

限时小测试参考答案

小测试(一) 电荷 电荷守恒定律

预习自评

1. (1)× (2)✓ (3)× (4)× (5)×

2. 负 正

针对训练

1. A 解析:实验得出,所有带电体的电荷量都是 e 的整数倍,电荷量是不能连续变化的,电子和质子所带电荷量等于 e ,A 错误,B 正确;元电荷 e 的数值最早是由美国物理学家密立根通过实验测得的, $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$,C、D 正确.
2. BCD 解析:物体带电的原因是电子的得失,带正电是因为失去了电子,带负电是因为得到了电子. 物体所带电荷量是不能连续变化的,只能是 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 的整数倍,故 A 错误,B、C、D 正确.
3. BD 解析:摩擦起电实质是由于两个物体的原子核对核外电子的约束能力不相同,因而电子可以在物体间转移. 若一个物体失去电子,其质子数就会比电子数多,我们说它带正电. 若一个物体得到电子,其质子数就会比电子数少,我们说它带负电. 使物体带电并不是创造出电荷. 故 A、C 错误,B、D 正确.
4. ABD 解析:感应起电是利用静电感应,使电荷从物体的一部分转移到物体的另一部分的过程,A 正确;起电现象的本质是电子的转移,呈电中性的物体得到电子就一定带负电,失去电子就一定带正电,B 正确;摩擦起电是普遍存在的现象,摩擦起电的两个物体总是同时带等量异种电荷,C 错误;当一种电荷出现时,必然有等量异种电荷同时出现,当一种电荷消失时,必然有等量异种电荷同时消失,D 正确.
5. BCD 解析:在摩擦前,物体内部存在着等量的异种电荷,对外不显电性,A 错误; M 失去电子带正电, N 得到电子带负电,所以电子是从 M 转移到 N ,B 正确;在摩擦起电过程中,得失电子数目是相等的,根据电荷守恒定律, M 带正电荷 $2.72 \times 10^{-9} \text{ C}$,则 N 一定带负电荷 $2.72 \times 10^{-9} \text{ C}$,C 正确; M 失去的电子数为 $n = \frac{q}{e} = \frac{2.72 \times 10^{-9}}{1.60 \times 10^{-19}}$ 个 $= 1.7 \times 10^{10}$ 个,D 正确.
6. D 解析:根据电荷守恒定律,摩擦后甲物体带正电

$2.8 \times 10^{-15} \text{ C}$,则乙物体一定带负电 $2.8 \times 10^{-15} \text{ C}$,乙与丙接触后,丙物体一定带有负电荷 $6 \times 10^{-16} \text{ C}$,则此时乙物体一定带有负电荷 $2.2 \times 10^{-15} \text{ C}$,故 A、B、C 错误,D 正确.

7. C 解析:题图甲中,验电器本来不带电,由于异种电荷相互吸引,带正电的小球靠近验电器的金属球时,使得金属球带负电荷,从而导致金属箔带上正电荷;题图乙中,用带正电的小球接触不带电验电器的金属球,这时验电器无论是金属球还是金属箔都带上了正电荷,故 C 正确,A、B、D 错误.
8. B 解析:带正电的小球 C 靠近 A ,由于感应起电, A 带负电, B 带正电. 若先将 A 、 B 分开,再移走 C ,则 A 整体带负电, B 整体带正电,故 A 错误,B 正确;若先将 C 移走,则 A 、 B 上的电荷又马上中和,不再带电,再把 A 、 B 分开, A 、 B 都不带电,故 C、D 错误.
9. AD 解析:无论用手摸一下导体的什么位置,都会使枕形导体通过人体与大地相连,由于静电感应,导体上的自由电子将经人体流入大地,使得导体带正电,手指离开,移去带电体 C ,导体带正电,故 A、D 正确,B、C 错误.
10. D 解析:导体原来不带电,只是在静电感应的作用下,导体中的自由电子向 B 部分移动,使 B 部分多了电子而带负电, A 部分少了电子而带正电. 根据电荷守恒定律可知, A 部分转移的电子数目和 B 部分多余的电子数目是相同的,因此无论从哪一条虚线切开,两部分的电荷量总是相等的,故 D 正确,A、B、C 错误.
11. 见解析
- 解析:由题意可知 $Q_A = 3 \times 10^{-3} \text{ C}$, $Q_B = -2 \times 10^{-3} \text{ C}$, $Q_C = 0$. C 与 A 接触后分开时: $Q'_A = Q'_C = \frac{3 \times 10^{-3}}{2} \text{ C} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ C}$, B 与 C 接触后分开时: $Q'_B = Q'_C = \frac{1.5 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-3}}{2} \text{ C} = -0.25 \times 10^{-3} \text{ C}$,即此时 A 、 B 、 C 三球所带电荷量分别为 $1.5 \times 10^{-3} \text{ C}$ 、 $-0.25 \times 10^{-3} \text{ C}$ 、 $-0.25 \times 10^{-3} \text{ C}$.

小测试(二) 库仑定律

预习自评

1. (1)✓ (2)× (3)× (4)× (5)×
2. C

针对训练

1. D 解析:带电体能否看作点电荷是由所研究问题的性质决定的,与自身大小、形状无直接关系,故 A、B、C 错误;当两个带电体的形状对它们间相互作用力的影响可忽略时,这两个带电体均可看作点电荷,故 D 正确.

2. B 解析:当火箭离开地球较远时,火箭的大小对火箭与地球之间的距离可忽视不计.电荷在火箭上的分布情况对研究火箭与地球间静电力的作用可忽略不计,此时火箭可看作点电荷,故 B 正确, A、C、D 错误.

3. C 解析:在研究电荷之间作用力大小的决定因素时,采用控制变量的方法进行,如本实验,根据小球的摆角可以看出小球所受作用力逐渐减小,即随着电荷间距离的增大,电荷之间的作用力减小;但由本实验得不出电荷之间的作用力与电荷间距离的平方成反比,故 C 正确, A、B、D 错误.

4. C

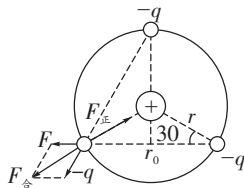
5. B 解析:根据库仑定律知,作用力的方向沿着这两个点电荷的连线,同种电荷相斥,异种电荷相吸.能正确表示 B 受到 A 的库仑力方向的是②,故 B 正确, A、C、D 错误.

6. C 解析:初始时, P、Q 两球间的库仑力大小为 $F = k \frac{q^2}{r^2}$;用小球 S 先与小球 P 充分接触,两球带电荷量均为 $q' = \frac{q}{2}$, S 再与小球 Q 充分接触,小球 S 与 Q 带电荷量均为 $q'' = \frac{q+q'}{2} = \frac{3}{4}q$,金属小球 P、Q 间的库仑力大小变为 $F' = k \frac{q'q''}{r^2} = \frac{3}{8}F = 0.375F$, C 正确, A、B、D 错误.

7. C 解析:根据库仑定律知 $F = k \frac{Q \cdot \frac{1}{2}Q}{r^2} = \frac{1}{2}k \frac{Q^2}{r^2}$,用不带电的小球 C 与 A 接触,则 A、C 的电荷量为 $Q_A = Q_C = -\frac{1}{4}Q$, C 与 B 再接触,则 B 的电荷量为 $Q_B = Q_C = +\frac{3}{8}Q$,根据库仑定律知此时静电力大小 $F' = k \frac{\frac{1}{4}Q \cdot \frac{3}{8}Q}{(2r)^2} = \frac{3}{128}k \frac{Q^2}{r^2} = \frac{3}{64}F$,故 C 正确, A、B、D 错误.

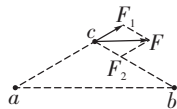
8. C 解析:根据题意,三个负电荷分布如图所示,设任意两个负电荷之间的距离为 r_0 ,由几何关系可得 $r_0 = 2r \cos 30^\circ = \sqrt{3}r$,则任意两个负电荷之间的库仑力大小为 $F = k \frac{q^2}{3r^2}$,则任意一个负电荷受到另外

两个负电荷的库仑力的合力大小为 $F_{\text{合}} = 2F \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}kq^2}{3r^2}$,因为三个负电荷受力平衡,则正电荷对任意一个负电荷的库仑力的大小均为 $F_{\text{正}} = \frac{\sqrt{3}kq^2}{3r^2}$,故 C 正确, A、B、D 错误.



9. D 解析:将图乙中的均匀带电的 $\frac{3}{4}$ 球壳分成三个 $\frac{1}{4}$ 带电球壳,关于球心对称的两个 $\frac{1}{4}$ 带电球壳对点电荷的库仑力的合力为零,因此图乙中带电的 $\frac{3}{4}$ 球壳对点电荷的库仑力的大小和图甲中均匀带电的 $\frac{1}{4}$ 球壳对点电荷的库仑力的大小相等,故 D 正确, A、B、C 错误.

10. A 解析:由题意,结合几何关系可得 $ac = bc = \frac{\sqrt{3}l}{2 \cos 30^\circ} = l$,小球 c 受到小球 a 的库仑力 $F_1 = k \frac{q^2}{l^2}$,同理小球 c 受到小球 b 的库仑力 $F_2 = F_1$,且两力夹角为 60° ,如图所示,根据力的平行四边形定则,小球 c 受到小球 a、b 库仑力的合力 $F = 2F_1 \cos 30^\circ = \sqrt{3}k \frac{q^2}{l^2}$,方向平行于 ab 向右,故 A 正确, B、C、D 错误.



11. (1) 带负电 (2) 在 A、B 之间的连线上,距 A 0.1 m 处 $\frac{9}{16}Q$

解析:(1) A 对 B 的作用力向右, B 对 A 的作用力向左,要使 A、B、C 均处于平衡状态,故 C 对 B 的作用力应向左, C 对 A 的作用力应向右,故 C 一定在 A、B 之间且带负电.

(2) 设第三个点电荷 C 所带电荷量为 q (取绝对值),离 A 的距离为 x,则对点电荷 C 由平衡条件可得 $k \frac{Q \cdot q}{x^2} = k \frac{9Q \cdot q}{(0.4 \text{ m} - x)^2}$,解得 $x = 0.1 \text{ m}$,即在 A、B 之间的连线上距 A 0.1 m 处.对于小球 A,由平衡条件可得 $k \frac{Q \cdot q}{x^2} = k \frac{Q \cdot 9Q}{(0.4 \text{ m})^2}$,可得 $q = \frac{9}{16}Q$.

小测试(三) 静电场 电场强度和电场线

预习自评

1. (1)× (2)× (3)√ (4)× (5)×

2. 100 N/C 向右 100 N/C

针对训练

1. D 解析:某点的电场强度的方向总是跟在该点正电荷所受的静电力的方向相同,与负电荷所受的静电力的方向相反,A错误;电场中的场强取决于电场本身,与有无检验电荷无关,如果把检验电荷 q 拿走,则这一点的电场强度不变,B错误;场强大小取决于电场本身,与放入电场中的电荷的电荷量无关,C错误;由 $F=qE$ 知,同一电荷, E 越大, F 越大,D正确。

2. B 解析: $E=\frac{F}{Q}$ 中 Q 为试探电荷的电荷量而非场源电荷的电荷量,A错误;而 $E=\frac{kQ}{r^2}$ 为点电荷 Q 产生的电场场强的决定式,式中 Q 为场源电荷的电荷量,故B正确,C、D错误。

3. D 解析:由电场线的分布情况可知, N 点电场线比 M 点电场线疏,则 N 点电场强度比 M 点电场强度小,由电场力公式 $F=qE$ 可知,正点电荷从虚线上 N 点移动到 M 点的过程中,电场力逐渐增大;电场力方向与所在点的电场线的切线方向一致,一直在变化,故D正确,A、B、C错误。

4. C 解析:电场线的疏密反映电场的强弱,可知 b 点的电场强度大于 c 点、 d 点的电场强度,A错误,C正确;电场线上某点的切线方向表示该点的电场强度方向, a 点和 b 点的切线方向不同,两点的电场强度的方向不同,B错误;若将一试探电荷 $+q$ 在 a 点由静止释放,它将受到与场强方向相同的静电力,向右上方做曲线运动,而不是沿电场线运动到 b 点,D错误。

5. D 解析:设 A 、 B 两点处的负点电荷在 C 点的电场强度大小分别为 E_A 、 E_B ,由题意可知 E_A 和 E_B 的矢量和垂直于 AB ,则有 $E_A \cos 37^\circ = E_B \cos 53^\circ$,解得 $\frac{E_A}{E_B} = \frac{3}{4}$,故D正确,A、B、C错误。

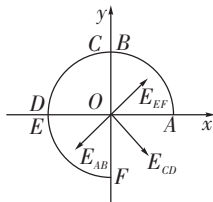
6. C 解析: O 点是正三角形的中心,到三个点电荷的距离 $r = \frac{2}{3} a \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} a$,三个点电荷在 O 处产生的场强大小均为 $E_0 = \frac{kq}{r^2}$,根据平行四边形定则可知:两个 $+q$ 在 O 处产生的合场强为 $E_1 = \frac{kq}{r^2}$,再与 $-q$ 在 O 处产生的场强合成,得到 O 点的合场强

为 $E = E_0 + E_1 = \frac{6kq}{a^2}$,方向由 O 指向 C ,故C正确,

A、B、D错误。

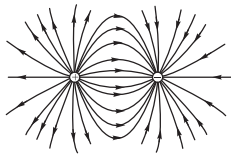
7. C 解析:电荷量为 $-q$ 的试探电荷在 a 点受到的库仑力方向指向 Q ,故电场强度方向背离 Q , Q 带正电,A错误,由 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 得, b 、 c 两点电场强度大小相等,方向不同, a 、 b 两点的电场强度大小之比为 $4:1$,B错误,C正确;电场强度由电场本身决定,与试探电荷无关,将 a 处的试探电荷电荷量变为 $+2q$,该处电场强度不变,D错误。

8. D 解析:根据对称性分析可得,三根相同的带正电圆弧棒可等效成三个正点电荷,其在 O 点产生的场强如图所示, AB 棒与 EF 棒在 O 点产生的场强 E_{AB} 、 E_{EF} 相抵消, O 点电场强度大小为 $E_{CD} = E$,则每个带电圆弧棒在 O 点产生的场强大小 $E_{AB} = E_{CD} = E_{EF} = E$ 。撤去 AB 棒, O 点的电场强度为 E_{CD} 和 E_{EF} 叠加,大小为 $\sqrt{2}E$ 。故D正确,A、B、C错误。



9. A 解析:根据 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 和电场的叠加原理,甲、乙两图中, a 和 b 两点场强大小相等,方向相同。丙、丁两图中, a 和 b 两点场强大小相等,方向相反,故A正确,B、C、D错误。

10. BD 解析:等量异种点电荷的电场线分布情况如图所示。根据电场线的对称性可知, A 、 B 、 C 、 D 四点的电场线的疏密程度相同,即电场强度大小相等,并且 A 与 C 点、 B 与 D 点电场强度方向相同,A错误,B正确; E 与 F 点电场线的疏密程度、方向相同,即电场强度大小相等,并且方向相同,C错误; C 与 D 点电场强度大小相等,方向不同, P 与 Q 点电场强度大小相等,方向相同,D正确。



11. (1) 4×10^4 N/C 3.6×10^{-6} C (2)3.60 m

解析:(1)根据电场力的计算公式 $F=qE$ 可得 $F-q$ 图像的斜率表示电场强度,则有 A 点的电场强度大小

$$E_A = \frac{\Delta F_A}{\Delta q} = \frac{4 \times 10^{-5} - 0}{1 \times 10^{-9} - 0} \text{ N/C} = 4 \times 10^4 \text{ N/C}$$

根据点电荷电场强度的计算公式可得 $E_A = \frac{kQ}{r_A^2}$

代入数据解得 $Q=3.6 \times 10^{-6} \text{ C}$.

$$(2) B \text{ 点的电场强度大小 } E_B = \frac{\Delta F_B}{\Delta q} = \frac{1 \times 10^{-5} - 0}{4 \times 10^{-9} - 0} \text{ N/C} = 2.5 \times 10^3 \text{ N/C}$$

根据点电荷电场强度的计算公式可得 $E_B = \frac{kQ}{r_B^2}$

代入数据解得 $r_B = 3.60 \text{ m}$

所以 B 点的坐标值为 $x_B = 3.60 \text{ m}$.

专题卷(一) 静电场中的力电综合问题

针对训练

1. A 解析:根据平衡条件,该点电荷应在 a 点的左侧,设所处位置距 a 点的距离为 x 、所带电量为 q ,则 $k \frac{q_1 q}{x^2} = k \frac{|q_2| |q|}{(x+20)^2}$,代入数据,解得 $x = 40 \text{ cm}$,故 A 正确,B、C、D 错误.

2. D 解析:同一直线上的三个点电荷处于平衡状态时,应满足两边点电荷的电性相同且与中间点电荷的电性相反,若 q_1 带负电,则有 q_2 带正电, q_3 带负电;若 q_1 带正电,则有 q_2 带负电, q_3 带正电. 由于每个点电荷所受静电力的合力均为零,所以对 q_1 有 $k \frac{|q_1 q_2|}{l_1^2} = k \frac{|q_1 q_3|}{(l_1 + l_2)^2}$,对 q_2 有 $k \frac{|q_1 q_2|}{l_1^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{l_2^2}$,联立解得: $|q_1| : |q_2| : |q_3| = \left(\frac{l_1 + l_2}{l_2} \right)^2 : 1 : \left(\frac{l_1 + l_2}{l_1} \right)^2$,根据题意可知 $l_2 = 2l_1$,所以 $|q_1| : |q_2| : |q_3| = \frac{9}{4} : 1 : 9$,故 D 正确,A、B、C 错误.

3. CD 解析:根据粒子运动轨迹弯曲的情况,可以确定粒子所受电场力的方向沿电场线方向,故此粒子带正电,A 错误;电场线不是真实存在的,是假想的,没有画电场线的地方并不是没有电场,粒子在 M 点受电场力的作用,B 错误;由于电场线越密,电场强度越大,点电荷受到的电场力就越大,根据牛顿第二定律可知其加速度也越大,故此粒子在 N 点加速度大,C 正确;粒子从 M 点运动到 N 点,电场力做正功,根据动能定理得该粒子在 N 点的动能大,故 D 正确.

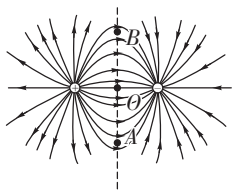
4. D 解析:根据轨迹可以确定粒子所受电场力方向,但是由于电场强度方向未知,所以粒子带电性质不能确定,A 错误;孤立正点电荷周围的电场线都为向外发射的直线,B 错误;电场线越密集,电场强度越大,所以 N 点的电场强度小于 M 点的电场强度, $a = \frac{Eq}{m}$,所以 N 点的加速度小,C 错误;粒子若由 M 运动到 N ,所受电场力方向沿电场线切线向下,与

速度方向夹角小于 90° ,电场力做正功,所以粒子在 N 点动能大,速度大,粒子若由 N 运动到 M ,电场力方向沿电场线切线向下,与速度方向夹角大于 90° ,电场力做负功,粒子在 N 点动能大,速度大,D 正确.

5. D 解析: a 、 b 两个带电粒子在 M 点以相同速度飞出,所受静电力方向相反,但不知道电场线方向,故无法判断哪个粒子带正电,哪个粒子带负电,只能判断出 a 受力沿电场线向左, b 受力沿电场线向右,由题图可知,在 M 点时, a 受到的静电力与速度的夹角大于 90° ,后来二者夹角小于 90° ,故静电力先对 a 做负功,后对 a 做正功, a 的速度先减小后增大, b 受到的静电力与速度的夹角始终小于 90° ,静电力始终对 b 做正功, b 的速度逐渐增大,由电场线疏密及 $F = Eq = ma$ 可知, a 的加速度减小, b 的加速度增大. 故 D 正确,A、B、C 错误.

6. C 解析:由 $v-t$ 图像可知,负电荷从 A 向 B 做加速运动,负电荷受力方向由 A 指向 B ,所以电场的方向为从 B 到 A ,D 错误;负电荷的加速度逐渐减小,因此该电荷所受静电力逐渐减小,电场强度变小,从 A 到 B 电场线越来越稀疏,故 A、B 错误,C 正确.

