2}N_A$,跃迁过程中辐射的光子的总数为 $N=N_{31}+N_{32}+N_{21}=\frac{3}{2}N_A$,D 错误.

8. CD 解析:该核反应在高温高压下才能发生,当反应开始后就不再需要外界给它能量,靠自身产生的能量就能使反应继续下去,A 错误; γ 光子来源于原子核的能级跃迁,B 错误;核聚变是放能的,向比结合能大的方向变化,则 ${}^4\text{He}$ 的比结合能大于 ${}^2\text{H}$ 的比结合能,C 正确;X 是中子,该核反应为核聚变,D 正确.

9. AC 解析:锶 ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ 会发生 β 衰变,根据质量数守恒与电荷数守恒可知,Y 的质量数为 90,电荷数为 $z=38-(-1)=39$,则 Y 原子核的中子数为 $90-39=51$,A 正确;锶 ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ 半衰期为 28.8 年,故 0.4 mol 的 ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ 原子核经过 57.6 年后还剩余 0.1 mol,B 错误; β 射线是电子流,速度可接近光速,C 正确;半衰期的大小跟原子所处的温度、压强等物理状态以及化学状态无关,D 错误.

10. AB 解析:根据题意可知,当汽缸内气体压强为 $p_1=p_0+\frac{G}{S}=\frac{4}{3}p_0$ 时,开始向上移动,则汽缸内气体体积在汽缸内气体压强未到达 p_1 时保持不变,做等容变化,随着温度的升高,压强增大,由查理定律有 $\frac{p_0}{T_0}=\frac{p_1}{T_1}$,解得 $T_1=\frac{4}{3}T_0$,之后活塞向上移动,汽缸内气体压强不变,做等压变化,由盖—吕萨克定律有 $\frac{HS}{T_1}=\frac{\left(H+\frac{H}{2}\right)S}{T_2}$,解得 $T_2=2T_0$,A、B 正确;由上述分析可知,汽缸内气体的温度一直增大,则汽缸内气体分子的平均速率一直增大,C 错误;理想气体分子间作用力可视为零,D 错误.

题型 14 选择题巧思妙解

题型特点

本专题是选择题的特殊方法,重点是解选择题的一些非常规的特殊方法,可以快速巧妙的得出选择题的答案.

解题策略

选择题的特殊解题方法主要有排除法、特殊值分析法、逆向分析法、极端分析法、临界判定法、关联项分析法、作图测量法等.

题型纠错

本专题易错点:一、在应用极端思维法时如果物理量是非单调性变化时容易得出错误的结论;二、在应用排除法时由于考虑不够全面或知识的理解不准确,容易将正确的选项误认为错误选项排除而导致错误.

真题导引

1. BD 解析:根据平抛运动的规律 $h=\frac{1}{2}gt^2$, $R=vt$,解得

$R=v\sqrt{\frac{2h}{g}}$,可知若 $h_1=h_2$,则 $v_1:v_2=R_1:R_2$,若 $v_1=v_2$,则 $h_1:h_2=R_1^2:R_2^2$,A 错误,B 正确;若 $\omega_1=\omega_2$,则喷水嘴各转动一周的时间相同,因 $v_1=v_2$,出水口的截面积相同,可知单位时间喷出水的质量相同,喷水嘴转动一周喷出的水量相同,但内圈上的花盆总数量较少,可知得到的水量较多,C 错误;D 选项判断较难,但本题为多选题,利用排除法可知 D 正确.

【解题策略】比较排除法:在读懂题意的基础上,根据题目要求,对选项进行比较归类,通过分析对错误选项进行排除,从而选出正确的选项.比如,对单选题,若前三个选项不正确,则一定选第四个选项;对多选题,若前两个选项不正确,则一定选后两个选项.

2. C 解析:利用二级结论,力的质量分配定则,两物体间最大拉力为 $T=2$ N,根据 $\frac{T}{m}=\frac{F}{2m}$,解得 $F=4$ N,C 正确.

【解题策略】二级结论法:在平时的解题过程中,积累了大量的“二级结论”,熟记并巧用一些“二级结论”可以使思维过程简化,节约解题时间.非常实用的二级结论有:(1)等时圆规律;(2)平抛运动速度的反向延长线过水平位移的中点;(3)等量同种或等量异种点电荷在空间产生的电场的特点;(4)不同比荷的同性带电粒子由静止相继经过同一加速电场和偏转电场,轨迹完全重合;(5)直流电路中动态分析的“串反并同”结论;(6)平行通电导线电流同向时相吸,电流异向时相斥;(7)带电平行板电容器与电源断开,改变极板间距离不影响极板间匀强电场的电场强度;(8)楞次定律的“来拒去留”“增缩减扩”等推论等.

题型训练

1. B 解析:根据题干公式 $\Delta F=k \frac{I_1 I_2 \Delta l_1 \Delta l_2}{r^2}$ 整理可得 $k=\frac{\Delta F r^2}{I_1 I_2 \Delta l_1 \Delta l_2}$,代入相应物理量单位可得比例系数 k 的单位为 $\frac{\text{N}}{\text{A}^2}=\frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{A}^2}=\text{kg} \cdot \text{m} / (\text{s}^2 \cdot \text{A}^2)$,B 正确.



【解题策略】量纲分析法：物理关系式不仅反映了物理量之间的关系，也确定了单位间的关系。如关系式 $U=IR$ 既反映了电压、电流和电阻之间的关系，也确定了 V(伏)与 A(安)和 Ω (欧)的乘积等效。力学中的基本物理量是长度、质量、时间，而国际单位制中的基本单位则包括米(m)、千克(kg)、秒(s)、安(A)、开(K)、摩(mol)、坎(cd)。本题给出了一个高中未见的公式，利用量纲分析法问题即可迎刃而解。

2.C **解析：**利用估算法，只需要数量级大致比较。铯原子利用的两能级的能量差量级对应的能量为 $\epsilon=10^{-5}$ eV = $10^{-5} \times 1.6 \times 10^{-19}$ J = 1.6×10^{-24} J，由光子能量的表达式 $\epsilon=h\nu$ 可得，跃迁发射的光子的频率量级为 $\nu=\frac{\epsilon}{h}=\frac{1.6 \times 10^{-24}}{6.63 \times 10^{-34}}$ Hz ≈ 2.4×10^9 Hz，跃迁发射的光子的频率量级为 10^9 Hz，C 正确。

【解题策略】估算求解法：有些选择题本身就是估算题，有些看似要精确计算，实际上只要通过物理方法（如：数量级分析），或者数学近似计算法（如：数据取整），进行大致推算即可得出答案。估算是一种科学而有实用价值的特殊方法，可以大大简化运算，快速地找出正确选项。

3.C **解析：**先易后难排除法：选项 A、B 比较简单，根据电荷数守恒和质量数守恒可以排除 A，根据半衰期是大量数据的统计规律，不适用于少数原子核，可以排除 B，选项 C、D 比较，选项 D 更简单，测得某岩石中现含有的铀是岩石形成初期时的一半，即经过了一个半衰期，可推算出地球的年龄约为 45 亿年，可以排除选项 D，从而得出正确答案为 C。

4.B **解析：**求出绳子拉力和压力的表达式应该适用于卷纸的直径 d 为任意值的情况，根据极端思维法，取 $d=0$ ，则拉力应该为 $\frac{mg}{\sqrt{3}}$ ，压力应该为 0，通过验证 A、B、C、D 四个

选项发现只有选项 B 符合要求，所以正确答案为 B。

【解题策略】特殊值分析法：有些选择题，根据它所描述的物理现象的一般情况，较难直接判断选项的正误时，可以让某些物理量取特殊值，代入到各选项中逐个进行检验。凡是用特殊值检验证明是不正确的选项，一定是错误的，可以排除。

5.A **解析：** $x=\frac{a}{2}$ 时有效切割长度为 0，在 $\frac{a}{2} \leq x < a$ 内，有效切割长度变大，则感应电动势变大，可以排除选项 B，安培力的大小为 $F=Bil=\frac{B^2v}{R}l^2$ ，其中 l 随着 x 变化，可知安培力随位移 x 变化的图像为曲线，可以排除选项 C；线框产生的热功率为 $P=i^2R$ ，在 $0 \leq x \leq \frac{a}{2}$ 内，有 $i=\frac{Bv(a-2x)}{R}$ ，可知线框产生的热功率 P 随位移 x 变化的图像为曲线，可以排除选项 D，所以选项 A 图像正确。

6.D **解析：**特殊值分析法：将圆环半径极限化，当 $R=0$ 时，带电圆环等同于一个点电荷，由点电荷电场强度计算公式可知，在 P 点的电场强度为 $E=k\frac{Q}{L^2}$ ，将 $R=0$ 代入四个选项，只有 A、D 选项满足；将 OP 距离极限化，当 $L=0$ 时，均匀带电圆环的中心处产生的电场强度为 0，将 $L=0$ 代入 A、D 选项，只有 D 项满足。

7.B **解析：**临界判定法：当粒子运动轨迹的半径为 L 时速度为 $v_0=\frac{qBR}{m}=\frac{qBL}{m}$ ，根据作图定性分析可知最长时间的轨迹半径大于 L ，则速度大于 $v_0=\frac{qBL}{m}$ ，只有选项 B 满足这一条件，B 正确。

8.AC **解析：**极端思维法：当滑动变阻器的触片向 a 端移动时滑动变阻器连入电路中的电阻增大，将变化推向极端情况，将电阻 R_3 变为无穷大，即为断路，电流表示数变为 0，原来电流不为 0，则电流表 A 的读数减小，A 正确；当滑动变阻器的触片向 a 端移动时外电路电阻增大，将变化推向极端情况，将外电路电阻变为无穷大，即为断路，电压表示数等于电源电动势，原来小于电源电动势，则电压表 V 的读数增大，B 错误；当滑动变阻器的触片向 b 端移动时滑动变阻器连入电路中的电阻减小，将变化推向极端情况，将电阻 R_3 变为 0，即为短路，电阻 R_2 两端的电压为 0，电容器的电荷量也为 0，即滑动变阻器的触片向 b 端移动时电容器的电荷量减小，则当滑动变阻器的触片向 a 端移动时电容器的电荷量增大，C 正确；当滑动变阻器的触片向 a 端移动时滑动变阻器连入电路中的电阻增大，即 R_2 和 R_3 的并联电阻增大，将变化推向极端情况，变为无穷大，即为断路，电阻 R_1 消耗的电功率为 0，所以当滑动变阻器的触片向 a 端移动时电阻 R_1 消耗的电功率减小，D 错误。

【误区警示】本题中当滑动变阻器的触片向 a 端移动时滑动变阻器连入电路中的电阻增大，如果滑动变阻器是特殊的连接方式，滑动变阻器的触片向 a 端移动时电路中的电阻不是确定的单调性，而是先增大再减小，或先减小再增大，则不能再用极端思维法判定。

9.CD **解析：**逆向思维法：不求解选项值，而是从选项出发验证选项的正确性，由变压器可知 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$ ，可得 $U_2=150$ V，选项 A，如果灯泡两端的电压约为 47 V，从图中读出流过灯泡的电流约为 0.024 A，电阻上的电压约为 100 V，电流约为 0.04 A，两者不相等，则选项 A 错误；选项 B，通过电阻的电流约为 0.02 A 时，电阻上的电压为 50 V，灯泡上的电压为 100 V，从图上可读出此时电流为 0.36 A，两者不相等，则选项 B 错误；本题为多选题，所以正确答案为 C、D。

10.CD **解析：**绕过复杂项，排除容易的错误项：卫星从轨道 II 进入轨道 I 要在 A 点加速，则卫星在轨道 I 上的机



械能大于在轨道Ⅱ上的机械能,排除选项A;地球在轨道Ⅰ上 $G \frac{Mm}{(R+H)^2} = m \frac{v^2}{R+H}$,解得 $v = \sqrt{\frac{GM}{R+H}}$,排除选项B,本题为多选题,可以绕过复杂的选项C,从而得出正确答案为C,D.

题型 15 力学实验(一)

题型特点

本专题是高考必考题型,题目类型千变万化,但知识点的考查万变不离其宗,学透课本中要求的实验是解决此类问题的关键.

解题策略

掌握基本实验仪器的使用,掌握实验的基本原理,对学过的实验知识会进行实际应用和知识迁移,这样就会降低实验题的难度.

题型纠错

本专题易错点:一、对实验器材的使用规范理解不透彻;二、对实验原理理解不够;三、读数不规范.

真题导引

答案:(2)CD (3)相同位置 (5)大小和方向

解析:(2)将橡皮条的一端固定在木板上,另一端系在轻质小圆环上,将两细线也系在小圆环上,它们的另一端均挂上测力计,用互成一定角度、方向平行于木板、大小适当的力拉动两个测力计,小圆环停止时由两个测力计的示数得到两拉力 F_1 和 F_2 的大小,还需要用铅笔在白纸上标记出小圆环的位置以及用铅笔在白纸上标记出两细线的方向,C,D 正确.

(3)撤掉一个测力计,用另一个测力计把小圆环拉到相同位置,由测力计的示数得到拉力 F 的大小,沿细线标记此时力 F 的方向.

(5)比较 F' 和 F 的大小和方向,从而判断本次实验是否验证了力的平行四边形定则.

题型训练

1. 答案:(2)10.0 5.0 (3)增大

解析:(2)根据胡克定律 $F = k \cdot \Delta x$,可得 Oa 段弹簧的劲度系数 $k_1 = \frac{F_a}{\Delta x_a} = \frac{0.6}{6 \times 10^{-2}} \text{ N/m} = 10.0 \text{ N/m}$, Ob 段弹簧

的劲度系数 $k_2 = \frac{F_b}{\Delta x_b} = \frac{0.6}{12 \times 10^{-2}} \text{ N/m} = 5.0 \text{ N/m}$.

(3)由以上分析可知,一根弹簧被截成相等的两段后,每段的劲度系数与没截断前相比将增大.

2. 答案:(1)0.55(0.54~0.56 均正确) (2)1.52 (3)A

解析:(1)根据弹簧测力计的读数规律,该读数为 $0.5 \text{ N} + 0.1 \times 0.5 \text{ N} = 0.55 \text{ N}$.

(2)由于相邻计数点间有四个点未标出,则相邻计数点之间的时间间隔为 $T = 5 \times \frac{1}{50} \text{ s} = 0.1 \text{ s}$,根据逐差法可知,

小车的加速度大小为 $a = \frac{(22.72 - 8.32 - 8.32) \times 10^{-2}}{4 \times 0.1^2} \text{ m/s}^2 = 1.52 \text{ m/s}^2$.

(3)由于长木板置于水平桌面上,令小车的质量为 M ,对小车进行受力分析有 $F - f = Ma$,则有 $a = \frac{1}{M}F - \frac{f}{M}$ 可知,

画出的 a - F 图像是一条斜率为正值的倾斜直线,图像在 a 轴上的截距为负值,则只有第一个图像符合题意,A 正确.

【误区警示】常见的弹簧测力计有两种,一种是最小刻度值为 0.1 N ,读数时要估读到最小刻度的下一位,本题的弹簧测力计就是这一种,还有一种是最小刻度值为 0.2 N ,读数时要估读到最小刻度的本位.

3. 答案:(1)BD (2)6.70 (3) $F - F_0$ 是一条过原点的直线 (4) $\frac{1}{t}$ (5)高

解析:(1)圆弧没必要保持光滑,从不同高度下滑,小球经过光电门的速度不同,速度根据小球直径和光电门测量的挡光时间测出,A 错误;小球要选择体积小,密度大的,减小阻力的影响,B 正确;没有必要测量小球到地面的竖直高度,只要保证竖直高度相同,就能保证平抛运动的时间相同,所以只需证明水平位移和水平速度成正比即可证明平抛运动的水平方向分运动为匀速直线运动,C 错误;小球在最低点时有 $F - F_0 = m \frac{v^2}{R}$,要验证向心力公式,需要测量小球的质量,D 正确.

(2)小球的直径 $d = 6 \text{ mm} + 0.05 \times 14 \text{ mm} = 6.70 \text{ mm}$.

(3)(4)小球经过光电门的速度 $v = \frac{d}{t}$,小球在最低点

$F - F_0 = \frac{md^2}{t^2 R}$,以 $F - F_0$ 为纵轴, $\frac{1}{t^2}$ 为横轴作图像,若图像是一条过原点的直线,则说明向心力大小与小球速度平方成正比;设桌面高度为 h ,由 $h = \frac{1}{2}gt_1^2$ 可得平抛运动

的时间 $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$,水平位移 $x = vt_1 = \frac{d}{t} \sqrt{\frac{2h}{g}}$,作 x - y 图,若图像成正比,则说明平抛运动水平方向为匀速直线运动,其中 y 应该为 $\frac{1}{t}$.

(5)由 $x = vt_1 = \frac{d}{t} \sqrt{\frac{2h}{g}}$,可知 A、B 两位同学以不同的桌面高度进行实验,得到的图像如题中图丙所示,其中 A 同学实验时的桌面高度比 B 同学的高.

【误区警示】不管哪一种分度的游标卡尺读数时都不需要估读,中学阶段不用估读的仪器有三个,分别是游标卡尺、秒表和电阻箱.

教学笔记

4. 答案: (1)B (2) $\frac{d}{D\Delta t}$ $\frac{1}{(\Delta t)^2}$ 滑块与转盘之间存在摩擦力

解析: (1)根据 $F = m\omega^2 r$, 两球的向心力之比为 $1:4$, 半径和质量相等, 则转动的角速度之比为 $1:2$, 因为靠皮带传动, 变速塔轮的线速度大小相等, 根据 $v = \omega R$ 可知, 与皮带连接的变速塔轮对应的半径之比为 $2:1$, B 正确.

(2)每次遮光条经过光电门时的线速度大小为 $v = \frac{d}{\Delta t}$, 由线速度大小和角速度大小的关系式可得 $\omega = \frac{v}{R} = \frac{d}{D\Delta t}$;

根据牛顿第二定律可得 $F = m\omega^2 r = \frac{md^2 r}{D^2 (\Delta t)^2}$, 可知应以 F 为纵坐标, 以 $\frac{1}{(\Delta t)^2}$ 为横坐标; 图线不过原点的主要原因是滑块与转盘之间存在摩擦力.

5. 答案: (3) $\frac{md^2}{t^2}$ $\frac{1}{2}k_0 x^2$ (4)B

解析: (3)物块运动到 O 点时滑块的速度大小 $v = \frac{d}{t}$, 物块组成的系统增加的动能 $\Delta E_k = \frac{1}{2} \times 2mv^2 = \frac{md^2}{t^2}$; 物块 a 从 P 点运动到 O 点过程中弹簧减少的弹性势能 $\Delta E_p = \frac{1}{2}k_0 x^2$.

(4)从物块 a 经过 O 点到物块 a 将弹簧再次压缩到最短的过程中, 物块 a 与弹簧组成的系统机械能守恒, 由机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}k_0 L^2$, 解得 $L = \frac{\sqrt{2}}{2}x$, B 正确, A、C 错误.

题型 16 力学实验(二)

题型特点

本专题是高考必考题型, 高考的实验题通常是常规实验的变式创新或拓展, 它们基本上都不是课本上现成的实验, 但其原理、方法以及所要求的知识均是学生所学过的, 即用学过的实验方法和用过的实验仪器进行新实验, 是对学生基本实验能力和理解、推理、迁移能力的考查.

解题策略

解决这类问题的基本思路和方法是: 仔细阅读题目, 理解题意, 在了解所介绍的实验仪器的基本原理、使用方法的基础上, 运用以前所学过的知识、使用过的仪器和做过实验的方法, 进行情境迁移.

题型纠错

本专题易错点: 一、游标卡尺和螺旋测微器读数易错; 二、纸带问题中计时点和计数点混淆.

真题导引

答案: (1) 0.006 (0.005~0.007 均正确) 20.036 (20.035~20.037 均正确) 20.030 (20.028~20.032 均正确) (2) 大于 (3) 82.5 1.82 9.83

解析: (1) 测量前测微螺杆与测砧相触时, 螺旋测微器的读数 $d_0 = 0 \text{ mm} + 0.6 \times 0.01 \text{ mm} = 0.006 \text{ mm}$, 螺旋测微器在夹有摆球时, 螺旋测微器的读数为 $d_1 = 20 \text{ mm} + 3.6 \times 0.01 \text{ mm} = 20.036 \text{ mm}$, 则摆球的直径为 $d = d_1 - d_0 = 20.030 \text{ mm}$.

