

## 1. A 【命题点】分子动理论

【解析】气体分子的平均动能只和温度有关,温度降低,则分子的平均动能减小,分子的平均速率减小,但并不是所有分子的运动速率都减小(点拨:这是一个微观统计学规律),A 正确,C 错误;汽车轮胎容积不变,分子总数不变,则单位体积内分子的个数不变,B 错误;因为气体压强变低,由  $F=pS$  可知,分子对轮胎内壁单位面积的平均作用力变小,D 错误。

## 2. C 【命题点】薄膜干涉

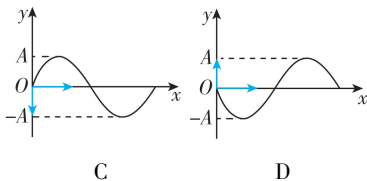
【解析】太阳光是复色光,照射肥皂膜时,膜前后表面的反射光在前表面叠加发生干涉,形成彩色条纹,C 正确。

## 3. A 【命题点】核反应方程

【解析】中子的质量数为 1,电荷数为 0,根据在核反应中质量数和电荷数均守恒可知,A 中有  $235+1-144-89=3$ ,  $92+0-56-36=0$ ,则括号中为 3 个中子,A 正确;B 中有  $238-234=4$ ,  $92-90=2$ ,括号中为氦核,B 错误;C 中有  $14+4-17=1$ ,  $7+2-8=1$ ,括号中为质子,C 错误;D 中有  $14-14=0$ ,  $6-7=-1$ ,括号中为电子,D 错误。

## 4. D 【命题点】机械波

【解析】当  $t=T$  时,波向  $x$  轴正方向传播了一个波长,所以坐标原点处的质点在平衡位置,A、B 错误;波沿  $x$  轴正方向传播,作出 C、D 选项中坐标原点处质点的振动方向和波的传播方向图示如图所示,由波源起振方向沿  $y$  轴正方向可知,坐标原点处质点的振动方向沿  $y$  轴正方向,D 正确,C 错误。



## 5. D 【命题点】线圈自感

【解析】断开开关瞬间,线圈中会产生很强的自感电动势,与  $P$  构成闭合回路,通过  $P$  的电流比开始  $P$  微亮时大,所以  $P$  闪亮后再熄灭,而  $Q$  中没有电流流过,直接熄灭,D 正确,A、B、C 错误。

## 6. C 【命题点】牛顿第二定律

【解析】细线能承受的最大拉力为 2 N,则对左边物块进行受力分析,可知最大加速度  $a_m$  满足  $T_m=ma_m$ ,解得  $a_m=2\text{ m/s}^2$ ,对两物块整体进行受力分析可知,拉力  $F$  最大值满足  $F_m=2ma_m=4\text{ N}$ ,C 正确。

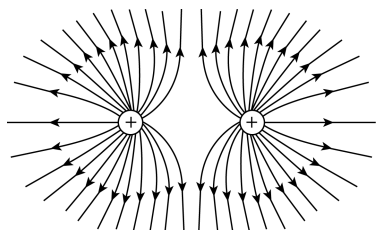
## 7. B 【命题点】非理想变压器+动态分析

【解析】若要使小灯泡正常发光,需增大小灯泡两端电压,由变压器原理可知,需减少原线圈匝数或增加副线圈匝数,A 错误,B 正确;若将原、副线圈匝数都增为原来的两倍,则  $\frac{n_1}{n_2}$  不变,小灯泡两端电压也不变,C 错误;若将两个 3.8 V 的小