7. B 解析:等量异种点电荷电场分布如图所示,在两电荷连线的中垂线上的点场强方向水平向右,且 O 点的场强最大,电子沿等量异种点电荷连线的中垂



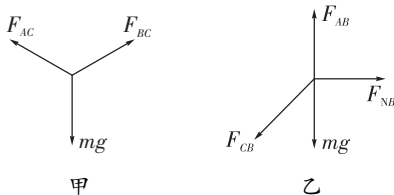
线由 $A \rightarrow O \rightarrow B$ 匀速运动时,受力平衡,因所受的静电力先变大后变小,方向水平向左,则所受的一个力也是先变大后变小,方向水平向右. 故 B 正确,A、C、D 错误.

8. C 解析:将 P 、 Q 视为一个整体,两细绳都恰好保持竖直,则整体在水平方向所受静电力的合力为零, P 、 Q 一定带等量异种电荷. 对 P 单独分析,其所受 Q 的库仑力水平向右,则所受匀强电场的静电力水平向左,所以 P 带负电, Q 带正电,A 正确;根据题中所给条件无法确定 P 与 Q 的质量关系, P 与 Q 的质量不一定相等,B 正确;设 P 、 Q 间距离为 r , P 、 Q 所带电荷量均为 q ,匀强电场的电场强度大小为 E ,根据电场强度的叠加原理可知 $E = k \frac{q}{r^2}$,则 N 点的场强大小 $E_N = 2k \frac{q}{\left(\frac{r}{2}\right)^2} - E = 7E \neq 0$,C 错误;

根据几何关系以及对称性可知 M 点的场强大小为

$$E_M = 2k \frac{q}{r^2} \cos 60^\circ - E = 0, D \text{ 正确.}$$

9. D 解析:由几何关系可知, $\triangle ABC$ 为等边三角形, 设细线长为 l , 小球 C 带电荷量为 q_C , 小球 C 受力平衡, 细线对 C 无拉力, 则 A 必对 C 存在库仑引力, B 对 C 存在库仑斥力, 对 C 受力分析如图甲所示, 则 $F_{AC} = F_{BC} = mg = \frac{kq_0 q_C}{l^2}$; 对 B 受力分析, 如图乙所示, 在竖直方向有 $k \frac{q_0^2}{l^2} = \cos 60^\circ \cdot k \frac{q_0 q_C}{l^2} + mg$, 联立可得 $q_C = \frac{2}{3} q_0$, $l = q_0 \sqrt{\frac{2k}{3mg}}$, A 、 B 错误; 对 A 、 B 、 C 整体进行受力分析, 在竖直方向 $F_1 = 3mg$, C 错误; 若保持 B 小球位置不变, 缓慢增加 B 的电荷量, 使 A 、 C 两球处于同一水平线, 以 C 为研究对象, 在竖直方向上 $F'_{BC} \cos 45^\circ = mg$, 水平方向上 $F'_{BC} \sin 45^\circ = \frac{kq_0 q_C}{l^2} + T$, 解得 $T = 0$, D 正确.



10. (1)带正电 (2) $3 \times 10^{-6} \text{ C}$ (3)0.05 N

解析: (1) 小球在 P 点受重力、支持力、静电力作用, 要处于静止状态, 静电力应水平向右, 与场强方向相同, 故小球带正电.

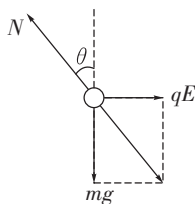
(2) 小球受力示意图如图所示, 设轨道支持力与竖直方向夹角为 θ , 据几何关系可得 $\cos \theta = \frac{\frac{4}{5}R}{R} =$

$$\frac{4}{5}, \text{ 则 } \tan \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \theta}}{\cos \theta} = \frac{3}{4}$$

根据共点力平衡条件可得 $\tan \theta = \frac{qE}{mg}$, 解得 $q =$

$$\frac{mg \tan \theta}{E} = 3 \times 10^{-6} \text{ C.}$$

(3) 根据共点力平衡条件可得, 轨道对小球的支持力为 $N = \frac{mg}{\cos \theta} = 0.05 \text{ N.}$

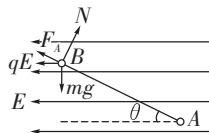


11. (1) 3.2 m/s^2 (2)0.9 m

解析: (1) 开始运动时小球 B 受重力、 A 对 B 的库

仑力、杆的弹力和匀强电场的静电力
沿杆方向运动, 由牛顿第二定律得 $mg \sin \theta - \frac{kQq}{L^2} - qE \cos \theta = ma$

$$\text{解得 } a = g \sin \theta - \frac{kQq}{mL^2} - \frac{qE \cos \theta}{m} = 3.2 \text{ m/s}^2.$$



(2) 小球 B 速度最大时合力为零, 即

$$mg \sin \theta - \frac{kQq}{r^2} - qE \cos \theta = 0$$

$$\text{解得 } r = \sqrt{\frac{kQq}{mg \sin \theta - qE \cos \theta}} = 0.9 \text{ m.}$$

小测试(四) 电场力的功 电势能

预习自评

1. (1)× (2)✓ (3)✓ (4)✓

2. AC 解析: 点电荷带正电, 从 M 点经 P 点到达 N 点的过程中, 电子先靠近正电荷后远离正电荷, 电子只受电场力作用, 电场力先做正功后做负功, 电子的电势能先减小后增大, 故动能先增大后减小, 则速率先增大后减小, A 、 C 正确, B 、 D 错误.

针对训练

1. BC 解析: 电场力做功的多少与电荷运动路径无关, A 错误; 电场力做功只与电荷在电场中的初、末位置有关, 所以电荷从某点出发又回到了该点, 电场力做功为零, B 正确; 正电荷沿着电场线方向运动, 则正电荷受到的电场力方向和电荷的运动方向相同, 故电场力对正电荷做正功, 同理, 负电荷逆着电场线的方向运动, 电场力对负电荷做正功, C 正确; 电荷在电场中运动虽然有电场力做功, 但是电荷的电势能和其他形式的能之间的转化满足能量守恒定律, D 错误.

2. B 解析: 因为电场力做功只与电荷在电场中的初、末位置有关, 而与电荷运动路径无关, 故沿三条路径将点电荷由 A 点移动到 D 点的过程中, 电场力做功相等, 故 B 正确, A 、 C 、 D 错误.

3. AC 解析: 无穷远处的电势能为零, 正电荷从电场中某点移到无穷远处时, 若电场力做正功, 则电势能减少, 到无穷远处时电势能减为零, 正电荷在该点的电势能为正值, 且等于电场力做的功, 因此电场力做的正功越多, 正电荷在该点的电势能越大, A 正确, B 错误; 负电荷从无穷远处移到电场中某点时, 若克服电场力做功, 则电势能由零增大到某值,

此值就是负电荷在该点的电势能的值,因此,克服电场力做功越多,负电荷在该点的电势能越大,故C正确,D错误.

4. B 解析:因带电微粒做直线运动,故合外力方向与速度方向在同一直线上,微粒受到的合外力方向与 v_0 反向,做负功,微粒的动能减少,同时,重力和电场力均做负功,重力势能增加,电势能增加,故B正确,A、C、D错误.

5. B 解析:由于该粒子只受电场力作用且做曲线运动,电场力指向轨迹内侧,电场力方向大致向右,对带电粒子做正功,其动能增加,A错误;带正电的粒子所受电场力向右,电场线由M指向N,说明正电荷在M点左侧,B正确;电场力对带电粒子做正功,电势能减小,则带电粒子在a点的电势能大于在b点的电势能,C错误;a点离点电荷较近,a点的电场强度大于b点的电场强度,带电粒子在a点所受的电场力大于在b点所受的电场力,根据牛顿第二定律得知,带电粒子在a点的加速度大于在b点的加速度,D错误.

6. AD 解析:电场线的疏密表示场强的大小,据图可知,a点的场强比b点的场强大,A正确;将正电荷由a点移到b点,电场力做正功,电势能减小,所以在a点的电势能比在b点的大,B错误;同理可知负电荷在a点的电势能比在b点的小,把负电荷从电势能小的a点移动到电势能大的b点,电势能增大,电场力做负功,故C错误,D正确.

7. AD 解析:在正点电荷形成的电场中,正电荷受到的电场力沿电场线方向,从M点移到N点,电场力做正功,电势能减少,A正确,B错误;在正点电荷形成的电场中,负点电荷受到的电场力与电场线方向相反,负点电荷从M点移到N点,电场力做负功,电势能增加,C错误;把一负点电荷从M点沿直线移到N点,再从N点沿不同路径移回到M点,电场力做的总功为零,电势能不变,D正确.

8. BC 解析: q 由A向O运动的过程中,静电力的方向始终由A指向O,但力的大小变化,所以电荷 q 做变加速直线运动,静电力做正功, q 通过O点后在静电力的作用下做变减速运动,所以 q 到O点时速度最大,动能最大,电势能最小,因无限远处的电势能为零,若把电荷 q 由无限远处移到O点,静电力做正功,电势能减小,所以 q 在O点时的电势能不为零,故B、C正确,A、D错误.

9. BD 解析:A、B两点电荷在O点产生的合电场强度为0,而C点电荷在O点产生的电场强度方向向左,故O点的合电场强度方向向左,A错误;同理可

知,D点的合电场强度为0,B正确;OC间各点的合电场强度方向向左,若将点电荷 $+q$ 从O点移向C点,电场力做正功,电势能减少,C错误;若将点电荷 $-q$ 从O点移向C点,电场力做负功,电势能增加,D正确

10. (1) $-1.2 \times 10^{-7} \text{ J}$ (2)60 N/C (3)减少 $1.44 \times 10^{-7} \text{ J}$

解析:(1)电场力做功与电势能的关系为 $W_1 = E_{pa} - E_{pb}$,规定a点电势为零,即 $E_{pa} = 0$,电荷在b点的电势能为 $E_{pb} = -W_1 = -1.2 \times 10^{-7} \text{ J}$.

(2)正电荷从a移动到b,电场力做功可表示为 $W_1 = qE \cdot ab$

代入数据解得 $E = 60 \text{ N/C}$.

(3)该电荷从b到c,电场力做功 $W_2 = F|bc|\cos 60^\circ = qE \cdot bc \cdot \cos 60^\circ$

代入数据解得 $W_2 = 1.44 \times 10^{-7} \text{ J}$

所以该过程电荷的电势能减少 $1.44 \times 10^{-7} \text{ J}$.

小测试(五) 电势 电势差

预习自评

1. (1)✓ (2)× (3)× (4)× (5)✓ (6)×

2. -200

针对训练

1. C

2. A 解析:由 $W = 0 - E_{pA}$,可得 $E_{pA} = -W$,由 $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 得 $\varphi_A = \frac{E_{pA}}{-q} = \frac{-W}{-q} = \frac{W}{q}$,故A正确,B、C、D错误.

3. A 解析:A处电场线比B处密集, $E_A > E_B$;离正电荷越近电势越高, $\varphi_A > \varphi_B$;负电荷在A、B处的电势能 $E_{pA} < E_{pB}$,故A正确,B、C、D错误.

4. B 解析:只有一条电场线不能确定是否为匀强电场,A错误;沿着电场线的方向电势逐渐降低,则A点的电势最高,C点的电势最低,B正确;电场线的疏密表示电场的强弱,一条电场线无法比较疏密,所以无法比较强弱,C错误;电子带负电,受力与电场方向相反,沿电场线方向,静电力对电子做负功,电势能增大,故电子在A点的电势能最小,D错误.

5. C 解析:取无限远处的电势为零,则正电荷在M点的电势能为 $-8 \times 10^{-9} \text{ J}$,负电荷在N点的电势能为 $9 \times 10^{-9} \text{ J}$.由 $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 知,M点的电势 $\varphi_M < 0$,N点的电势 $\varphi_N < 0$,且 $|\varphi_N| > |\varphi_M|$,则 $\varphi_N < \varphi_M < 0$,故C正确,A、B、D错误.

6. A 解析:由动能定理可得 $W_{\text{电}} + W_{\text{其他}} = \Delta E_k$,所以电场力做功为 $W_{\text{电}} = \Delta E_k - W_{\text{其他}} = 6.0 \times 10^{-5} \text{ J}$,a、

b 两点间的电势差为 $U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} = \frac{6.0 \times 10^{-5} \text{ J}}{2.0 \times 10^{-9} \text{ C}} =$

$3.0 \times 10^4 \text{ V}$, 故 A 正确, B、C、D 错误.

7. C 解析: A 与 B 间的电势差为 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} =$

$-2 \text{ V} < 0$, 则 $\varphi_A < \varphi_B$, $\varphi_B - \varphi_A = 2 \text{ V}$, 而 C 与 D 间的电势差为 $U_{CD} = \frac{W_{CD}}{q} = 7 \text{ V} > 0$, 则 $\varphi_C > \varphi_D$, $\varphi_C -$

$\varphi_D = 7 \text{ V}$. 又由题知 C 点电势比 B 点电势高 3 V, 即 $\varphi_C - \varphi_B = 3 \text{ V}$, 所以电势从高到低的顺序是: C、B、A、D. 沿着电场线方向电势逐渐降低, 故 C 正确, A、B、D 错误.

8. C 解析: A、B 两点电场强度大小相等、方向不同, A 错误; A、B 两点电势相等, 均高于 C 点电势, B 错误; A、B 两点在同一等势面上, 将电子从 A 点沿虚线移到 B 点, 电势能不变, 电场力不做功, C 正确; 由于 $\varphi_A > \varphi_C$, 质子带正电, 故质子由 A 点移到 C 点, 其电势能减少, D 错误.

9. D 解析: 由题图可知, P、Q 处固定等量异种电荷, 则两电荷连线中垂线为等势线且电势为 0, e 在该等势线上, 故 e 点电势为 0, A 错误; a 、 b 两点电场强度大小相等, 但方向不同, B 错误; Q 处固定正电荷, 则 P 处固定负电荷, 所以 $\varphi_b > 0$, $\varphi_d < 0$, 故 b 点电势高于 d 点电势, C 错误; 负电荷从 a 到 c , 电势降低, 由 $E_p = q\varphi$ 知电势能增加, 故 D 正确.

10. BC 解析: 两个等量同种电荷连线中点 O 的电场强度为零, 无穷远处电场强度也为零, 故从 O 点沿着中垂线向上到无穷远处电场强度先增大后减小, 电场强度最大的点可能在 M、N 连线之间, 也可能在 N 点以上, 还可能在 M 点以下, A 错误; 等量同种正点电荷的连线的中垂线上的电场方向由 O 点指向远处, 所以 M 点的电势高于 N 点的电势, B 正确; 同一负电荷在电势越高的地方电势能越小, 因为 M 点的电势高于 N 点的电势, 所以负电荷在 M 点的电势能小于在 N 点的电势能, C 正确; 如果只受电场力作用的正电荷从 M 点静止释放, 由于中垂线上的场强大小会发生变化, 所以电荷沿中垂线不会做匀加速运动, D 错误.

11. (1) 300 V (2) 100 V (3) $-4 \times 10^{-4} \text{ J}$

解析: (1) M、N 间的电势差 $U_{MN} = \varphi_M - \varphi_N = \varphi_M - \varphi_A + \varphi_A - \varphi_N = U_{MA} + U_{AN} = \frac{W_{MA}}{q} + \frac{W_{AN}}{q} = 200 \text{ V} + 100 \text{ V} = 300 \text{ V}$.

(2) A 点的电势 $\varphi_A = \varphi_A - \varphi_N = U_{AN} = \frac{W_{AN}}{q} = 100 \text{ V}$.

(3) 该点电荷在 A 点的电势能 $E_{pA} = q\varphi_A = -4 \times 10^{-4} \text{ J}$.

小测试(六) 电势差与电场强度的关系

预习自评

1. (1) × (2) × (3) ✓ (4) ✓ (5) ×

2. 1.0 解析: $U = Ed \cos 60^\circ = 1.0 \times 10^2 \times 2.0 \times 10^{-2} \times \frac{1}{2} \text{ V} = 1.0 \text{ V}$.

针对训练

1. A 解析: 匀强电场中, 电场强度处处相等, 所以沿着电场线方向相等的距离上的电势降落必定相等, 沿着电场线方向与不沿电场线方向相等距离上的电势差不相等, A 正确, B 错误; 此公式仅适用于匀强电场, 公式中的 d 不是任意两点间的距离, 是沿着电场线方向两点间的距离, C、D 错误.

2. BC 解析: 由电势能 $E_p = 2.5 \times 10^{-5} \cos \theta$, 可得 $\theta = 90^\circ$ 时 $E_p = 0$, $\theta = 270^\circ$ 时 $E_p = 0$, 说明 y 轴位于零势能面上, 场强方向平行于 x 轴, A 错误; 当 $\theta = 0^\circ$ 时, $E_p = 2.5 \times 10^{-5} \text{ J}$, 由 $E_p = q\varphi$, 得该点的电势 $\varphi = \frac{E_p}{q} = \frac{2.5 \times 10^{-5}}{-1 \times 10^{-8}} \text{ V} = -2500 \text{ V}$, 同理可得当 $\theta = 180^\circ$ 时该点电势为 2500 V ; 根据顺着电场线电势降低, 可知电场强度的方向沿 x 轴正向, 则场强为 $E = \frac{U}{R} = \frac{\varphi - 0}{R} = \frac{2500}{5} \text{ V/m} = 500 \text{ V/m}$, 故 D 错误, B、C 正确.

3. C 解析: B、M 在同一等势面上, 正电荷由 B 点移动到 M 点静电力不做功, 由 M 点移动到 A 点静电力做功为 $W_{MA} = -W_{AM} = -qU_{AM} = -qE \cdot \overline{AM} = -2 \times 10^{-9} \times 2 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-2} \text{ J} = -1.6 \times 10^{-7} \text{ J}$, 即静电力做功为 $-1.6 \times 10^{-7} \text{ J}$, 故 C 正确, A、B、D 错误.

4. A 解析: 电场线垂直于等势面且沿着电场线方向电势逐渐降低, 则该匀强电场场强方向水平向左, 大小为 $E = \frac{\Delta U}{\Delta d} = 300 \text{ V/m}$, 故 A 正确, B、C、D 错误.

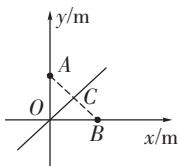
5. BD 解析: A 板接地, 其电势为零, 则 B 板电势为 -600 V , 由此知 C 点电势为负值, A、B 两板间场强 $E = \frac{U}{d} = \frac{600 \text{ V}}{12 \text{ cm}} = 50 \text{ V/cm} = 5000 \text{ V/m}$, $U_{AC} = \varphi_A - \varphi_C = Ed_{AC}$, $\varphi_C = \varphi_A - Ed_{AC} = -200 \text{ V}$, A 错误, B 正确; 电子在 C 点具有的电势能 $E_{pC} = -e\varphi_C = 200 \text{ eV}$, C 错误, D 正确.

6. B 解析: 根据点电荷电场的特点, 电场强度向外越来越小, 由公式 $U = Ed$ 可知 A、B 两点间电势差大于 4 V , 所以 B 点的电势低于 6 V , 故 B 正确, A、C、D 错误.

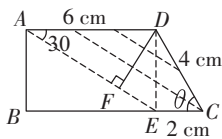
7. D 解析: A、B、C 三点在一条电场线上, 根据沿着

电场线的方向电势逐渐降低,有 $\varphi_A > \varphi_B > \varphi_C$, A 说法正确;由电场线的疏密可看出电场强度大小关系为 $E_C > E_B > E_A$, B 说法正确;由于 $AB=BC$, 且 B、C 间平均电场强度较大,根据 $U=Ed$ 可知 $U_{AB} < U_{BC}$, C 说法正确, D 说法不正确, 故选 D.

8. C 解析: 如图所示, 连接 A、B 两点并找到 AB 的中点 C, 由题意知 $\varphi_C = \varphi_O$, 连接 OC, 则 OC 为等势线. 由几何关系可知, $l_{AB} = \sqrt{2} l_{OA} = \sqrt{2} l_{OB}$, OC 垂直于 AB, AB 与匀强电场的电场线平行, 则 $E = \frac{U_{BA}}{l_{BA}} = 100 \text{ V/m}$, 方向由 B 指向 A, 故 C 正确, A、B、D 错误.