(2) 角度盘的大小一定, 即在规定的位置安装角度盘, 测量的摆角准确, 但将角度盘固定在规定位置上方, 即角度盘到悬挂点的距离变短, 同样的角度, 摆线在刻度盘上扫过的弧长变短, 故摆线在角度盘上所指的示数为 5° 时, 实际摆角大于 5° .

(3) 单摆的摆线长度为 81.50 cm, 则摆长为 $l = l_0 + \frac{d}{2} = 81.50 \text{ cm} + \frac{2.0030}{2} \text{ cm} \approx 82.5 \text{ cm}$, 结果保留 3 位有效数字, 得摆长为 82.5 cm; 一次全振动单摆经过最低点两次, 故此单摆的周期为 $T = \frac{2t}{N} = \frac{54.60}{30} \text{ s} = 1.82 \text{ s}$; 由单摆的周期表达式 $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ 得, 重力加速度 $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \approx 9.83 \text{ m/s}^2$.

题型训练

1. 答案: (1)B (2)0.45 (3)BC

解析: (1) 电火花打点计时器需要接 220 V 的交流电, B 正确.

(2) C 点的瞬时速度等于 BD 段的平均速度 $v = \frac{s_3 + s_2}{2t}$, 得 $v = 0.45 \text{ m/s}$.

(3) 第二次实验的图像中, 速度没有从原点开始, 即舍掉了开头一些密集的打点, 且第二次实验图像中, 点更靠近速度变化的直线, 误差更小, B、C 正确.

2. 答案: (1)B (2) $\frac{c}{g}$ $\frac{(g+c)b}{c} - m_0$

解析: (1) 因本实验采用手机 App 软件能准确测量加速度, 故不需要用钩码 C 的重力代替绳的拉力, 也就不需要质量关系, 即不需要钩码 C 的质量远小于智能手机、滑块 A 和钩码 B 的总质量, A 错误; 为了让绳子拉滑块的力为恒力, 细绳应该始终与长木板平行, B 正确; 钩码 C 向下加速运动, 由牛顿第二定律可知绳子的拉力小于钩码 C 的重力, C 错误.

(2) 设滑块 A 和智能手机的总质量为 M , 对系统整体由牛顿第二定律得 $mg - \mu(M + m_0 - m)g = (M + m_0)a$, 得 $a = \frac{(1+\mu)g}{M+m_0} m - \mu g$, 根据图像可得 $\mu g = c$,



$$\frac{(1+\mu)g}{M+m_0} = \frac{c}{b}, \text{解得 } \mu = \frac{c}{g}, M = \frac{(g+c)b}{c} - m_0.$$

3. 答案: (1)AC (2)1 (3)没有完全平衡摩擦力

解析: (1)平衡摩擦力时,应满足公式 $Mg \sin \theta = \mu Mg \cos \theta = 0$, 所以应不挂重物,小车受到的 $F_{合} = 2F = Ma$,因此不需要测出砂桶和砂的质量,也不需要满足 m 远小于 M ,实验时应使小车靠近打点计时器,先接通电源,再释放小车,A、C 正确.

(2)根据公式 $2F = Ma$, 得 $a = \frac{2F}{M}$, 图像的斜率 $k = \frac{4}{2} = 2$, 则 $M = 1 \text{ kg}$.

(3)根据牛顿第二定律有 $2F + Mg \sin \theta - \mu Mg \cos \theta = Ma$, 可知图像未过原点是因为没有完全平衡摩擦力.

【纠错点拨】本题是探究加速度与受力、物体质量的关系的创新实验,用砂桶和滑轮组结合来拉动小车,要注意小车受到的合力并不等于拉力传感器的示数,而是拉力传感器示数的 2 倍.

4. 答案: (1)C (2)9.8 大

解析: (1)先用一个弹簧测力计施加一个力把结点拉至 O 点,记下这个力.再用两个弹簧测力计分别钩住细绳套仍将结点拉至 O 点,记录下这两个力.这里采用的实验方法是等效替代法,C 正确.

(2)①以钩码为研究对象有 $mg = F = kx$, 解得 $m = \frac{k}{g}x$, 结合 $m-x$ 图像有 $\frac{k}{g} = \frac{40 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-2}} \text{ kg/m} = 1 \text{ kg/m}$, 解得 $k = 9.8 \text{ N/m}$

②弹簧剪断后劲度系数增大,图像的斜率 $\frac{k}{g}$ 增大.

5. 答案: (1)9.303(9.302~9.304 均正确) (2) $s = \sqrt{\frac{g}{2H}}$

$$(3) \frac{1}{4}$$

解析: (1)螺旋测微器测得小球 P 的直径为 $D = 9 \text{ mm} + 30.3 \times 0.01 \text{ mm} = 9.303 \text{ mm}$.

(2)碰后小球 Q 做平抛运动,竖直方向有 $H = \frac{1}{2}gt^2$, 水平方向有 $s = v_Q t$, 联立解得碰后小球 Q 的速度大小为 $v_Q = s \sqrt{\frac{g}{2H}}$.

(3)小球 P 运动到最低点与小球 Q 碰撞前,根据动能定理可得 $v_P = \sqrt{2gL(1-\cos \alpha)}$

同理小球 P 与小球 Q 碰撞后的速度大小为 $v'_P = \sqrt{2gL(1-\cos \beta)}$, 该碰撞过程中动量守恒,有 $m_P v_P + 0 = m_P v'_P + m_Q v_Q$, 机械能守恒有 $\frac{1}{2}m_P v_P^2 + 0 = \frac{1}{2}m_P v'_P^2 + \frac{1}{2}m_Q v_Q^2$, 联立解得 $v'_P = \frac{m_P - m_Q}{m_P + m_Q} v_P = \frac{1}{2} v_P$, 化简可得

$\cos \beta = \frac{1}{4} \cos \alpha + \frac{3}{4}$, 则该直线斜率的理论值应为 $k = \frac{1}{4}$.

题型 17 电学实验(一)

题型特点

电学实验是高考必考试题,试题源于课本高于课本,需要对基本仪器的使用做到心中有数,电学实验一般是利用一段电路围绕测电阻来进行不同角度的考查.

解题策略

首先对教材中出现的所有电学实验理解、掌握,对教材中的母题记住、理解并掌握其原理;其次能准确地使用仪表、滑动变阻器;最后抓好每道题目的实验原理.

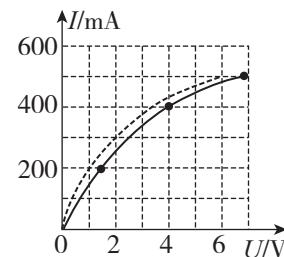
题型纠错

本专题易错点:一、实物图的连接易错;二、电表的读数中估读易错.

真题导引

答案: (1)(a) (2)如解析图所示

解析: (1)灯泡的电阻 $R_L = \frac{6^2}{3} \Omega = 12 \Omega$, 由 $U-I$ 图像可知,当 $U=6 \text{ V}$ 时, $I=0.5 \text{ A}$, 此时电阻 $R = \frac{U}{I} = 12 \Omega = R_L$, 可知电表内阻对电路的影响较小,因 R_V 远大于 R_L , 则该同学采用电流表外接法,则该同学选择的电路图是图(a). (2)若选用另一个电路图即图(b)实验,会有 $U=U_A + IR_A$, 则分别代入电流 200 mA、400 mA、500 mA, 可知对应的电压应为 1.3 V、4.0 V、6.75 V, 描点连线如图所示.



题型训练

1. 答案: (1) 欧姆 (2) 短暂 负 (3) 如图(a)所示 (4) 如图(b)所示 C

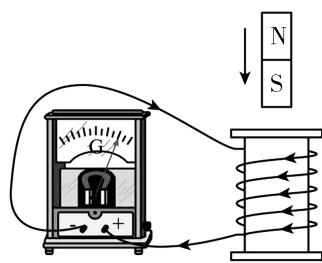
解析: (1)根据题意可知,实验要使用电表内部某一挡含有直流电源,则只有多用电表的欧姆挡有电源,所以需要选用多用电表的欧姆挡对灵敏电流表进行测试.

(2)灵敏电流表量程太小,欧姆表内部电源电压相对较

教学笔记

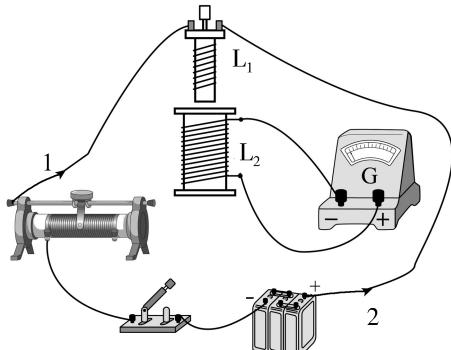
大,若电流超过灵敏电流表量程,长时间通电会损坏电流表,故应短暂接触灵敏电流表的负接线柱;欧姆表红表笔连接电源的负极,灵敏电流表的指针向左摆动,说明电流从灵敏电流表的负接线柱流入.

(3)电流表的指针向右偏转,说明电流从正接线柱流入电流表,感应电流的磁场方向向下,根据楞次定律可知,原磁场方向向上,故插入的磁铁下端为S极,如图(a)所示.



图(a)

(4)①将线圈 L_2 与灵敏电流表串联形成回路,将电源、开关、滑动变阻器、线圈 L_1 串联形成另一个回路,实物图如图(b)所示.



图(b)

②根据题意,闭合开关时,穿过线圈 L_2 的磁通量增大,产生的感应电流的磁场方向与原磁场方向相反,而拔出软铁棒、拔出线圈 L_1 、断开开关 S ,穿过线圈 L_2 的磁通量均减小,产生的感应电流的磁场方向与原磁场方向相同,A、B、D错误;当使滑动变阻器的滑片P左移时,电流增大,穿过线圈 L_2 的磁通量增大,产生的感应电流的磁场方向与原磁场方向相反,C正确.

2. 答案:(1)1.845(1.844~1.846均正确) 4.240

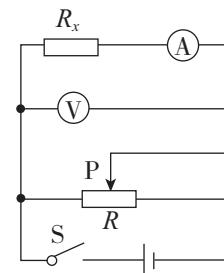
6.0 (2)A C E (3)图见解析 (4) $\frac{\pi D^2(U-Ir_A)}{4IL}$

解析:(1)螺旋测微器的读数为固定刻度读数与可动刻度读数之和,所以圆柱体的直径为 $1.5\text{ mm} + 34.5 \times 0.01\text{ mm} = 1.845\text{ mm}$;游标卡尺读数为主尺读数与游标尺读数之和,所以图中所测圆柱体的长度为 $42\text{ mm} + 8 \times 0.05\text{ mm} = 42.40\text{ mm} = 4.240\text{ cm}$;多用电表的读数为指针刻度与倍率的乘积,所以粗测电阻为 $6.0 \times 1\Omega = 6.0\Omega$.

(2)电源电动势为3V,所以电压表应选3V量程,故电压

表选A;电路中的电流约为 $I = \frac{U}{R} = 0.5\text{ A}$,所以电流表量程应选0.6A量程的,故电流表选C;实验要求待测电阻两端的电压调节范围尽量大,所以滑动变阻器应用分压式接法,所以滑动变阻器应选择总阻值较小的E.

(3)由于电流表内阻已知,其分压可以确定,所以电流表应采用内接法,根据以上分析,设计的电路图如图所示.



(4)根据欧姆定律 $R_x = \frac{U - Ir_A}{I}$, 电阻定律有 $R_x = \rho \frac{L}{S}$, 横截面积 $S = \frac{1}{4}\pi D^2$, 解得 $\rho = \frac{\pi D^2(U - Ir_A)}{4IL}$.

3. 答案:(1)黑 2.5 mA 5 V (2)1.50 mA

(3)4 500 (4)400

解析:(1)根据欧姆表内部结构可知,黑表笔接电源正极,红表笔接电源负极,所以与A接线柱相连的是黑表笔;若开关B端是与触点“1”相连,则此时应为量程较大的电流表,所以多用电表的挡位为2.5 mA;若开关B端与触点“5”相连,则此时应为量程较大的电压表,所以多用电表的挡位为5 V.

(2)此时多用电表的读数为1.50 mA.

(3)当把开关B端接到位置3,短接A、B表笔,有 $I = 1\text{ mA}$,根据 $E = IR_{\text{内}}$, 其中 $R_{\text{内}} = 1500\Omega$, 用该挡测量一个未知电阻阻值,指针偏转到电流表G满偏刻度的 $\frac{1}{4}$ 处,有 $E = \frac{1}{4}I(R + R_{\text{内}})$, 联立解得 $R = 4500\Omega$.

(4)若欧姆表长时间不用,电动势变为 $E' = 1.2\text{ V}$, 那么中值电阻 $R'_{\text{内}} = \frac{E'}{I}$, 而指针所指处的电流为 $I' = \frac{E}{R_{\text{内}} + R_x}$, 当电动势降低后有 $I' = \frac{E}{R'_{\text{内}} + R_x}$, 解得 $R'_{\text{内}} = 400\Omega$.

4. 答案:(1) R_1 0.6 (2)左 3.0 2.9 (3)等于 等于

解析:(1)为了使电流表测量的范围大一些,电路图中的定值电阻应选用阻值较小的 R_1 ;此时电路中的最大测量电流为 $I_{\text{max}} = I_g + \frac{I_g R_g}{R_1} = 0.1\text{ A} + \frac{0.1 \times 5}{1}\text{ A} = 0.6\text{ A}$.

(2)闭合开关前,应使电路电流从最小开始调节,将图甲中滑动变阻器的滑片移到最左端;将毫安表与定值电阻 R_1 看成一个新电流表,当毫安表示数为 I 时,电路总电流为 $I_{\text{总}} = I + \frac{IR_g}{R_1} = 6I$, 根据闭合电路欧姆定律可得 $E =$

教学笔记

$U+IR_g+6Ir$, 整理可得 $U=-I(R_g+6r)+E$, 可知 $U-I$ 图像的纵轴截距等于两节电池的总电动势, 则有 $b=E=3.0$ V, $U-I$ 图像的斜率绝对值为 $|k|=R_g+6r=|\frac{\Delta U}{\Delta I}|=\frac{3.0-1.0}{0.09}$ Ω, 解得总内阻为 $r\approx 2.9$ Ω.

(3) 实验中电流表接在干路上, 有一定的分压作用, 由于电流表内阻已知, 在(2)问中已经把电流表的分压计算在内, 则从实验原理上分析, 通过本实验测量的电动势等于实际电动势, 测量的内阻等于实际内阻.

【易错点拨】在电源的 $U-I$ 图像根据斜率求电源内阻时要注意纵轴是否从 0 开始, 如本题中纵轴从 1.0 V 开始, 所以斜率 k 不能直接用两截距的比值计算, 另外还要注意轴上的单位, 如果不是国际制一定要换算成国际制单位再进行运算.

5. 答案: (1)AC (2)A₁ (3) $\frac{1}{k}$ $\frac{b}{k}$ (4) 电流表有内阻,

测量的实际值为欧姆表内阻和电流表内阻之和

解析: (1) 多用电表接入电路前应该先进行欧姆调零, A 正确, B 错误; 电流由红表笔流入多用电表, 由黑表笔流出多用电表, 电流由正接线柱流入负接线柱流出电流表, C 正确, D 错误.

(2) 多用电表内阻等于中值电阻, “ $\times 10$ ”挡, 所以多用电表内阻是 100 Ω, 满偏电流 $I_g=\frac{E}{R_{内}+R_A}=\frac{1.5 \text{ V}}{100 \Omega+R_A}\leqslant 15 \text{ mA}$, 故选填 A₁.

(3) 由闭合回路欧姆定律可知 $I=\frac{E}{R_{内}+R}$, 得 $\frac{1}{I}=\frac{R}{E}+\frac{R_{内}}{E}$, 斜率 $k=\frac{1}{E}$, 截距 $b=\frac{R_{内}}{E}$, 所以电源电动势为 $\frac{1}{k}$, 内阻为 $\frac{b}{k}$.

(4) 电流表有内阻, 测量的实际值为欧姆表内阻和电流表内阻之和.

题型 18 电学实验(二)

题型特点

在高考中对电学实验一般不直接考查课本上的学生实验, 而是在学生实验的基础上进行创新, 常常在实验原理、实验器材、数据处理等方面加以改进而设计成创新实验, 考查学生的创新能力.

解题策略

首先对教材中出现的所有电学实验理应以常规实验为依据, 从实验电路图入手, 结合实验的具体要求进行推理分析.

题型纠错

本专题易错点: 一、从心理上畏惧实验题; 二、就题论

题, 不会知识迁移; 三、对实验原理重要性重视度不够; 四、审题错误.

真题导引

答案: (1) 正极 (2) C (3) R_2 电荷量

解析: (1) 多用电表红表笔流入电流, 黑表笔流出电流, 故红表笔应该与电池的正极接触.

(2) 电容器充电完成后, 开始时两极板电荷量较多, 电势差较大, 当闭合“2”接入小灯泡, 回路立即形成电流, 灯泡会迅速变亮, 随着时间的积累, 两极板电荷量变少, 电势差变小, 流过灯泡的电流减小, 直至两极板电荷量为零不带电, 则无电流流过小灯泡即熄灭, C 正确.

(3) 开始充电时两极板不带电, 两极板电势差为零, 设电源内阻为 r , 则开始充电时有 $E=I(R+r)$, 由图像可知开始充电时直线的电流较小, 故电路中的电阻较大, 因此电阻箱阻值为 R_2 ; 图像的物理意义为充电过程中电流随时间的变化图线, 故曲线与坐标轴所围面积等于该次充电完成后电容器上的电荷量.

题型训练

1. 答案: (1) 等于 (2) 变压器存在漏磁的问题

解析: (1) 根据实验表格中的电压比和匝数比可知在误差允许的范围内, 原、副线圈的电压比等于原、副线圈的匝数比.

(2) 电压比与匝数比并不相等, 主要原因是变压器是不理想的, 存在漏磁的问题等.

2. 答案: (1) a (2) 右 (3) 在预定的报警温度的环境时该热敏电阻 R_T 和滑动变阻器的总电阻之和过小, 可以换一个阻值大一点的滑动变阻器

解析: (1) 由题图甲可知, 热敏电阻 R_T 在温度升高时阻值变小, 电路中电流变大, 电磁铁磁性增强, 把右侧衔铁吸引过来, 与 a 接触, 故 c 应接在 a 处.

(2) 若要使启动报警的温度降低些, 则电路中的电阻要减小, 即滑动变阻器的滑片 P 向右移动.

(3) 在预定的报警温度的环境时该热敏电阻 R_T 和滑动变阻器的总电阻之和过小, 电流过大, 可以换一个阻值大一点的滑动变阻器.