灯泡并联起来接入副线圈,不能改变小灯泡两端电压,**D** 错误。

### 8. C 【命题点】场强的叠加+带电粒子在电场中的直线运动

【解析】两个等量正点电荷周围电场分布如图所示,因两场源电荷中垂线上的场强在变化,故负点电荷从  $E$  点释放后所受电场力不是恒力,做的不是匀加速直线运动,**A** 错误。两场源电荷在  $O$  点产生的场强等大反向, $O$  点场强为零,负点电荷在  $O$  点所受静电力为零,**B** 错误。从  $E \rightarrow O$ ,负点电荷受力方向由  $E$  指向  $O$ ,电场力做正功,电势能减小;从  $O \rightarrow F$ ,负点电荷受力方向由  $F$  指向  $O$ ,电场力做负功,电势能增大,则负点电荷从  $E$  到  $F$  的过程中电势能先减小后增大,**D** 错误。 $EO=OF$ , $E \rightarrow O$  与  $O \rightarrow F$  场强关于  $O$  点对称,则负点电荷从  $E$  到  $O$  和从  $O$  到  $F$  的运动情况对称,故  $t_{EO}=t_{OF}$ ,**C** 正确。



### 9. D 【命题点】线框进出有界磁场

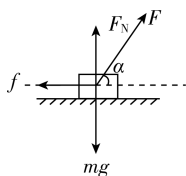
【解析】根据楞次定律可知,线框进磁场过程中,感应电流产生的磁场方向与原磁场方向相反,根据安培定则可知,回路中的感应电流方向为逆时针方向,**A** 错误;设线框边长为  $d$ ,总电阻为  $R$ ,则线框出磁场的过程中电动势  $E=Bdv$ ,线框中的电流  $I=\frac{E}{R}$ ,安培力  $F=BId$ ,由  $F=ma$  得加速度  $a=\frac{B^2 d^2 v}{mR}$ ,线框出磁场的过程中,安培力做负功, $v$  减小,则加速度  $a$  减小,故线框不做匀减速直线运动,**B** 错误;线框进磁场和出磁场的过程中,均做减速运动,两过程速度不相等,安培力不相等,位移相同,则克服安培力做功不相等,所以产生的焦耳热不相等,**C** 错误;根据  $q=\frac{\Delta\Phi}{R}$  可知,线框进磁场和出磁场的过程中,通过导线横截面的电荷量相等,**D** 正确。

### 10. A 【命题点】向心力的来源

【解析】因太空中物体处于完全失重状态,故小球的圆周运动轨道可以在任意平面内,**A** 正确;根据向心力公式  $F=m\omega^2 R$ ,周期公式  $T=\frac{2\pi}{\omega}$ ,且  $T=\frac{t}{n}$ ,解得小球质量  $m=\frac{Ft^2}{4\pi^2 Rn^2}$ ,**B** 错误;若误将  $n-1$  圈记作  $n$  圈,即将圈数多记, $n$  偏大,则质量偏小,**C** 错误;若测  $R$  时未计入小球半径,即  $R$  偏小,则质量偏大,**D** 错误。

### 11. D 【命题点】功能关系与极值问题

【解析】对物体受力分析如图所示,



水平方向有  $F\cos\alpha - f = ma$ , 竖直方向有  $F_N = mg - F\sin\alpha$ ,  $f = \mu F_N$ , 解得  $f = \mu mg - \mu F\sin\alpha$ , 摩擦力做功大小为  $W_f = \mu mgx - \mu F\sin\alpha \cdot x$ , 故摩擦力做功大小与  $F$  方向有关, **A 错误**; 合力做的功  $W_{\text{合}} = max$ , 是一个定值, 与  $F$  的方向无关, **B 错误**;  $F$  为水平方向时有  $F - \mu mg = ma$ , 得  $F = \mu mg + ma$ , 此时  $F$  做的功为  $W_F = \mu mgx + max$ , **C 错误**;  $F$  做的功可表示为  $W_F = F\cos\alpha \cdot x = fx + max$ , 式中  $f \geq 0$ ,  $m$ 、 $a$ 、 $x$  均为定值, 当  $f = 0$  时有  $W_{F\min} = max$ , **D 正确** (另解: 因合力做的功为  $max$ , 拉力  $F$  做正功, 摩擦力做负功, 只有摩擦力做的负功最小时, 拉力做的功才有最小值, 而摩擦力做功的最小值为零, 故拉力做功的最小值为  $max$ )。