9. AD 解析: 连接 A、C, 则 AC 的中点电势为 2 V, 与 B 点电势相等, 则 E、B 连线为等势线, CD、AF 同为等势线, 故 A 正确; 电场线方向为由 C 指向 A, 电场强度大小 $E = \frac{U}{d} = \frac{2}{2 \times 10 \times \cos 30^\circ \times 10^{-2}} \text{ V/m} = \frac{20}{3} \sqrt{3} \text{ V/m}$, 故 B、C 错误; $U_{ED} = U_{AB} = -1 \text{ V}$, $W_{ED} = -eU_{ED} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$, 则将一个电子由 E 点移到 D 点电势能减少 $1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$, D 正确.
10. D 解析: 根据几何关系可得 $AD=6 \text{ cm}$, 根据动能定理得 $U_{DA}e = E_{kA} - E_{kD} = 6 \text{ eV}$, 所以 $U_{DA} = 6 \text{ V}$, 同理可得 $U_{DC} = 4 \text{ V}$, 根据上述关系作图 (如图所示), AE 为一条等势线, 过 D 点作 AE 的垂线交 AE 于 F 点. 根据几何关系可得 $DF = \frac{1}{2} AD = 3 \text{ cm}$, $U_{DF} = U_{DA} = 6 \text{ V}$, 则 $E = \frac{U_{DF}}{DF} = \frac{6 \text{ V}}{3 \text{ cm}} = 200 \text{ V/m}$, 故 D 正确, A、B、C 错误.



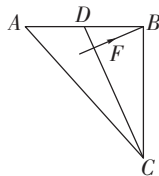
11. (1) 4 V -2 V (2) 4 V 2 V
(3) 电场线方向从 F 指向 B 理由见解析
解析: (1) A、B 两点间电势差 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{-2.4 \times 10^{-5}}{-6 \times 10^{-6}} \text{ V} = 4 \text{ V}$
B、C 两点间的电势差 $U_{BC} = \frac{W_{BC}}{q} = \frac{+1.2 \times 10^{-5}}{-6 \times 10^{-6}} \text{ V} = -2 \text{ V}$.
(2) 如果规定 B 点的电势为 0
则 $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = \varphi_A - 0 = 4 \text{ V}$

$$U_{BC} = \varphi_B - \varphi_C = 0 - \varphi_C = -2 \text{ V}$$

故 A 点和 C 点的电势分别为

$$\varphi_A = 4 \text{ V}, \varphi_C = 2 \text{ V}.$$

- (3) 取 AB 中点 D, 则 $\varphi_D = 2 \text{ V}$, 连接 CD, 为等势线, 从 B 作 CD 的垂线, F 为垂足, 如图, 则 BF 为电场线 (电场线方向从 F 指向 B).



专题卷(二) 静电场中的功能关系

针对训练

1. CD 解析: 电荷只在静电力作用下从电场中的 A 点移到 B 点时, 静电力做正功, 电荷电势能减少, 静电力做了多少正功, 电荷电势能就减少多少, 由动能定理可知动能增加 $W_{\text{电}} = \Delta E_k = 5 \times 10^{-6} \text{ J}$, C、D 正确; 因电荷在 A 点的动能和电势能不知道, 所以不能确定电荷在 B 点的动能和电势能, A、B 错误.
2. D 解析: 粒子在运动过程中只有静电力做功, 动能和电势能之和保持不变, 在 A 点时动能为 10 J, B 点时动能为 0, 由对称性易知, 运动至等势面 b 时动能为 5 J, 因此动能和电势能之和为 5 J. 当动能为 7.5 J 时, 电势能为 -2.5 J, 故 D 正确, A、B、C 错误.
3. BD 解析: 分析小球的受力情况, 根据牛顿第二定律可知, $mg - qE = ma$, 解得静电力 $qE = \frac{1}{3} mg$, 方向竖直向上, 在小球竖直分位移为 H 的过程中, 静电力做功为 $-\frac{1}{3} mgH$, 根据功能关系可知, 小球的电势能增加 $\frac{1}{3} mgH$, 机械能减少了 $\frac{1}{3} mgH$, A 错误, D 正确; 重力做功为 mgH , 重力势能减少了 mgH , C 错误; 根据动能定理可知, 合外力做功 $\frac{2mgH}{3}$, 动能增加了 $\frac{2mgH}{3}$, B 正确.
4. AC 解析: 由电场线的空间分布可知 C、D 两点的电场强度相同, A 正确; 将正电荷从 C 点移到 E 点, 电场力做正功, 其电势能减小, B 错误; C、D 两点的连线均在同一等势面上, 则移动点电荷时电场力始终不做功, C 正确; 若在 C 点固定一电量为 -Q 的点电荷, 由电场强度的叠加原理可知 E 点的电场强度方向由 A 点指向 E 点, D 错误.
5. C 解析: α 粒子带正电, 带的电荷量为 $2e$, α 粒子从 f 到 b 的过程中克服电场力所做的功为 6 eV, 即电场力做功 -6 eV, 所以 $U_{fb} = \frac{W}{q} = \frac{-6 \text{ eV}}{2e} = -3 \text{ V}$, 所

以各等势面与左侧相邻的等势面之间的电势差为 $U_{cb} = -1 \text{ V}$, 电场线方向向右, b 的电势为 0, 所以 c 的电势为 -1 V , A 错误; 由于 b 的电势为 0, 所以 α 粒子在平面 b 的电势能为 0, B 错误; $U_{fa} = 4U_{cb} = -4 \text{ V}$, α 粒子从 f 到 a 的过程中电场力所做的功为 $W_{fa} = q \cdot U_{fa} = 2e \times (-4 \text{ V}) = -8 \text{ eV}$, 粒子到达 a 的动能为 $E_{ka} = E_{kf} + W_{fa} = 12 \text{ eV} - 8 \text{ eV} = 4 \text{ eV}$, 则粒子可以到达 a , C 正确; α 粒子从 f 到 b 的过程中电场力做功 -6 eV , 粒子到达 b 的动能为 $E_{kb} = E_{kf} + W_{fb} = 12 \text{ eV} - 6 \text{ eV} = 6 \text{ eV}$, 根据 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, 可得 α 粒子经过平面 a 时的速率与经过 b 时的速率的比值为 $\frac{v_a}{v_b} = \sqrt{\frac{E_{ka}}{E_{kb}}} = \sqrt{\frac{4}{6}} = \sqrt{\frac{2}{3}}$, D 错误。

6. C 解析: 粒子在竖直方向上做初速度为 v_0 、加速度为 g 的匀减速运动, 其末速度为零, 它从 a 到 b 在竖直方向通过的位移为 $h = \frac{v_0^2}{2g}$; 粒子从 a 到 b 由动能定理得 $qU_{ab} - mgh = \frac{1}{2}m(2v_0)^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 将 h 代入解得 $U_{ab} = \frac{2mv_0^2}{q}$, 故 C 正确, A、B、D 错误。

7. D 解析: 从粒子运动轨迹看出, 轨迹向上弯曲, 可知带负电粒子受到了向上的电场力的作用, 可知电场强度方向大致向下, 沿电场线电势逐渐降低, 则 a 、 b 、 c 、 d 、 e 各点中 c 点电势最低, A 错误; 根据两个固定的等量异种点电荷所形成电场的等势面的特点可得, b 点和 d 点的电场强度大小相同, 方向不同, B 错误; 根据电势能 $E_p = \varphi q$ 可知, 负电荷在电势高的地方电势能低, 故粒子在 a 点的电势能小于在 c 点的电势能, C 错误; 粒子从 a 点运动到 e 点的过程中电势能先增大后减小, 所以动能先减小后增大, D 正确。

8. D 解析: 由题图可知离子 N 受到中心电荷的斥力, 而离子 M 受到中心电荷的引力, 由于中心电荷带正电, 则 M 一定是负离子, N 一定是正离子, A 错误; 由题图可判定 M 在从 a 到 p 运动过程中, 电场力做正功, 动能增加, 而 N 在从 a 到 q 运动过程中, 电场力做负功, 动能减小, 所以 M 在 p 点的速率一定大于 N 在 q 点的速率, B 错误; 由于 a 、 b 、 c 三点在同一等势面上, 所以 M 在从 a 向 b 运动过程中电场力所做的总功为 0, N 在从 a 向 c 运动过程中电场力所做的总功为 0, 由于两离子以相同的速率从 a 点射入电场, 故两离子分别经过 b 、 c 两点时的速率一定相等, C 错误; 由题图可知 q 点离正电荷更近一些, N 离子在从 a 向 q 运动过程中电场力做负功的值大于离子 M 在从 p 向 b 运动过程中电场力做负功的值, 故 M 从 p 到 b 过程电势能的增量一

定小于 N 从 a 到 q 电势能的增量, D 正确。

9. A 解析: 由于不计重力, 点电荷做匀速运动, 所受拉力 F 与电场力大小相等、方向相反. 从 M 到 N 过程中, 电场力做功 $W_{\text{电}} = -Fd \cos \theta$, M 、 N 两点的电势差 $U_{MN} = \frac{W_{\text{电}}}{-q} = \frac{Fd \cos \theta}{q}$, A 正确; 匀强电场的电场强度大小 $E = \frac{F}{q}$, B 错误; 此过程中, 电场力做负功, 电势能增加, C 错误; 若要使点电荷由 N 向 M 做匀速直线运动, 则所受合力一定为 0, 因此 F 必须沿原方向, D 错误。

10. AD 解析: 滑块水平方向受大小不变的摩擦力及逐渐增大的库仑力, 在滑动过程中, 随着间距减小, 库仑力增大, 但仍小于滑动摩擦力, 根据牛顿第二定律可得, 滑块的加速度逐渐减小, 做加速度逐渐减小的变减速运动, 故滑块在运动过程中的中间时刻的速度小于 $\frac{v_0}{2}$, 故 A 正确, B 错误; 由动能定理可得: $-qU_{ab} - \mu mgs = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 解得两点间的电势差 $U_{ab} = \frac{m(v_0^2 - 2\mu gs)}{2q}$, D 正确; 由功能关系可知此过程中产生的内能 $Q' = \mu mgs$, 由 D 选项的解析可得: $Q' = \frac{1}{2}mv_0^2 - qU_{ab}$, 因 a 点电势低于 b 点电势, 故 U_{ab} 为负值, 产生的热量大于 $\frac{1}{2}mv_0^2$, C 错误。

11. (1) $\sqrt{7gR}$ (2) $-\frac{mgR}{2q}$

解析: (1) 因为 B 、 C 两点电势相等, 故小球从 B 到 C 运动的过程中电场力做的功为零. 由几何关系可得 BC 的竖直高度 $h_{BC} = \frac{3R}{2}$. 根据动能定理有

$$mg \cdot \frac{3R}{2} = \frac{mv_C^2}{2} - \frac{mv_B^2}{2}, \text{ 解得 } v_C = \sqrt{7gR}.$$

(2) 小球从 A 到 C , 重力和电场力均做正功, 所以由动能定理有 $mg \cdot 3R + W_{\text{电}} = \frac{mv_C^2}{2}$, 又根据电场力做功与电势能的关系得 $W_{\text{电}} = E_{pA} - E_{pC} = -q\varphi_A - (-q\varphi_C)$, 又因为 $\varphi_C = 0$, 可得 $\varphi_A = -\frac{mgR}{2q}$.

专题卷(三) 静电场中的图像问题

针对训练

1. AD 解析: 由各点电势随其坐标变化的关系图像中, 斜率表示电场强度大小可知, 该电场为匀强电场, 则 A 、 B 两点电场强度大小关系为 $E_A = E_B$, A 正确, B 错误; 由 A 到 B 电势逐渐降低, 故电场方向

由A指向B,质子从A运动到B过程中电场力方向与运动方向相同,电场力做正功,电势能减小,故质子在A、B两点的电势能大小关系为 $E_{pA} > E_{pB}$,C错误,D正确。

2. A 解析: $\varphi-x$ 图像的斜率表示场强,A点的斜率大于B点,所以 $E_A > E_B$,同理 $E_C < E_D$,A、D两点在x方向上的场强方向相反,A正确,B、C错误;根据 $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 可知,负电荷在电势低的地方电势能大,B点电势低,所以在B点时电势能大,D错误。

3. D 解析:从 $E-x$ 图像看出,O点的场强最小,由于电场强度的方向沿x轴正方向,沿电场线方向电势降低,故在x轴上从左向右电势逐渐降低,故O点电势不是最低,A、B错误;电子从 x_1 处运动到 $-x_1$ 处的过程中,场强先减小后增大,粒子所受的电场力先减小后增大,所以其加速度先减小后增大,C错误;电子从 x_1 处运动到 $-x_1$ 处的过程中,电场力一直做正功,电势能一直减小,D正确。

4. D 解析:由题图可知,OC段图像与x轴围成的面积小于CB段与x轴图像围成的面积,故电势差 $U_{CB} > U_{OC}$,A、B错误;若把一个正点电荷从O点沿x轴正方向移到无穷远处,电场力一直在做功,所以O点电势与无穷远处电势不相等,C错误;电子从A点由静止释放后一直受到沿x轴方向的力作用,即力与运动方向一直在同一条直线上,故电子的轨迹在一条直线上,D正确。

5. C 解析:若是异种电荷,电势应该逐渐减小或逐渐增大,由图像可以看出,应该是等量的同种正电荷,A错误;沿x轴正方向从N到C的过程,电势降低,N、C两点间场强方向沿x轴正方向,B错误; $\varphi-x$ 图线的切线斜率表示电场强度,由题图可得N、D两点间的电场强度大小沿x轴正方向先减小后增大,C正确;N、C间电场线方向向右,C、D间电场线方向向左,将一正点电荷从N点移到D点,电场力先做正功后做负功,电势能先减小后增大,D错误。

6. BCD 解析:沿电场方向电势降低,因电场方向沿x轴正方向,故x轴相当于一条电场线,故 $\varphi_{x1} > \varphi_{x2}$,A错误;电子受到的电场力方向和电场方向相反,故沿x轴从 x_1 处运动到 x_2 处,电场力做负功,电势能增大,电子在 x_1 处的电势能小于在 x_2 处的电势能,B、D正确;因为从 $x=0$ 处到 x_1 处的电场强度是均匀增大的,所以从 $x=0$ 处到 x_1 处的电场强度平均值为 $\frac{E_0}{2}$,根据公式 $E = \frac{U}{d}$,可得 $x=0$ 处与

x_1 处的电势差为 $U = \frac{E_0 x_1}{2}$,C正确。

7. D 解析:由题图可知在O到 r_0 段电势不变,之后电势变小,带电金属球为一等势体,再依据沿着电场线方向电势降低,可知该金属球带正电,故A错误; $\varphi-x$ 图像切线斜率的绝对值表示场强大小,A点的电场强度为零,C点电场强度大于0,故B错误;若为匀强电场,从B到C电场强度为 $E = \frac{U}{d} = \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{x_3 - x_2}$,因是非匀强电场且B点切线斜率的绝对值大于该值,所以B点的电场强度大于该值,C错误;负电荷从B移到C的过程中,电场力做负功,电势能增大,电势能增加量大小为 $|q(\varphi_2 - \varphi_3)|$,D正确。

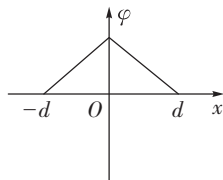
8. B 解析: $x=L$ 处电势最低,从 $x=L$ 处开始,越靠近两点电荷处电势越高,则两点电荷均为正电荷,A错误; $\varphi-x$ 图线的切线斜率表示场强,由题图可知 $x=L$ 处合场强为零,有 $\frac{kQ}{(4L)^2} - \frac{kQ'}{(2L)^2} = 0$,得 $Q' = \frac{Q}{4}$,故原点处的场强大小为 $\frac{kQ}{(3L)^2} - \frac{kQ'}{(3L)^2} = \frac{kQ}{12L^2}$,方向向右。则正试探电荷在原点O处受到的电场力向右,B正确,C错误;由M点到N点电势先降低后升高,所以负试探电荷由M点运动到N点的过程,电势能先增大后减小,D错误。

9. ACD 解析:电势能 $E_p = \varphi q$,由于粒子带正电, $0 \sim x_1$ 段电势能变大,所以电势升高,A正确;根据电场力做功与电势能的关系 $\Delta E_p = -Eq\Delta x$, E_p-x 图像切线斜率的绝对值反映场强大小, $0 \sim x_1$ 段图像切线斜率变小,场强变小,受力减小,加速度变小,由于电势能增加,电场力做负功,则粒子做减速运动,即粒子做加速度减小的减速运动,B错误; $x_1 \sim x_2$ 段图像切线斜率为零,场强为零,C正确; $x_2 \sim x_3$ 段粒子的电势能沿x轴均匀减小,粒子带正电,所以电势沿x轴均匀减小,D正确。

10. D 解析:根据 $E_p = \varphi q$ 可知,

由于粒子带负电,电势的变化应与题图中 E_p 的变化相反,故 $\varphi-x$ 图像应

如图所示,A错误; $\varphi-x$ 图像的斜率表示电场强度,沿电场方向电势降低,则知在 $x=0$ 的左侧,存在向左的匀强电场, $x=0$ 右侧存在向右的匀强电场,B错误;根据牛顿第二定律知 $qE=ma$,粒子在匀强电场中运动时加速度不变,由于粒子带负电,粒子的加速度在 $x=0$ 左侧为正值,大小不变,在 $x=0$ 右侧加速度为负值,



且大小不变,C 错误;因为带电粒子只受电场力作用,所以带电粒子的动能与电势能总和保持不变,即 $E_k - x$ 图像应与 $E_p - x$ 图像的形状上下对称,故 D 正确。

11. (1) 电场线方向斜向下,场强大小为 $1\,000\text{ V/m}$
(2) -16 V -32 eV

解析:(1)由题图乙可知沿 x 正方向电势降低,所以电场线方向斜向下; $\varphi - x$ 图线的斜率表示电场强度沿 x 方向的分量,由题图乙可知 $E_x = 800\text{ V/m}$,所以 $E = \frac{E_x}{\cos 37^\circ} = 1\,000\text{ V/m}$ 。

(2)由题意得 O 点的电势为 48 V , O 、 c 间的距离为 $Oc = 8\text{ cm} = 0.08\text{ m}$,所以 O 、 c 间的电势差为 $U_{Oc} = E \cdot Oc \cdot \cos 37^\circ = 1\,000 \times 0.08 \times 0.8\text{ V} = 64\text{ V}$ 。由于 $U_{Oc} = \varphi_O - \varphi_c$,将 $U_{Oc} = 64\text{ V}$ 、 $\varphi_O = 48\text{ V}$ 代入得 $\varphi_c = -16\text{ V}$ 。 O 、 a 间的电势差为 $U_{Oa} = E \cdot Oa \cdot \cos 37^\circ = 1\,000 \times 0.02 \times 0.8\text{ V} = 16\text{ V}$ 。由于 $U_{Oa} = \varphi_O - \varphi_a$,将 $U_{Oa} = 16\text{ V}$ 、 $\varphi_O = 48\text{ V}$ 代入得 $\varphi_a = 32\text{ V}$ 。所以电子在 a 点的电势能为 $E_p = -e\varphi_a = -32\text{ eV}$ 。

小测试(七) 静电的利用和防护

预习自评

1. (1)× (2)✓ (3)✓

2. C **解析:**印刷车间中,纸张间摩擦产生大量静电,所以印刷车间中保持适当的湿度,及时把静电导走,避免静电造成的危害,A 错误;静电复印机是利用静电工作的,与静电有关,B 错误;不锈钢丝的作用是把鞋底与地毯摩擦产生的电荷传到大地上,以免发生静电危害,属于防止静电危害,C 正确;小汽车的顶部露出一根小金属杆是天线,接受无线电信号用,不属于防止静电危害,故 D 错误。

针对训练

1. ABC **解析:**静电喷雾同静电除尘、激光打印都是静电的应用,而安装避雷针是静电的防止,A、B、C 正确,D 错误。
2. B **解析:**静电除尘器的两个电极接高压电源,电极间形成强电场,使空气发生电离,形成电子和正离子,电子在电场力作用下,向正极加速运动,电子被烟雾颗粒吸附后,一起向电源正极运动,在正极积聚大量颗粒,在重力作用下,从除尘器的下部排出,B 正确,A、C、D 错误。
3. B **解析:**当打雷的时候,由于静电感应,在高大的建筑物顶端积累了很多的静电,容易导致雷击事故,所以在高大的建筑物顶端安装避雷针,避雷针

上的感应电荷会通过针尖放电,逐渐中和云中的电荷,保护建筑物的安全,所以 A 属于静电危害的防治;在高大的烟囱中安装静电除尘器,利用静电除去废气中的粉尘,这是对静电的应用,所以 B 不属于静电危害的防治;飞机在飞行的过程中,与空气摩擦产生静电,飞机轮上的拖地线就可以在落地时把产生的静电导走,所以 C 属于静电危害的防治;利用导电橡胶做的防电靴及时地把工人在走动中产生的静电导走,防止发生事故,所以 D 属于静电危害的防治,故本题选 B。

4. B **解析:**根据静电屏蔽原理可知,用金属网把验电器罩起来后,金属网内电场强度为 0,外电场对网内的验电器不会产生影响,故使带电金属球靠近验电器,箔片不会张开,B 正确,A、C、D 错误。
5. B **解析:**当带电云层靠近建筑物时,避雷针上产生的感应电荷与云层中的电荷中和,减少建筑物上感应电荷的积累,使建筑物免遭雷击,其原理为尖端放电,故 B 正确,A、C、D 错误。
6. C **解析:**工作时涂料微粒会向带正电的被喷涂工件高速运动,是由于在喷枪喷嘴与被喷涂工件之间形成了强电场,涂料微粒受静电力,A 错误;工件带正电,则涂料微粒一定带负电,C 正确,B、D 错误。
7. (1) a 为正极, b 为负极 (2)带电粒子在电场作用下奔向电极,并吸附在电极上 (3) 28.5 t

解析:(1) a 为正极, b 为负极。

(2)由于煤粉吸附电子带电,故将在电场作用下奔向电极,并吸附在电极上。

(3)设一天回收煤粉的质量为 m ,管内表面积 $S = 2\pi rL$

$$\text{则 } m = \frac{DS \cdot t}{1\,000} = \frac{3.5 \times 10^{-4} \times 2 \times 3.14 \times 3 \times 50 \times 86\,400}{1\,000} \text{ t} =$$

28.5 t 。

小测试(八) 电容器 电容

预习自评

1. (1)× (2)✓ (3)× (4)✓ (5)×
2. 5×10^{-7}

针对训练

1. AD **解析:**由电容的定义可知,任何两个彼此绝缘而又相距很近的导体,都能组成电容器,跟这两个导体是否带电无关,A 正确;电容器所带的电荷量是指一个极板所带电荷量的绝对值,B 错误;电容器的电容与电容器所带电荷量及两极板间的电压均无关,C 错误;一个电容器所带的电荷量增加 $\Delta Q = 1.0 \times 10^{-6}\text{ C}$ 时,两极板间电压升高 10 V ,则

该电容器的电容为 $C = \frac{\Delta Q}{\Delta U} = 1.0 \times 10^{-7} \text{ F}$, D 正确.