3. 答案: (1) E_2 R_2 (2) 1 900.0 偏小 (3) C

解析: (1) 本实验采用的是半偏法测电阻, 实验中认为干路电流近似不变, 实验时闭合 S_2 , 电阻箱 R 接入电路后, 干路电流会发生变化, 为使干路电流变化较小, 应使干路中滑动变阻器接入电路的阻值尽量大, 为使电流表能够满偏, 相应的电源电动势应较大, 故选择电动势为 9 V 的

教学笔记

电源 E_2 ，毫安表 A 的满偏电流为 0.5 mA，则此时电路中总阻值为 $\frac{9 \text{ V}}{0.5 \times 10^{-3} \text{ A}} = 18 \text{ k}\Omega$ ，故滑动变阻器应选用最大阻值为 20 k Ω 的 R_2 。

(2) 根据上述分析，干路电流近似不变，可知通过毫安表的电流近似等于通过电阻箱的电流，可知两部分电阻近似相等，即毫安表 A 内阻的测量值 $R_A = 1900.0 \Omega$ ；闭合 S_2 ，电阻箱 R 接入电路后，电路的总电阻变小，干路电流稍微变大，即干路电流大于 I_g ，而流过毫安表 A 的电流为 $\frac{1}{2} I_g$ ，则流过电阻箱 R 的电流大于 $\frac{1}{2} I_g$ ，即流过电阻箱 R 的电流实际上大于流过毫安表 A 的电流，根据并联电路的特点，可知毫安表 A 的内阻真实值大于测量值(电阻箱 R 的阻值)，可知测量值偏小。

(3) 若按照(2)中测量的 R_A 改装成量程为 2 V 的电压表，需要串联的电阻为 $R = \frac{U}{I_g} - R_g = 2100 \Omega$ ，但毫安表内阻的测量值比真实值偏小，则计算出的串联电阻 R 的阻值偏大，则改装后的电压表量程会大于 2 V，C 正确。

4. 答案：(1) 10.00 1.50 5.00 (2) $\frac{1}{U} = \frac{1}{E} + \frac{R_A + r}{E} \cdot \frac{1}{R}$

2.8 1.1

解析：(1) 电阻箱的读数等于各挡位的电阻之和，图乙中电阻箱的读数为 10.00 Ω ；电压表的精度为 0.1 V，读数应估读一位，该电压表的读数为 1.50 V；根据部分电路欧姆定律可得 $\frac{1.00 \text{ V}}{10 \Omega} = \frac{1.50 \text{ V}}{10 + R_A}$ ，解得 $R_A = 5.00 \Omega$ 。

(2) 根据闭合电路欧姆定律有 $E = U + \frac{U}{R} (R_A + r)$ ，变形得 $\frac{1}{U} = \frac{1}{E} + \frac{R_A + r}{E} \cdot \frac{1}{R}$ ，结合图像有 $\frac{1}{E} = 0.36$ ， $\frac{R_A + r}{E} = \frac{0.58 - 0.36}{0.10}$ ，联立解得 $E \approx 2.8 \text{ V}$ ， $r \approx 1.1 \Omega$ 。

【误区警示】本题中可以根据电阻箱和电压表的读数算出电流表的内阻，在测电源电动势和内阻时引起误差的原因是由于电流表的分压，所以数据处理时不能忽略电流表的内阻。

5. 答案：(2) B (3) $\frac{\pi D^2 R_0}{4L_0}$ (5) $\frac{1}{b} \frac{kR_0}{bL_0} > >$

解析：(2) 为了保证电路安全，金属丝应在最大阻值处，所以先将金属夹 P 移动到 B 位置。

(3) 根据等效原理可知金属丝的阻值为 R_0 ，根据电阻定律有 $R_0 = \rho \frac{L_0}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2}$ ，解得 $\rho = \frac{\pi D^2 R_0}{4L_0}$ 。

(5) 若不计电压表内阻的影响，根据闭合电路欧姆定律有 $E_1 = U + \frac{U}{R} r_1$ ，其中 $R = \rho \frac{L}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2}$ ，变形可得 $\frac{1}{U} = \frac{1}{E_1} +$

$\frac{r_1 \pi D^2}{4E_1 \rho} \cdot \frac{1}{L}$ ，根据图像的斜率与截距结合电阻率表达式 $\rho = \frac{\pi D^2 R_0}{4L_0}$ ，解得 $E_1 = \frac{1}{b}$ ， $r_1 = \frac{kR_0}{bL_0}$ ；若考虑电压表内阻的影响，由于电压表的分流作用，则有 $E_2 = U + \left(\frac{U}{R} + I_V\right) r > U + \frac{U}{R} r$ ，即 $E_2 > E_1$ ，电压表和电源并联，则 $r_2 > r_1$ 。

题型 19 热学实验、光学实验

题型特点

本专题涉及两个热学实验和两个光学实验，主要考查实验的基本原理、基本操作和实验数据处理，以较易和中等难度为主，主要考查物理核心素养的科学探究能力。

解题策略

第一，用油膜法估测分子的大小实验的关键点是控制好实验条件，尽量形成单分子油膜层，层厚度 $d = \frac{V}{S}$ ，即为分子直径；第二，测玻璃折射率的实验关键点是画出入射光线和折射光线，找出入射角和折射角，根据折射定律计算出折射率；第三，用双缝干涉测光的波长实验的关键点是控制实验条件，测得相邻两亮(暗)条纹间的距离 Δx 及 l 和 d 的长度，根据 $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$ 算出 λ 值。

题型纠错

用双缝干涉测光的波长实验各个仪器的排列顺序是易错点。

真题导引

答案：(1) B (2) 204×10^3 (3) 增大

解析：(1) 在实验误差允许范围内，图乙中的拟合曲线为一条过原点的直线，说明在等温情况下，一定质量的气体， p 与 $\frac{1}{V}$ 成正比，B 正确。

(2) 若气体被压缩到 $V = 10.0 \text{ mL}$ ，则有

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{10.0} \text{ mL}^{-1} = 100 \times 10^{-3} \text{ mL}^{-1}$$

由图乙可读出对应的封闭气体的压强为 $p = 204 \times 10^3 \text{ Pa}$

(3) 某组同学进行实验时，一同学在记录数据时漏掉了 ΔV ，则在计算 pV 乘积时，根据

$$p(V_0 + \Delta V) - pV_0 = p\Delta V$$

可知他的计算结果与同组正确记录数据同学的计算结果之差的绝对值会随 p 的增大而增大。

【误区警示】在确定各点坐标时要注意坐标轴上的单位，

教学笔记

如坐标(90×10^{-3} mL $^{-1}$, 184×10^3 Pa),容易错误地读成(90 mL $^{-1}$, 184 Pa).

题型训练

1. 答案:(1)D (2)偏大 偏小 (3) 7×10^{-10}

解析:(1)测量一滴油酸酒精溶液中纯油酸的体积时,至少要测量50滴到100滴油酸酒精溶液的体积,然后计算一滴油酸酒精溶液中纯油酸的体积,A错误;测量一滴油酸酒精溶液在水面形成的面积时,使用爽身粉才能看出油膜的轮廓,在水中加入红墨水后混合均匀不能看出油膜的轮廓,B错误;实验时只是把油酸分子看成是球形的理想模型,实际的油酸分子不是球形的,因此通过计算得到的只是将油酸分子看成是球形时的油酸分子直径,C错误;计算油酸分子的大小时,认为水面油酸为单分子层且认为分子间紧密排布,D正确.

(2)①若实验过程中发现,撒入的爽身粉过多,导致油酸分子未形成单分子层,则油膜面积的测量值偏小,根据 $d = \frac{V}{S}$,则计算得到的油酸分子直径将偏大;②若实验中使用的油酸酒精溶液是经久置的,在溶液中的油酸浓度会偏大,实际计算时仍按原来的浓度计算,则计算得到的油酸分子直径将偏小.

(3)一滴油酸酒精溶液中含纯油酸的体积为 $V = \frac{1}{5000} \times \frac{1}{80} \text{ mL} = 2.5 \times 10^{-6} \text{ mL}$,油膜的面积为 $S = 140 \times 0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2 = 35 \text{ cm}^2$,分子直径 $d = \frac{V}{S} = \frac{2.5 \times 10^{-6} \times 10^{-6}}{35 \times 10^{-4}} \text{ m} \approx 7 \times 10^{-10} \text{ m}$.

【误区警示】在数轮廓内正方形的格数时要依据四舍五入的原则,不足半格的舍去,超过半格的计为1格.

2. 答案:(1)反比 (2)C (3)气体温度升高

解析:(1)作出 $p - \frac{1}{V}$ 图线,该图线为直线且反向延长线过坐标原点,就说明气体压强与体积成反比.

(2)由于注射器是圆柱形的,横截面积不变,所以只需测出空气柱的长度即可,A错误;本实验采用的方法是控制变量法,所以要保持被封闭气体的质量和温度不变,故温度保持不变即可,不一定要测量出环境的温度,B错误;涂润滑油主要是防止漏气,使被封闭气体的质量不发生变化,也可以减小摩擦,C正确;手握紧活塞会导致温度的变化,从而影响实验,D错误.

(3)一实验小组作出的 $p - \frac{1}{V}$ 图像的图线发生向上弯曲,造成该现象的原因可能是气体温度升高所致.

3. 答案:(1)BC (2)13.870 (3) 7.70×10^{-7}

解析:(1)干涉条纹与双缝平行,A错误;单缝和双缝应相互平行放置,B正确;若取下滤光片,光屏上可观察到白光的干涉图样,C正确;想增加从目镜中观察到的条纹个数,则要减小条纹间距,由相邻两条纹间距公式 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$ 可知,可以将双缝的距离d增大,或减小双缝到屏的距离L,或用波长小的光做实验,若将单缝向双缝靠近,不会改变条纹的间距,不会改变目镜中观察到的条纹个数,D错误.

(2)由图乙可知,螺旋测微器的固定刻度读数为13.5 mm,可动刻度的读数为 $0.01 \times 37.0 \text{ mm} = 0.370 \text{ mm}$,则有手轮上的示数为 $x_2 = 13.5 \text{ mm} + 0.370 \text{ mm} = 13.870 \text{ mm}$.

(3)由图甲可知,螺旋测微器的固定刻度读数为2 mm,可动刻度的读数为 $0.01 \times 32.0 \text{ mm} = 0.320 \text{ mm}$,则有手轮上的示数为 $x_1 = 2 \text{ mm} + 0.320 \text{ mm} = 2.320 \text{ mm}$,则有相邻亮条纹间距为 $\Delta x = \frac{x_2 - x_1}{n-1} = \frac{13.870 - 2.320}{6-1} \text{ mm} = \frac{11.550}{5} \text{ mm} = 2.31 \text{ mm} = 2.31 \times 10^{-3} \text{ m}$,由 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$,可得所测量光的波长为 $\lambda = \frac{d \cdot \Delta x}{L} = \frac{2.0 \times 10^{-4} \times 2.31 \times 10^{-3}}{0.600} \text{ m} = 7.70 \times 10^{-7} \text{ m}$.

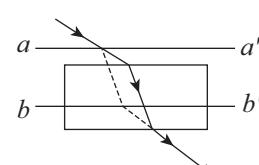
4. 答案:(1)BD (2)B 1.45 (3)等于

解析:(1)在直线AO上竖直地插上 P_1 、 P_2 两枚大头针,然后在玻璃砖另一侧插上大头针 P_3 ,使 P_3 挡住 P_1 的像和 P_2 的像,最后在玻璃砖另一侧插上大头针 P_4 ,使 P_4 挡住 P_3 、 P_1 的像和 P_2 的像;故实验接下来要完成的必要步骤是B、D.

(2)①根据折射定律可得 $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$,可得 $\sin \theta_1 = n \sin \theta_2$,可知 $\sin \theta_1 - \sin \theta_2$ 图像的斜率表示玻璃的折射率,即图像的y轴、x轴表示的物理量依次为 $\sin \theta_1$ 、 $\sin \theta_2$,B正确.

②该玻璃砖的折射率为 $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{EG}{FH} = \frac{EG}{FH} = \frac{2.32}{1.60} = 1.45$.

(3)如图所示.



实线表示将玻璃砖向下平移后实际的光路图,而虚线是作图时采用的光路图,通过比较发现入射角和折射角均没有变化,由折射定律可知,折射率的测量值等于准确值.

教学笔记

题型 20 牛顿运动定律和运动学的综合

题型特点

本专题主要是考查牛顿第二定律的综合应用问题以及匀变速运动规律相结合的综合应用问题。

解题策略

首先需要认真审题，提取题目信息，确定研究对象，对其进行受力分析，运用牛顿第二定律求解物体的加速度，然后确定物体的运动过程，列相应的运动学方程即可。

题型纠错

易错点主要在于对受力情况分析不透彻，对运动过程分析不清晰及运用符号错误等。

真题导引

答案：(1) 2 m/s^2 40 s (2) $2.8 \times 10^7 \text{ J}$

解析：(1) 飞机从静止开始做匀加速直线运动，平均速度

$$\text{为 } \frac{v_1}{2} \text{, 则 } L = \frac{1}{2} v_1 t$$

$$\text{解得飞机滑行的时间为 } t = \frac{2L}{v_1} = \frac{2 \times 1600}{80} \text{ s} = 40 \text{ s}$$

$$\text{飞机滑行的加速度为 } a = \frac{v_1}{t} = \frac{80}{40} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$$

(2) 飞机从水面至 $h = 100 \text{ m}$ 处，水的机械能包含水的动能和重力势能，则机械能变化量为

$$\Delta E = \frac{1}{2} m v_2^2 + mgh - \frac{1}{2} m v_1^2 = 2.8 \times 10^7 \text{ J}$$

题型训练

1. 答案：(1) 160 N (2) 0.5

解析：(1) 该同学和滑雪圈在斜直雪道上滑行时做初速度为 0 的匀加速直线运动，加速度大小为 a_1 ，位移大小为 x_1 ，时间为 t_1 ，末速度为 v_m ；在水平雪道上滑行时，做末速度为 0 的匀减速直线运动，位移大小为 x_2 ，时间为 t_2 ，

$$\text{分析运动过程可得 } x_1 = \frac{v_m}{2} t_1$$

$$x_2 = \frac{v_m}{2} t_2$$

整个过程用时是 $t_1 + t_2 = 14 \text{ s}$

解得斜直雪道末速度 $v_m = 20 \text{ m/s}$

斜直雪道的用时 $t_1 = 6 \text{ s}$

水平雪道的用时 $t_2 = 8 \text{ s}$

$$\text{在斜直雪道上的加速度 } a_1 = \frac{v_m}{t_1} = \frac{10}{3} \text{ m/s}^2$$

由牛顿第二定律得 $mg \sin 37^\circ - F_f = ma_1$

解得该同学和滑雪圈在斜直雪道上受到的平均阻力为 $F_f = 160 \text{ N}$

(2) 设在水平雪道上滑行时，加速度的大小为 a_2 ，则

$$a_2 = \frac{v_m}{t_2} = 2.5 \text{ m/s}^2$$

使水平雪道距离缩短为 60 m，设该同学和滑雪圈滑出水平雪道的速度为 v ，则 $v_m^2 - v^2 = 2a_2 x_3$

$$\text{解得 } v = \sqrt{v_m^2 - 2a_2 x_3} = \sqrt{20^2 - 2 \times 2.5 \times 60} \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$$

设在防滑毯上的加速度大小为 a_3 ，则 $v^2 = 2a_3 x_4$

$$\text{解得 } a_3 = \frac{v^2}{2x_4} = \frac{10^2}{2 \times 10} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2$$

由牛顿第二定律可得 $\mu mg = ma_3$

解得防滑毯与滑雪圈之间的动摩擦因数 $\mu = 0.5$

2. 答案：(1) 0.025 (2) 27.38 m

解析：(1) 假设冰壶在 15 s 末速度恰好减到 0，则冰壶的加速度大小 $a = \frac{3.2 \text{ m/s} - 0.08 \text{ m/s}}{14.5 - 2 \text{ s}} = \frac{156}{625} \text{ m/s}^2$

若冰壶以加速度 $a = \frac{156}{625} \text{ m/s}^2$ 减速，则冰壶在最后 1 s 通过的位移

$$s = \frac{1}{2} a t_1^2 = \frac{1}{2} \times \frac{156}{625} \times 1^2 \text{ m} = \frac{78}{625} \text{ m} > x_{15}$$

所以冰壶在第 15 s 内的某瞬间已经停止运动，将减速到 0 的过程看成反向从 0 开始的匀加速直线运动，设冰壶运动 x_{15} 所用的时间为 t ，则有

$$\text{第 15 s 内运动的位移 } x_{15} = \frac{1}{2} a t^2$$

$$\text{第 2 s 末的速度 } v_2 = a(12+t)$$

根据牛顿第二定律有 $\mu mg = ma$

以上各式联立解得 $\mu = 0.025$

$$(2) \text{ 根据运动学公式有 } L_0 = \frac{1}{2} a (14+t)^2$$

$$\text{解得 } L_0 = 27.38 \text{ m}$$

3. 答案：(1) 20 N (2) 0.25 (3) 12 m

解析：(1) 小球在垂直于杆向上受风力的分力大小为 $F_1 = F \cos 37^\circ$

小球的重力垂直于杆向下的分力大小为

$$G_1 = G \cos 37^\circ = 8 \text{ N}$$

小球在垂直于杆方向上受力平衡，可知杆对球的弹力垂直于杆向下，所以杆对球的支持力大小 $F_2 = F_1 - G_1$

由题意可知 $F_2 = 8 \text{ N}$

解得 $F = 20 \text{ N}$

(2) 风力 F 作用时，由牛顿第二定律有

$$(F - mg) \sin 37^\circ - \mu(F - mg) \cos 37^\circ = ma_1$$

代入数据解得 $\mu = 0.25$

(3) 风力作用 2 s 时小球的速度为 $v_1 = a_1 t_1 = 8 \text{ m/s}$



风力作用 2 s 时小球的位移为 $x_1 = \frac{1}{2}a_1 t_1^2 = 8 \text{ m}$

风力撤去后,由牛顿第二定律有

$$mg \sin 37^\circ + \mu mg \cos 37^\circ = ma_2$$

解得 $a_2 = 8 \text{ m/s}^2$, 方向沿杆向下

$$\text{小球继续上滑的位移 } x_2 = \frac{v_1^2}{2a_2} = 4 \text{ m}$$

小球沿直杆向上运动的最大位移 $x_m = x_1 + x_2 = 12 \text{ m}$

【纠错点拨】小球在风力 F 作用下向上运动时合力方向向上, 风力大于小球的重力, 小球的下部分与杆挤压, 杆对小球的弹力方向垂直于杆向下, 风力撤去后, 合力方向向下, 小球的上部分与杆挤压, 杆对小球的弹力方向垂直于杆向上.

4. 答案: (1) 1 m/s^2 (2) 2 s (3) 8 s

解析: (1) 由于喷气的反作用力为 100 N , 则打开喷气时的

$$\text{加速度大小为 } a = \frac{F}{m} = \frac{100}{100} \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$$

(2) 根据几何关系可知列昂诺夫要想回到飞船, 需要在 y 轴负方向和 x 轴负方向分别前进

$$y = 5 \sin 37^\circ = 3 \text{ m}$$

$$x = 5 \cos 37^\circ = 4 \text{ m}$$

对列昂诺夫的每个步骤进行分析, ①朝 y 轴正方向喷气

1 s, 此过程中, 他受到 y 轴负方向的力, 其位移为 $y_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = 0.5 \text{ m}$, 方向为 y 轴负方向

其末速度为 $v_{y1} = at_1 = 1 \text{ m/s}$, 方向为 y 轴负方向.

②朝 y 轴负方向喷气 1 s, x 轴正方向喷气 2 s, 此过程中, 在 y 方向上, 他受到 y 轴正方向的力, 作用时间为 1 s, 其位移为 $y_2 = v_{y1}t_2 - \frac{1}{2}at_2^2 = 0.5 \text{ m}$, 方向为 y 轴负方向.

其末速度为 $v_{y2} = v_{y1} - at_2 = 0$

此后不再有 y 方向的位移和速度, 根据题意, 列昂诺夫要在 y 方向上前进 3 m, 说明在步骤①之后, 他还有一段距离未喷气, 而是以 v_{y1} 的速度匀速前进, 此过程用时为

$$\Delta t = \frac{3 - 0.5 - 0.5}{1} \text{ s} = 2 \text{ s}$$

可知步骤①完成后, 距离下一次喷气的时间为 2 s

(3) 在 x 方向上, 他受到 x 轴负方向的力, 作用时间为

2 s, 其位移为 $x_1 = \frac{1}{2}at_3^2 = 2 \text{ m}$, 方向为 x 轴负方向

其末速度为 $v_{x1} = at_3 = 2 \text{ m/s}$, 方向为 x 轴负方向.

③朝 x 轴负方向喷气 t 时间, 此次喷气后, 列昂诺夫的末速度要减小到 0, 则有 $0 = v_{x1} - at$

解得 $t = 2 \text{ s}$

朝 x 轴负方向喷气 t 时间, 即 2 s 内其位移为 $x_2 = v_{x1}t - \frac{1}{2}at^2 = 2 \text{ m}$, 方向为 x 轴负方向

由于在步骤②中, 列昂诺夫已经在 x 轴负方向前进了 2 m, 步骤③中再次前进 2 m, 则总共前进了 4 m, 恰好到达飞船, 综上所述, 其运动总用时为 $T = t_1 + \Delta t + t_2 + t_3 + t = 8 \text{ s}$.

【误区警示】最终要保证列昂诺夫恰好到达飞船, 则需要先做加速运动, 再做减速运动, 到达飞船时速度恰好为 0, 而不是只获得一个向飞船的速度就可以了.

题型 21

板块模型和传送带模型

题型特点

本专题综合性较强, 重点考查受力分析和运动分析, 可以充分考查考生的分析综合能力.

解题策略

板块模型问题的解题关键是运动分析和受力分析, 常常要根据临界法和假设法判定板块共速后是否发生相对滑动, 传送带问题中解题关键是分析物块和传送带共速后可能会发生摩擦力的突变.