## 12. A 【命题点】万有引力

【解析】“夸父一号”在随地球绕太阳公转的过程中, 轨道平面始终与太阳保持固定的取向, 即地球绕太阳转动的角速度与“夸父一号”的运行轨道平面绕太阳转动的角速度相等, 地球绕太阳每天转动的角度为  $\frac{360^\circ}{365} \approx 1^\circ$ , 则“夸父一号”的运行轨道平面平均每天转动的角度约为  $1^\circ$ , **A 正确**; 由  $\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ , 解得  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ , 近地卫星的环绕速度为  $7.9 \text{ km/s}$ , “夸父一号”的轨道半径大于地球半径, 故“夸父一号”绕地球做圆周运动的速度小于  $7.9 \text{ km/s}$ , **B 错误**; 对近地卫星有  $\frac{GMm}{R^2} = mg = ma_1$ , 可得  $a_1 = g$ , 对“夸父一号”有  $\frac{GMm}{r^2} = ma_2$ , 可得  $a_2 = \frac{GM}{r^2}$ , 由于“夸父一号”的轨道半径大于地球半径, 故  $a_2 < a_1 = g$ , **C 错误**; 开普勒第三定律应用的前提条件为同一中心天体, “夸父一号”和地球对应的中心天体分别为地球和太阳, 因此不能用开普勒第三定律求解日地间平均距离, **D 错误**。

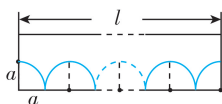
### 技巧必背 卫星运动规律“高轨低速大周期”

绕同一中心天体做匀速圆周运动的卫星, 利用万有引力提供向心力, 可知轨道半径越大, 速度越小  $\left(v = \sqrt{\frac{GM}{r}}\right)$ , 加速度越小  $\left(a = \frac{GM}{r^2}\right)$ , 角速度越小  $\left(\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}\right)$ , 周期越大  $\left(T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}\right)$ , 口诀为“高轨低速大周期”, 通过该结论可以快速推出 B、C 选项错误。

## 13. C 【命题点】带电粒子在磁场中的运动

### 【题图剖析】粒子运动轨迹图

先化立体图为平面图, 以沿着轴线且垂直于磁场的平面为研究平面, 粒子垂直打在管壁上, 与管壁发生弹性碰撞, 速度大小不变、方向反向, 结合左手定则, 可以画出带电粒子的运动轨迹如图所示。



【解析】粒子沿轴线进入管道,垂直打到管壁上,由几何知识可得粒子在磁场中运动的圆弧半径为  $a$ , **A 正确**;粒子做匀速圆周运动,可得  $qvB = \frac{mv^2}{a}$ ,解得  $m = \frac{Bqa}{v}$ , **B 正确**;时间  $t$  内通过管道横截面的电荷量为  $Q = ntq$ ,由电流定义式  $I = \frac{Q}{t}$ ,解得  $I = nq$ , **C 错误**;每个粒子水平位移变化  $2a$ ,与管道碰撞一次,因  $l \gg a$ ,则每个粒子在管道内与管道的碰撞次数  $N = \frac{l}{2a}$ ,时间  $t'$  内有  $nt'$  个粒子与管道发生碰撞,由动量定理可得  $Ft' = nt' \cdot N \cdot m\Delta v$ ,  $F = nNm \times 2v = Bnql$ , **D 正确** (易错:每个带电粒子与管道碰撞  $N$  次,在计算平均作用力时,需要计算  $N$  次碰撞产生作用力的总和)。本题选不正确的,故选 C。

#### 14. B 【命题点】机械能+相对论+光子能量

【解析】从地面  $P$  点到离地高为  $H$  的  $Q$  点,以地面为零势能面,由能量守恒可得  $h\nu_0 = h\nu + mgH$ ,再由  $h\nu = mc^2$ ,解得  $\nu =$

$$\frac{\nu_0}{1 + \frac{gH}{c^2}}, \text{A 错误}; \text{由数学知识可得 } \sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 R}} < \sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 (R+H)}},$$

$$\text{可得接收器接收到的光的频率 } \nu = \nu_0 \frac{\sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 R}}}{\sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 (R+H)}}} < \nu_0, \text{再}$$