2. C 解析:由题图乙知 a 的电容是 $1\,000\ \mu\text{F}$, b 的电容是 $10\,000\ \mu\text{F}$, 所以 a 、 b 两个电容器的电容之比为 $1\,000 : 10\,000 = 1 : 10$, A、B 错误; b 电容器最多能容纳电荷 $Q_b = 10\,000 \times 10^{-6} \times 10 \text{ C} = 0.1 \text{ C}$, 而 a 电容器最多能容纳电荷 $Q_a = 1\,000 \times 10^{-6} \times 80 \text{ C} = 0.08 \text{ C}$, C 正确, D 错误.

3. A 解析:根据 $Q-U$ 图像的斜率表示电容器的电容, 有 $C = \frac{Q}{U} = \frac{0.2}{40} \text{ F} = 5 \times 10^{-3} \text{ F}$. 如果该电容器两端的电压从 40 V 降低到 36 V , 则 $\Delta Q = C \cdot \Delta U = 5 \times 10^{-3} \times (40 - 36) \text{ C} = 0.02 \text{ C}$, 故 A 正确, B、C、D 错误.

4. BD 解析:开关 S 接 1 时, 电容器充电, 充电完毕, 电流为零, 再将开关 S 拨向 2 位置, 开始反向放电, 且放电越来越缓慢, 放电完毕后, 电流为零, A 错误, B 正确; 开关 S 接 1 时, 电容器与电源直接相连, 充电结束后, 两极板间电压等于电源电压, 放电过程中, 两极板间的电压逐渐减小, 电压变化越来越慢, 极板的电性不变, C 错误, D 正确.

5. C 解析:闭合开关 S 后, 电容器两极板间电压等于滑动变阻器下部分电阻分担的电压, 若只在两极板间插入电介质, 相对介电常数增大, 电容器的电容将增大, 但两极板间电压不变, 故 A、B 错误; 若只将滑动变阻器的滑片 P 向上移动, 电容器两极板间电压增大, 则电容器所带电荷量增多, C 正确; 若只将电容器下极板向下移动一小段距离, 板间距离增大, 电容减小, 而电压不变, 则电容器所带电荷量减小, 电容器放电, 由于上极板带正电, 所以此过程电流计中有从 b 到 a 方向的电流, D 错误.

6. A 解析:平行板电容器的电容 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$, 电容器两极板间的电压 $U = \frac{Q}{C}$, 电荷量 Q 不变, 保持 S 不变, 增大 d , 则电容 C 减小, 电压 U 增大, θ 变大, 同理减小 d , 电容 C 增大, 电压 U 减小, θ 变小, A 正确, B 错误; 电荷量 Q 不变, 保持 d 不变, 减小 S , 电容 C 减小, 电压 U 增大, θ 变大, C 错误; 电荷量 Q 不变, 保持 S 、 d 不变, 在两极板间插入电介质, 电容 C 增大, 电压 U 变小, θ 变小, D 错误.

7. A 解析:由于电容器充电后与电源断开, 说明电容器所带电荷量不变, 正极板向负极板移近时, 由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d} \propto \frac{\epsilon_r S}{d}$ 可知, 电容 C 增大, 又由 $U = \frac{Q}{C}$ 可知, U 减小, 而由 $E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S} \propto \frac{1}{\epsilon_r S}$ 可知, 电

场强度 E 不变, 由于 E 不变, P 到正极板的距离减小, 因正极板接地, 可知 P 点的电势升高, 则正电荷的电势能 $E_p = q\varphi_P$ 变大, 综上可知, A 正确, B、C、D 错误.

8. A 解析:电流计指针向右偏转, 说明电流从右边接线柱流进电流计, 则导体芯 A 所带电荷量在增加, 电容器两端的电势差不变, 由 $Q = CU$ 可知, 导体芯 A 与导电液体形成的电容器的电容增大, 根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 知, 正对面积增大, 则液体的深度 h 在增大, A 正确, B、C、D 错误.

9. AC 解析:由题意知, 小球受重力、电场力和拉力作用, 根据平衡条件可知, $Eq = mg \tan \theta$, 解得 $E = \frac{mg \tan \theta}{q}$, $U = Ed = \frac{mg d \tan \theta}{q}$, A 正确; 保持开关 S 闭合, 电容器两极板间的电势差不变, 带正电的 A 板向 B 板靠近, 极板间距离减小, 根据 $E = \frac{U}{d}$ 知电场强度 E 变大, 小球所受的电场力变大, θ 变大, B 错误; 断开开关 S, 电容器所带的电荷量不变, 由 $E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$ 知 d 减小时 E 不变, 电场力不变, θ 不变, C 正确; 开关 S 断开, 当两极板错开使正对面积减小时, 由 $E = \frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$ 知 E 增大, 则 θ 增大, D 错误.

10. (1) $3.0 \times 10^3 \text{ V}$ (2) $2.0 \times 10^4 \text{ V/m}$, 方向竖直向下 (3) $1.2 \times 10^{-8} \text{ C}$

解析:(1)由动能定理 $W = \Delta E_k$, 则有 $mg(h+L) + qU_{MN} = 0$, 代入数据解得 $U_{MN} = 3.0 \times 10^3 \text{ V}$.

(2)由 $E = \frac{U}{L}$, 代入数据解得 $E = 2.0 \times 10^4 \text{ V/m}$, 方向竖直向下.

(3)根据 $Q = CU$, 得该电容器带电量 $Q = 4.0 \times 10^{-12} \times 3.0 \times 10^3 \text{ C} = 1.2 \times 10^{-8} \text{ C}$.

小测试(九) 带电粒子在电场中的运动

预习自评

1. (1) $\times$ (2) $\checkmark$ (3) $\checkmark$ (4) $\checkmark$

2. A 解析:根据动能定理得粒子加速后的速度 $v = \sqrt{\frac{2Uq}{m}}$, 则质子的比荷 $\frac{q}{m}$ 最大, 其速度最大, A 正确, B、C、D 错误.

针对训练

1. D 解析:若要使电子打在图示坐标的第三象限, 电子在 x 轴上向负方向偏转, 则应使 X' 接正极, X 接

负极;电子在 y 轴上也向负方向偏转,则应使 Y' 接正极, Y 接负极,故 D 正确, A、B、C 错误.

2. C 解析:两板间电压为 U 保持不变,设板间距为 d ,电子在板间的加速度为 a ,据牛顿第二定律有 $q \frac{U}{d} = ma$,可得电子的加速度 $a = \frac{qU}{md}$,故两板间距离越小,电子的加速度就越大, B 错误;电子在板间做匀加速直线运动,可得 $d = \frac{1}{2} at^2$,可得 $t = d \sqrt{\frac{2m}{qU}}$,故两板间距离越大,加速时间越长, A 错误;由动能定理可得 $qU = \frac{1}{2} mv^2$,电子到达 Q 板时的速率 $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$,与两板间距离无关,仅与加速电压有关, C 正确, D 错误.

3. D 解析:电子从 O 点运动到 A 点,仅受静电力作用,速度逐渐减小,根据动能定理得 $\frac{1}{2} mv_0^2 = eU_{OA}$. 因 $E = \frac{U}{d}$, $U_{OA} = Eh = \frac{Uh}{d}$,故 $\frac{1}{2} mv_0^2 = \frac{eUh}{d}$. 故 D 正确, A、B、C 错误.

4. BD 解析:由题意知,带电粒子在电场中做匀减速直线运动,当粒子恰好能到达 N 板时,由动能定理,可得 $-qU = -\frac{1}{2} mv_0^2$,要使粒子到达距 N 板 $\frac{d}{3}$ 后返回,设此时两板间电压为 U_1 ,粒子的初速度为 v_1 ,则由动能定理,可得 $-q \frac{2U_1}{3} = -\frac{1}{2} mv_1^2$,联立两方程,得 $\frac{2U_1}{3U} = \frac{v_1^2}{v_0^2}$,故 B、D 正确, A、C 错误.

5. A 解析:设 A、B 板间的电势差为 U_1 , B、C 板间的电势差为 U_2 ,板间距为 d ,电场强度为 E ,第一次由 O 点静止释放的电子恰好能运动到 P 点,根据动能定理得, $qU_1 = -qU_2 = qEd$,将 C 板向右移动, B、C

板间的电场强度 $E = \frac{U_2'}{d'} = \frac{\frac{Q}{\epsilon_r S}}{\frac{4\pi k d'}{d} \times d'} = \frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$, E 不变,所以电子还是运动到 P 点时速度减小为零,然后返回,故 A 正确, B、C、D 错误.

6. B 解析:根据侧位移计算公式 $y = \frac{1}{2} \cdot \frac{qU}{md} \cdot \left(\frac{L}{v_0}\right)^2$ 以及动能表达式 $E_k = \frac{1}{2} mv_0^2$,知 $y = \frac{qUL^2}{4dE_k}$,初动能相同, α 粒子的质量是质子的 4 倍,带电量是质子的 2 倍,故 $y_1 : y_2 = 1 : 2$. B 正确, A、C、D 错误.

7. B 解析:设电子被加速后获得的速度为 v_0 ,由动

能定理得 $qU_1 = \frac{1}{2} mv_0^2$,设平行极板长为 l ,则电子

在平行极板间偏转的时间 $t = \frac{l}{v_0}$,设电子在平行极板间运动的加速度为 a ,由牛顿第二定律得 $a = \frac{qE}{m} = \frac{qU_2}{dm}$,电子射出平行极板时,竖直分速度 $v_y = at$,联立可得 $v_y = \frac{qU_2 l}{dmv_0}$, $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{U_2 l}{2dU_1}$,故 U_2 变大, U_1 变小时,一定能使偏转角 θ 变大, B 正确, A、C、D 错误.

8. BD 解析:两个带电粒子垂直射入电场中做类平抛运动,则水平方向有 $x = v_0 t$, v_0 相等,可得 $t_A : t_B = x_A : x_B = 2 : 1$, C 错误, D 正确;竖直方向有 $y = \frac{1}{2} at^2 = \frac{qE}{2m} t^2$,解得 $m = \frac{qEt^2}{2y}$,因为 E 、 y 相等,则 $m_A : m_B = \frac{q_A t_A^2}{q_B t_B^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{2^2}{1^2} = \frac{4}{3}$, A 错误, B 正确.

9. D 解析: a 、 b 两粒子在电场中均做类平抛运动,沿初速度方向,有 $x = v_0 t$,垂直于初速度方向,有 $y = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} t^2$,即 $y = \frac{qE}{2m} \cdot \frac{x^2}{v_0^2}$,则有 $\frac{q_a}{m_a} : \frac{q_b}{m_b} = \frac{y_a}{x_a^2} : \frac{y_b}{x_b^2} = 8 : 1$, D 正确, A、B、C 错误.

10. (1) $\sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$ (2) $\frac{U_2 L^2}{4U_1 d}$ (3) $\left(\frac{L}{2} + l\right) \frac{U_2 L}{2U_1 d}$

解析:(1)电子在加速电场中,据动能定理有 $eU_1 =$

$\frac{1}{2} mv_0^2$,解得 $v_0 = \sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$.

(2)电子在偏转电场中做类平抛运动, $y = \frac{1}{2} at^2 =$

$\frac{1}{2} \times \frac{eU_2}{md} \times \frac{L^2}{v_0^2} = \frac{U_2 L^2}{4U_1 d}$.

(3)根据平抛运动的推论可知,做类平抛运动的物体,某时刻速度的反向延长线过此刻水平位移的

中点,所以有 $\frac{y}{Y} = \frac{\frac{L}{2}}{\frac{L}{2} + l}$,解得 $Y = \left(\frac{L}{2} + l\right) \frac{U_2 L}{2U_1 d}$.

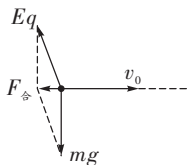
专题卷(四) 带电粒子在电场中的运动的综合问题

针对训练

1. BD 解析:对带电粒子受力分

析如图所示, $F_{\text{合}} \neq 0$,则 A 错误;由图可知电场力与重力的合力方向与 v_0 方向相反, $F_{\text{合}}$

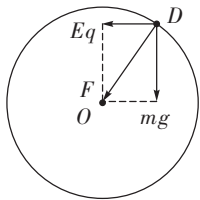
对粒子做负功,其中 mg 不做功, Eq 做负功,故粒子动能减少,电势能增加, B 正确, C 错误; $F_{\text{合}}$ 恒定且



- $F_{\text{合}}$ 与 v_0 方向相反, 粒子做匀减速直线运动, D 正确.
2. B 解析: 微粒做直线运动的条件是速度方向和合力的方向在同一条直线上, 只有微粒受到水平向左的静电力才能使得合力方向与速度方向在同一条直线上, 由此可知微粒所受的静电力的方向与场强方向相反, 则微粒必带负电, 微粒所受合力与初速度方向相反, 做匀减速直线运动, 故 B 正确, A、C、D 错误.
3. D 解析: 设重力和电场力的合力与水平方向的夹角为 α , $\tan \alpha = \frac{mg}{\frac{4}{3}mg}$, 解得 $\alpha = 37^\circ$, 物块并不是沿着斜面运动, 而是沿着重力与电场力合力的方向运动, 根据动能定理得 $mgh + \frac{4}{3}mg \cdot \frac{h}{\tan 37^\circ} = \frac{1}{2}mv^2 - 0$, 解得 $v = \frac{5}{3}\sqrt{2gh}$, 故 D 正确, A、B、C 错误.
4. C 解析: 两板间距离变大, 根据 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$ 可知, 金属板 A、B 组成的平行板电容器的电容 C 减小, A 错误; 根据 $Q = CU$, Q 不变, C 减小, 则 U 变大, B 错误; 根据 $E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{4\pi kQ}{\epsilon_r S}$, 可知当 d 变大时, 两板间的场强不变, 则甲、乙两电子在板间运动时的加速度相同, C 正确; 根据 $eE \cdot 2d = \frac{1}{2}mv^2$, $eEd = \frac{1}{2}mv_0^2$ 可知, 乙电子运动到 O 点的速率 $v = \sqrt{2}v_0$, D 错误.
5. AC 解析: 因为液滴 a 、 b 的带电荷量的绝对值相等, 则液滴所受的电场力大小相等, 由静止释放, 穿过两板的时间相等, 则偏转位移大小相等, 电场力做功相等, A 正确; 电场力对 a 、 b 两液滴做功相等, 重力做功相等, 则动能的增量相等, 对于液滴 c , 只有重力做功, 小于 a 、 b 动能的增量, B 错误; 对于液滴 a 和液滴 b , 电场力均做正功, 电场力所做的功等于电势能的减少量, C 正确; 三者穿过极板的过程中, 竖直方向的位移相等, 质量相同, 所以重力做的功相等, D 错误.
6. BC 解析: 由题图可知, 该粒子在电场中做匀速圆周运动, 静电力提供向心力, 由 $qE = m\frac{v^2}{R}$ 得 $R = \frac{mv^2}{qE}$, R 、 E 为定值, 若 q 相等, 则 $\frac{1}{2}mv^2$ 一定相等; 若 $\frac{q}{m}$ 相等, 则速率 v 一定相等, 但动能不一定相等, 故 B、C 正确, A、D 错误.

7. D 解析: 第 1 s 内电场方向向右, 电子受到的电场力方向向左, 电子向左做匀加速直线运动, 位移大小为 l , 第 2 s 内电子受到的电场力方向向右, 由于电子此时有向左的速度, 因而电子继续向左做匀减速直线运动, 根据运动的对称性, 位移大小也是 l , $t = 2$ s 时总位移大小为 $2l$, 方向向左, 故 D 正确, A、B、C 错误.
8. B 解析: 若 $t_0 = 0$ 时刻释放粒子, 则粒子做方向不变的单向直线运动, 一直向 B 运动. 若 $t_0 = \frac{T}{4}$ 时刻释放粒子, 则粒子在电场中固定两点间做往复运动, 所以在 $0 < t_0 < \frac{T}{4}$ 和 $T < t_0 < \frac{9T}{8}$ 时间内释放粒子, 都最终将打在 B 板上, 故 A、D 错误; 若 $t_0 = \frac{T}{2}$ 时刻释放粒子, 则粒子一直向 A 运动. 若 $t_0 = \frac{3T}{4}$ 时刻释放粒子, 则粒子在电场中固定两点间做往复运动, 因此在 $\frac{T}{2} < t_0 < \frac{3T}{4}$ 时间内释放该粒子, 粒子的运动满足题意的要求, B 正确; 若 $\frac{3T}{4} < t_0 < T$ 时间内释放粒子, 它将在 $T < t_0 < \frac{5T}{4}$ 内的某个确定时刻减速到零, 之后的运动情况与 A 相同, 故 C 错误.
9. AD 解析: 由 A、B 板间所加电压的周期性可推知粒子加速度的周期性, D 正确; 由 $v = at$ 可知, A 正确, C 错误; 由 $x = \frac{1}{2}at^2$ 知 $x-t$ 图像应为曲线, B 错误.
10. D 解析: 小球在水平方向做匀速直线运动, 所以小球在 MN 上方的电场和 MN 下方的电场中运动的时间之比为 $t_1 : t_2 = 1 : 3$, 小球在竖直方向的位移大小之比为 $y_1 : y_2 = \left(\frac{1}{2}a_1t_1^2\right) : \left(\frac{1}{2}a_2t_2^2\right) = 1 : 3$, 其中 $a_1 = \frac{qE+mg}{m}$, $a_2 = \frac{qE-mg}{m}$, 联立解得 $E = \frac{2mg}{q}$, 故 D 正确, A、B、C 错误.
11. C 解析: 小球所受的重力和静电力均为恒力, 故两力可等效为一个力 $F = \sqrt{(mg)^2 + \left(\frac{3}{4}mg\right)^2} = \frac{5}{4}mg$, 如图所示, 方向与竖直方向的夹角为 37° , 偏左下. 若使小球在圆环内恰好能做完整的圆周运动, 即通过等效最高点 D 时小球与圆环间的弹力恰好为 0, 由圆周运动的知识可得 $\frac{5}{4}mg =$

$m \frac{v_D^2}{R}$. 由 A 到 D 的过程由动能定理得 $mg(h - R - R \cos 37^\circ) - \frac{3}{4}mg(h \cdot \tan 37^\circ + 2R + R \sin 37^\circ) = \frac{1}{2}mv_D^2$, 联立解得 $h = 10R$, 故 C 正确, A、B、D 错误.