题型纠错

本专题易错点: 一、板块问题临界点的寻找; 二、对每个物体的受力分析不求错加速度; 三、运用物理规律不熟练; 四、处理综合问题的能力不够.

真题导引

1. 答案: (1) $\sqrt{2\mu g L}$ (2) $3\mu g$ μg (3) $2\sqrt{2\mu g L}$

解析: (1) 由牛顿第二定律知 A 的加速度的大小 $a_A = \mu g$ 由匀变速直线运动规律得 $v_A^2 = 2a_A L$

$$\text{解得 } v_A = \sqrt{2\mu g L}$$

(2) 设 A、B 的质量均为 m

对齐前, 对 B 由牛顿第二定律有 $2\mu mg + \mu mg = ma_B$

$$\text{解得 } a_B = 3\mu g$$

对齐后, A、B 一起做减速运动, 所受合外力大小 $F' = 2\mu mg$

由牛顿第二定律有 $2\mu mg = 2ma'_B$

$$\text{解得 } a'_B = \mu g$$

(3) 设经过时间 t , A、B 达到共同速度 v , 位移分别为 x_A 、 x_B , A 的加速度的大小等于 a_A

则 $v = a_A t$, $v = v_B - a_B t$

$$\text{物块 A 的位移 } x_A = \frac{1}{2}a_A t^2$$

$$\text{物块 B 的位移 } x_B = v_B t - \frac{1}{2}a_B t^2$$

且 $x_B - x_A = L$

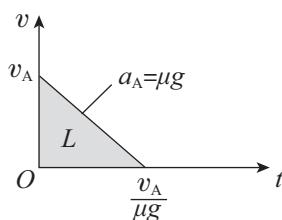
$$\text{联立解得 } v_B = 2\sqrt{2\mu g L}$$

教学笔记

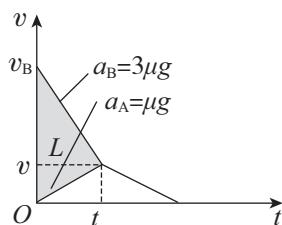
【破题点】板块相向运动时物块恰好不从木板上掉下的临界条件是物块恰好滑到木板左端时二者速度相等，则位移关系为 $x_B - x_A = L$

【提醒】A、B 共速后是否会发生相对滑动，要用临界法进行分析判定。

【图解法】



$$L = \frac{1}{2} v_A \cdot \frac{v_A}{\mu g} \rightarrow v_A = \sqrt{2\mu g L}$$



$$v_B - v = 3(v - 0) \rightarrow v = \frac{1}{4} v_B$$

$$t = \frac{v}{\mu g} = \frac{v_B}{4\mu g}$$

$$L = \frac{1}{2} v_B t = \frac{1}{2} v_B \cdot \frac{v_B}{4\mu g}$$

$$v_B = 2\sqrt{2\mu g L}$$

2. 答案：(1) 0.4 m/s² (2) 4.5 s

解析：(1) 小包裹的速度 v_2 大于传送带的速度 v_1 ，所以小包裹受到传送带的摩擦力沿传送带向上，根据牛顿第二定律 $\mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma$

$$解得 a = 0.4 \text{ m/s}^2$$

(2) 根据(1)可知小包裹开始阶段在传送带上做匀减速直线运动，用时

$$t_1 = \frac{v_2 - v_1}{a} = \frac{1.6 - 0.6}{0.4} \text{ s} = 2.5 \text{ s}$$

$$\text{在传送带上滑动的距离为 } x_1 = \frac{v_1 + v_2}{2} t_1 = \frac{1.6 + 0.6}{2} \times 2.5 \text{ m} = 2.75 \text{ m}$$

因为小包裹所受滑动摩擦力大于重力沿传送带方向上的分力，即 $\mu mg \cos \theta > mg \sin \theta$ ，所以小包裹与传送带共速后做匀速直线运动直至传送带底端，匀速运动的时间为

$$t_2 = \frac{L - x_1}{v_1} = \frac{3.95 - 2.75}{0.6} \text{ s} = 2 \text{ s}$$

所以小包裹通过传送带的时间为 $t = t_1 + t_2 = 4.5 \text{ s}$

题型训练

1. 答案：(1) $2 \text{ N} < F \leq 4 \text{ N}$ (2) $\sqrt{2} \text{ s}$

解析：(1) A 与地面间的最大静摩擦力大小

$$f_1 = \mu_1 (M + m) g = 0.1 \times (1 + 1) \times 10 \text{ N} = 2 \text{ N}$$

A 与 B 间的最大静摩擦力

$$f_2 = \mu_2 mg = 0.3 \times 1 \times 10 \text{ N} = 3 \text{ N}$$

A、B 要一起做匀加速直线运动拉力 $F > f_1 = 2 \text{ N}$

设拉力大小为 F_0 时 A、B 恰好发生相对滑动

对 A，由牛顿第二定律得 $f_2 - f_1 = Ma$

对 A、B 系统，由牛顿第二定律得 $F_0 - f_1 = (m + M)a$

代入数据解得 $F_0 = 4 \text{ N}$, $a = 1 \text{ m/s}^2$

要保持 A、B 一起做匀加速运动，力 F 的取值范围是 $2 \text{ N} < F \leq 4 \text{ N}$

(2) 拉力 $F = 5 \text{ N} > F_0 = 4 \text{ N}$ 时，A、B 发生相对滑动，A 的加速度大小 $a = 1 \text{ m/s}^2$

对 B，由牛顿第二定律得 $F - f_2 = ma_B$

代入数据解得 $a_B = 2 \text{ m/s}^2$

设经过时间 t 铁块运动到木板的右端

$$则 L = \frac{1}{2} a_B t^2 - \frac{1}{2} a t^2$$

代入数据解得 $t = \sqrt{2} \text{ s}$ ($t = -\sqrt{2} \text{ s}$ ，不符合实际，舍去)

2. 答案：(1) 4 m/s (2) 2, 8 s

解析：(1) 小物块在斜面上运动，由动能定理有

$$(mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta)s = \frac{1}{2} mv_0^2$$

解得 $v_0 = 4 \text{ m/s}$

(2) 小物块在传送带上运动，由牛顿第二定律得

$$\mu mg = ma$$

设经过时间 t_1 小物块与传送带达到共同速度

$$则 v = v_0 - at_1$$

$$联立解得 t_1 = 0.8 \text{ s}$$

在时间 0.8 s 内小物块运动的位移大小为

$$x_1 = \frac{v + v_0}{2} t_1 = 2.4 \text{ m}$$

$$由 L - x_1 = vt_2$$

$$解得 t_2 = 2.0 \text{ s}$$

则小物块在传送带上的运动时间为 $t = t_1 + t_2 = 2.8 \text{ s}$

3. 答案：(1) 4.83 s (2) $\mu = 0.5$ $\theta = 37^\circ$ (3) 48 J

解析：(1) 由 $v-t$ 图像知，小物块冲上传送带到达最高点所用时间 $t_1 = 2 \text{ s}$, $v-t$ 图像的面积即位移 $x = 8 \text{ m}$

由图像知，1~2 s 的加速度 $a_2 = \frac{0-2}{1} \text{ m/s}^2 = -2 \text{ m/s}^2$

方向沿传送带向下，小物块向下运动过程中加速度大小与 a_2 相等，由 $x = \frac{1}{2} |a_2| t_2^2$

教学笔记

得 $t_2 = 2\sqrt{2}$ s ≈ 2.83 s

故总时间 $t = t_1 + t_2 = 4.83$ s

(2) 由 $v-t$ 图像得 $0 \sim 1$ s 的加速度 $a_1 = \frac{2-12}{1} \text{ m/s}^2 = -10 \text{ m/s}^2$, 方向沿传送带向下

$0 \sim 1$ s, 对小物块由牛顿第二定律得 $mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = -ma_1$

$1 \sim 2$ s, 对小物块由牛顿第二定律得 $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = -ma_2$

解得 $\theta = 37^\circ$, $\mu = 0.5$

(3) 传送带的速度 $v = 2 \text{ m/s}$, 在 $0 \sim 1$ s 内传送带的位移 $x_{\text{带1}} = vt_1 = 2 \times 1 \text{ m} = 2 \text{ m}$

小物块的位移为 $x_{\text{物1}} = \frac{12+2}{2} \times 1 \text{ m} = 7 \text{ m}$

两者相对位移大小为 $\Delta x_1 = x_{\text{物1}} - x_{\text{带1}} = 5 \text{ m}$

在 $1 \sim 2$ s 内传送带的位移 $x_{\text{带2}} = vt_2 = 2 \times 1 \text{ m} = 2 \text{ m}$

小物块的位移为 $x_{\text{物2}} = \frac{2 \times 1}{2} \text{ m} = 1 \text{ m}$

两者相对位移大小为 $\Delta x_2 = x_{\text{带2}} - x_{\text{物2}} = 1 \text{ m}$

$0 \sim 2$ s 内小物块与传送带间因摩擦所产生的热量 $Q = fd = \mu mg \cos \theta \cdot (\Delta x_1 + \Delta x_2) = 0.5 \times 2 \times 10 \times 0.8 \times (5 + 1) \text{ J} = 48 \text{ J}$

【纠错点拨】小物块在传送带上上滑过程中,当小物块与传送带的速度相等时摩擦力的方向会发生突变,小物块运动的加速度也要发生突变。

4. 答案:(1)0.2 (2)10 m/s (3)5 kg

解析:(1)要保证滑板连续不断地将物块成功从平台 AB 搬运至平台 CD ,滑板返回 B 点时的速度恰好为零,则滑板向右加速时由牛顿第二定律有

$$\mu_1 mg - \mu_2 (M+m)g = Ma_1$$

$$\text{解得 } a_1 = \frac{\mu_1 mg - \mu_2 (M+m)g}{M}$$

滑板返回向左减速时由牛顿第二定律有 $\mu_2 Mg = Ma_2$

$$\text{解得 } a_2 = \mu_2 g$$

$$\text{若满足 } a_1 = a_2$$

则动摩擦因数最大,联立以上各式解得 $\mu_2 = 0.2$, $a_1 = a_2 = 2 \text{ m/s}^2$

(2) 物块在滑板上做减速运动,则 $a_3 = \mu_1 g = 8 \text{ m/s}^2$

滑板向右做加速运动,则 $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$, $L_1 - L_2 = \frac{1}{2} a_1 t^2$

物块速度最小时,物块到达滑板右端恰好与滑板共速

$$\text{且 } v_0 - a_3 t = a_1 t$$

$$\text{解得 } v_0 = 10 \text{ m/s}$$

(3) 滑板与侧壁 B 碰撞时有 $\frac{1}{2} M v_B^2 = 24 \text{ J}$

$$\text{解得 } v_B = 4\sqrt{2} \text{ m/s}$$

滑板从 C 到达 B 端过程中,由动能定理可得

$$-\mu_2 Mg(L_1 - L_2) = \frac{1}{2} M v_B^2 - \frac{1}{2} M v_C^2$$

$$\text{解得 } v_C = 6 \text{ m/s}$$

滑板向右加速时,由运动学公式有 $v_C^2 = 2a_4(L_1 - L_2)$

$$\text{解得 } a_4 = 18 \text{ m/s}^2$$

对滑板由牛顿第二定律有 $\mu_1 m' g - \mu_2 (M+m')g = Ma_4$

$$\text{解得 } m' = 5 \text{ kg}$$

【误区警示】本题为双临界问题,要保证滑板连续不断地将物块成功从平台 AB 搬运至平台 CD ,滑板返回 B 点时的速度恰好为零,还要保证物块到达滑板右端时恰好与滑板共速。

题型 22 动量与能量的综合

题型特点

本专题是动量与能量的综合题目,重点考查匀变速直线运动的规律及应用、牛顿运动定律、动能定理、动量守恒定律、机械能守恒定律,题目整体具有一定的综合性,也有一定的难度,需要学生有一定的审题能力。

解题策略

对于综合性的题目,重点是寻找题目中的重点字词和句子,挖掘题目的隐含条件,确定物体的每一个运动状态,逐个击破,然后利用相应的规律解题。

题型纠错

本专题易错点:一、题目看不懂,物理情境理不清楚;二、题目中的隐含条件不能正确的挖掘出来;三、物理规律运用错误。

真题导引

答案:(1)小球的速度大小为 $\frac{\sqrt{2gl}}{2}$ 圆盘的速度大小为 $\frac{\sqrt{2gl}}{2}$ (2) l (3) 4

解析:(1)过程 1:小球释放后自由下落,下降 l ,根据机械能守恒定律有 $mgl = \frac{1}{2} mv_0^2$

$$\text{解得 } v_0 = \sqrt{2gl}$$

过程 2:小球以 $\sqrt{2gl}$ 的速度与静止的圆盘发生弹性碰撞,根据能量守恒定律和动量守恒定律分别有

$$\frac{1}{2} mv_0^2 = \frac{1}{2} mv_1^2 + \frac{1}{2} M v_1'^2$$

$$mv_0 = mv_1 + M v_1'$$

教学笔记

$$\text{解得 } v_1 = \frac{m-M}{m+M} v_0 = -\frac{\sqrt{2gl}}{2}$$

$$v'_1 = \frac{1}{2} v_0 = \frac{\sqrt{2gl}}{2}$$

即小球碰后的速度大小为 $\frac{\sqrt{2gl}}{2}$, 方向竖直向上, 圆盘碰后的速度大小为 $\frac{\sqrt{2gl}}{2}$, 方向竖直向下

(2) 第一次碰后, 小球做竖直上抛运动, 圆盘摩擦力与重力平衡, 匀速下滑, 所以只要圆盘下降速度比小球快, 二者间距就不断增大, 当二者速度相同时, 间距最大, 即 $v_1 + gt = v'_1$

$$\text{解得 } t = \frac{v'_1 - v_1}{g} = \frac{v_0}{g}$$

根据运动学公式得最大距离为

$$d_{\max} = x_{\text{盘}} - x_{\text{球}} = v'_1 t - \left(v_1 t + \frac{1}{2} g t^2 \right) = \frac{v_0^2}{2g} = l$$

(3) 第一次碰撞后到第二次碰撞时, 两者位移相等, 则有 $x_{\text{盘}1} = x_{\text{球}1}$

$$\text{即 } v_1 t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2 = v'_1 t_1$$

$$\text{解得 } t_1 = \frac{2v_0}{g}$$

$$\text{此时小球的速度 } v_2 = v_1 + g t_1 = \frac{3}{2} v_0$$

圆盘的速度仍为 v'_1 , 这段时间内圆盘下降的位移

$$x_{\text{盘}1} = v'_1 t_1 = \frac{v_0^2}{g} = 2l$$

之后第二次发生弹性碰撞, 根据动量守恒定律

$$mv_2 + Mv'_1 = mv'_2 + Mv''_2$$

$$\text{根据能量守恒定律 } \frac{1}{2} mv_2^2 + \frac{1}{2} Mv'_1^2 = \frac{1}{2} mv'_2^2 + \frac{1}{2} Mv''_2^2$$

$$\text{联立解得 } v'_2 = 0, v''_2 = v_0$$

同理可得当位移相等时 $x_{\text{盘}2} = x_{\text{球}2}$

$$v''_2 t_2 = \frac{1}{2} g t_2^2$$

$$\text{解得 } t_2 = \frac{2v_0}{g}$$

$$\text{圆盘向下运动 } x_{\text{盘}2} = v''_2 t_2 = \frac{2v_0^2}{g} = 4l$$

此时圆盘距下端管口 $13l$, 之后二者第三次发生碰撞, 碰前小球的速度 $v_3 = gt_2 = 2v_0$

$$\text{根据动量守恒定律有 } mv_3 + Mv''_2 = mv'_3 + Mv''_3$$

$$\text{根据机械能守恒定律有 } \frac{1}{2} mv_3^2 + \frac{1}{2} Mv''_2^2 = \frac{1}{2} mv'_3^2 + \frac{1}{2} Mv''_3^2$$

$$\text{得碰后小球速度为 } v'_3 = \frac{v_0}{2}$$

$$\text{圆盘速度 } v''_3 = \frac{3v_0}{2}$$

当二者即将发生第四次碰撞时 $x_{\text{盘}3} = x_{\text{球}3}$

$$\text{即 } v''_3 t_3 = v'_3 t_3 + \frac{1}{2} g t_3^2$$

$$\text{解得 } t_3 = \frac{2v_0}{g} = t_1 = t_2$$

$$\text{在这段时间内, 圆盘向下移动 } x_{\text{盘}3} = v''_3 t_3 = \frac{3v_0^2}{g} = 6l$$

此时圆盘距离下端管口长度为 $20l - l - 2l - 4l - 6l = 7l$
此时可得出圆盘每次碰后到下一次碰前, 下降距离逐次增加 $2l$, 故若发生下一次碰撞, 圆盘将向下移动 $x_{\text{盘}4} = 8l$
则第四次碰撞后落出管口外, 因此圆盘在管内运动的过程中, 小球与圆盘的碰撞次数为 4 次.

题型训练

1. 答案: (1) $\frac{mgx_0}{2}$ (2) $\frac{x_0}{4}$

解析: (1) A 自由下落过程, 根据动能定理有

$$mg \cdot 3x_0 = \frac{1}{2} mv_0^2$$

A、B 碰撞过程, 满足动量守恒, 则有 $mv_0 = 2mv_1$
A、B 碰后恰能一起回到 O 点, 则有

$$\frac{1}{2} \times 2mv_1^2 + E_0 = 2mgx_0$$

$$\text{联立解得碰撞前, 弹簧的弹性势能为 } E_0 = \frac{mgx_0}{2}$$

2. 若将 A 物体从距离 B 物体 $4x_0$ 处重新释放, A 自由下落过程, 根据动能定理有 $mg \cdot 4x_0 = \frac{1}{2} mv_2^2$

A、B 碰撞过程, 满足动量守恒, 则有 $mv_2 = 2mv_3$
A、B 碰后一起回到 O 点, 则有

$$\frac{1}{2} \times 2mv_3^2 + E_0 = \frac{1}{2} \times 2mv_4^2 + 2mgx_0$$

$$\text{A、B 在 O 点之后分离, A 继续上升过程有 } \frac{1}{2} mv_4^2 = mgh'$$

$$\text{联立解得 } h' = \frac{x_0}{4}$$

【误区警示】A、B 碰撞过程有机械能的损失, 所以不能从开始到一起回到 O 点的过程应用机械能守恒定律, 一定要从 A、B 碰撞达到共同速度后到一起回到 O 点的过程应用机械能守恒定律.