由波长公式  $\lambda = \frac{c}{\nu}$ ,可得  $\lambda > \lambda_0$ , **B 正确**;从  $Q$  点发出一束光照射到  $P$  点,与从  $P$  点发出一束光照射到  $Q$  点是相反的过程,通过以上两种方法可知,从  $Q$  点到  $P$  点,其频率会变大, **C 错误**;太阳表面发出的光在传播过程中,可以类比为光从  $P$  点发射到  $Q$  点,因此光的频率会变小, **D 错误**。

#### 学霸解题·妙想

从  $P$  点发射光到远离地面的  $Q$  点,重力势能变大,光子能量  $h\nu$  变小,可得  $\nu < \nu_0$ , A 选项中  $\nu = \nu_0 \left(1 + \frac{gH}{c^2}\right) > \nu_0$ , A 错误;从  $Q$  点发射光到  $P$  点,重力势能变小,光子能量变大,可得频率变大, C 错误;通过类比,太阳表面发出的光传播过程中,重力势能变大,光子能量变小,频率变小, D 错误;通过排除法可得 B 正确。

#### 15. (1) $\frac{V}{S}$ (2 分) (2) ① $M$ (2 分) ② $b$ (2 分) 见解析 (2 分)

【命题点】油膜法估测分子直径实验+测量金属丝电阻率实验

【解析】(1) 根据体积公式有  $V = Sd$ ,解得  $d = \frac{V}{S}$ 。

(2) ①为了保护电路,且可以使开关闭合后电压表和电流表的示数均为零,开关闭合前应使滑片  $P$  处于 **M** 端。

②连接错误的导线为 **b**,因滑动变阻器采用分压式接法,故  $b$  导线的右端应与滑动变阻器的左下端接线柱相连;按题图 2 中电路,若闭合开关,电流表和金属丝将被短路,调节滑动

变阻器滑片起不到改变金属丝两端电压的作用,且向右移动滑片时电路中电流会过大,容易发生危险。

16. (1) ABD (2 分) (2) 自由落体 (1 分) A 球相邻两位置间水平距离相等 (2 分) (3) 11 (2 分) (4)  $\left| \frac{x_2 - 2x_1}{y_2 - 2y_1} \right|$  (3 分)

【命题点】探究平抛运动的规律

【解析】(1) 为使小球所受空气阻力尽可能小,应选用体积小、质量大的小球, **A 正确**;重锤线是利用重力的方向总是竖直向下的原理制造的仪器,为研究竖直方向的运动规律,需借助重锤线确定竖直方向, **B 正确**;为记录小球完整的轨迹,应先打开频闪仪,再抛出小球, **C 错误**;本实验的目的是探究平抛运动的特点,必须保证水平抛出小球, **D 正确**。

(2) B 球做自由落体运动,任意时刻 A、B 两球的竖直高度相同,说明 A 球竖直方向的运动与 B 球完全相同,即 A 球竖直方向做自由落体运动。因照片中 A 球相邻两位置对应的时间间隔都相同, **A 球相邻两位置间水平距离相等**,则可判断 A 球水平方向做匀速直线运动。

(3) 小球相邻两位置间时间间隔  $T = \frac{1}{25} \text{ s} = 0.04 \text{ s}$ ,由  $h = \frac{1}{2}gt^2$  得小球在空中运动的总时间  $t \approx 0.404 \text{ s} = 10.1T$ ,最多可以得到小球在空中运动的 11 个位置。