12. (1) $2\sqrt{gR} - 5mg$, 方向竖直向下 (2) mg , 方向竖直向下

解析:(1)A 至 D 点,由动能定理可得

$$mgR + qER = \frac{1}{2}mv_1^2, \text{解得 } v_1 = 2\sqrt{gR}$$

由牛顿第二定律 $N - mg = m \frac{v_1^2}{R}$, 解得 $N = 5mg$

由牛顿第三定律 $N = N'$, 小球对管壁的压力为 $5mg$, 方向竖直向下.

(2)第一次经过 C,由动能定理得

$$-mgR + 2qER = \frac{1}{2}mv_2^2$$

设管壁对小球的作用力方向竖直向下, 有 $mg +$

$$F_{C1} = m \frac{v_2^2}{R}$$

解得 $F_{C1} = mg$, 方向竖直向下.

小测试(十) 电流 电压 电阻

预习自评

- 1.** (1)✓ (2)✓ (3)✗ (4)✗

2. B 解析:根据电流的定义式 $I = \frac{q}{t}$, 可得电流的大

小为 $I = \frac{10}{5} \text{ A} = 2 \text{ A}$, 电流方向规定为正电荷定向移动的方向, 因移动的是负电荷, 电流方向与其定向移动的方向相反, 故电流方向向左. B 正确, A、C、D 错误.

针对训练

1. D 解析:正、负电荷的定向移动都可以形成电流,A 错误;电流有方向,其方向是正电荷定向移动的方向,但电流是标量,B 错误;电流的大小取决于电荷量与时间的比值,与自由电荷的多少无关,C 错误;国际单位制中共有七个基本物理量,电流是其中一个,其单位“安培”是基本单位,D 正确.

2. C 解析: 根据电流定义式得 $I = \frac{q}{t} = \frac{n_1 e + n_2 e}{1} (\text{A}) =$

$(n_1 + n_2)e(A)$, 故 C 正确, A、B、D 错误.

3. CD 解析:同一根导体上的电流相等,故 A 错误,C 正确;由 $I=nqSv$ 可得 $v=\frac{I}{nqS}$,粗的地方电荷定向移动速率小,细的地方大,故 B 错误,D 正确.

4. A 解析: 6×10^{13} 个电子的总电荷量大小为 $q = ne = 6 \times 10^{13} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} = 9.6 \times 10^{-6} \text{ C}$, 则示波管中电流大小为 $I = \frac{q}{t} = \frac{9.6 \times 10^{-6}}{2} \text{ A} = 4.8 \times 10^{-6} \text{ A}$, A 正确, B、C、D 错误.

5. D 解析: 设该导线中自由电子从一端定向移动到另一端所用时间为 t , 对导线进行研究, 导线的体积为 $V = Svt$, 导线的质量为 $m = \rho V$, 每个原子只提供一个自由电子, 则自由电子数与原子数相等, 自由电子数为 $n = \frac{m}{M} N_A$, t 时间内通过导线横截面的电荷量为 $q = ne$, 则电流为 $I = \frac{q}{t}$, 联立可得 $I =$

$$\frac{N_A e v S \rho}{M}$$
, D 正确, A、B、C 错误.

6. A 解析:导体的电阻由导体的长度、横截面积和材料决定,跟导体两端的电压及流过导体的电流的大小无关,故 A 错误,B 正确;由欧姆定律 $R = \frac{U}{I}$ 可知,对某一导体来说,其两端电压和流过它的电流的比值就是它的电阻值,C 正确;根据 $U = IR$ 可知,一定的电流流过导体,导体电阻越大,其电压越大,D 正确。

7. ABD 解析:加 5 V 的电压时,电流为 1.0 A,则由欧姆定律可知, $R = \frac{U}{I} = \frac{5}{1.0} \Omega = 5 \Omega$,A 正确;加

12 V 的电压时, 电流为 1.5 A, 则电阻为 $R = \frac{U}{I} = \frac{12}{1.5} \Omega = 8 \Omega$, B 正确; 由图可知, 随着电压的增大, 图线上的点与坐标原点的连线的斜率减小, 可知导体的电阻越来越大, C 错误, D 正确.

8. C 解析:若要把该表头改装成量程为 3 V 的电压表,应与表头串联一个电阻,阻值为 $R = \frac{U}{I_g} - R_g =$

$\frac{3}{1 \times 10^{-3}} \Omega - 30 \Omega = 2970 \Omega$, 故 C 正确, A、B、D 错误.

9. BC 解析:灵敏电流计与电阻箱并联,改装好的电表为电流表, M 、 N 两端电压为 $U = I_g R_g = 200 \times 10^{-6} \times 495.0 \text{ V} = 0.099 \text{ V} = 99 \text{ mV}$,电表电流量程为 $I = I_g + \frac{U}{R} = 200 \times 10^{-6} \text{ A} + \frac{0.099}{5.0} \text{ A} = 0.02 \text{ A} = 20 \text{ mA}$,故 B、C 正确,A、D 错误.

10. B 解析:将电流计与电阻并联可构成电流表,即题图甲是电流表,量程为 $I = I_g + \frac{I_g r_g}{R}$,可知 R 增大时量程减小,A 错误,B 正确;将电流计与电阻串联可构成电压表,即题图乙是电压表,量程为 $I = I_g(r_g + R)$,可知 R 增大时量程增大,故 C、D 错误.

小测试(十一) 实验:练习使用多用电表

预习自评

1. (1)①电阻 ②定位螺丝 ③调零旋钮 ④选择开关
(2)0~2.5 mA 的直流电流
(3)0~50 V 的直流电压
(4)电阻大小

解析:当多用电表的选择开关置于相应的物理量的测量区域时,多用电表就可以测量该物理量.

(2)当选择开关旋至“mA”挡中的“2.5”挡位时,测量的是 0~2.5 mA 的直流电流.

(3)当选择开关旋至“V”挡中的“50”挡位时,测量的是 0~50 V 的直流电压.

(4)当选择开关旋至“Ω”挡中的“×100”挡位时,测量的是电阻大小.

针对训练

1. ABC 解析:直流电流刻度线和直流电压刻度线都是均匀的,可以共用同一刻度,A 正确;电阻的刻度线是不均匀的,刻度值越大处刻度线越密,B 正确;多用电表的表盘上满偏电流位置对应电阻的零刻度线位置,故 C 正确,D 错误.
2. CD 解析:多用电表表盘上电阻刻度线分布不均匀,越靠近左侧刻度线越密集,A 正确;使用完毕应把选择开关旋到 OFF 挡或交流电压最高挡,B 正确;测量电阻时,第一次测量之前要进行欧姆调零,之后只要换倍率测量,就必须重新进行欧姆调零,C 错误;测量直流电压、直流电流时电流从“+”接线柱流入多用电表,测电阻时电流也是从“+”接线柱流入多用电表,D 错误.
3. B 解析:“闭合开关 S,红、黑表笔分别接在接线柱 E、F 上,电压表示数为 1.5 V”说明从电源正极到接线柱 E 没有断路,从电源负极到接线柱 F 没有断路;“断开开关 S,选择电阻‘×1 k’挡,红、黑表笔分别同时接 E、F,指针不偏转”说明接线柱 E、接线柱 F 之间也就是小灯泡电阻无穷大,是断路,如果灯泡短路,指针应该有明显的偏转.故 B 正确,A、C、D 错误.

4. B 解析:用多用电表的直流电压挡测量,E、G 和 F、G 间有电压,E、F 间无电压,说明电源在 G 和结点之间;黑表笔接 E,红表笔接 F,电阻很小,反接时电阻很大,说明 E、F 间接有二极管,当电流方向从 E 到 F 时,二极管导通,B 正确,A、C、D 错误.

5. (1) $1.5 \times 10^3 \times 1 \text{ k}$ (2)25.0 (24.9~25.1 均正确) 125 (3)5.0

解析:(1)欧姆表读数:指针对应的刻度值为 15,倍率为“×100”,读数为 $1.5 \times 10^3 \Omega$;测 $2.0 \times 10^4 \Omega$ 的电阻时,应选“×1 k”的欧姆挡.

(2)选 50 mA 电流挡时,每一小格表示 1 mA,测量的精确度为 1 mA,应估读到 0.1 mA,指针对应的读数为 25.0 mA;选择量程为 250 mA 的电流挡时,每一小格表示 5 mA,测量的精确度为 5 mA,应估读到 1 mA,指针对应的读数为 125 mA.

(3)选择 10 V 电压挡,则每一小格表示 0.2 V,测量的精确度为 0.2 V,应估读到 0.1 V,指针对应的读数为 5.0 V.

6. (1)dabe (2)110 (3)B

解析:(1)测量阻值约为 100 Ω 的电阻 R_x 可选择“×10”的挡位测量,测量前应先进行电阻调零,然后进行测量;使用完毕应将选择开关置于“OFF”位置或者交流电压最高挡,拔出表笔,故正确的步骤为 dabe.

(2)根据题图所示指针位置,此被测电阻的阻值约为 $11 \times 10 \Omega = 110 \Omega$.

(3)测量电阻时如果指针偏转角度过小,说明所选挡位太小,为减小测量误差,应将选择开关 S 拨至倍率较大的挡位,重新电阻调零后测量,A 错误;测量电路中的某个电阻,为保护电表,应该把该电阻与电路断开,B 正确;用电阻表测电阻,换挡后要重新进行电阻调零,用同一挡位测不同阻值的电阻不需要重新进行电阻调零,C 错误;测量电阻时,电流从黑表笔流出,在外电路,经被测电阻回到红表笔,D 错误,

7. (4)黑 (5)×1 (6)“OFF 挡”或“交流电压最高挡” (7)换挡后,重新进行欧姆调零

解析:(4)黑表笔接内部电源的正极,则测二极管正向电阻时,将黑表笔接二极管正极,将红表笔接二极管负极.

(5)测量时发现指针偏角过大,说明倍率选择过大,为使测量比较精准,应将选择开关旋转到“×1”的倍率挡位后,再次测量.

(6)最后应将选择开关拨向“OFF 挡”或者“交流电压最高挡”位置.

(7)以上实验过程,缺少的实验步骤是:换挡后,重新进行欧姆调零。

8. (1)“×1” 欧姆调零 8.0 (2)A

解析:(1)表头指针偏转角度过大,则电阻值小,要用小倍率,选“×1”挡,换挡后要进行欧姆调零,由题图可知,该电阻的阻值是 8.0 Ω。

(2)欧姆表内置电源正极与黑表笔相连,红表笔与内置电源负极相连,测二极管正向电阻时,欧姆表黑表笔与二极管正极相连,红表笔与二极管负极相连,用欧姆表测电阻要选择合适的挡位使指针指在中央刻度线附近,由于欧姆表中值电阻为 10 Ω,则应选用“×10”挡,故 A 正确,B、C、D 错误。

小测试(十二) 电阻定律 电阻率

预习自评

1. (1)× (2)✓ (3)✓ (4)✓

2. 4R

针对训练

1. D **解析:**温度对电阻率有影响,A 错误;导体的电阻率是由材料本身决定的,与横截面积、长度无关,B 错误; $R = \frac{U}{I}$ 为比值定义式, R 的大小与其两端电压 U 及电流 I 无关,C 错误; $R = \frac{\rho l}{S}$ 为电阻的决定式,由此式可看出导体的电阻与导体的长度成正比,与导体的横截面积成反比,故 D 正确。

2. B **解析:**电阻率是反映材料导电性能的物理量,电阻率越小的材料导电性能越好,A 错误;电阻温度计是利用金属的电阻率随温度变化的规律制成的,B 正确;材料的电阻率取决于导体材料本身,与导体的电阻、横截面积和长度均无关,C 错误;电阻率的大小与温度的变化以及材料本身均有关,D 错误。

3. A **解析:**将金属丝拉长至 $2L$,体积不变,则横截面积变为原来的 $\frac{1}{2}$,根据 $R = \rho \frac{l}{S}$ 知,电阻变为原来的 4 倍,A 正确;同理可知,将金属丝拉长至 $4L$,电阻变为原来的 16 倍,B 错误;将金属丝对折后拧成一股,长度变为原来的一半,横截面积变为原来的 2 倍,根据 $R = \rho \frac{l}{S}$ 知,电阻变为原来的 $\frac{1}{4}$,C 错误;将金属丝两端的电压提高到原来的 4 倍,电阻不变,D 错误。

4. D **解析:**根据电阻定律 $R = \rho \frac{l}{S}$ 可知, $R_1 = \rho \frac{c}{ab}$, $R_2 = \rho \frac{a}{bc}$,故 $R_1 : R_2 = 4 : 25$,D 正确,A、B、C 错误。

错误。

5. A **解析:**根据 $R = \rho \frac{l}{S}$ 知, $\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{l}{RS}$,则电导率的单位是 $\frac{m}{\Omega \cdot m^2} = \frac{1}{\Omega \cdot m}$,A 正确;材料的电导率与材料的形状无关,B 错误;材料的电导率越小,电阻率越大,则其导电性能越差,C 错误;导体的电阻率与温度有关,则电导率大小与温度有关,D 错误。

6. B **解析:**并联电路总电阻阻值必小于每一支路的电阻阻值,A 正确,不符合题意;根据并联电阻的总电阻规律可知,其中一只电阻阻值增大时,总电阻阻值必增大,B 错误,符合题意;多并联一只电阻,总电阻阻值必减小,C 正确,不符合题意;拿掉一支路时,总电阻阻值必增大,D 正确,不符合题意。

7. AB **解析:**S 断开时, R_1 与 R_2 串联,则由串联电路规律可得,电压之比等于电阻之比,即 $1 : 5$,A 正确;S 闭合时, R_2 与 R_3 并联,由并联电路规律可得,电流之比等于电阻的倒数之比,即 $1 : 1$,电阻 R_1 位于干路,则通过 R_1 与 R_2 的电流之比为 $2 : 1$,由 $U = IR$,电压之比为 $2 : 5$,故 B 正确,C 错误;设 A、B 两端所接电压为 U ,则当 S 断开时,电阻 R_1 两端的电压为 $U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U = \frac{1}{6} U$,S 闭合时, R_2 与 R_3 总电阻为 $R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 5 \Omega$,电阻 R_1 两端的电压为 $U'_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_{23}} U = \frac{2}{7} U$,则两次电压之比为 $\frac{U_1}{U'_1} = \frac{\frac{1}{6} U}{\frac{2}{7} U} = \frac{7}{12}$,D 错误。

8. A **解析:**由题图可知,滑片 P 滑至 R_2 的中点时,滑动变阻器下半部分电阻为 $R_F = 50 \Omega$,下半部分电阻与 R_1 并联后的阻值 $R_{并} = \frac{R_1 R_F}{R_1 + R_F} = 25 \Omega$,则 a 、 b 两端的电压为 $U_{ab} = \frac{R_{并}}{R_{并} + R_L} U = \frac{25}{25 + 50} \times 24 \text{ V} = 8 \text{ V}$,故 A 正确,B、C、D 错误。

9. C **解析:**当滑动变阻器触头置于变阻器的最上端时, U_{CD} 最大,最大值为 $U_{\max} = \frac{2R}{3R} U = \frac{2}{3} \times 30 \text{ V} = 20 \text{ V}$;当滑动变阻器触头置于变阻器的最下端时, U_{CD} 最小,最小值为 $U_{\min} = \frac{R}{3R} U = \frac{1}{3} \times 30 \text{ V} = 10 \text{ V}$,所以 U_{CD} 的变化范围是 $10 \sim 20 \text{ V}$,故 C 正确,A、B、D 错误。

10. BD **解析:**分压电路的正确接法是“一上两下”,而且 a 与 b 需要接电源两极,可将 a 接电源正极, b 接电源负极,由于题目要求“滑片 P 向 c 移动时,

小灯泡两端电压减小”,可知滑片 P 向 c 移动时,分压部分的电阻丝的长度减小,由题图可知 P 与 a 之间的电阻丝长度减小,所以需要 c 、 a 或 d 、 a 接小灯泡两端.故 B、D 正确,A、C 错误.

11. D 解析:若将 cd 端短路, ab 之间的等效电阻是

$$R_{ab} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 40 \, \Omega, \text{A 错误;若将 } ab \text{ 端短}$$

$$\text{路,} cd \text{ 之间的等效电阻是 } R_{cd} = R_2 + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} =$$

$$32 \, \Omega, \text{B 错误;当 } ab \text{ 两端接上测试电源时,} cd \text{ 两端}$$

$$\text{的电压为 } U_{cd} = \frac{R_3}{R_1 + R_3} U = 4 \, \text{V}, \text{C 错误;当 } cd \text{ 两}$$

$$\text{端接上测试电源时,} ab \text{ 两端的电压为 } U_{ab} =$$

$$\frac{R_3}{R_2 + R_3} U = 5 \, \text{V}, \text{D 正确.}$$

12. (1) 2 : 3 (2) 7 : 6

解析:(1)接通开关 S ,断开开关 S' 时,电阻 R_1 与 R_2 串联,由串联电路的规律知, $U_1 : U_2 = R_1 : R_2 = 2 : 3$.

(2)两个开关都接通时, R_2 与 R_3 并联,且 $R_{23} =$

$$\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{12}{7} \, \Omega, R_1 \text{ 与 } R_{23} \text{ 串联,由串联电路的规律}$$

$$\text{知,} U'_1 : U'_2 = R_1 : R_{23} = 7 : 6.$$

小测试(十三) 实验:测量金属的电阻率

预习自评

1. R_{x1} 大于 小于

解析:由于 $\frac{R_V}{R_x} = 10, \frac{R_x}{R_A} = 20$,可认为是大电阻,采取

电流表内接法测量更准确,即用图甲所示的电路测量得到的 R_{x1} 更接近待测电阻的真实值.图甲所示电路中,由于电流表的分压使测量值大于真实值;图乙所示电路中,由于电压表的分流使测量值小于真实值.

针对训练

1. BD 解析:若采用图甲,电流表测得的是通过电阻 R_x 的真实电流,但电压表测得的是电阻 R_x 和电流表两端的共同电压,因此误差是由电流表分压引起的,故 A 错误,B 正确;若采用图乙,电压表测得的是电阻 R_x 的两端的真实电压,但电流表测得的是通过电阻 R_x 和电压表的共同电流,因此误差是由电压表分流引起的,由 $R = \frac{U}{I}$ 可知电阻的测量值小于真实值,故 C 错误,D 正确.

2. 2.23 2.99

解析:题图甲中游标卡尺的主尺读数为 22 mm,游标尺读数为 $3 \times 0.1 \, \text{mm} = 0.3 \, \text{mm}$,所以最终读数为

$22 \, \text{mm} + 0.3 \, \text{mm} = 22.3 \, \text{mm} = 2.23 \, \text{cm}$;题图乙中游标卡尺的主尺读数为 29 mm,游标尺读数为 $9 \times 0.1 \, \text{mm} = 0.9 \, \text{mm}$,所以最终读数为 $29 \, \text{mm} + 0.9 \, \text{mm} = 29.9 \, \text{mm} = 2.99 \, \text{cm}$.

3. 3.550 3.203 0.900

4. (1) 0.643 (2) ① < ② > (3) A (4) $\frac{\pi U d^2}{4 I L}$

解析:(1)螺旋测微器的示数为 $d = 0.5 \, \text{mm} + 14.3 \times 0.01 \, \text{mm} = 0.643 \, \text{mm}$.

(2)①题图甲为电流表外接法,电压的测量值为准确值,电流的测量值大于真实值,由欧姆定律 $R = \frac{U}{I}$ 可得 $R_{\text{甲}} < R_x$.②题图乙为电流表内接法,电流

的测量值为准确值,电压的测量值大于真实值,由欧姆定律 $R = \frac{U}{I}$ 可得 $R_{\text{乙}} > R_x$.