2. 答案: (1) 1 m/s (2) 3.5 s

解析: (1) 箱子做匀减速运动, 对箱子根据牛顿第二定律有 $\mu \cdot 2mg = ma$

$$\text{解得 } a = 1 \text{ m/s}^2$$

$$\text{根据运动学公式有 } v_1^2 - v_0^2 = -2aL$$

$$\text{解得箱子与小球碰前速度 } v_1 = 1 \text{ m/s}$$

小球与箱子第一次碰撞过程, 根据动量守恒定律和机械能守恒定律有



$$mv_1 = mv'_1 + mv_2$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv'^2_1 + \frac{1}{2}mv^2_2$$

$$\text{解得 } v'_1 = 0, v_2 = 1 \text{ m/s}$$

$$(2) \text{第一次碰前, 箱子匀减速经历的时间为 } t_1 = \frac{v_0 - v_1}{a}$$

$$\text{解得 } t_1 = 1 \text{ s}$$

$$\text{第一次碰后, 小球匀速运动至箱子右侧经历的时间为 } t_2 = \frac{L}{v_2}$$

$$\text{解得 } t_2 = 1.5 \text{ s}$$

到箱子右侧发生第二次碰撞, 同理可知发生速度交换, 设碰后箱子速度为 v , 则 v 的大小为 1 m/s, 之后箱子以该速度继续做匀减速运动, 根据 $0 - v^2 = -2ax$

$$\text{解得 } x = 0.5 \text{ m} < L$$

$$\text{可知箱子与小球不再碰撞, 此过程经历的时间 } t_3 = \frac{v}{a}$$

$$\text{解得 } t_3 = 1 \text{ s}$$

$$\text{所以箱子从开始运动到最终停止的总时间 } t = t_1 + t_2 + t_3 = 3.5 \text{ s}$$

3. 答案: (1) 2.4 m/s 6.4 m/s (2) 见解析

解析: (1) 丙向下摆动过程中根据机械能守恒定律有

$$MgL(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}Mv_0^2$$

$$\text{解得 } v_0 = 4 \text{ m/s}$$

$$\text{丙与甲碰撞过程, 由动量守恒得 } Mv_0 = Mv' + mv$$

$$\text{由机械能守恒得 } \frac{1}{2}Mv_0^2 = \frac{1}{2}Mv'^2 + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{解得碰后瞬间, 丙的速度大小 } v' = 2.4 \text{ m/s}$$

$$\text{甲的速度大小 } v = 6.4 \text{ m/s}$$

(2) 假设乙能从 C 点离开, 则 C 点甲、乙水平速度相同, 设甲的速度为 $v_{\text{甲}2}$, 从丙与甲碰撞结束至乙从 C 点离开甲的过程, 甲、乙水平方向动量守恒 $mv = 2mv_{\text{甲}2}$

$$\text{解得 } v_{\text{甲}2} = 3.2 \text{ m/s}$$

设乙从 C 点离开时乙竖直方向速度大小为 v_y , 从丙与甲碰撞结束至乙从 C 点离开甲的过程中, 由机械能守恒得

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_{\text{甲}2}^2 + \frac{1}{2}mv_{\text{乙}1}^2 + mgR$$

$$\text{又因为 } v_{\text{乙}1}^2 = v_{\text{甲}2}^2 + v_y^2$$

$$\text{解得 } v_y = 2 \text{ m/s} > 0$$

所以乙能从 C 离开圆弧轨道。

题型 23 静电场中的力学综合

题型特点

本专题为静电场中的运动、平衡问题, 综合性较强, 需要用到牛顿第二定律、圆周运动、类平抛运动、动能定理等知识。



解题策略

第一, 认真审题, 创设物理情境, 挖掘题目中的隐含条件; 第二, 将题目进行模型归类, 确定用什么规律解决问题; 第三, 根据物体的运动状态进行必要的受力分析, 列出正确的方程。

题型纠错

本专题易错点: 一、注意区分圆周运动中的几何最高点与物理最高点; 二、含有弹簧的题目, 一定注意弹簧的状态; 三、摩擦力相关问题注意结合摩擦生热对应相对路程。

真题导引

答案: (1) 8 : 1

(2) 油滴 a 带负电 油滴 b 带正电 4 : 1

解析: (1) 设油滴半径为 r , 密度为 ρ , 则油滴的质量

$$m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$$

则速率率为 v 时所受阻力 $f = krv$

则当油滴匀速下落时 $mg = f$

$$\text{解得 } r = \sqrt{\frac{3kv}{4\pi\rho g}} \propto \sqrt{v}$$

$$\text{可知 } \frac{r_a}{r_b} = \sqrt{\frac{\frac{v_0}{1}}{\frac{v_0}{4}}} = 2$$

$$\text{则 } \frac{m_a}{m_b} = \frac{r_a^3}{r_b^3} = \frac{8}{1}$$

(2) 两板间加上电压后(上板为正极), 这两个油滴很快达到相同的速率 $\frac{v_0}{2}$, 可知油滴 a 做减速运动, 油滴 b 做加速运动, 可知油滴 a 带负电, 油滴 b 带正电; 当再次匀速下落时, 对 a 由受力平衡可得 $|q_a|E + f_a = m_a g$

$$\text{其中 } f_a = \frac{\frac{v_0}{2}}{v_0} m_a g = \frac{1}{2} m_a g$$

对 b 由受力平衡可得 $f_b - q_b E = m_b g$

$$\text{其中 } f_b = \frac{\frac{v_0}{2}}{\frac{1}{4}v_0} m_b g = 2m_b g$$

$$\text{联立解得 } \left| \frac{q_a}{q_b} \right| = \frac{m_a}{2m_b} = \frac{4}{1}$$

题型训练

1. 答案: (1) $\frac{\sqrt{3}}{3} \text{ N}$ (2) 3.3 m/s

解析: (1) 小球在 C 点时速度最大, 则电场力与重力的合力沿 DC 方向, 所以小球受到的电场力的大小 $F =$

$$mg \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} mg = \frac{\sqrt{3}}{3} N$$

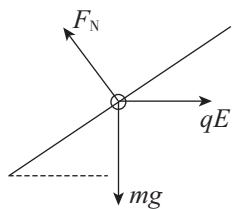
(2)要使小球经过D点时对圆轨道的压力最小,则必须使小球经过D点时的速度最小,即在D点小球对圆轨道的压力恰好为零,有 $\frac{mv_D^2}{r} = mg$

$$\text{解得 } v_D = \sqrt{\frac{2rg}{\sqrt{3}}}$$

在小球从圆轨道上的D点运动到A点的过程中,根据动能定理有 $mgr(1+\cos 30^\circ) + Fr \sin 30^\circ = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_D^2$
解得 $v_0 \approx 3.3 \text{ m/s}$

2. 答案:(1)75 N/C (2)2 m/s (3)6 J

解析:(1)小球受力情况如图所示.



根据题意,小球处于平衡状态,则沿斜面方向有

$$mg \sin \theta = qE \cos \theta$$

$$\text{解得 } E = 75 \text{ N/C}$$

(2)若水平匀强电场的电场强度减半,由牛顿第二定律有

$$mg \sin \theta - \frac{1}{2}qE \cos \theta = ma$$

$$\text{解得 } a = 3 \text{ m/s}^2$$

小球从A点运动到B点,有 $v_0^2 - v_B^2 = 2aL$

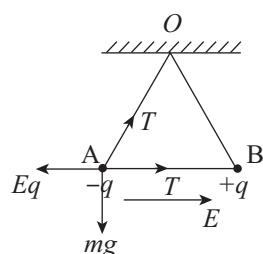
$$\text{解得 } v_B = 2 \text{ m/s}$$

(3)根据功能关系,电场力做功引起电势能变化,有 $\Delta E = -W = -\frac{1}{2}EqL \cos 37^\circ$

变化量为负值,则电势能减小,减小量为 $|\Delta E| = 6 \text{ J}$

3. 答案:(1) $\frac{\sqrt{3}mg}{q}$ (2) $\frac{3}{2}mgL_0$ (3) $\frac{\sqrt{3}-1}{2}mgL_0$

解析:(1)根据题意,对小球A受力分析如图所示.



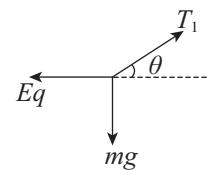
由平衡条件有 $T \cos 30^\circ = mg$

$$Eq = T + T \cos 60^\circ$$

则有 $Eq = \sqrt{3}mg$

$$\text{解得 } E = \frac{\sqrt{3}mg}{q}$$

(2)设橡皮筋的劲度系数为k,再次平衡时橡皮筋的弹力为 T_1 ,对小球A受力分析如图所示.



由平衡条件有 $T_1 \cos \theta = Eq$

$$T_1 \sin \theta = mg$$

$$\text{解得 } \theta = 30^\circ$$

$$T_1 = 2mg$$

未剪断前,对A球有 $mg = k(\frac{3}{2}L_0 - L_0) \cos 30^\circ$

剪断后,设此时橡皮筋的长度为 L' ,对A球有 $2mg = k(L' - L_0)$

由电场力做功和电势能变化的关系有

$$\Delta E_{\text{电}} = -W_{\text{电}} = -Eq(L' \cos 30^\circ - \frac{3}{2}L_0 \cos 60^\circ)$$

$$\text{联立解得 } \Delta E_{\text{电}} = -\frac{3}{2}mgL_0$$

负号表示电势能减小,减小量为 $\frac{3}{2}mgL_0$

(3)由对称性可知,小球B位置变化情况和小球A相同,由重力做功和重力势能变化关系有

$$\Delta E_{\text{重}} = -W_{\text{重}} = -mg(L' \sin 30^\circ - \frac{3}{2}L_0 \sin 60^\circ)$$

$$\text{解得 } \Delta E_{\text{重}} = \frac{\sqrt{3}-1}{2}mgL_0$$

4. 答案:(1) $\sqrt{\frac{2qEL}{m}}$ (2) $2\sqrt{\frac{2mL}{qE}}$ (3) $4nqEL$

解析:(1)设第一次碰撞前A的速度为 v_0 ,碰撞后A、B的速度分别为 v_{A1} 、 v_{B1} ,由动能定理 $qEL = \frac{1}{2}mv_0^2$

$$\text{解得 } v_0 = \sqrt{\frac{2qEL}{m}}$$

A、B碰撞过程,由动量守恒定律和能量守恒定律可得

$$mv_0 = mv_{A1} + mv_{B1}$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_{A1}^2 + \frac{1}{2}mv_{B1}^2$$

$$\text{联立解得 } v_{A1} = 0$$

$$v_{B1} = v_0 = \sqrt{\frac{2qEL}{m}}$$

(2)设A、B第二次碰撞前后速度分别为 v_{A20} 、 v_{B20} 、 v_{A2} 、

教学笔记

v_{B2} ，从第一次碰撞到第二次碰撞过程 $\frac{0+v_{A20}}{2}t_1=v_{Bi}t_1$

可得 $v_{A20}=2v_0$

二次碰撞过程 A 与 B 交换速度，碰后速度分别为

$v_{A2}=v_0, v_{B2}=2v_0$

设 A、B 第三次碰撞前后速度分别为 $v_{A30}, v_{B30}, v_{A3}, v_{B3}$ ，

从第二次碰撞到第三次碰撞过程 $\frac{v_0+v_{A30}}{2}t_2=v_{Bi}t_2$

可得 $v_{A30}=3v_0$

第三次碰撞过程 A 与 B 交换速度，碰后速度分别为 $v_{A3}=2v_0, v_{B3}=3v_0$

所以第二次碰撞到第三次碰撞过程有 $t_2=\frac{3v_0-v_0}{a}$

由牛顿第二定律有 $a=\frac{qE}{m}$

联立可得 $t_2=2\sqrt{\frac{2mL}{qE}}$

(3) 由上一问分析可知第 n 次碰撞后到第 $n+1$ 次碰撞前

的过程时间都相同等于 $t=2\sqrt{\frac{2mL}{qE}}$

第 n 次碰撞后 B 的速度 $v_{Bn}=n\sqrt{\frac{2qEL}{m}}$

所以位移 $x_n=v_{Bn}t=nv_0t=4nL$

所以电场力对 A 做的功为 $W=qEx_n=4nqEL$

题型 24 带电粒子在组合场中的运动

题型特点

组合场是指电场、磁场和重力场分区域存在，这类问题运动过程较复杂，要通过判断、计算等方法做出粒子运动轨迹图，再根据运动特征选择确定几何关系，再运用相应规律解题。

解题策略

注意寻找粒子在组合场中运动的联系和几何关系是解题的关键。

题型纠错

要注意有效区别电偏转和磁偏转，当带电粒子连续通过几个不同的场区时，粒子的受力情况和运动情况也发生相应的变化。

真题导引

答案：(1) $\frac{mv_0^2}{3q}$ (2) $\frac{\pi}{3}$ (或 60°) (3) 图见解析

解析：(1) 设板间距离为 d ，则板长为 $\sqrt{3}d$ ，带电粒子在板间做类平抛运动，两板间的电场强度为 $E=\frac{U}{d}$

根据牛顿第二定律得，电场力提供加速度 $qE=ma$

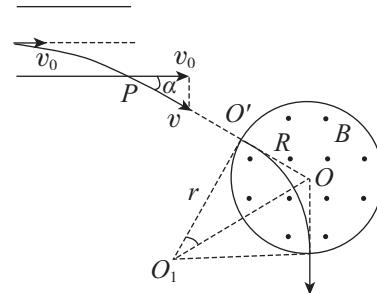
解得 $a=\frac{qU}{md}$

设粒子在平板间的运动时间为 t_0 ，根据类平抛运动的规

律得 $\frac{d}{2}=\frac{1}{2}at_0^2, \sqrt{3}d=v_0t_0$

联立解得 $U=\frac{mv_0^2}{3q}$

(2) 设粒子出电场时与水平方向的夹角为 α ，如图(a)所示。



图(a)

则有 $\tan \alpha = \frac{at_0}{v_0} = \frac{\sqrt{3}}{3}$

故 $\alpha = \frac{\pi}{6}$

则出电场时粒子的速度为 $v = \frac{v_0}{\cos \alpha} = \frac{2\sqrt{3}}{3}v_0$

粒子出电场后沿直线匀速直线运动，接着进入磁场，根据牛顿第二定律，洛伦兹力提供匀速圆周运动所需的向心

力得 $qvB = m \frac{v^2}{r}$

解得 $r = \frac{mv}{qB} = \frac{2\sqrt{3}mv_0}{3qB}$

已知圆形磁场区域半径为 $R = \frac{2mv_0}{3qB}$

故 $r = \sqrt{3}R$

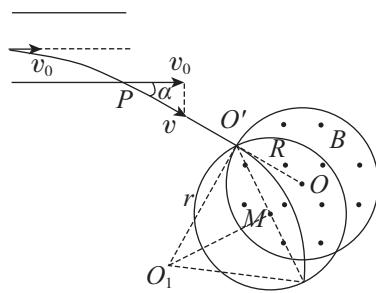
粒子沿 PO 方向射入磁场即沿半径方向射入磁场，故粒子将沿半径方向射出磁场，粒子射出磁场时与射入磁场时运动方向的夹角为 θ ，则粒子在磁场中运动圆弧轨迹对

应的圆心角也为 θ ，由几何关系可得 $\theta = 2\alpha = \frac{\pi}{3}$

故粒子射出磁场时与射入磁场时运动方向的夹角为 $\frac{\pi}{3}$ (或 60°)。

(3) 粒子仍从图中 O' 点射入磁场，且在磁场中的运动时间最长，即粒子在圆形磁场里做圆周运动的弧所对应的弦最长，即为直径，粒子运动轨迹如图所示，改变后的圆形磁场区域的圆心 M 如图所示。

教学笔记

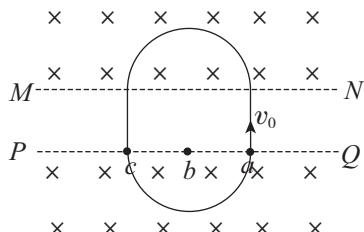


图(b)

题型训练

1. 答案: (1) $\frac{2v_0}{kd}$ (2) $\frac{5v_0^2}{8k}$

解析: (1) 不加电场时, 粒子的运动轨迹如图(a)所示.



图(a)

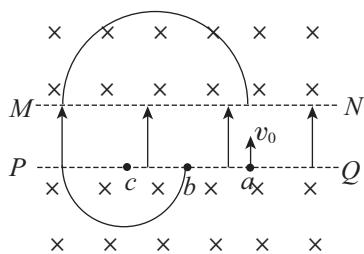
设带电粒子做圆周运动的轨迹半径为 r_1 , 根据几何关系可得 $2r_1=d$

粒子受到的洛伦兹力提供向心力, 根据牛顿第二定律得

$$qv_0B=\frac{mv_0^2}{r_1}$$

$$\text{解得 } B=\frac{2v_0}{kd}$$

(2) 加电场时, 粒子的运动轨迹如图(b)所示.



图(b)

设带电粒子在 MN 上方磁场中做圆周运动的轨迹半径为 r_2 , 根据几何关系可得 $2r_2=d+\frac{1}{2}d$

设粒子从 MN 进入磁场瞬间的速度大小为 v , 粒子受到

$$\text{的洛伦兹力提供向心力, 根据牛顿第二定律得 } qvB=\frac{mv^2}{r_2}$$

$$\text{解得 } v=\frac{3}{2}v_0$$

粒子在电场中加速运动过程, 由动能定理可得

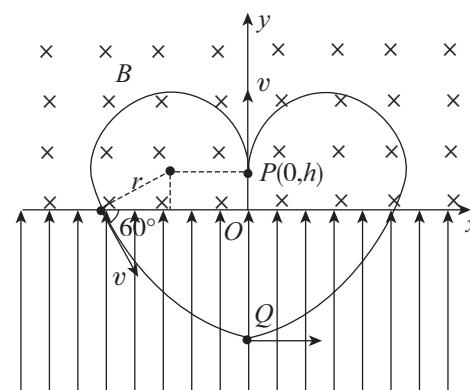
$$qU=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{解得 } U=\frac{5v_0^2}{8k}$$

$$2. \text{ 答案: (1) } 2h \frac{2qBh}{m} \quad (2) \frac{(2\sqrt{3}-3)qB^2h}{m}$$

$$(3) t=\frac{7\pi m}{3qB}+\frac{2(\sqrt{3}+2)m}{qB}$$

解析: (1) 粒子在磁场中做匀速圆周运动, 运动轨迹如图所示.



$$\text{由几何知识得 } r\cos 60^\circ=h$$

$$\text{解得 } r=2h$$

粒子在磁场中做匀速圆周运动, 洛伦兹力提供向心力,

$$\text{由牛顿第二定律得 } qvB=\frac{mv^2}{r}$$

$$\text{解得粒子在磁场中做匀速圆周运动的速度大小 } v=\frac{2qBh}{m}$$

(2) 粒子在电场中做类平抛运动, 粒子经过 y 轴上的 Q 点时速度方向恰好与 y 轴垂直, 则粒子到达 Q 点时沿电场方向的速度为零,

$$\text{则有垂直电场方向上 } r+r\sin 60^\circ=v\cos 60^\circ t_1$$

$$\text{沿电场方向上 } v\sin 60^\circ=a_1 t_1$$

$$\text{加速度 } a_1=\frac{qE}{m}$$

$$\text{运动时间 } t_1=\frac{(\sqrt{3}+2)m}{qB}$$

$$\text{联立可得匀强电场的电场强度大小 } E=\frac{(2\sqrt{3}-3)qB^2h}{m}$$

(3) 设粒子第一次在第二象限的磁场中运动的时间为 t_2 ,

$$\text{则 } t_2=\frac{360^\circ-90^\circ-60^\circ}{360^\circ}T$$

$$\text{周期为 } T=\frac{2\pi m}{qB}$$

$$\text{总时间 } t=2(t_1+t_2)$$

$$\text{解得 } t=\frac{7\pi m}{3qB}+\frac{2(\sqrt{3}+2)m}{qB}$$

教学笔记

3. 答案: (1) $\frac{mv_0}{qR}$ (2) $\frac{(\pi+6)R}{2v_0}$ (3) $\frac{\sqrt{13}}{3}v_0$

(3) $\frac{9}{52}\pi R^2$ $\frac{26mv_0}{9qR}$

解析: (1)由几何关系可得, 粒子在磁场中做圆周运动的半径 $r=R$

粒子在磁场中运动有 $qv_0 B = m \frac{v_0^2}{r}$

解得 $B = \frac{mv_0}{qR}$

(2)粒子在磁场中做匀速圆周运动, 离开磁场的同时沿两板中线进入偏转电场, 该粒子在磁场中的运动时间为

$t_1 = \frac{\pi r}{2v_0} = \frac{\pi R}{2v_0}$

从进入两板间运动, 水平方向上以 v_0 做匀速直线运动,

运动时间 $t_2 = \frac{3R}{v_0}$

故该粒子运动的总时间为 $t = t_1 + t_2 = \frac{(\pi+6)R}{2v_0}$

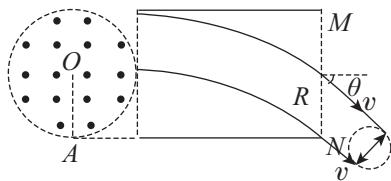
设粒子经过 N 板右端点时的速度为 v , 则平行于两板有 $3R = v_0 t_2$

垂直于两板有 $R = \frac{v_y}{2} t_2$

解得 $v_y = \frac{2}{3}v_0$

该粒子经过 N 板右端点时的速度大小为 $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \frac{\sqrt{13}}{3}v_0$

(3)如图, 设速度在电场中的偏转角为 θ , 则 $\cos \theta = \frac{v_0}{v} = \frac{3}{\sqrt{13}}$



圆形区域磁场的最小半径 $R' = \frac{1}{2}R \cos \theta = \frac{3}{2\sqrt{13}}R$

磁场区域的最小面积 $S_{\min} = \pi R'^2 = \frac{9}{52}\pi R^2$

粒子在磁场中做圆周运动, 有 $qvB' = m \frac{v^2}{R'}$

解得 $B' = \frac{mv}{qR'} = \frac{26mv_0}{9qR}$

题型 25 带电粒子在叠加场中的运动

题型特点

本专题考查带电粒子在复合场中做直线运动、圆周运动等, 具有一定的综合性, 用到的规律有动能定理、牛顿第

二定律, 在能力要求上需要具备用数学处理物理问题的能力、推理能力、综合分析能力、审题能力等.