(4) 小球加速度大小为  $g$ ,方向沿重锤线方向,设  $y$  轴与重锤线方向夹角为  $\theta$ ,在  $xOy$  坐标系中,有  $a_x = g \sin \theta$ ,  $a_y = g \cos \theta$ ,由题图 3 可知小球从坐标原点  $O$  运动到坐标为  $(x_1, y_1)$  点的时间与小球从坐标为  $(x_1, y_1)$  点运动到坐标为  $(x_2, y_2)$  点的时间相同,设为  $t_0$ ,由匀变速直线运动的规律  $\Delta x = aT^2$  得  $|x_2 - x_1 - x_1| = a_x t_0^2$ ,  $y_2 - y_1 - y_1 = a_y t_0^2$ ,联立解得  $\tan \theta = \left| \frac{x_2 - 2x_1}{y_2 - 2y_1} \right|$ 。

17. (1)  $\frac{v^2}{2g}$  (2)  $mg + m \frac{v^2}{L}$  (3)  $\frac{1}{4}mv^2$

【命题点】圆周运动+碰撞

【解析】(1) A 由静止释放到与 B 碰撞前瞬间,由动能定理有  $mgH = \frac{1}{2}mv^2 - 0$  (2 分)

解得  $H = \frac{v^2}{2g}$  (1 分)

(2) 碰撞前, A 做圆周运动,有  $F - mg = m \frac{v^2}{L}$  (2 分)

解得  $F = mg + m \frac{v^2}{L}$  (1 分)

(3) 对 A、B 碰撞过程,由动量守恒定律可得

$mv = 2mv_{\text{共}}$  (1 分)

损失的机械能  $\Delta E = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2} \times 2mv_{\text{共}}^2$  (1 分)

解得  $\Delta E = \frac{1}{4}mv^2$  (1 分)

18. (1)  $kI^2L$  (2)  $\frac{1}{4}$  (3)  $I\sqrt{\frac{10kLs}{m}}$

【命题点】金属棒在磁场中的运动

【解析】(1) 第一级区域的磁感应强度  $B_1 = kI$  (1分)

所以金属棒受到的安培力大小  $F = B_1 IL = kI^2 L$  (1分)

(2) 第二级区域的磁感应强度  $B_2 = k \times 2I = 2kI$  (1分)

金属棒受到的安培力大小  $F' = B_2 \times 2I \times L = 4kI^2 L$  (1分)

由牛顿第二定律可得, 金属棒经过第一、二级区域的加速度

$$\text{大小之比 } \frac{a_1}{a_2} = \frac{F}{F'} = \frac{1}{4} \quad (2 \text{分})$$

(3) 金属棒加速全过程, 由动能定理有  $Fs + F's = \frac{1}{2}mv^2 - 0$  (2分)

$$\text{解得 } v = I \sqrt{\frac{10kLs}{m}} \quad (1 \text{分})$$

19. (1)  $\frac{2mv_0^2 d^2}{qL^2}$  (2) (a)  $\frac{kRv_0 d^2}{qL}$  (b) 25%

【命题点】带电粒子在匀强电场中的运动

【解析】(1) 颗粒恰好全部被收集, 说明最上端靠近负极板的颗粒恰好运动到下极板右边缘处, 设该颗粒运动时间为  $t$ ,

$$\text{水平方向有 } L = v_0 t \quad \text{①} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{竖直方向有 } d = \frac{1}{2}at^2 \quad \text{②} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{对颗粒由牛顿第二定律得 } \frac{qU_1}{d} = ma \quad \text{③} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{联立①②③解得 } U_1 = \frac{2mv_0^2 d^2}{qL^2} \quad (1 \text{分})$$

(2) (a) 考虑空气阻力, 颗粒水平方向和空气速度始终相同, 则水平方向没有相对速度, 没有空气阻力, 水平方向的运动仍然为匀速直线运动; 竖直方向经极短时间加速达到最大速度  $v_y$ , 说明此时颗粒受力平衡, 竖直方向以最大速度  $v_y$  匀速运动,

$$\text{竖直方向受力平衡, 有 } \frac{qU_2}{d} = kRv_y \quad \text{④} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{竖直方向做匀速运动, 有 } d = v_y t \quad \text{⑤} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{联立①④⑤可得 } U_2 = \frac{kRv_0 d^2}{qL} \quad (1 \text{分})$$