(3)由题意知为使合金丝两端电压调节范围尽量大,则滑动变阻器采用分压式接法,根据计算可得 $\frac{R_V}{R_x} > \frac{R_x}{R_A}$,为使测量结果尽量准确,电流表采用外接法,故 A 正确,B、C、D 错误.

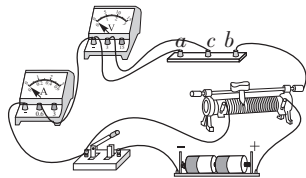
(4)由电阻定律得 $R = \rho \frac{L}{S} = \rho \frac{L}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2}$,由欧姆定

$$\text{律得 } R = \frac{U}{I}, \text{联立可得 } \rho = \frac{\pi U d^2}{4 I L}.$$

5. (1) D H G (2) 图见解析 (3) $\frac{\pi d^2 \Delta R}{4 \Delta L}$

解析:(1)在用螺旋测微器测电阻丝的直径时,先转动旋钮 D ,使测微螺杆 F 接近被测电阻丝,再转动微调旋钮 H 夹住被测物,直到听到“喀喀”声时停止,拨动锁紧装置 G 使 F 固定后读数.

(2)根据电路图,连接实物图,如图所示.



(3)根据 $R = \rho \frac{l}{S}$,得 $\Delta R = \rho \frac{\Delta L}{S}$,而 $S = \frac{\pi d^2}{4}$,代入得 $\rho = \frac{\pi d^2 \Delta R}{4 \Delta L}$.

6. (1) AB (2) 6.683 (6.682 ~ 6.684 均可)

(3) 2.4×10^3 (4) $a^2 - \frac{\rho L}{R}$

解析:(1)滑动变阻器采用分压式接法,即要“两下一上”连接,故接线柱 a 接 e ;测量电路采用电流表内接法,故接线柱 b 接 d .

(2)金属管截面外侧正方形的边长 $a = 6.5 \, \text{mm} +$

$$18.3 \times 0.01 \text{ mm} = 6.683 \text{ mm}.$$

(3) 根据欧姆定律可得 $R = \frac{U}{I}$, $I-U$ 图线斜率的倒数表示导体的电阻, 可得该金属管的阻值为 $R = \frac{2.4}{1.0 \times 10^{-3}} \Omega = 2.4 \times 10^3 \Omega$.

(4) 根据电阻定律 $R = \rho \frac{L}{S}$, 可得该金属管的有效面积为 $S = \rho \frac{L}{R}$, 故金属管内部空间横截面积为 $S_0 = a^2 - \frac{\rho L}{R}$.

专题卷(五) 电阻的测量

针对训练

1. (1) ed (2) ab ed

解析: (1) 因为滑动变阻器的最大阻值小于待测电阻阻值, 故采用分压式接法, 所以要去掉 ed 导线.

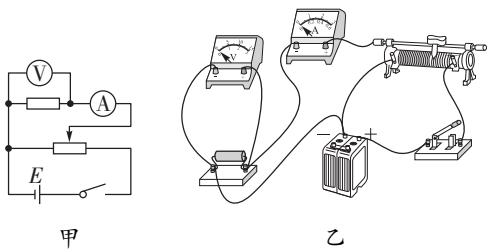
(2) 滑动变阻器 R_1 的最大阻值较大, 为了方便测量, 需要采用限流式接法, 故去掉图中 ab 和 ed 两根导线即可.

2. (1) A C E (2) 图见解析 (3) 图见解析

解析: (1) 流过待测电阻的最大电流 $I = \frac{U}{R} = \frac{3}{10} \text{ A} = 0.3 \text{ A}$, 故电流表选 A; 电阻额定电压为 3 V, 则电压表选 C; 为了尽可能提高测量准确度, 需要多次测量, 所以滑动变阻器选择分压式接法, 为了方便调节, 滑动变阻器选小阻值的 E.

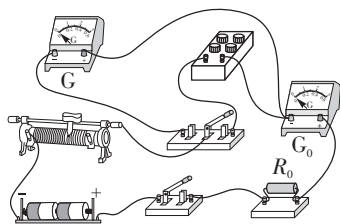
(2) 由于 $\frac{R_V}{R} > \frac{R}{R_A}$, 所以电流表采用外接法, 滑动变阻器采用分压式接法, 电路图如图甲所示.

(3) 根据电路图连接实物图如图乙所示.



3. (1) 见解析图 (2) 200

解析: (1) 对比电路图可将实物图连接完整, 如图所示.



(2) 本实验采用等效替代法, 两次电流表 G_0 示数相同, 故两次回路中的总电阻相同, 在其他元件不变的情况下, 电阻箱的示数等于灵敏电流计 G 的内阻, 故 $R_g = 200 \Omega$.

4. (1) B (2) A D B E (3) 300 略小于

(4) 串联 14.7

解析: (1) 调节电路电流时需要使电流表满偏, 即 $R = \frac{U}{I} = \frac{6}{2 \times 10^{-4}} \Omega = 30 \text{ k}\Omega$, 所以电阻器 R_2 要选用 B.

(2) 半偏法测电阻的实验步骤: 第一步, 按原理图连接好电路; 第二步, 闭合开关 S_2 , 调节滑动变阻器 R_2 , 使电流计指针满偏; 第三步, 闭合开关 S_1 , 改变电阻箱 R_1 的阻值, 当电流计指针半偏时记下电阻箱的阻值, 此时电阻箱的阻值等于电流计内阻, 故选 A、D、B、E.

(3) 不考虑误差的情况下, 电阻箱 R_1 并入电路后, 调节其阻值至电流计指针半偏, 此时, 电流相等, 又因为并联电路电压相等, 故电阻相等, 即被测电流计 G 的内阻 R_g 等于此时电阻箱电阻, 为 300Ω . 若考虑误差, 并联一个电阻之后, 电路电阻减小了, 总电流增大了, 电流计的电流为原来的一半, 则电阻箱 R_1 的电流略大于此时电流表的电流, 电阻箱 R_1 的阻值略小于电流计的内阻, 故测量值略小于实际值.

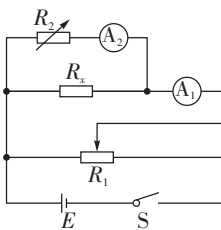
(4) 电流计改装成大量程的电压表应该串联一个电阻进行分压, 串联的电阻的阻值为 $R_0 = \frac{U_0}{I_g} - R_g = \frac{3 \text{ V}}{200 \mu\text{A}} - 300 \Omega = 14.7 \text{ k}\Omega$.

5. (1) A_2 9000 (2) 图见解析 (3) 8.0 150 191

解析: (1) 将电流表 A_2 与电阻箱串联改装成电压表; 改装后电压表的量程为 $0 \sim 3 \text{ V}$, 所以电阻箱阻值 $R_2 = \frac{U}{I_g} - R_{A2} = \frac{3}{300 \times 10^{-6}} \Omega - 1000 \Omega = 9000 \Omega$;

(2) 滑动变阻器最大阻值较小, 故应用分压式接法, 改装后电压表的内阻 $R_V = 9000 \Omega + 1000 \Omega = 10000 \Omega$, 电流表 A_1 应用外接法, 电路图如图所示.

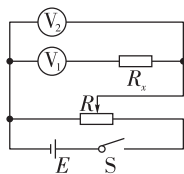
(3) 由图乙可知, 电流表 A_1 的示数是 8.0 mA , 电流表 A_2 的示数是 $150 \mu\text{A}$; 根据欧姆定律可得 $R_x = \frac{I_{A2} R_V}{I_{A1} - I_{A2}} = \frac{1.5}{8.0 \times 10^{-3} - 150 \times 10^{-6}} \Omega = 191 \Omega$.



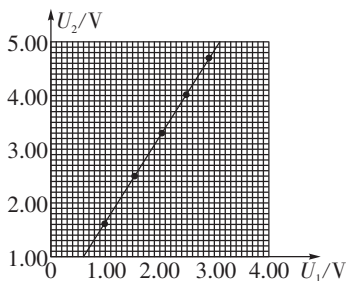
6. (1)图见解析 (2)图见解析 (3) 1.80×10^3

($1.75 \times 10^3 \sim 1.85 \times 10^3$ 均正确)

解析: (1) 由于各电压表的电阻值较大, 为了使待测电阻分得较大电压, 调节滑动变阻器时, 电表示数变化明显, 且能获得多组数据, 选择分压式接法, 如图所示.



(2) 根据表格数据, 在图像中描点, 用平滑曲线将各点连接, 绘制的 $U_2 - U_1$ 图像如图所示.



(3) 根据实验电路图, 有 $R_x = \frac{U_2 - U_1}{U_1}$, 变形得 $U_2 =$

$\frac{R_x + r_1}{r_1} U_1$; 根据 $U_2 - U_1$ 图像可得斜率 $k =$

$\frac{5.00 \text{ V} - 1.00 \text{ V}}{3.10 \text{ V} - 0.60 \text{ V}} = 1.60$, 则有 $1.60 = \frac{R_x + r_1}{r_1}$, 将

$r_1 = 3.0 \text{ k}\Omega$ 代入, 解得 $R_x = 1.80 \times 10^3 \Omega$.

小测试(十四) 实验:描绘 $I-U$ 特性曲线

预习自评

1. AC **解析:** 因为该图线是 $I-U$ 图线, 则图线的斜率的倒数表示电阻, 所以电阻之比为 $R_1 : R_2 = 1 : 3$, 故 A 正确, B 错误; 若通过 R_1 与 R_2 的电流相等, 电压之比等于电阻之比, 则它们两端的电压之比 $U_1 : U_2 = 1 : 3$, C 正确; 若 R_1 与 R_2 两端的电压相等, 电流之比等于电阻的反比, 则通过它们的电流之比 $I_1 : I_2 = 3 : 1$, D 错误.

针对训练

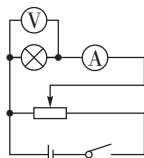
1. D **解析:** 图甲中伏安特性曲线为直线, 图线的斜率为 $k = \frac{1}{R}$, 故 A、B 的阻值不变, 且 $R_A > R_B$, 故 A、B 错误; 图乙中, 伏安特性曲线为曲线, 故为非线性元件. 当所加正向电压大于 0.75 V 时, 随电压增大, 电流迅速增大, 元件的阻值减小, 故 C 错误, D 正确.

2. A **解析:** 由题图可知, 通过电阻的电流与两端电压成正比, 故 A 正确; 由题图可知电阻 $R = \frac{U}{I} = \frac{10}{5} \Omega = 2.0 \Omega$, 故 B、C 错误; 在 R 两端加上 6.0 V 的电压时, 每秒通过电阻横截面的电荷量是 $q = It = \frac{U}{R}t = \frac{6}{2} \times 1 \text{ C} = 3.0 \text{ C}$, 故 D 错误.

3. (1)A D E (2)见解析图 (3)<

解析: (1) 灯泡的额定电压为 4 V , 则实验中所用电压表应选 A, 额定电流为 0.5 A , 则电流表应选用 D, 描绘这个灯泡的 $I-U$ 图线, 要求灯泡两端电压调节范围尽可能大, 滑动变阻器要接成分压电路, 则应选用阻值较小的 E.

(2) 因电压表内阻远大于小灯泡的内阻, 则选用电流表外接; 滑动变阻器用分压电路, 实验电路图如图所示:



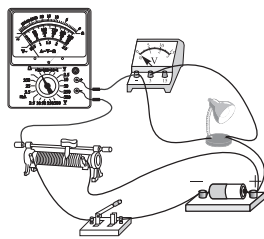
(3) 由于电压表分流, 导致小灯泡上实际电流小于电流表读数, 所以测量值偏小.

4. (1)分压式 (2)见解析图 (3)滑动变阻器调节不合适, 导致流过灯的电流过大, 灯被烧坏

(4) $9.6 \times 10^{-3} \text{ W}$

解析: (1) 题中要求电压从零开始, 所以滑动变阻器应该按分压式接法接在电路中.

(2) 电路图如图所示.



(3) 闭合开关, 看到灯闪亮一下立即熄灭, 造成这一现象的原因可能是滑动变阻器调节不合适, 导致流过灯的电流过大, 灯被烧坏.

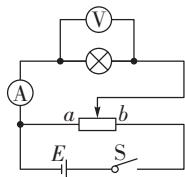
(4) 由题图乙可知, 当灯两端电压为 0.80 V 时, 通过灯的电流为 12 mA , 则灯的功率为 $P = UI = 0.8 \times 12 \times 10^{-3} \text{ W} = 9.6 \times 10^{-3} \text{ W}$.

5. (1)B (2)见解析图 (3)5.0(或 5) (4)b

解析: (1) 小灯泡的额定电流为 $I = \frac{P}{U} = \frac{0.5}{2.5} \text{ A} = 200 \text{ mA}$, 故电流表应选 B.

(2) 因为小灯泡的电阻远小于电压表的内阻, 所以

采用电流表外接法;又因为描绘小灯泡的伏安特性曲线,小灯泡的电流和电压必须从零开始调整,所以必须采用分压电路,实验电路如图所示。



(3)由题图乙得,当电压为 0.5 V 时,小灯泡的电流为 0.1 A,故小灯泡的灯丝电阻为 $R = \frac{U'}{I} = 5.0 \Omega$ 。

(4)由题图乙可知,随着小灯泡两端电压的增大,灯泡的电阻 R 增大,小灯泡的功率为 $P = \frac{U^2}{R}$,可知 R 增大, $P-U^2$ 图像的斜率减小,b 正确,a、c 错误。

6. (1) 10 (2) a (3) 0.8 (4) 2700.0 (5) 增大 (6) 0.074 10

解析:(1)由于小灯泡的额定电压为 2.5 V, R_0 分得的电压约为 3.5 V,由欧姆定律得 $R = \frac{U}{I} = \frac{3.5}{0.3} \Omega \approx 12 \Omega$,若 $R > 12 \Omega$,则小灯泡无法达到额定电压,故选 10Ω 的定值电阻。

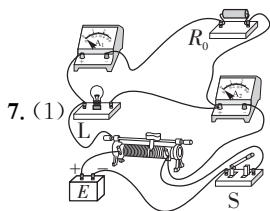
(2)由题图甲知,滑动变阻器采用分压式接法,则闭合开关前,滑动变阻器的滑片应置于 a 端。

(3)由题图乙可得,当电流为 10 mA 时,电压表的读数 $U = 8.0$ mV,电压表内阻较大,流过电压表的电流可忽略不计,由欧姆定律得小灯泡的电阻 $R = \frac{U}{I} = \frac{8.0}{10} \Omega = 0.8 \Omega$ 。

(4)根据电表改装原理,有 $\frac{U_V}{R_V} (R_V + R_2) = U$,代入数据解得 $R_2 = 2700.0 \Omega$ 。

(5)根据题表中数据结合题图乙中 $U-I$ 曲线的斜率可得,随流过小灯泡电流的增大,灯丝的电阻增大。

(6)由于改装后的电压表的量程是原电压表量程的 10 倍,由 $P = UI$ 结合题表中数据可知 $P_1 = 0.046 \times 10 \times 0.16 \text{ W} = 0.074 \text{ W}$, $P_2 = 0.25 \times 10 \times 0.3 \text{ W} = 0.75 \text{ W}$,故 $\frac{P_2}{P_1} = 10$ 。



7. (1)

(2) $I_1(R_{g1} + R_0)$ $I_2 - I_1$ 180 (3) 11.6 (4) 8.0

解析:(2)根据串、并联知识可得小灯泡两端的电压 $U = I_1(R_{g1} + R_0)$,流过小灯泡的电流 $I = I_2 - I_1$,小灯泡的额定电压 $U_{\text{额}} = 3.6 \text{ V}$,由 $U_{\text{额}} = I_1(R_{g1} + R_0)$ 可得 $I_1 = 180 \text{ mA}$,即为了保证小灯泡的安全, I_1 不能超过 180 mA。

(3)灯丝的电阻 $R = \frac{U}{I} = \frac{I_1(R_{g1} + R_0)}{I_2 - I_1}$. 当 $I_1 = 173 \text{ mA}$ 时, $I_2 = 470 \text{ mA}$,解得 $R \approx 11.6 \Omega$ 。

(4)小灯泡的额定电压 $U_{\text{额}} = 3.6 \text{ V}$,由 $I_{g1}(R_{g1} + R) \geq U_{\text{额}}$ 可得 $R \geq 8.0 \Omega$ 。

小测试(十五) 电源的电动势和内阻 闭合电路欧姆定律

预习自评

1. (1) $\checkmark$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\checkmark$

2. 1

针对训练

1. D **解析:**电源电动势反映电源将其他形式的能量转化为电能的本领大小,电源正、负极之间的电势差为电源的路端电压,只有当电源处于断路状态时,电源的电动势才等于路端电压,A 错误;电压表是有内阻的,跟电源连接后构成一个通路,测量的是电压表内阻的电压,所以电压表测得的电源两极间电压值总略小于电动势,B 错误;电动势反映电源的特性,其大小总等于内、外电路上的电压之和,与外电路的结构无关,C 错误;根据电动势的定义式 $E = \frac{W_{\text{非}}}{q}$,可知电源电动势等于非静电力把 1 库仑正电荷从电源的负极,经过电源内部移到电源正极所做的功,D 正确。

2. ABD **解析:**根据电动势的定义和表达式 $E = \frac{W_{\text{非}}}{q}$,非静电力移动 1 C 电荷所做的功为 $W_{\text{非}} = qE = 1 \times 2 \text{ J} = 2 \text{ J}$,由功能关系可知有 2 J 的化学能转化为电势能,A 正确,C 错误;没有接入电路时电源两极间的电势差(电压) $U = E = 2 \text{ V}$,B 正确;电动势是描述电源把其他形式的能转化为电势能本领大小的物理量, $E_{\text{蓄电池}} = 2 \text{ V} > E_{\text{干电池}} = 1.5 \text{ V}$,故 D 正确,A、C、D 错误。

3. B **解析:**由电池外电路断开时的路端电压为 3 V,知电池的电动势 $E = 3 \text{ V}$,当电源接上 8Ω 的负载电阻后路端电压降为 2.4 V,电路中电流为 $I = \frac{U}{R} = \frac{2.4}{8} \text{ A} = 0.3 \text{ A}$,电源的内阻 $r = \frac{E - U}{I} = 2 \Omega$,故 B 正确,A、C、D 错误。

4. A **解析:**流过电源的电流与流过 R_1 的电流相同,

根据欧姆定律得 $I = \frac{U}{R_1} = \frac{1}{4} \text{ A} = 0.25 \text{ A}$, 根据闭合电路欧姆定律 $I = \frac{E}{R_1 + R_2 + r}$, 代入数据可得电源内阻 $r = 2 \Omega$, 故 A 正确, B、C、D 错误.

5. D 解析: 当开关 S_1 断开、开关 S_2 闭合时, 电压表的示数等于电源的电动势, 即 $E = 3 \text{ V}$. 当开关 S_1 、 S_2 均闭合时, $U_{\text{外}} = 1.8 \text{ V}$, 所以 $U_{\text{内}} = E - U_{\text{外}} = 1.2 \text{ V}$, 因 $U_{\text{外}} = IR$, $U_{\text{内}} = Ir$, 所以 $R : r = U_{\text{外}} : U_{\text{内}} = 1.8 \text{ V} : 1.2 \text{ V} = 3 : 2$, 故 D 正确, A、B、C 错误.

6. BD 解析: 当 a 、 b 两点间接理想电流表时, R_1 被短路, 根据闭合电路的欧姆定律有 $\frac{E}{r + R_2} = 0.5 \text{ A}$, 当 a 、 b 两点间接理想电压表时, 电压表读数即 R_1 两端电压, 可得 $\frac{E}{r + R_1 + R_2} R_1 = 2.5 \text{ V}$, 联立两式解得 $E = 5 \text{ V}$, $r = 2 \Omega$, 故 B、D 正确, A、C 错误.

7. ACD 解析: 由图可知纵轴截距为电源的电动势, 即 $E = 6.0 \text{ V}$, 图线斜率的绝对值表示电源内阻, 即 $r = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \frac{6.0 - 5.0}{0.5} \Omega = 2 \Omega$, 故 A 正确, B 错误; 电源的短路电流为 $I_0 = \frac{E}{r} = 3 \text{ A}$, C 正确; 电流 $I = 0.4 \text{ A}$ 时, 外电阻 $R = \frac{E}{I} - r = 13 \Omega$, D 正确.