解题策略

解题要确定研究对象、进行受力分析和运动过程分析. 根据受力情况判断物体的运动状态. 利用牛顿定律解决平衡和匀速直线问题, 利用圆周运动公式解决圆周运动问题. 对于复杂的曲线运动, 运用动能定理、机械能守恒、能量守恒, 并结合牛顿运动定律解决问题. 注意洛伦兹力不做功的特点.

题型纠错

本专题易错点: 一、粒子电性搞错, 导致作图错误; 二、不能认真作图, 以至于几何关系寻找不出来; 三、是否考虑重力问题.

真题导引

答案: (1) $v_0 B$ (2) $\frac{3mv_0}{32eB}$ (3) 90%

解析: (1)由题知, 入射速度为 v_0 时, 电子沿 x 轴做直线运动, 则有 $Ee = ev_0 B$

解得 $E = v_0 B$

(2)电子在竖直向下的匀强电场和垂直坐标平面向里的匀强磁场的复合场中, 由于洛伦兹力不做功, 且由于电子入射速度为 $\frac{v_0}{4}$, 则电子受到的电场力大于洛伦兹力, 则电子向上偏转, 根据动能定理有 $eEy_1 = \frac{1}{2}m\left(\frac{1}{2}v_0\right)^2 - \frac{1}{2}m\left(\frac{1}{4}v_0\right)^2$

解得 $y_1 = \frac{3mv_0}{32eB}$

(3)若电子以 v 入射时, 设电子能达到的最高点位置的纵坐标为 y , 则根据动能定理有 $eEy = \frac{1}{2}mv_m^2 - \frac{1}{2}mv^2$

由于电子在最高点与在最低点所受的合力大小相等, 则在最高点有 $F_{合} = ev_m B - eE$

在最低点有 $F_{合} = eE - evB$

联立解得 $v_m = \frac{2E}{B} - v$, $y = \frac{2m(v_0 - v)}{eB}$

要让电子到达纵坐标 $y_2 = \frac{mv_0}{5eB}$ 位置, 即 $y \geq y_2$

解得 $v \leq \frac{9}{10}v_0$

电子入射速度在 $0 < v < v_0$ 范围内均匀分布, 所以能到达

纵坐标 $y_2 = \frac{mv_0}{5eB}$ 位置的电子数 N 占总电子数 N_0 的 90%.

【纠错点拨】带电粒子在电磁复合场中运动时洛伦兹力不

教学笔记

做功，只有静电力做功，并且静电力做功只与沿电场方向的位移有关。

题型训练

1. 答案：(1) $\frac{E}{B}$ (2) $\left(a + \frac{\sqrt{3}}{3}a, 0, 0\right)$ $t = \frac{4\pi a B}{9E}$

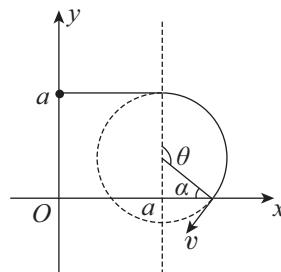
解析：(1)根据题意可知，粒子做直线运动，所以 $Eq = Bqv$

解得 $v = \frac{E}{B}$

(2)粒子垂直磁场进入Ⅱ区域，在Ⅱ区域做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力 $Bqv = \frac{mv^2}{r}$

代入数据可得 $r = \frac{mv}{Bq} = \frac{2}{3}a$

轨迹如图，根据几何关系可知 $\sin \alpha = \frac{a-r}{r} = \frac{1}{2}$



解得 $\alpha = \frac{1}{6}\pi$

第一次通过 xOz 平面位置点在 x 轴上，距坐标原点的距

离 $x = a + r \cos \alpha = a + \frac{\sqrt{3}}{3}a$

所以位置坐标为 $\left(a + \frac{\sqrt{3}}{3}a, 0, 0\right)$

$t = \frac{\frac{2}{3}\pi}{2\pi} \cdot \frac{2\pi r}{v} = \frac{4\pi a B}{9E}$

2. 答案：(1) $\frac{2m\sqrt{2gL}}{qB}$ (2) $3\sqrt{\frac{L}{2g}} + \frac{\pi m}{qB}$

解析：(1)在磁场中，由于 $Eq = mg$

合力为洛伦兹力，小球做圆周运动 $qvB = \frac{mv^2}{R}$

解得 $R = \frac{mv}{qB}$

根据动能定理 $EqL = \frac{1}{2}mv^2$

解得 $v = \sqrt{2gL}$

结合几何关系可得 $d = 2R = \frac{2m\sqrt{2gL}}{qB}$

(2)由 A 到 O 物体做匀加速运动，根据牛顿第二定律有 $Eq = ma$

根据运动学规律 $L = \frac{1}{2}at_1^2$

在磁场中做匀速圆周运动 $qvB = \frac{mv^2}{R}$

周期 $T = \frac{2\pi R}{v}$

运动时间 $t_2 = \frac{T}{2}$

回到 y 轴左侧后，物体做类斜抛运动，如图所示，速度与合力方向垂直时，即速度方向斜向左下 45° 时，速度最小，从回到 y 轴左侧起至速度最小所需时间为 t_3

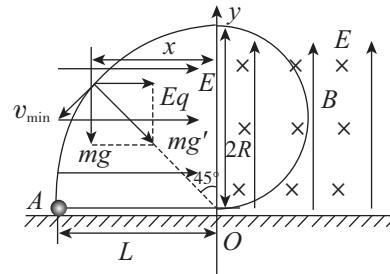
$v_x = v - \frac{qE}{m}t_3$

$v_y = gt_3$

$v_x = v_y$

$t_3 = \sqrt{\frac{L}{2g}}$

总时间 $t = t_1 + t_2 + t_3 = 3\sqrt{\frac{L}{2g}} + \frac{\pi m}{qB}$



3. 答案：(1) $\frac{mv_0}{2qd}$ (2) $\frac{2mv_0^2}{\pi^2 qd}$ (3) $(0, -3d, 4d)$

解析：(1)粒子在 xOy 平面做圆周运动的半径 $r_1 = \frac{\sqrt{3}d}{\sin 60^\circ} = 2d$

根据 $qv_0 B = m \frac{v_0^2}{r_1}$

可得左侧匀强磁场的磁感应强度 $B = \frac{mv_0}{2qd}$

(2)粒子第一次经过 y 轴后在 y 方向向下做匀加速运动，同时在洛伦兹力作用下做圆周运动，因轨迹上离 yOz 平面最远的点恰好落在 xOz 平面上，可知粒子到达 xOz 平面上时恰好做 $\frac{1}{4}$ 个圆周运动，则所用时间 $t = \frac{T}{4} = \frac{\pi d}{v_0}$

竖直方向 $\frac{1}{2}r_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m}t^2$

解得 $E = \frac{2mv_0^2}{\pi^2 qd}$

(3)粒子第 2 次经过 yOz 平面时做了半个圆周运动，则所用时间为 $t' = 2t = \frac{2\pi d}{v_0}$

则沿 y 轴负方向做匀加速运动，因在 O 点上方和下方所

教学笔记

用时间相等,可知位置坐标

$$y = -3d$$

$$\text{沿 } z \text{ 轴坐标 } z = 2r_2 = 2r_1 = 4d$$

即粒子第2次经过 yOz 平面时的位置坐标 $(0, -3d, 4d)$.

【误区警示】带电粒子在平行于 xOz 平面做圆周运动,同时又沿 y 轴负方向做匀加速运动,根据运动的独立性原理可知,两个运动互不影响,故做圆周运动的周期不变.

题型 26 电磁感应中的动力学和能量综合

题型特点

本专题综合了电磁感应、电路、牛顿第二定律、闭合电路的欧姆定律、部分电路的欧姆定律、动能定理、动量定理、动量守恒定律,题目综合性强,信息多,因此本专题难度较大.

解题策略

对于电磁感应问题研究思路常常有两条:一是从力的角度,根据牛顿第二定律或平衡条件列出方程;二是从能量的角度,分析涉及电磁感应现象中的能量转化问题,根据动能定理、功能关系等列方程求解.对于安培力作用下导体棒的运动问题,如果涉及求电荷量、求位移问题,常根据动量定理结合法拉第电磁感应定律、闭合电路的欧姆定律列方程进行解答.

题型纠错

本专题易错点:一、电磁感应中的电路结构不能正确确定;二、计算某个导体棒上焦耳热与回路总的焦耳热易混为一谈;三、计算导体棒位移时易直接套用运动学公式计算.

真题导引

$$\text{答案: (1) } \frac{2mgR \sin \theta}{B^2 L^2} \quad (2) 2g \sin \theta$$

$$(3) v = g \sin \theta \cdot t_0 + \frac{mgR \sin \theta}{B^2 L^2} \quad \Delta x = \frac{2m^2 R^2 g \sin \theta}{B^4 L^4}$$

解析:(1)棒 a 在运动过程中重力沿斜面的分力和棒 a 的安培力相等时做匀速运动,由法拉第电磁感应定律可得 $E = BLv_0$

由闭合电路欧姆定律及安培力公式可得 $I = \frac{E}{2R}$, $F = BIL$

由棒 a 受力平衡可得 $mg \sin \theta = BIL$

$$\text{联立可得 } v_0 = \frac{2mgR \sin \theta}{B^2 L^2}$$

(2)由右手定则可知金属棒 b 中电流向里,棒 b 受到沿斜面向下的安培力,此时电路中电流不变,则对棒 b 根据牛顿第二定律可得 $mg \sin \theta + BIL = ma$

解得 $a = 2g \sin \theta$

(3)在棒 a 和棒 b 达到共速前,棒 a 受到沿斜面向上的安培力,在到达共速时对棒 a 根据动量定理有

$$mg \sin \theta \cdot t_0 - BILt_0 = mv - mv_0$$

棒 b 受到向下的安培力,对棒 b 根据动量定理有

$$mg \sin \theta \cdot t_0 + BILt_0 = mv$$

$$\text{联立解得 } v = g \sin \theta \cdot t_0 + \frac{v_0}{2} = g \sin \theta \cdot t_0 + \frac{mgR \sin \theta}{B^2 L^2}$$

设此过程流过棒 b 的电荷量为 q,则有 $q = \bar{I}t_0$

$$\text{由法拉第电磁感应定律可得 } \bar{I} = \frac{\bar{E}}{2R} = \frac{1}{2R} \frac{BL \Delta x}{t_0}$$

$$\text{联立棒 b 动量定理可得 } \Delta x = \frac{mv_0 R}{B^2 L^2} = \frac{2m^2 R^2 g \sin \theta}{B^4 L^4}$$

【误区警示】在应用动量定理时一定要注意正方向的选择,本题中安培力对两棒的冲量方向相反,在列动量定量方程时一定注意符号的正负.

题型训练

$$1. \text{答案: (1) } 0.024 \text{ V} \quad (2) 1.08 \times 10^{-4} \text{ J}$$

$$(3) \text{由 } N \text{ 到 } M \quad 0.006 \text{ C}$$

$$\text{解析: (1) 在 } 0 \sim 0.1 \text{ s 内, 由题中乙图可得 } \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{0.02}{0.1} \text{ T/s} = 0.2 \text{ T/s}$$

$$\text{由法拉第电磁感应定律 } E = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = N \frac{\Delta B}{\Delta t} S$$

$$\text{解得 } E = 0.024 \text{ V}$$

$$(2) \text{根据闭合电路欧姆定律 } I = \frac{E}{R+r} = 0.06 \text{ A}$$

$$\text{再由焦耳定律 } Q = I^2 R t$$

$$\text{解得 } Q = 1.08 \times 10^{-4} \text{ J}$$

(3)根据楞次定律可以判断, $0.1 \sim 0.4 \text{ s}$ 时间内, 流过电阻 R 的电流方向为由 N 到 M, 根据 $q = \bar{I} \Delta t$

$$\text{又由于 } \bar{I} = \frac{\bar{E}}{R+r}, \bar{E} = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\text{可得 } q = N \frac{\Delta \Phi}{R+r} = N \frac{\Delta B S}{R+r}$$

由题中乙图可知, $0.1 \sim 0.4 \text{ s}$ 内磁感应强度变化大小为 $\Delta B = 0.02 \text{ T}$

$$\text{解得 } q = 0.006 \text{ C}$$

$$2. \text{答案: (1) } b \text{ 端电势高} \quad F = 5 \text{ N} \quad (2) 1.47 \text{ J}$$

$$(3) 0.08 \text{ m/s}^2$$

解析:(1)由右手定则可判断感应电流由 a 流向 b, b 相当于电源的正极,故 b 端电势高

当金属棒匀速运动时,由平衡条件得 $F = mg \sin 37^\circ + F_{\text{安}}$

$$\text{其中 } F_{\text{安}} = BIL = \frac{B^2 L^2 v}{R+r}$$

$$\text{由题中乙图可知 } v = 1.0 \text{ m/s}$$

$$\text{联立解得 } F = 5 \text{ N}$$

(2)从金属棒开始运动到恰好达到稳定状态,由动能定理

教学笔记

$$(F - mg \sin 37^\circ)s - W_{\text{焦}} = \frac{1}{2}mv^2$$

克服安培力所做的功等于整个电路产生的焦耳热,代入数据解得 $Q = W_{\text{焦}} = 7.35 \text{ J}$
两电阻产生的焦耳热与阻值成正比,故金属棒上产生的

$$\text{焦耳热为 } Q_r = \frac{r}{R+r} Q = 1.47 \text{ J}$$

(3)进入匀强磁场金属棒做加速度减小的加速运动,由牛顿第二定律有 $F - mg \sin 37^\circ - F_{\text{安1}} = ma$

$$\text{安培力 } F_{\text{安1}} = BIL = \frac{B^2 L^2 v_1}{R+r}$$

由题中乙图可知 $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$

代入数据解得 $a = 0.08 \text{ m/s}^2$

3. 答案: (1) 0.2 kg (2) 16 m (3) 0.384 J

解析: (1) 导体棒 cd 与小物块均恰好保持静止

$$\text{则有 } \mu m_2 g = m_0 g \sin \theta$$

$$\text{解得 } m_0 = 0.2 \text{ kg}$$

(2) 当 ab 棒进入磁场时,由动能定理得 $m_1 g H = \frac{1}{2} m_1 v_1^2$
 ab 棒恰好能与水平轨道上的 cd 棒相遇时,设速度为 v_2 ,
由系统动量守恒得 $m_1 v_1 = (m_1 + m_2 + m_0) v_2$

对 ab 棒分析,由动量定理得 $BILt = BLq = m_1 v_1 - m_1 v_2$

$$\text{且 } q = \frac{BLx_0}{R_1 + R_2}$$

$$\text{联立得 } x_0 = 16 \text{ m}$$

(3) 相遇前,对系统由能量守恒定律得 $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 - \frac{1}{2} (m_1 + m_2 + m_0) v_2^2 = Q_{ab} + Q_{cd}$

$$\text{且 } \frac{Q_{ab}}{Q_{cd}} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$\text{代入数据得 } Q_1 = Q_{ab} = 0.384 \text{ J}$$

【误区警示】电磁感应问题中在求解焦耳热时一定要看清是求哪个研究对象的焦耳热,有的是求回路中总的焦耳热,有的是求某一部分的焦耳热,特别要注意的是如果求某一部分的焦耳热,要将总的焦耳热按一定的比例再分配,分别求出各部分的焦耳热.

题型 27 机械振动和机械波、光

题型特点

本专题主要是振动图像与波动图像综合的问题,需要认真思考,看清坐标轴,光的折射和全反射部分需要注意几何的画法和找好角的关系.

解题策略

第一,深入理解振动图像与波动图像的物理意义;第二,做好光路图,找好光线的几何关系和物理关系.

题型纠错

本专题易错点:一、不看坐标轴,仅看图像的大概形状导致出错;二、波的多解问题不找通项式而漏解;三、容易因为几何关系不明确导致出错.

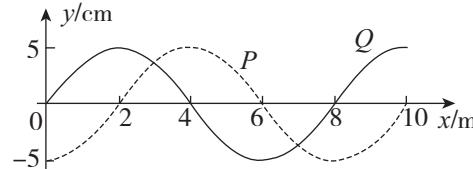
真题导引

1. 答案: (1) 见解析 (2) 见解析

解析: (1) 根据 $\Delta x = vt$

$$\text{解得 } \Delta x = 4 \times 2.5 \text{ m} = 10 \text{ m}$$

可知 $t = 2.5 \text{ s}$ 时 P 波刚好传播到 $x = 10 \text{ m}$ 处, Q 波刚好传播到 $x = 0 \text{ m}$ 处,根据上坡下坡法可得波形图如图所示.



(2) 两列波在图示范围内任一位置的波程差为 $\Delta x = |(10-x) - x| (0 < x < 10 \text{ m})$

根据题意可知, P 、 Q 两列波振动频率相同, 振动方向相反, 两波叠加时, 振动加强点的条件为到两波源的距离差

$$\Delta x = \frac{(2n+1)\lambda}{2} (n=0,1,2,\dots)$$

解得振幅最大的平衡位置有 $x = 3 \text{ m}, x = 7 \text{ m}$

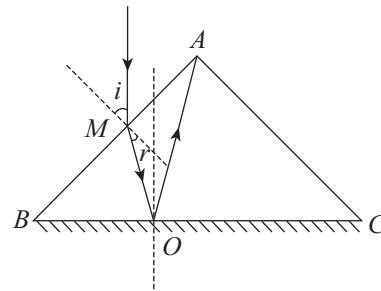
振动减弱的条件为 $\Delta x = n\lambda (n=0,1,2,\dots)$

解得振幅最小的平衡位置有 $x = 1 \text{ m}, x = 5 \text{ m}, x = 9 \text{ m}$

2. 答案: $\frac{3-\sqrt{3}}{3} l$

解析: 由题意可知做出光路图如图所示, 光线垂直于 BC 方向射入, 根据几何关系可知入射角为 45° ; 由于棱镜折

$$\text{射率为 } \sqrt{2}, \text{ 根据 } n = \frac{\sin i}{\sin r}$$



$$\text{解得 } \sin r = \frac{1}{2}$$

则折射角为 30° ; $\angle BMO = 60^\circ$, 因为 $\angle B = 45^\circ$, 所以光在 BC 面的入射角为 $\theta = 90^\circ - (180^\circ - 60^\circ - 45^\circ) = 15^\circ$

根据反射定律可知 $\angle MOA = 2\theta = 30^\circ$

根据几何关系可知 $\angle BAO = 30^\circ$, 即 $\triangle MAO$ 为等腰三角形, 则 $\frac{MO}{AO} = \frac{\sqrt{3}}{3}$



题型 28 热学

题型特点

本专题主要考查玻意耳定律、查理定律、盖—吕萨克定律、理想气体状态方程和热力学第一定律。

解题策略

第一,构建理想气体模型;第二,应用理想气体模型分析求解实际气体问题。

题型纠错

注意各个气体实验定律的适用条件,适用条件容易张冠李戴。

真题导引

答案:(1) $\frac{p_0 V_0}{V_0 + V_1}$ (2) $\left[1 - \left(\frac{V_0}{V_0 + V_1}\right)^n\right] p_0 S$

解析:(1)以助力气室内的气体为研究对象,初态时气体的压强为 p_0 ,体积为 V_0 。

第一次抽气后,气体的体积为 $V = V_0 + V_1$

根据玻意耳定律 $p_0 V_0 = p_1 V$

解得 $p_1 = \frac{p_0 V_0}{V_0 + V_1}$

(2)同理第二次抽气 $p_1 V_0 = p_2 V$

解得 $p_2 = \frac{p_1 V_0}{V_0 + V_1} = \left(\frac{V_0}{V_0 + V_1}\right)^2 p_0$

以此类推……

则当 n 次抽气后助力气室内的气体压强 $p_n = \left(\frac{V_0}{V_0 + V_1}\right)^n p_0$

则刹车助力系统为驾驶员省力大小为

$\Delta F = (p_0 - p_n) S = \left[1 - \left(\frac{V_0}{V_0 + V_1}\right)^n\right] p_0 S$

题型训练

1. 答案:(1)见解析 (2) 0.81×10^5 Pa

解析:(1)水冷却后杯子很难拧开的原因是:水冷却后,杯内气体的温度降低,在杯内气体质量和体积一定时,根据查理定律,杯内气体压强减小,外界大气压强大于杯内气体压强,使杯盖紧贴杯身,故杯子很难拧开。