(b) 直径为  $10 \mu\text{m}$  即  $R = 5 \mu\text{m}$  的颗粒恰好被收集, 由 (a) 可

知  $\frac{qU_2}{d} = kRv_y$ , 对直径为  $2.5 \mu\text{m}$  即  $R' = 2.5 \mu\text{m} = \frac{1}{4}R$  的颗粒

$$\text{有 } \frac{q'U_2}{d} = kR'v'_y,$$

$$\text{由题意可知 } q' = \left(\frac{1}{4}\right)^2 q, \text{ 则 } v'_y = \frac{1}{4}v_y \quad (1 \text{分})$$

$$\text{在时间 } t \text{ 内, 直径 } 2.5 \mu\text{m} \text{ 的颗粒竖直位移为 } y = v'_y \cdot t = \frac{1}{4}d \quad (1 \text{分})$$

则左侧进入的直径  $2.5 \mu\text{m}$  的颗粒, 最下方四分之一被收集, 上方四分之三没有被收集, 被收集的百分比为 25% (1分)

20. (1)  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}} (r > R)$  (2)  $v = \sqrt{\frac{GM}{R^3}} \cdot r (r \leq R)$

(3)  $(n-1)M$

【命题点】万有引力+暗物质

【解析】(1) 在  $r > R$  区域的恒星做匀速圆周运动, 可得

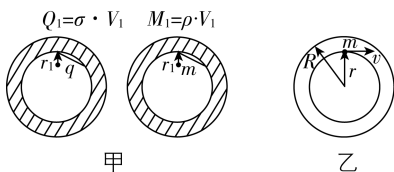
$$\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad (r > R) \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 如图甲所示, 形状大小完全相同的均匀带电球壳和空心球壳, 在球壳内相同位置分别放上电荷量为  $-q$  的试探电荷和质量为  $m$  的质点, 在球壳上的相同位置任取体积为  $V_1$  的部分, 试探电荷受到的库仑力  $F_{\text{库}} = k \frac{Q_1 q}{r_1^2} = k \frac{\sigma V_1 q}{r_1^2} = k \sigma q \frac{V_1}{r_1^2}$

( $\sigma$  为电荷密度), 质点受到的万有引力  $F_{\text{万}} = G \frac{M_1 m}{r_1^2} = G \rho m \frac{V_1}{r_1^2}$ , 可知相同位置相同体积的均匀带电球壳对试探电荷

的库仑力与空心球壳对质点的万有引力成正比, 且方向相同, 由题意可知, 均匀带电球壳对壳内试探电荷库仑力的合力为零, 则均匀空心球壳对壳内质点万有引力的合力为零。



如图乙所示, 到星系中心距离为  $r$  的球体质量为  $M_r = \rho \times$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{M}{\frac{4}{3} \pi R^3} \times \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{r^3}{R^3} M \quad (1 \text{ 分})$$

在  $r \leq R$  区域的恒星做匀速圆周运动, 恒星受到的万有引力

合力等于半径为  $r$  的球体对它的万有引力, 可得  $\frac{GM_r m}{r^2} =$

$$m \frac{v^2}{r} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } v = \sqrt{\frac{GM}{R^3} \cdot r} \quad (r \leq R) \quad (1 \text{ 分})$$

(3) 设  $r = R$  处恒星做匀速圆周运动的速度为  $v_0$ ,  $r > R$  范围内的暗物质对恒星  $r = R$  处的万有引力合力为零, 可得

$$\frac{GMm}{R^2} = m \frac{v_0^2}{R} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } v_0 = \sqrt{\frac{GM}{R}} \quad (1 \text{ 分})$$

在  $r > R$  范围内的恒星速度大小几乎不变, 均为  $v_0$ , 对  $r = nR$  处的恒星, 球体内物质的万有引力和暗物质的万有引力共同提供向心力, 可得

$$\frac{GMm}{(nR)^2} + \frac{GM'm}{(nR)^2} = m \frac{v_0^2}{nR} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } M' = (n-1)M \quad (1 \text{ 分})$$