8. C 解析: 两图线的交点坐标为 (I_0, U_0) , 表示该状态路端电压与干路电流均相等, 说明外电阻相等, 图线斜率的绝对值表示电源内阻, 电源甲的内阻大于电源乙的内阻, 当电流都为 I_0 时, 电源甲的内电压较大, A、B、D 错误; 图线与 U 轴交点的纵坐标表示电动势的大小, 由图可知, 电源甲的电动势大于电源乙的电动势, C 正确.

9. B 解析: A、C、D 所述情况, 电路中都没有电流, 电压表指针不偏转, 故 A、C、D 错误; 若从点 a 经过灯 L_1 到点 b 的电路中有断路, 电压表与电流表、灯 L_2 串联, 电路中电阻很大, 电流很小, 电流表示数几乎为零, 电压表示数近似等于电源电动势, B 正确.

10. (1) 15Ω (2) 12 V 1Ω

解析: (1) S 闭合时, R_2 两端电压 $U_2 = I_2 R_2 = 6 \text{ V}$, 所以 R_1 两端电压为 $U_1 = U - U_2 = 5.4 \text{ V}$. 流过 R_1 的电流 $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = 0.6 \text{ A}$, 流过 R_3 的电流 $I_3 = I_1 - I_2 = 0.6 \text{ A} - 0.2 \text{ A} = 0.4 \text{ A}$, 所以 $R_3 = \frac{U_2}{I_3} = 15 \Omega$.

(2) 由闭合电路欧姆定律, 当 S 闭合时 $E = U + I_1 r$, 当 S 断开时 $E = I(R_1 + R_2 + r)$, 联立解得 $E = 12 \text{ V}$, $r = 1 \Omega$.

11. (1) 12 V 4Ω (2) 5Ω (3) 16Ω

解析: (1) 由电源的 $U-I$ 图像可知电源电动势为 12 V , 图线斜率的绝对值即电源内阻 r , 得 $r = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \frac{12 - 4}{2} \Omega = 4 \Omega$.

(2) 设 R_1 、 R_3 并联后的总电阻为 R , 则 $R = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}$, 当滑动变阻器接入电路的阻值为零时, 根据闭合电路的欧姆定律得 $\frac{E}{r + R} = I_B$, 联立并代入数据解得 $R = 4 \Omega$, $R_3 = 5 \Omega$.

(3) 当电路中电流最小时, R_2 接入电路中的阻值最大, 根据闭合电路的欧姆定律得 $I_A = \frac{E}{R + r + R_2}$, 代入数据解得 R_2 的最大阻值为 16Ω .

专题卷(六) 闭合电路的动态分析 含容电路

针对训练

1. B 解析: 将 S 断开, 则电路的总电阻变大, 总电流变小, 由 $U = E - Ir$ 知, 路端电压变大, 故电压表的示数变大; R_1 两端的电压 IR_1 变小, 则 R_3 两端的电压变大, 流过 R_3 的电流变大, 电流表的示数变大. 故 B 正确, A、C、D 错误.

2. BD 解析: 电容器两板间电压等于 R_2 两端电压. 当滑片 P 向左移动时, 滑动变阻器接入电路的电阻增大, 电路中总电阻增大, 总电流减小, 则 R_2 两端电压 U 减小, 由 $E = \frac{U}{d}$ 知电容器中场强减小, 则带电液滴所受电场力变小, 使液滴向下运动, A 错误, D 正确; 根据 $Q = CU$ 可知, 电容器放电, 电荷量减少, B 正确; 电容器的电容与 U 的变化无关, 保持不变, C 错误.

3. B 解析: 电路的连接情况是 R_2 与 R_3 并联后与 R_1 串联, 电流表测通过 R_2 的电流, 电压表测路端电压. 当滑片 P 向下滑动时, 滑动变阻器接入电路中的阻值增大, 电路中总阻值增大, 根据闭合电路欧姆定律可知, 总电流 I 减小, 由 $U = E - Ir$ 知路端电压 U 变大, 即电压表的示数变大; R_2 两端的电压 $U_2 = U - IR_1$, 故 U_2 变大, 电流表示数变大, A 错误, B 正确; 电阻 R_1 的电功率 $P_1 = I^2 R_1$, I 减小, P_1 减小, C 错误; 当外电阻和电源内阻相等时, 电源的输出功率最大, 当滑动变阻器的滑片向下移动时, 不能确定外电阻和内阻的关系, 电源的输出功率不一定增大, D 错误.

4. B 解析: 若将照射 R_3 的光的强度减弱, 光敏电阻

的阻值增大,根据串反并同规律,电压表示数减小, R_2 的电流增大,总电流减小,电源内电压变小,根据串反并同规律,灯泡的电流变小,灯泡消耗的功率变小,故 B 正确,A、C、D 错误.

5. B 解析:理想电压表 V_1 、 V_2 、 V_3 分别测定值电阻两端的电压、路端电压、滑动变阻器两端的电压,理想电流表 A 测的是干路中的电流. 滑动变阻器滑片向下滑动,其接入电路的电阻变小,根据闭合电路欧姆定律可知,干路中的电流增大,A 示数增大,内电压增大,路端电压减小,即 V_2 示数减小,A 正确,B 错误;因为 $\frac{\Delta U_1}{\Delta I} = R$, $\frac{\Delta U_2}{\Delta I} = r$, $\frac{\Delta U_3}{\Delta I} = r + R$,C 正确; $\Delta U_2 = \Delta I \cdot r$, $\Delta U_1 = \Delta I \cdot R$,又因为 $R > r$,故 $\Delta U_1 > \Delta U_2$,D 正确.

6. A 解析:根据闭合电路欧姆定律有 $E = Ir + IR$,则电源内阻消耗的功率为 $P = I^2 r = \left(\frac{E}{R+r}\right)^2 r = \frac{E^2}{\frac{(R-r)^2}{r} + 4R}$,则当 $r = R$ 时, P 最大,则知电源 A

的内阻消耗的功率最大,A 正确,B 错误;电源的输出功率 $P_{\text{出}} = I^2 R$,由于 C 电源的内阻最小,电路中电流最大,电源的输出功率最大,故 C、D 错误.

7. BD 解析:当外电阻等于电源内阻时,电源的输出功率最大,由于 $R > r$,所以 $R_0 = 0$ 时,电源的输出功率最大,外电阻与电源内阻相差越大,电源的输出功率越小,当 $R_0 = 5 \Omega$ 时,电源的输出功率最小,A 错误,D 正确;将 R 等效到电源内部, R_0 消耗的功率等于等效电源的输出功率,当 $R_0 = R + r = 4 \Omega$ 时,等效电源的输出功率最大,即 R_0 消耗的功率最大,B 正确;电源的效率 $\eta = \frac{UI}{EI} = \frac{U}{E}$,当 $R_0 = 5 \Omega$ 时,外电阻最大,路端电压最大,电源的效率最高,C 错误.

8. AD 解析:电源内部的发热功率 $P_r = I^2 r$, $P_r - I$ 图线是抛物线,且开口向上,则反映 P_r 变化的图线是 c,A 正确;电源的总功率 $P_E = EI$,则图线 a 表示 $P_E - I$ 关系,斜率等于电源电动势 E ,则有 $E = \frac{8}{2} \text{ V} = 4 \text{ V}$,B 错误;图中 $I = 2 \text{ A}$ 时, P_r 与 P_E 相等,有 $8 \text{ W} = (2 \text{ A})^2 r$,解得 $r = 2 \Omega$,C 错误;当电流为 0.5 A 时,根据闭合电路欧姆定律得 $I = \frac{E}{R+r}$,解得 $R = 6 \Omega$,D 正确.

9. D 解析:S 断开时,电容器相当于断路, R_3 中无电流,电容器两端电压即为 R_2 两端电压,电路相当于

R_1 和 R_2 串联,故有 $U_1 = \frac{E}{R_1 + R_2 + r} R_2 = 3 \text{ V}$,A 错误;S 断开时电容器 a 极板接电源正极,带正电,B 错误;S 合上电路稳定后, R_1 和 R_2 串联后再与 R_3 并联,电容器两端电压即为 R_1 两端电压,由电路分析,外电路的电阻为 $R_{\text{外}} = \frac{(R_1 + R_2)R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = 3 \Omega$,电容器电压为 $U_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \frac{E}{r + R_{\text{外}}} \cdot R_{\text{外}} = 1.8 \text{ V}$,电容器的带电荷量 $Q' = CU_2 = 3.6 \times 10^{-6} \text{ C}$ 且 a 极板带负电,b 极板带正电,据此通过电流表的电荷量 $\Delta Q = Q + Q' = CU_1 + CU_2 = 9.6 \times 10^{-6} \text{ C}$,C 错误,D 正确.

10. BC 解析:电容器在恒定电路中是断路,开关断开, C_1 、 C_2 并联在电源的两端,故电势差等于电源电动势,又因为 C_1 电容大,根据电容的定义式可知, C_1 带的电荷量比 C_2 带的电荷量多,b 点电势比 a 点高,故 A 错误,C 正确;开关闭合后,电路是 R_1 、 R_2 与电源组成的串联电路,可得流过 a、b 间电流为 $I = \frac{E}{R_1 + R_2} = 2 \text{ A}$,B 正确;电容器 C_1 两端电压为 $U_1 = IR_1 = 6 \text{ V}$, $Q_1 = C_1 U_1 = 3.6 \times 10^{-5} \text{ C}$,电容器 C_2 两端电压为 $U_2 = IR_2 = 12 \text{ V}$, $Q_2 = C_2 U_2 = 3.6 \times 10^{-5} \text{ C}$, $Q_1 = Q_2$,即 C_1 带的电荷量等于 C_2 带的电荷量,D 错误.

11. (1) 1 A 6 V (2) $1.2 \times 10^{-4} \text{ C}$

解析:(1)K 闭合,电路稳定后, R_1 、 R_2 串联,流过 R_1 的电流为 $I = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{10}{4 + 6} \text{ A} = 1 \text{ A}$. 此时电容器与 R_2 并联,两极板间的电势差 $U = IR_2 = 1 \times 6 \text{ V} = 6 \text{ V}$,且上极板带正电.

(2)断开 K 后,由于 $E = 10 \text{ V}$,电容器充电,至两极板间的电压 $U' = E = 10 \text{ V}$,仍是上极板带正电,所以通过 R_1 的电荷量为 $\Delta Q = C(U' - U) = 30 \times 10^{-6} \times 4 \text{ C} = 1.2 \times 10^{-4} \text{ C}$.

12. (1) 9 V 10 Ω (2) 8 Ω 108 Ω (3) 2.025 W

解析:(1)由闭合电路欧姆定律可知 $U_a = E - I_a r$, $U_b = E - I_b r$,联立解得 $E = 9 \text{ V}$, $r = 10 \Omega$.

(2)当滑动变阻器滑片滑到最右端时,满足 $R_3 = \frac{U_b}{I_b} = 8 \Omega$. 当滑动变阻器滑片滑到最左端时,满足

$U_a = I_a R_3 + U_{\text{并}}, \frac{U_{\text{并}}}{R_{1\text{max}}} + \frac{U_{\text{并}}}{R_2} = I_a$,联立解得 $R_{1\text{max}} = 108 \Omega$.

(3)外电阻的范围为 $80 \Omega \geq R_{\text{外}} \geq 8 \Omega$,而内阻 $r = 10 \Omega$,当 $R_{\text{外}} = r = 10 \Omega$ 时,电源的输出功率最大,

$$P_{\text{出max}} = \frac{E^2}{4r} = 2.025 \text{ W}.$$

小测试(十六) 实验:测量电池的电动势和内阻

预习自评

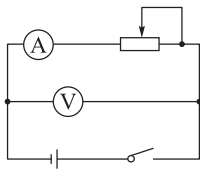
1. ACD 解析:根据 $U = E - Ir$ 可知,旧的干电池内阻比新的干电池内阻大,电压变化明显,有利于减小测 E 、 r 的误差,A 正确;电源内阻很小,为了减小电表对电路的影响,电流表相对于电源外接,误差主要来源于电压表的分流,因此电压表选内阻大的,以减小误差,B 错误;为保护电表,不能使滑动变阻器短路造成电流表过载,C 正确;为了减小误差,应使尽可能多的点在一条直线上,不在直线上的点均匀分布在直线的两侧,D 正确.

针对训练

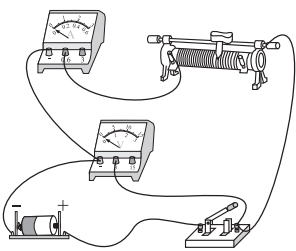
1. (1) $0 \sim 3 \text{ V}$ $0 \sim 0.6 \text{ A}$ R_1 (2) 见解析图甲 见解析图乙 (3) 1.5 2.5

解析:(1)由题图丙可知,电流小于 0.6 A ,故电流表应选用的量程为 $0 \sim 0.6 \text{ A}$;而电池的电动势约为 1.5 V ,故电压表应选用的量程为 $0 \sim 3 \text{ V}$;为了调节方便并能减小误差,滑动变阻器应选用 R_1 .

(2)电路图如图甲所示,实物图如图乙所示.



甲



乙

(3) $U-I$ 图像的纵轴截距表示电池的电动势,故该电池的电动势 $E = 1.5 \text{ V}$;斜率的绝对值表示电源的内阻,故 $r = \frac{1.5 - 1.0}{0.2} \Omega = 2.5 \Omega$.

2. (1) a (2) E C (3) 1.5 0.75

解析:(1)滑动变阻器采用限流式接法,在闭合开关之前,为保护电路,滑片 P 应移至 a 处.

(2)一节干电池的电动势约为 1.5 V ,因此电压表选

C 比较合适,当 $I = 0.6 \text{ A}$ 时,电路中的总电阻约为 $\frac{1.5 \text{ V}}{0.6 \text{ A}} = 2.5 \Omega$,滑动变阻器的阻值范围为 $0 \sim 50 \Omega$,

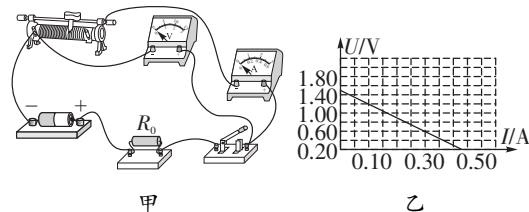
考虑到电表读数误差,电流表选择 E 比较合适.

(3)由图乙可知,电池电动势为 1.5 V ,内阻 $r = \frac{1.5 - 1.2}{0.4} \Omega = 0.75 \Omega$.

3. (1) 见解析图甲 (2) 见解析图乙 1.5 V 0.5Ω

(3) 电压表内阻的分流 (4) $<$ $<$

解析:(1)对照电路图连线即可,要注意电表的正负极,实物图连线如图甲所示.

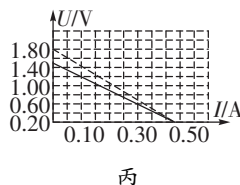


(2) $U-I$ 图线是一条倾斜的直线,描点作图如图乙所示.纵轴截距为 1.5 V ,所以电动势 $E = 1.5 \text{ V}$,图线斜率的绝对值 $|k| = \frac{1.5 - 0.2}{0.43} \approx 3.0$,则内阻 $r =$

$(3.0 - 2.5) \Omega = 0.5 \Omega$.

(3) 电流表所测的电流小于通过电池的电流,因为电压表内阻有分流作用.

(4) 保护电阻等效到电池的內部,电压表测的电压为外电压,电流表所测的电流偏小,作出 $U-I$ 图线的测量图线和实际图线,如图丙所示,虚线表示实际图线,从图线可以看出,电动势和内阻的测量值均小于真实值.

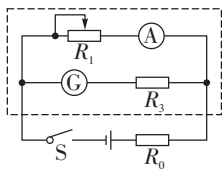


丙

4. (1) C F (2) 见解析图 (3) 3.0 2.0

解析:(1)电源为两节干电池,电动势约为 3 V ,比较小,电源的内阻也较小,为多测几组实验数据,滑动变阻器应选用分压式接法,应选最大阻值较小的滑动变阻器,因此滑动变阻器应选 C;上述器材中没有直接给电压表,但给了两个电流表,将电流表 G 与定值电阻串联改装成电压表,改装后电压量程应不小于 3 V ,根据串联电路规律可知,应串联的电阻为 $R = \frac{3}{3 \times 10^{-3}} \Omega - 10 \Omega = 990 \Omega$,故选 F.

(2)用改装后的电压表测量电压值,用电流表 A 与滑动变阻器串联测电路电流,电路图如图所示.



(3) 根据闭合电路的欧姆定律可得 $E = I_2(R_3 + R_G) + (I_1 + I_2)(R_0 + r)$, 整理得 $I_2 = \frac{R_0 + r}{R_3 + R_G + R_0 + r} I_1 + \frac{E}{R_3 + R_G + R_0 + r}$, 设图像与纵轴的交点为 b , 图像的斜率为 k , 可得 $b = \frac{E}{R_3 + R_G + R_0 + r}$, $|k| = \frac{R_0 + r}{R_3 + R_G + R_0 + r}$, 联立上式, 代入数据解得 $E \approx 3.0 \text{ V}$, $r \approx 2.0 \Omega$.

5. (1) I (2) $\frac{1}{a}$ $\frac{k_1}{a}$ $\frac{k_2 - k_1}{a}$

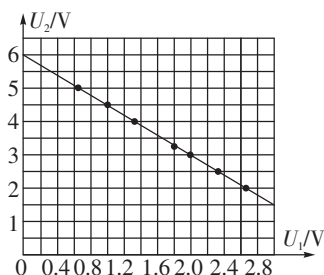
解析: (1) 断开开关 S_2 、闭合开关 S_1 时, 有 $E = U + \frac{U}{R} \cdot (r + R_x)$, 化简得 $\frac{1}{U} = \frac{1}{E} + \frac{r + R_x}{E} \cdot \frac{1}{R}$; 同理, S_1 、 S_2 都闭合时, 有 $\frac{1}{U} = \frac{1}{E} + \frac{r}{E} \cdot \frac{1}{R}$, 可见 S_1 、 S_2 都闭合时的 $\frac{1}{U} - \frac{1}{R}$ 图线的斜率小, 因此图线是 I.

(2) 根据 $\frac{1}{U} - \frac{1}{R}$ 图像可得 $\frac{1}{E} = a$, $\frac{r}{E} = k_1$, $\frac{r + R_x}{E} = k_2$, 解得电源的电动势 $E = \frac{1}{a}$, 内阻 $r = \frac{k_1}{a}$, 定值电阻的阻值 $R_x = \frac{k_2 - k_1}{a}$.

6. (1) b 、 c (2) 见解析 (3) 6.0 10

解析: (1) 连接电表的导线都是正常的, 若 a 、 b 间发生断路, 两电压表示数均为零; 若 c 、 d 间发生断路, V_2 示数不为零, V_1 示数为零; 若 b 、 c 间发生断路, V_1 示数不为零, V_2 示数为零.

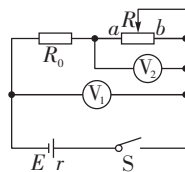
(2) 如图所示.



(3) 根据电路图, 由闭合电路的欧姆定律可知 $E = U_1 + U_2 + \frac{U_1}{R_1} r$, 整理可得 $U_2 = E - \frac{r + R_1}{R_1} U_1$, 可知图线的纵轴截距表示电动势, 则有 $E = 6.0 \text{ V}$, 图线斜率的绝对值 $|k| = \frac{r + R_1}{R_1} = \frac{6.0 - 1.5}{3.0} = 1.5$, 解得 $r = 10 \Omega$.

7. (1) 图见解析 (2) 2 (3) 2.9 1.0

解析: (1) 如图所示



(2) 由电路图可知, 定值电阻阻值 $R_0 = \frac{U_0}{I_0} = \frac{U_1 - U_2}{\frac{U_2}{R_m}} = \frac{1.2U_2 - U_2}{\frac{U_2}{10 \Omega}} = 2 \Omega$.

(3) 根据闭合电路欧姆定律有 $E = U_1 + \frac{U_1 - U_2}{R_0} \times r$, 整理得 $U_2 = \left(1 + \frac{R_0}{r}\right) \times U_1 - \frac{R_0}{r} \times E$, 结合题意, 图像斜率为 3, 有 $1 + \frac{R_0}{r} = 3$, 解得 $r = 1.0 \Omega$; 横轴截距为 1.9 V, 则有 $3 \times 1.9 \text{ V} = \frac{R_0}{r} E$, 解得 $E \approx 2.9 \text{ V}$.