(2)杯内气体做等容变化,根据查理定律有 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

其中 $p_1 = p_0 = 1.0 \times 10^5$ Pa, $T_1 = (273 + 87)$ K = 360 K, $T_2 = (273 + 17)$ K = 290 K

解得杯内温度降到 17 ℃时,杯内气体的压强为 $p_2 \approx 0.81 \times 10^5$ Pa

2. 答案:(1)1 kg (2)800 K (3)-243 J

解析:(1)设弹性线上的力为 F ,对于活塞 B,平衡时有

$$F + p_0 S_B = m_B g + p_1 S_B$$

解得 $F = 30$ N

对于活塞 A,平衡时有 $F + p_0 S_A + m_A g = p_1 S_A$

解得 $m_A = 1$ kg

(2)初始时气体的体积为

$$V_1 = (S_A + S_B) \frac{L}{2} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

活塞 B 即将脱离小圆筒时 $V_2 = S_A L = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

设活塞 B 即将脱离小圆筒时,汽缸内的压强为 p_2 ,对于 A、B 两活塞组成的系统

$$p_0 (S_A - S_B) + (m_A + m_B) g = p_2 (S_A - S_B)$$

解得 $p_2 = p_1 = 1.2 \times 10^5$ Pa

根据 $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$

解得 $T_2 = 800$ K

(3)在降温过程中,活塞下降,气体的压强不变,即 $p_3 = p_1 = 1.2 \times 10^5$ Pa

当活塞 A 下降至连接处,此时的气体体积为 V_3 ,则 $V_3 = S_B L = 1.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

外界对缸内气体做功为 $W_1 = p_3 (V_1 - V_3) = 60$ J

继续降温,当弹性细线拉力为 0 时,缸内气体体积为 $V_4 = S_B L_0 = 0.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

此时的压强为 p_4 ,对于活塞 B 有 $p_4 S_B + m_B g = p_0 S_B$

解得 $p_4 = 9 \times 10^4$ Pa

该过程中压强随体积线性变化,可得

$$W_2 = \frac{1}{2} (p_3 + p_4) (V_3 - V_4) = 21 \text{ J}$$

根据热力学第一定律可得 $Q = \Delta U - W_1 - W_2 = -243$ J

3. 答案:150 s

解析:由产品参数的信息可知,初态时压强为 $p_1 = 0.8$ MPa 体积为 $V_1 = 10^3$ mL

温度为 $T_1 = (15 + 273)$ K = 288 K

不能喷出氧气时,即末态时压强为 $p_2 = 0.1$ MPa

温度 $T_2 = (33 + 273)$ K = 306 K

由理想气体状态方程 $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$

解得 $V_2 = 8.5 \times 10^3$ mL

所以喷出的氧气体积为 $\Delta V = V_2 - V_1 = 7.5 \times 10^3$ mL

持续出气的使用时长 $t = \frac{\Delta V}{Q} = 150$ s

【误区警示】鼻吸氧气呼吸器向外喷气时瓶内气体的体积不变,容易误认为是等容变化,其实向外喷气时气体的质量发生了变化,气体体积、温度和压强都会发生变化,在求解时需要将喷出的气体和瓶内的气体整体为研究对象,应用理想气体状态方程分析问题。

4. 答案:(1)369 K (2)492 K

解析:(1)在粗管中的水银柱上升前,封闭气体的压强 $p_1 = p_0 + 2h_0$

解得 $p_1 = 80$ cmHg



设在粗管中的水银柱全部上升至细管的过程中,细管中的水银柱上升的高度为 h_1 ,则有

$$h_1 S_2 = h_0 S_1$$

解得 $h_1 = 4 \text{ cm}$

当粗管中的水银柱全部上升至细管时,封闭气体的压强

$$p_2 = p_0 + p_{h1} + p_{h0}$$

解得 $p_2 = 82 \text{ cmHg}$

$$\text{根据理想气体状态方程有 } \frac{p_1 L_1 S_1}{T_1} = \frac{p_2 (L_1 + h_0) S_1}{T_2}$$

解得 $T_2 = 369 \text{ K}$

(2)在细管水银面继续上升的过程中,封闭气体的体积

$$V = (L_1 + h_0) S_1 + h S_2$$

解得 $V = 64 \text{ cm}^3$

$$\text{根据盖—吕萨克定律有 } \frac{(L_1 + h_0) S_1}{T_2} = \frac{V}{T_3}$$

解得 $T_3 = 492 \text{ K}$

5. 答案:(1) $\frac{2V_0}{3}$ (2) 0 7.6 cm

解析:(1)设大气压为 p_0 ,开始时 $p_{A0} = 2p_0$

$$V_{A0} = \frac{1}{3}V_0$$

打开阀门 K,A 室气体等温变化,此时 $p_A = p_0$

设体积为 V_A ,根据玻意耳定律有 $p_{A0} V_{A0} = p_A V_A$

$$\text{解得 } V_A = \frac{p_{A0} V_{A0}}{p_A} = \frac{2V_0}{3}$$

(2)假设打开阀门后,气体从 $T_0 = 300 \text{ K}$ 升到 T 时,活塞 C 恰好到达容器最右端,即气体的体积变为 V_0 ,压强 p_A 仍为 p_0 ,即为等压变化过程,根据盖—吕萨克定律 $\frac{V_A}{T_0} = \frac{V_0}{T}$

$$\text{解得 } T = \frac{V_0}{V_A} T_0 = 450 \text{ K}$$

因为 $T_1 = 400 \text{ K} < 450 \text{ K}$

所以 $p_{A1} = p_A = p_0$

水银柱的高度差为零

从 $T = 450 \text{ K}$ 升高到 $T_2 = 495 \text{ K}$ 是等容变化过程,根据

$$\text{查理定律 } \frac{p_A}{T} = \frac{p_{A2}}{T_2}$$

解得 $p_{A2} = 1.1p_0$

当 $T_2 = 495 \text{ K}$ 时,水银面的高度差为

$$\Delta h = (1.1 - 1) \times 76 \text{ cm} = 7.6 \text{ cm}$$

高考学科素养训练(一)

1. D 解析:从 $n=3$ 能级向 $n=2$ 能级跃迁时,产生的巴尔

末系光谱线频率最小,波长最大,则有 $h \frac{c}{\lambda_m} = E_3 - E_2 =$

$$\frac{E_1}{9} - \frac{E_1}{4} = -\frac{5E_1}{36}$$

解得巴尔末系中光谱线的最大波长为

$$\lambda_m = -\frac{36hc}{5E_1}$$

D 正确.

2. D 解析:图乙为明暗相间、等间距的干涉条纹,A 错误;

设空气膜的厚度为 d ,则空气膜上下表面分别反射的两列光的光程差为 $\Delta x = 2d = n\lambda$,该处表现为亮条纹,所以相邻两条亮条纹中心所对应的薄膜厚度差为 $d = \frac{\lambda}{2}$,B 错误;若仅将红光换为紫光,波长变小,则相邻两条亮条纹的中心间距变小,C 错误;若抽出两张纸片,空气膜的倾角减小,则相邻两条亮条纹的中心间距变大,D 正确.

3. D 解析:潜艇在“掉深”时向下加速,由图像可知加速度为 $a = \frac{20}{10} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$,A 错误;在 30 s 内先向下加速后向下减速,则 $t = 30 \text{ s}$ 潜艇向下到达最大深度,B 错误;由图像可知潜艇竖直向下的最大位移为 $h = \frac{1}{2} \times 20 \times 30 \text{ m} = 300 \text{ m}$,C 错误;潜艇在 10~30 s 时间内向下减速,加速度向上,则处于超重状态,D 正确.

4. D 解析:假设探测器以椭圆轨道的半长轴为半径做匀速圆周运动,在经过 M 点时的速度要大于在椭圆轨道上经过 M 点时的速度,由 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$, $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$,可知探测器在近火圆轨道 Q 点的速度要大于在圆轨道上 M 点的速度,因此探测器在椭圆轨道 M 点的速度小于在 Q 点的速度,A 错误;由万有引力和牛顿第二定律知 $G \frac{Mm}{r^2} = ma$,解得 $a = G \frac{M}{r^2}$,可知探测器在 Q 点与椭圆轨道上的 P 点的加速度大小相等,方向不同,B 错误;由题意可知椭圆的半长轴为 $2R$,根据开普勒第三定律可得 $\frac{T_{\text{椭}}^2}{T_{\text{圆}}^2} = \frac{(2R)^3}{R^3}$,则有 $\frac{T_{\text{椭}}}{T_{\text{圆}}} = \frac{2\sqrt{2}}{1}$,C 错误;设探测器在椭圆轨道上 P 点的速度为 v_P ,在 M 点的速度为 v_M ,设火星的半径为 R ,根据开普勒第二定律可得 $\frac{1}{2} \cdot R \cdot v_P = \frac{1}{2} \cdot 3R \cdot v_M$,解得 $\frac{v_P}{v_M} = \frac{3}{1}$,D 正确.

5. B 解析:球做平抛运动,由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$,可知两次平抛运动的时间相等,与地面的碰撞是完全弹性碰撞,由对称性可知,A 处碰撞的小球运动的总时间为 $3t$,故两次运动的时间之比为 3:1,水平方向做匀速直线运动,由 $v_0 = \frac{x}{t}$,水平位移相等,则第一只球与第二只球被击出时的速度之比为 1:3,B 正确.

6. B 解析:开关 S 断开时,有 $U = I_1 R_{L1} + U_1$,电流之比为 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$,电压之比为 $\frac{U_1}{I_2 R_{L2}} = \frac{n_1}{n_2}$,开关 S 闭合时,有 $U = I'_1 R_{L1} + U'_1$,电流之比为 $\frac{I'_1}{I'_2} = \frac{n_2}{n_1}$,电压之比为 $\frac{U'_1}{I'_2 R} = \frac{n_1}{n_2}$,副线圈的总电阻 $R = \frac{R_{L2} \cdot R_{L3}}{R_{L2} + R_{L3}}$,闭合开关 S 后,小灯泡

教学笔记

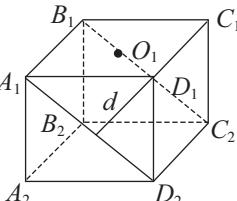
L_1 的功率变为原来的 16 倍,由公式 $P=I^2R$,可知电流

$\frac{I_1}{I'_1}=\frac{1}{4}$,联立解得 $\frac{n_1}{n_2}=3$,B 正确.

【解题策略】电阻等效法巧解:设 $\frac{n_1}{n_2}=k$,则开关 S 断开时原、副线圈和负载电阻等效为 k^2R_{L2} ,小灯泡 L_1 的功率为 $P=\left(\frac{U}{R_{L1}+k^2R_{L2}}\right)^2R_{L1}$,开关 S 闭合时原、副线圈和负载电阻等效为 $k^2\frac{R_{L2}R_{L3}}{R_{L2}+R_{L3}}$,小灯泡 L_1 的功率为 $16P=\left(\frac{U}{R_{L1}+k^2\frac{R_{L2}R_{L3}}{R_{L2}+R_{L3}}}\right)^2R_{L1}$,两式联立解得 $k=3$,即 $\frac{n_1}{n_2}=3$,B 正确.

7. C **解析:**由 $\varphi_{01}=\frac{\varphi_{B1}+\varphi_{D1}}{2}$ 得

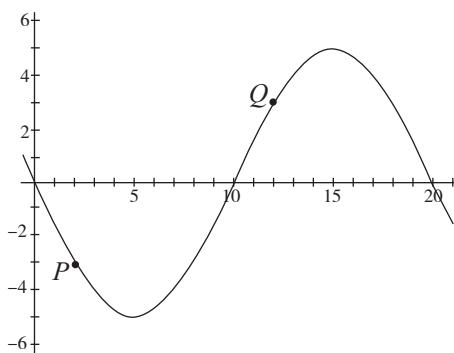
$\varphi_{B1}=4$ V,A 错误;因为 $\varphi_{B1}=\varphi_{D2}=\varphi_{C2}=4$ V,所以平面 $A_1B_1C_2D_2$ 是一个等势面,如图所示,正方体中心在该平面上,所



以正方体中心的电势为 4 V,B 错误; D_1 点到平面 $A_1B_1C_2D_2$ 的距离为 $d=L\sin 45^\circ$,电场强度的大小为 $E=\frac{U}{d}=\frac{U_{D1D2}}{d}=4$ V/m,C 正确,D 错误.

8. BC **解析:**图示时刻 P、Q 的位移等大反向,速度也等大反向,且 P、Q 平衡位置间的距离小于波长 λ ,可知 P、Q 平衡位置间的距离为半个波长,即 $0.5\lambda=1$ m,解得 $\lambda=2$ m,A 错误;由 $\lambda=vT$ 可得 $T=2$ s,由题意可得该时刻的波形图如图所示,该时刻原点向上振动,设坐标原点处质点的振动方程为 $y=A\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$,结合已知条件可得

$y=5\sin \pi t$ (cm),B 正确;质点 P 到达平衡位置时可以看作坐标原点处的振动传到质点 P,则坐标原点处质点的位移为 3 cm,可得 $3 \text{ cm}=5\sin \pi t_0$ (cm),P 的平衡位置距离原点小于 $\frac{1}{4}\lambda$,则解得其到达平衡位置的时间为 $t_0=\frac{37}{180}$ s,C 正确;计时开始的 10 s 内,正好为 5 个周期,则 10 s 时间内,Q 经过的路程为 $s=5 \times 4A=100$ cm,D 错误.



【解题策略】快速排除容易的错误项, P、Q 两质点的位移大小相等,方向相反,且振动方向相反,可知 P、Q 平衡位置间的距离为半个波长,则波长为 $\lambda=2$ m,可以排除选项 A;由 $\lambda=vT$ 可得 $T=2$ s,计时开始的 10 s 内,正好为 5 个周期,则 10 s 时间内,Q 经过的路程为 $s=5 \times 4A=100$ cm,可以排除选项 D,本题为多选题,所以正确答案为 B、C.

9. AD **解析:**根据题意可知,当牵引力等于阻力时,平衡车的速度达到最大值,由公式 $P=Fv$ 可得,最大速度 $v_m=\frac{P}{F}=\frac{P}{f}$,A 正确;车速为 v_0 时的牵引力为 $F=\frac{P}{v_0}$,由牛顿第二定律可得 $\frac{P}{v_0}-f=ma$,解得 $a=\frac{P}{mv_0}-\frac{f}{m}$,B 错误;平衡车从 v_0 到最大速度 v_m ,由动能定理得 $Pt+W=\frac{1}{2}mv_m^2-\frac{1}{2}mv_0^2$,解得在时间 t 内阻力做的功为 $W=\frac{1}{2}mv_m^2-\frac{1}{2}mv_0^2-Pt$,D 正确;在时间 t 内阻力做的功 $W=-fx$,解得人与车在时间 t 内的位移大小为 $x=\frac{Pt}{f}+\frac{mv_0^2}{2f}-\frac{mv_m^2}{2f}$,C 错误.

10. BD **解析:**根据右手定则可知,从上往下看感应电流方向为逆时针,根据左手定则可知,两棒受到的安培力方向均为水平向右,大小相等,即两棒受到的安培力冲量大小相等方向相同,A 错误;根据上述可知,MN 向左做减速运动,PQ 向右做加速运动,当速度大小相等时,根据右手定则可知,回路总电动势为 0,感应电流为 0,此后两棒做匀速直线运动,对 MN 棒有 $-B\bar{I}lt=mv_1-mv_0$,对 PQ 棒有 $B\bar{I}lt=2mv_1$,解得 $v_1=\frac{v_0}{3}$,B 正确;根据上述分析,回路中产生的总焦耳热为 $Q=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2} \times 2mv_1^2$,则 MN 棒产生的焦耳热为 $Q_{MN}=\frac{1}{3}Q$,解得 $Q_{MN}=\frac{mv_0^2}{9}$,C 错误;根据功能关系可知,上述过程中,安培力对 MN 棒做负功,将 MN 棒的动能转化为电能,安培力对 PQ 棒做正功,将一部分电能转化为动能,电流通过电阻,一部分电能又转化为焦耳热,可知 MN 棒克服安培力做功的功率等于安培力对 PQ 棒做功的功率与两棒总发热功率之和,D 正确.

11. 答案:(1)压强(1分) (2)控制气体的温度不发生变化(2分)

(3) $p=\frac{1}{V}$ 或 $V=\frac{1}{p}$ (2分) (4)不相等(1分) AB(2分)

解析:(1)实验中使用的是压强传感器.

(2)实验过程中应避免手握注射器含空气柱的部分,这是为了控制气体的温度不发生变化.

(3)根据理想气体状态方程 $pV=nRT$,可得 $p=\frac{1}{V} \cdot nRT$

教学笔记

或 $V = \frac{1}{p} \cdot nRT$, 为检验气体的压强 p 与体积 V 是否成反比例关系, 能较直观的判定该关系, 可将图线转化为 $p - \frac{1}{V}$ 图像或 $V - \frac{1}{p}$ 图像.

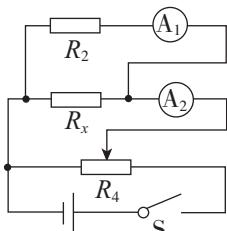
(4)根据曲线可知对于同一 V 值所对应的 p 值不同, 故两组注射器内气体的 pV 乘积不相等; 根据理想气体状态方程 $pV = nRT$, 可知当气体质量一定时, 若两组实验的环境温度 T 不同, 则 pV 乘积不等; 同理, 当两组封闭气体的质量不同时, pV 乘积不等, A、B 正确; 若某组器材的气密性不佳, 在实验中会漏气, 气体质量会持续变化, 此时不可能得到反比例关系图线; 同理, 若某组实验中活塞移动太快, 会使注射器内封闭气体的温度不断变化, 此时图线也不可能符合反比例关系, C、D 错误.

12. 答案: (1) A(1分) 1.450(1分) (2) R_2 (1分) 图见解析(2分) (3) 0.66(2分) (4) 偏大(1分)

解析: (1) 测量圆筒形盛水容器的内径, 应使用图乙中游标卡尺的内测量爪(即图中 A)进行测量, 盛水容器的内径 $d = 14 \text{ mm} + 10 \times 0.05 \text{ mm} = 14.50 \text{ mm} = 1.450 \text{ cm}$.

(2) 由于未知电阻 R_x 约为 195Ω , 则流过 R_x 的最大电流约为 $I = \frac{E}{R_x} \approx 46 \text{ mA}$, 则测量电路中电流表应选用 A_2 , 同时应将电流表 A_1 (内阻为 r_1) 改装成电压表, 由于电源电动势约为 9.0 V , 则改装成量程为 9.0 V 的电压表, 需要串联的电阻为 $R_{\text{串}} = \frac{E}{I_1} - r_1 = 590 \Omega$, 则串联定

值电阻应选 R_2 ; 改装电压表后的内阻为 $R_V = R_2 + r_1 = 600 \Omega$, 由于电压表内阻已知, 所以采用电流表外接法, 实验电路图如图所示.



(3) 根据部分电路欧姆定律得 $R_x = \frac{I_1 r_1 + I_1 R_2}{I_2 - I_1}$, 化简得 $I_1 = \frac{R_x}{R_2 + R_x + r_1} I_2$, 由 $I_1 - I_2$ 关系图像可得 $\frac{R_x}{R_2 + R_x + r_1} = \frac{6}{24}$, 解得 $R_x = 200 \Omega$, 根据电阻定律可得 $R_x = \rho \frac{L}{\pi d^2}$, 解

得 $\rho \approx 0.66 \Omega \cdot \text{m}$.

(4) 若装入的污水样品中有气泡, 导致污水未完全充满绝缘材料制成的圆柱形容器, 相当于圆柱形污水的横截面积减小, 此时测得的电阻将增大, 从而导致测定的电阻率偏大.

13. 答案: (1) $\frac{4mg}{l_0}$ (2) $2T_0$

解析: (1) 初始状态对活塞 B 有 $k\left(l_0 - \frac{l_0}{2}\right) = mg + p_0 S$ (1分)

解得 $k = \frac{4mg}{l_0}$ (1分)

(2) 当温度为 T_0 时, 封闭气体的压强为 p_1 , 对活塞 A 有 $p_1 S = mg + k\left(l_0 - \frac{l_0}{2}\right)$ (1分)

得 $p_1 = \frac{3mg}{S}$

当温度升为 T_1 时, 封闭气体的压强为 p_2 , 则对活塞 B 有 $mg + p_0 S + k\Delta x_2 = k\left(l_0 - \frac{l_0}{2} + \Delta x_1 - \Delta x_2\right)$ (1分)

又 $\Delta x_2 = \frac{l_0}{4}$

解得 $\Delta x_1 = \frac{l_0}{2}$

对活塞 A 有 $p_2 S = mg + k\left(l_0 - \frac{l_0}{2} + \Delta x_1 - \Delta x_2\right)$ (1分)

解得 $p_2 = \frac{4mg}{S}$

对汽缸中的气体有 $\frac{p_1 V_1}{T_0} = \frac{p_2 V_2}{T_1}$ (1分)

其中 $V_1 = l_0 S, V_2 = (l_0 + \Delta x_1) S$ (1分)

解得 $T_1 = 2T_0$ (1分)

14. 答案: (1) $B_1 v_1 d$

$$(2) v_2 = \frac{B_2 D e}{2m} \quad v_3 = \sqrt{\frac{8B_1 v_1 e d m + B_2^2 D^2 e^2}{4m^2}}$$

解析: (1) 等离子体由下方进入区域后, 在洛伦兹力的作用下偏转, 当粒子受到的电场力等于洛伦兹力时, 形成稳定的匀强电场, 设等离子体的电荷量为 q' , 根据平衡条件有

$$Eq' = B_1 v_1 q' \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{电势差 } U = Ed \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } U = B_1 v_1 d \quad (2 \text{ 分})$$

$$(2) \text{ 离子在磁场中做匀速圆周运动时 } B_2 e v_2 = m \frac{v_2^2}{r} \quad (2 \text{ 分})$$

根据题意, 在 A 处发射速率相等, 方向不同的正离子后, 形成宽度为 D 的平行离子束, 即

$$r = \frac{D}{2} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } v_2 = \frac{B_2 D e}{2m} \quad (2 \text{ 分})$$

正离子经过区域 I 加速后, 离开 PQ 的速度大小为 v_3 , 根据动能定理可知

$$eU = \frac{1}{2} m v_3^2 - \frac{1}{2} m v_2^2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{联立可得 } v_3 = \sqrt{\frac{8B_1 v_1 e d m + B_2^2 D^2 e^2}{4m^2}} \quad (2 \text{ 分})$$

教学笔记

15. 答案：(1)2.0 m/s (2) $x_0 \geq 0.96$ m (3)3.936 m

解析：(1)小球A由静止到最低点的过程,根据机械能守恒定律有

$$m_A g l = \frac{1}{2} m_A v_0^2 \quad (1 \text{ 分})$$

解得 $v_0 = 4.0$ m/s

设小球A与小物块B发生弹性碰撞后的速度分别为 v_A 、 v_B ,根据动量守恒定律有

$$m_A v_0 = m_A v_A + m_B v_B \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{碰撞前后根据机械能守恒定律有 } \frac{1}{2} m_A v_0^2 = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } v_B = 2.0 \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

(2)设B、C获得的共同速度为 v_1 ,以水平向右为正方向,由动量守恒定律有

$$m_B v_B = (m_B + m_C) v_1 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{代入数据解得 } v_1 = 0.8 \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

若B、C共速时C刚好运动到挡板处,对C应用动能定

$$\text{理有 } \mu m_B g x_0 = \frac{1}{2} m_C v_1^2 - 0 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{代入数据解得 } x_0 = 0.96 \text{ m}$$

则保证C运动到竖直挡板前B、C能够共速, x_0 应满足的条件是 $x_0 \geq 0.96$ m

(3)第一次共速过程中,由能量守恒定律有

$$\mu m_B g L_1 = \frac{1}{2} m_B v_B^2 - \frac{1}{2} (m_B + m_C) v_1^2 \quad (2 \text{ 分})$$

长木板C与挡板碰后速度方向反向,设B、C第二次获得的共同速度为 v_2 ,以水平向左为正方向,由动量守恒定律有 $m_C v_1 - m_B v_1 = (m_B + m_C) v_2$

由能量守恒定律有

$$\mu m_B g L_2 = \frac{1}{2} m_B v_1^2 + \frac{1}{2} m_C v_1^2 - \frac{1}{2} (m_B + m_C) v_2^2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{长木板的最短长度为 } L = L_1 + L_2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } L = 3.936 \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

高考学科素养训练(二)

1.C 解析：衰变过程满足质量数和电荷数守恒,该衰变过程的方程可写为 $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{234}_{90}\text{X} + ^4_2\text{He}$,A 错误;由于衰变过程释放能量,存在质量亏损,可知 $^{238}_{92}\text{U}$ 的结合能和新核X的结合能之差小于 α 粒子的结合能,B 错误;衰变反应中的 γ 射线为高频电磁波,具有极强的穿透性,C 正确;质量为 m 的 $^{238}_{92}\text{U}$ 原子核经过两个半衰期后,有 $\frac{3}{4}m$ 的 $^{238}_{92}\text{U}$ 原子核发生了衰变,还剩下 $\frac{1}{4}m$ 的 $^{238}_{92}\text{U}$ 原子核,产生的新核质量不是 $\frac{1}{4}m$,D 错误.

2.D 解析：家用电磁炉工作时,通过金属杯的磁通量发生变化,金属杯产生无数小涡流,利用涡流来加热食物或者

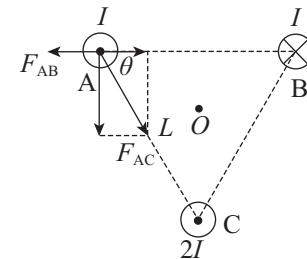
水,是互感现象,A、C 错误;家用电磁炉的锅用铁而不用陶瓷材料,主要是因为陶瓷不能产生涡流,金属锅能产生涡流,B 错误;仅增大简易电磁炉交流电的频率,通过金属杯的磁通量变化率增大,感应电动势增大,感应电流增大,电功率增大,可以缩短水达到沸腾的时间,D 正确.

3.B 解析：由题图乙可知质点P从 $t=0$ 时刻开始沿y轴负方向振动,根据波形平移法可知,该波沿x轴负方向传播,A 错误;由题图甲可知,波长为4 km,由题图乙可知

$$\text{周期为 } 1 \text{ s,则有波速为 } v = \frac{\lambda}{T} = 4 \text{ km/s,该波沿 } x \text{ 轴传}$$

播20 km 的距离需要的时间为 $t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{20}{4} \text{ s} = 5 \text{ s}$,B 正确;由于波长为4 km,该波在传播过程中遇到50 m 尺寸的障碍物时会发生明显的衍射现象,C 错误;该波与频率为1 Hz 的简谐横波相遇,若相位差不恒定,则不能形成稳定的干涉图样,D 错误.

4.C 解析：由于A、B输电线缆通入的电流方向相反,所以两线缆相互排斥,A 错误;B 对 A 的作用力沿AB水平向左,C 对 A 的作用力沿AC斜向右下,且大小为B对A作用力的2倍,如图所示,由图可知 $F_{AC} \cos \theta = 2F_{AB} \cos 60^\circ = F_{AB}$,即C对A的作用力在水平方向的分力与B对A的作用力大小相等,方向相反,所以A受到的合力即为C对A的作用力在竖直方向的分量,其与水平方向夹角为 90° ,B 错误;根据安培定则可知,A输电线缆在A、B圆心连线中点处的磁感应强度方向竖直向上,C 正确;A输电线在O点的磁感应强度方向垂直OA 指向右上方,B输电线在O点的磁感应强度方向垂直OB 指向左上方,C输电线在O点的磁感应强度方向垂直OC 水平向左,所以O处合磁感应强度方向应斜向左上方,D 错误.



5.D 解析：将拉力分解为沿水平方向的分量 F_x 和竖直方向的分量 F_y ,根据题意和牛顿第二定律可得 $f = mg$,竖直方向 $F_y - mg - f \cos 60^\circ = ma \sin 30^\circ = \frac{1}{2}mg$,解得

$$F_y = 2mg, \text{ 水平方向 } F_x - f \sin 60^\circ = ma \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg,$$

$$\text{解得 } F_x = \sqrt{3}mg, \text{ 因此拉力 } F \text{ 的大小为 } F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{7}mg, D \text{ 正确.}$$

6.B 解析：两天体构成双星系统,则两天体的周期T相同.设两天体的质量分别为 m_1 、 m_2 ,轨道半径分别为 r_1 、 r_2 ,两天体间的距离为 L ,由万有引力提供向心力对两天

$$\text{体分别有 } G \frac{m_1 m_2}{L^2} = m_1 \frac{4\pi^2}{T^2} r_1, G \frac{m_1 m_2}{L^2} = m_2 \frac{4\pi^2}{T^2} r_2, r_1 + r_2 = L$$



$r_2=L$,解得 $m_2=\frac{4\pi^2L^2r_1}{GT^2}$, $m_1=\frac{4\pi^2L^2r_2}{GT^2}$,两天体的总质量为 $m_1+m_2=\frac{4\pi^2L^3}{GT^2}$ 由题意可知两天体的总质量不变,可得 $\frac{L^3}{T^2}$ 不变;由题图可知,第3次观测时天体的周期为第1次观测时周期的 $\frac{1}{8}$,所以第3次观测时两天体间的距离为第1次观测时的 $\frac{1}{4}$,B正确.

7.C 解析:将两小球看成一个整体,构建整体受力的矢量三角形,如图所示,两弹力间的夹角大小不变,整体重力大小方向均不变,可构造该矢量三角形的外接圆,在OA杆对小球的弹力方向由AB杆水平变化的过程中,OA杆对小球的弹力逐渐增大,OB杆对小球的弹力一直减小,A、B错误;末状态时, N_1 、 N_2 间的夹角为 120° , N_1 、 N_2 与竖直方向的夹角均为 60° ,根据合成规律可知末态时两杆对球的弹力大小相等,均为 $3mg$. 以OA杆上的小球为研究对象,根据余弦定理 $\cos 60^\circ = \frac{(mg)^2 + (3mg)^2 - T^2}{2 \times mg \times 3mg}$, 可得细绳对小球的作用力 $T = \sqrt{7}mg$, C正确,D错误.

8.BD 解析:因为 $A \rightarrow B$ 为等温过程,温度不变,则内能不变, $\Delta U=0$,压强变大,体积变小,故外界对气体做功, $W>0$,根据热力学第一定律可得 $\Delta U=W+Q$,故 $Q<0$,气体放出热量,A错误; $B \rightarrow C$ 为等压过程,体积增大,由理想气体状态方程可得 $\frac{pV}{T}=C$,可知气体温度升高,故气体分子的平均动能增大,B正确; $C \rightarrow D$ 为等温过程,压强变小,体积增大,因为温度不变,故气体分子的平均动能不变,压强变小说明单位时间内碰撞单位面积器壁的分子数减少,C错误; $B \rightarrow C$ 为等压过程,体积增大,气体对外做功, $W<0$,该过程中气体的温度升高,则气体的内能增加2 kJ,气体从外界吸收的热量为7 kJ,根据热力学第一定律可得 $\Delta U=W+Q$,解得气体对外界做功为5 kJ,D正确.

9.AC 解析:设 O' 为 AB 中点,根据电势的叠加可知, O' 点的电势为0,且 AB 两点关于 O' 点对称,则 A 、 B 两点电势大小相等,符号相反,A正确;粒子在 A 点时, $+Q$ 环产生电场的电场强度为0,但 $-Q$ 环产生电场的电场强度不为0,即图像在原点处时 $E \neq 0$,B错误;由动能定理 $W=qEx=E_k-0=E_k$,则 E_k-x 图像斜率为电场力 qE ,而 O' 点电场力最大,故图像在 $x=\frac{l_0}{2}$ 处斜率最大,C正确;由于 A 、 B 处的电势一正一负,绝对值相等,根据 $E_p=\varphi q$ 可知,粒子在 A 、 B 两点的电势能也一正一负,绝对值相等,D错误.

10.AB 解析:圆珠笔弹起的整个过程中,外壳和内芯碰撞过程中系统的机械能有损失,所以弹簧释放的弹性势能大于笔增加的重力势能,A正确;设外壳与内芯碰撞时外壳的速度为 v ,根据机械能守恒 $\Delta E_p=\frac{1}{2} \times 4mv^2 + 4mg\Delta h$,即 $\frac{1}{2}k \cdot \left(\frac{225m^2g^2}{k^2} - \frac{9m^2g^2}{k^2}\right) = \frac{1}{2} \times 4mv^2 + 4mg \times \frac{4}{5} \times \frac{15mg}{k}$,解得 $v=\sqrt{\frac{30m}{k}}g$,外壳受到的冲量为 $I=4mv=\sqrt{\frac{480m^3}{k}}g$,B正确;外壳和内芯碰撞过程,取竖直向上为正方向,由动量守恒定律得 $4mv=(4m+m)v'$,碰后过程,由机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}(4m+m)v'^2 = (4m+m)gh$,联立解得 $h=\frac{48mg}{5k}$,C错误;外壳受向下的重力和向上的弹力,弹力逐渐减小,当弹力等于重力时,加速度为零,速度最大,碰撞前弹簧的弹力 $F=\frac{1}{5} \cdot k \cdot \frac{15mg}{k}=3mg < 4mg$,此时已经减速了,D错误.

【解题策略】排除错误项,外壳和内芯碰撞过程,取竖直向上为正方向,由动量守恒定律得 $4mv=(4m+m)v'$,碰后过程,由机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}(4m+m)v'^2 = (4m+m)gh$,联立解得 $h=\frac{48mg}{5k}$,排除选项C;外壳受向下的重力和向上的弹力,弹力逐渐减小,当弹力等于重力时,加速度为零,速度最大,可以排除选项D,本题为多选题,所以答案为A、B.

11. 答案:(1)6.700(2分) (2) $\frac{1}{t^2}$ (2分) $\frac{d^2}{2k}$ (3分)

解析:(1)遮光条的宽度为 $d=6.5 \text{ mm} + 20.0 \times 0.01 \text{ mm}=6.700 \text{ mm}$.

(2)由运动学规律可得 $v^2=2ax$,由光电门原理可得 $v=\frac{d}{t}$,联立可得 $x=\frac{d^2}{2a} \cdot \frac{1}{t^2}$,若以 x 为纵轴,则以 $\frac{1}{t^2}$ 为横轴,作出的图线为倾斜的直线;若图线的斜率为 k ,则 $\frac{d^2}{2a}=k$,解得滑块下滑的加速度为 $a=\frac{d^2}{2k}$.

12. 答案:(1) $\frac{1}{k_1}$ (2分) $\frac{a}{k_1}-R_0$ (2分)

(2)大于(2分) 系统误差(1分) (3) $\frac{k_2}{k_1}R_0-R_0$ (2分)

解析:(1)根据乙图可知 $E=I(R+R_0+r)$,解得 $\frac{1}{I}=\frac{1}{E}R+\frac{R_0+r}{E}$,可得 $k_1=\frac{1}{E}$, $a=\frac{R_0+r}{E}$,则 $E=\frac{1}{k_1}$, $r=\frac{a}{k_1}-R_0$.

(2)根据等效电源法可知电动势测量值等于真实值,内阻测量值大于真实值,该误差属于系统误差。

$$(3) \text{根据丙图可知 } E = I(R + R_A) + \left[I + \frac{I(R_A + R)}{R_0} \right] r,$$

可得 $\frac{1}{I} = \frac{r + R_0}{ER_0} R + \frac{R_A + r}{E} + \frac{rR_A}{ER_0}$, 可知 $k_2 = \frac{r + R_0}{ER_0}$, 解得 $r = k_2 ER_0 - R_0$, 即 $r = \frac{k_2}{k_1} R_0 - R_0$.

13. 答案: (1) $\sqrt{3}$ (2) $\frac{1}{3}\pi R^2$

解析: (1) 入射角为 $i = \theta = 60^\circ$

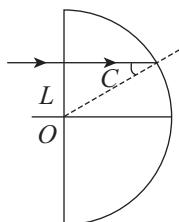
折射角为 $r = 30^\circ$

$$\text{折射率为 } n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

解得 $n = \sqrt{3}$

(2) 当某光线在玻璃砖右侧面出现全反射时, 临界角为 C , 则有 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{3}}{3}$

如图, 此光线与 O 的距离为 $L = R \sin C = \frac{\sqrt{3}}{3}R$



在此范围内的光线可从右侧射出, 则能从玻璃砖射出的入射光的横截面积为 $S = \pi L^2$

$$\text{解得 } S = \frac{1}{3}\pi R^2$$

14. 答案: (1) $\sqrt{29}$ m/s (2) $\frac{47}{12} \text{ N} < F < \frac{47}{6} \text{ N}$

解析: (1) a 进入圆弧轨道后从 B 点飞出, 恰好落在 Q 点, 设物块 a 在 B 点的速度大小为 v_B ; 物块 a 在空中做

$$\text{平抛运动, 则有 } 2R = \frac{1}{2}gt^2$$

$$3R = v_B t$$

$$\text{联立解得 } t = 0.4 \text{ s}, v_B = 3 \text{ m/s}$$

设碰撞后一瞬间, 物块 a 的速度大小为 v_a , 物块 a 从碰撞后到 B 的过程, 根据动能定理可得

$$-\mu m_a g R - m_a g \cdot 2R = \frac{1}{2} m_a v_B^2 - \frac{1}{2} m_a v_a^2$$

$$\text{解得碰撞后一瞬间, 物块 A 的速度大小为 } v_a = \sqrt{29} \text{ m/s}$$

(2) 设物块 b 碰撞前瞬间的速度为 v_0 , 碰撞后瞬间的速度为 v_b , 碰撞过程根据动量守恒和机械能守恒可得

$$m_b v_0 = m_b v_b + m_a v_a$$

$$\frac{1}{2} m_b v_0^2 = \frac{1}{2} m_b v_b^2 + \frac{1}{2} m_a v_a^2$$

$$\text{解得 } v_0 = \frac{2\sqrt{29}}{3} \text{ m/s}, v_b = \frac{\sqrt{29}}{3} \text{ m/s}$$

设推力的作用距离为 x , 物块 b 从 Q 点到 P 点碰撞前的过程中, 根据动能定理可得

$$Fx - \mu m_b g \cdot 2R = \frac{1}{2} m_b v_0^2 - 0$$

$$\text{根据题意有 } R < x < 2R$$

联立解得作用在物块 b 上推力的大小范围为

$$\frac{47}{12} \text{ N} < F < \frac{47}{6} \text{ N}$$

15. 答案: (1) $\frac{mg}{q}$ (2) $6mg$ (3) $\frac{4m\sqrt{gR}}{3qR}$

解析: (1) 小球在电磁场区域做匀速圆周运动, 则在竖直方向上受力平衡, 即电场力方向向上, 虚线右侧电场方向一定向下, 且满足 $qE = mg$

$$\text{解得 } E = \frac{mg}{q}$$

(2) 由(1)可知虚线左侧的电场方向向上, 小球从 A 运动到 D 点的过程中, 设小球经过 D 点时的速度大小为 v , 根据动能定理可得 $mgR + qER = \frac{1}{2}mv^2$

$$\text{设小球到达 D 点轻绳被拉断前一瞬间承受的拉力为 } F, \text{ 根据牛顿第二定律有 } F - qE - mg = \frac{mv^2}{R}$$

$$\text{解得 } F = 6mg$$

根据牛顿第三定律可得轻绳被拉断前一瞬间承受的拉力大小为 $6mg$, 方向向下。

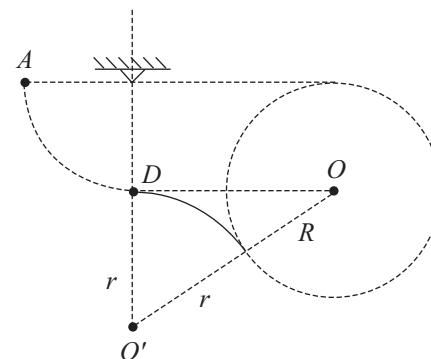
(3) 设小球在电磁场区域中做匀速圆周运动的半径为 r ,

$$\text{根据牛顿第二定律有 } qvB = \frac{mv^2}{r}$$

$$\text{解得 } r = \frac{mv}{qB}$$

可知 B 越小, r 越大, 当小球运动轨迹恰好与电磁场屏蔽区边界相切时, r 有最大值, B 有最小值

如图所示



$$\text{根据几何关系有 } (2R)^2 + r^2 = (r + R)^2$$

$$\text{解得 } B = \frac{4m\sqrt{gR}}{3qR}$$

教学笔记