8. (1) D F (3) 6.1 4.0

解析: (1) 定值电阻 E 的阻值过大, 若选择 E, 则回路中电流不超过 $I_{\max} = \frac{E}{R_{01} + r} \approx 0.11 \text{ A}$. 此时无论选择哪个电流表, 都不能使其指针偏转达到量程的三分之一, 从而造成读数误差较大, 所以定值电阻应选 F. 在这种情况下, 回路中电流不超过 $I'_{\max} = \frac{E}{R_{02} + r} \approx 0.67 \text{ A}$, 所以电流表应选择 D.

(3) 根据闭合电路欧姆定律得 $E = I(r + R_{02} + R_{A2} + R)$, 整理可得 $\frac{1}{I} = \frac{1}{E} R + \frac{r + R_{02} + R_{A2}}{E}$. 故以 $\frac{1}{I}$ 为纵坐标, 以 R 为横坐标, 得到题图乙所示图线的斜率为 $k = \frac{1}{E} = \frac{1.98 - 1.65}{2} \text{ V}^{-1} = 0.165 \text{ V}^{-1}$, 图线截距为 $b = \frac{r + R_{02} + R_{A2}}{E} = 1.65 \text{ A}^{-1}$, 解得 $E \approx 6.1 \text{ V}$, $r = 4.0 \Omega$.

小测试(十七) 焦耳定律 电路中的能量转化 家庭电路

预习自评

1. (1) $\times$ (2) $\checkmark$ (3) $\checkmark$ (4) $\checkmark$

2. $\frac{Q}{2}$ 解析: 根据 $Q = I^2 R t$ 得, 电阻变为原来的 2 倍, 电流变为原来的 $\frac{1}{2}$, 时间不变, $Q' = \left(\frac{I}{2}\right)^2 \cdot 2R \cdot t = \frac{1}{2} I^2 R t = \frac{Q}{2}$.

针对训练

- C 解析:**用电器在额定电压下的电功率叫额定功率,额定功率是由用电器本身决定的,与实际电压、电流都无关,A 错误;用电器的实际功率取决于用电器的实际电压和实际电流,B 错误;白炽灯正常工作时,实际功率等于额定功率,C 正确;电流做功的多少与用电器的电功率、工作的时间都有关,用电器的电功率小做的功不一定少,还要看时间,故 D 错误.
- A 解析:**家用电路采用的是电压为 220 V 的交流电,A 正确;使用三孔插座,是为了防止因漏电而发生触电事故,B 错误;在家庭电路中,并联的用电器越多,总电阻越小,家庭电路的电压不变,则电路中的总电流变大,C 错误;保险丝不断电则无法起到保护电路的作用,D 错误.
- AB 解析:**小红家最大可用电功率为 2200 W,而所有的电器都打开时总耗电功率为 2720 W,所以不能同时使用.热水器和空调合在一起恰好等于限电功率,打开任意一个小功率电器,只要不跟空调、热水器共同使用即可,故 A、B 正确,C、D 错误.
- D 解析:**滑动变阻器的触头 P 位于 a 、 b 连线的中点时,有 $R_{aP} = 10 \Omega$, $R_{bP} = 10 \Omega$. 电阻 R 与 R_{bP} 并联,并联部分电阻为 $R_1 = \frac{R_{bP} \cdot R}{R_{bP} + R} = 5 \Omega$. 并联后 R 两端的电压为 $U_1 = \frac{U \cdot R_1}{R_{aP} + R_1} = \frac{10 \times 5}{10 + 5} \text{ V} = \frac{10}{3} \text{ V}$, 故电阻 R 消耗的功率为 $P = \frac{U_1^2}{R} = \frac{10}{9} \text{ W}$, 故 D 正确,A、B、C 错误.
- BD 解析:**由 $P = \frac{U^2}{R}$ 得,当 S 接通时,总电阻变小,功率变大,处于加热状态. 当 S 断开时,总电阻变大,功率变小,处于保温状态,则 R_2 是供加热用的电阻丝,当开关 S 接通时电饭煲为加热状态,S 断开时为保温状态,A 错误,B 正确;使 R_2 在保温状态时的功率为加热状态时的一半,由 $P = I^2 R$ 可得,电阻 R_2 在保温与加热状态下的电流之比为 $1 : \sqrt{2}$, 所以 $(R_1 + R_2) : R_2 = \sqrt{2} : 1$, 则 $R_1 : R_2 = (\sqrt{2} - 1) : 1$, C 错误,D 正确.
- BD 解析:**当开关断开时,由欧姆定律得 $U = I_1 R_1 = 10 \text{ V}$, 当开关闭合后,电动机转动起来,电路两端的电压 10 V 不变,通过 R_1 的电流不变,电动机中电流一定小于 $\frac{U}{R_2} = 1 \text{ A}$, 则电流表示数 $I < 1.5 \text{ A}$, 故 A 错误,B 正确;电路消耗的电功率为 $P = UI < 15 \text{ W}$, 故 C 错误,D 正确.
- AC 解析:**当 S_1 断开、 S_2 闭合时,电动机正常工作,电热丝处于断路状态,则电吹风吹冷风,A 正确;根据题目条件可知,电热丝的功率为 $P = P_2 - P_1 = 1000 \text{ W} - 120 \text{ W} = 880 \text{ W}$. 因此电热丝的电阻为 $R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{880} \Omega = 55 \Omega$, B 错误;依题意,知无论吹冷风还是吹热风,电动机 M 的电功率均为 120 W,根据电功率的计算公式 $P = UI$ 得,流过电动机的电流为 $I = \frac{P_1}{U} = \frac{120}{220} \text{ A} = \frac{6}{11} \text{ A}$, C 正确;电吹风吹热风 5 分钟后,消耗的电能为 $W = P_2 t = 1000 \text{ W} \times \frac{1}{12} \text{ h} = \frac{1}{12} \text{ kW} \cdot \text{h}$, D 错误.
- A 解析:** $R_1 = 5 \Omega$, 额定功率 $P_1 = 5 \text{ W}$, 则 R_1 的额定电流为 $I_1 = \sqrt{\frac{P_1}{R_1}} = 1 \text{ A}$, 同理可得 R_2 、 R_3 的额定电流分别为 $I_2 = 2 \text{ A}$, $I_3 = 3.5 \text{ A}$; 又根据并联电路规律可知两支路电流比为 $\frac{I_1}{I_3} = \frac{R_3}{R_1 + R_2} = \frac{2}{5}$, 所以为了保证电路安全,只能是允许通过 R_1 的电流达到最大值,即 $I_1 = 1 \text{ A}$, $P_1 = 5 \text{ W}$, R_2 的实际功率为 $P'_2 = I_1^2 R_2 = 5 \text{ W}$; 并联电路电压为 $U = I_1 (R_1 + R_2) = 10 \text{ V}$, R_3 实际功率为 $P'_3 = \frac{U^2}{R_3} = 25 \text{ W}$, 则 AB 之间允许消耗的最大功率为 $P = P_1 + P'_2 + P'_3 = 35 \text{ W}$, 故 A 正确,B、C、D 错误.
- (1) 37.5 ~ 80 (2) $4.4 \times 10^{-2} \text{ A}$ $2.75 \times 10^{-2} \text{ A}$ $2.2 \times 10^{-2} \text{ A}$ (3) 潮湿时各种情况均有危险
解析: (1) $n_1 = \frac{200 \text{ k}\Omega}{5 \text{ k}\Omega} = 40$, $n_2 = \frac{300 \text{ k}\Omega}{8 \text{ k}\Omega} = 37.5$, $n_3 = \frac{800 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} = 80$. 所以干燥时电阻大约是潮湿时电阻的 37.5 ~ 80 倍.
(2) 潮湿时电流分别为 $I_1 = \frac{220}{5000} \text{ A} = 4.4 \times 10^{-2} \text{ A}$; $I_2 = \frac{220}{8000} \text{ A} = 2.75 \times 10^{-2} \text{ A}$; $I_3 = \frac{220}{10000} \text{ A} = 2.2 \times 10^{-2} \text{ A}$.
(3) 由上述计算知,潮湿时导电电流都大于 20 mA, 所以上述各种情况均有危险.
- (1) 8.8 V 4.8 A (2) 71% (3) 0.53 Ω
解析: (1) 白炽灯电阻 $R_{\text{灯}} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{11}{2} \Omega = 5.5 \Omega$, 由闭合电路欧姆定律 $E = U_1 + I_1 r$, 解得 $r = 0.5 \Omega$. S_1 和 S_2 都闭合时, 路端电压 $U = U_2 = I_2 R_{\text{灯}} = 8.8 \text{ V}$, 根据闭合电路的欧姆定律得 $I_{\text{总}} = \frac{E - U_2}{r} = 6.4 \text{ A}$,

则流过电动机的电流 $I = I_{\text{总}} - I_2 = 4.8 \text{ A}$;

(2) 电动机的电功率 $P_{\text{电}} = UI = 8.8 \times 4.8 \text{ W} = 42.24 \text{ W}$, 电动机的机械功率 $P_{\text{机}} = mgv = 1 \times 10 \times 3 \text{ W} = 30 \text{ W}$, 电动机的机械效率 $\eta = \frac{P_{\text{机}}}{P_{\text{电}}} \times 100\% \approx 71\%$;

(3) 电动机线圈电阻 R 的发热功率为 $P_{\text{热}} = P_{\text{电}} - P_{\text{机}} = 12.24 \text{ W}$, 由 $P_{\text{热}} = I^2 R$ 得 $R \approx 0.53 \Omega$.

小测试(十八) 磁场 磁感线

预习自评

1. (1)✓ (2)✓ (3)✓ (4)✓

2. D 解析: 题图 A 中, 电流方向向上, 由安培定则可得磁场方向为逆时针(从上向下看), A 错误; 题图 B 中, 电流方向向下, 由安培定则可得磁场方向为顺时针(从上向下看), B 错误; 题图 C、D 中电流为环形电流, 由安培定则可知, 内部磁场应向右, C 错误, D 正确.

针对训练

1. C 解析: 磁铁周围存在磁场, 电流周围也存在磁场, A 错误; 磁场是客观存在的物质, 不是人们假想的, B 错误; 磁体与磁体、磁体与电流、电流与电流之间都是通过磁场发生相互作用的, C 正确; 磁场是磁体、电流周围客观存在的物质, 即使没有相互作用, 磁场仍然存在, D 错误.

2. C 解析: 由于地球的磁场是沿南北方向的, 为了使实验现象明显, 应沿南北方向放置导线, 将小磁针放置在导线下方或上方, 故 C 正确, A、B、D 错误.

3. C 解析: 磁感线在磁体的外部是从 N 极到 S 极, 在磁体内部是从 S 极到 N 极, 形成闭合曲线, A 错误; 磁感线上某点的切线方向与放在该点小磁针 N 极的受力方向相同, B 错误; 磁感线是人们为了描述磁场假想出来的, 现实中不存在, 磁感线越密, 磁场越强, 磁感线越疏, 磁场越弱, C 正确, D 错误.

4. C 解析: 地球为一巨大的磁体, 地磁场的南、北极在地理上的北极和南极附近, 并不重合, 地球内部也存在磁场, 故 A、B 正确; 只有赤道附近上空磁场的方向才与地面平行, C 错误; 小磁针静止时 N 极指向与磁场方向相同, D 正确.

5. B 解析: 由题图可知 b 处的磁感线较密, a 处的磁感线较疏, 所以 b 处的磁场比 a 处的磁场强, 故 A 错误, B 正确; 磁感线是闭合曲线, 没有起点和终点, C 错误; 在没画磁感线的地方, 并不表示没有磁场存在, D 错误.

6. B 解析: 地磁的南极在地理北极的附近, 故在用安

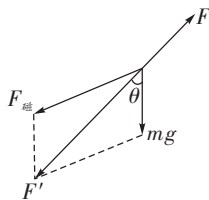
培定则判定环形电流的方向时右手的拇指必须指向南方; 而根据安培定则: 拇指与四指垂直, 而四指弯曲的方向就是电流流动的方向, 故四指的方向应该向西, B 正确, A、C、D 错误.

7. A 解析: 由安培定则知, 小磁针所在处的磁场方向向下, 因此小磁针将顺时针转动至 N 极向下, 故 A 正确, B、C、D 错误.

8. AD 解析: 闭合开关后, 小磁针 N 极偏向螺线管 Q 端, 说明小磁针所在位置磁场方向向左, 即螺线管的 P 端为 N 极, Q 端为 S 极, 螺旋管内部的磁场方向由 Q 指向 P, 由安培定则知, 电流从 F 端流出、E 端流入, 因此, 电源的 F 为正极, E 为负极, 流过电阻 R 的电流方向向上, 故 B、C 错误, A、D 正确.

9. C 解析: 小磁针 N 极的指向为磁感线方向, 直导线 AB 部分, 电流从上到下, 所以从上往下看, 直导线产生的磁场方向应为顺时针方向, 所以小磁针 a 的 N 极应指向纸面外, A 错误; 在通电螺线管 E 部分, 由安培定则可知, 在内部磁感线从右到左, 故右端为螺线管 S 极, 左端为 N 极, 在外部磁感线从 N 极到 S 极, 所以小磁针 b 的 N 极应向右, 小磁针 c 的 N 极向左, B 错误, C 正确; 在 U 形磁体 D 部分, 由安培定则可知, 左端为 S 极, 右端为 N 极, 在外部磁场方向从右端指向左端, 所以小磁针 d 的 N 极应向左, D 错误.

10. C 解析: 对回形针进行受力分析如图, 由受力分析可知, 磁场力与竖直方向的夹角大于 θ , 且不能水平, 只有磁场力水平时才有 $F_{\text{磁}} = mg \tan \theta$, A 错误; 只有磁场力与绳子垂直时, 才有 $F = mg \cos \theta$, B 错误; 当用火对回形针加热时, 回形针内部的分子电流虽然仍然存在但变得杂乱无章, 每个分子电流产生的磁场相互抵消, 从而对外不显磁性, 故 C 正确, D 错误.



11. 见解析 解析: 将导线中的一段拉直并把导线两端接在电池的正负极上, 直导线中的电流方向从正极流向负极, 把指南针放在直导线附近, 指南针在通电直导线的磁场作用下发生偏转, 伸出右手并握住直导线, 大拇指指向电流方向, 则四根手指环绕的方向即为通电直导线的磁场方向, 即为指南针的北极方向.

小测试(十九) 磁感应强度 磁通量

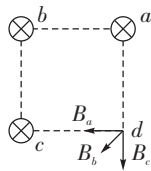
预习自评

1. (1)✓ (2)✓ (3)× (4)✓ (5)× (6)×

2. 0.56

针对训练

1. D 解析:磁感应强度是表示磁场强弱的物理量,它是客观存在的,与导线的长度、电流的强弱和受力情况均无关,只是由通电导线所受的磁场力与导线的电流和长度的乘积的比值来计算,故 D 正确, A、B、C 错误.
2. BC 解析:磁感应强度的大小和方向由磁场自身决定,不随 F 或 IL 的变化而变化,故 B 正确, D 错误;当导线垂直于磁场放置时,有 $B = \frac{F}{IL}$,即 $F = ILB$. 所以 B 不变的情况下 F 与 IL 成正比,故 A 错误, C 正确.
3. C 解析:电场强度是矢量,其定义式为 $E = \frac{F}{q}$,公式 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 为点电荷电场强度的决定式, A 错误;电场强度的公式 $E = \frac{U}{d}$,仅适用于匀强电场, B 错误;磁感应强度 B 是矢量,其定义式为 $B = \frac{F}{IL}$,磁感应强度与直线电流的大小及其受力大小无关,只由磁场本身性质决定,故 C 正确, D 错误.
4. C 解析:由题意可知,通以大小相等、方向相反的电流,由安培定则和矢量合成法则,可得两导线所在平面内两线中央的磁感应强度不等于零,方向垂直于两导线所在的平面向里,故 C 正确, A、B、D 错误.
5. B 解析:根据每根通电长直导线在其周围产生的磁感应强度与距该导线的距离成反比,得出各电流在 d 点所产生磁场的大小关系,由安培定则确定出方向,再利用矢量合成法则求得合磁感应强度的大小和方向. 假设正方形的边长为 L ,通电导线 b 在 a 处所产生磁场的磁感应强度大小为 B ,根据几何关系得 $ba = bc = L$, $bd = \sqrt{2}L$. 每根通电导线在其周围产生的磁场的磁感应强度大小与距该导线的距离成反比,则 a 与 c 在 d 处产生的磁场的磁感应强度 $B_a = B_c = B$, b 在 d 处产生的磁场的磁感应强度为 $B_b = \frac{\sqrt{2}}{2}B$,方向如图所示. 则 d 点的磁感应强度 $B_d = \sqrt{B^2 + B^2} + \frac{\sqrt{2}}{2}B = \frac{3\sqrt{2}}{2}B$, B 正确, A、C、D 错误.



6. B 解析:磁通量 $\Phi = BS \sin 30^\circ$, 则有 $B = \frac{\Phi}{S \sin 30^\circ} = 2.0 \times 10^{-1} \text{ T}$. 故 A、C、D 错误, B 正确.
7. A 解析:沿 x 轴放置的导线在 A 点产生的磁场的磁感应强度大小为 $B_x = k \frac{I_0}{b}$, 由安培定则, 可知磁感应强度方向垂直纸面向外. 由题知 A 点的磁感应强度为零, 则沿 y 轴放置的导线在 A 点产生的磁场的磁感应强度方向垂直纸面向里, 由安培定则知, 沿 y 轴放置的导线中电流方向沿 y 轴正向, 其大小满足 $B_y = k \frac{I}{a} = k \frac{I_0}{b}$, 解得电流的大小 $I = \frac{a}{b} I_0$, 故 A 正确, B、C、D 错误.
8. A 解析:磁铁内部穿过环面的磁感线方向向上, 外部磁感线方向向下. 由于磁感线是闭合曲线, 磁铁内部的磁感线条数等于磁铁外部磁感线的总条数, 而磁铁外部磁感线分布在无限大的空间, 所以穿过环面的磁铁外部向下的磁感线将磁铁内部向上的磁感线抵消一部分, a 的面积小, 抵消较小, 则磁通量较大, 所以 $\Phi_a > \Phi_b$. 故 A 正确, B、C、D 错误.
9. D 解析:设垂直纸面向外的磁通量为正值, 则有 $\Phi_1 = B_1 S_1$, 穿过线圈向里的磁通量为 $\Phi_2 = -B_2 (S_2 - S_1)$, 该区域内的磁通量 $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = -[B_2 S_2 - (B_1 + B_2) S_1]$, 负号表示穿过线圈的磁通量的方向垂直纸面向里, 故 D 正确, A、B、C 错误.
10. B 解析:设初位置时穿过线圈的磁通量为正, 则初位置时, $\Phi_1 = BS \sin \theta = \frac{\sqrt{2}}{2} BS$, 末位置时, $\Phi_2 = -BS \cos \theta = -\frac{\sqrt{2}}{2} BS$, 则初、末位置磁通量的改变量的大小为 $\Delta \Phi = |\Phi_2 - \Phi_1| = \sqrt{2} BS$, 故 B 正确, A、C、D 错误.
11. (1) 0.12 Wb 0.36 Wb (2) 0 0
解析:(1)线圈在垂直磁场方向上的投影面积 $S_{\perp} = S \cos 60^\circ = 0.4 \times \frac{1}{2} \text{ m}^2 = 0.2 \text{ m}^2$
穿过线圈的磁通量 $\Phi_1 = BS_{\perp} = 0.6 \times 0.2 \text{ Wb} = 0.12 \text{ Wb}$.
线圈以 cd 为轴顺时针方向转过 120° 角后变为与磁场垂直, 但由于此时磁感线从线圈平面穿入的方向与原来相反, 故此时通过线圈的磁通量

$$\Phi_2 = -BS = -0.6 \times 0.4 \text{ Wb} = -0.24 \text{ Wb}$$

$$\text{故 } \Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -0.24 \text{ Wb} - 0.12 \text{ Wb} = -0.36 \text{ Wb}$$

故磁通量的变化量大小为 0.36 Wb .

(2) 当 $\theta = 90^\circ$ 时, 线圈在垂直磁场方向上的投影面积 $S_{\perp}' = 0$, 由 $\Phi' = BS_{\perp}'$ 知, 此时穿过线圈的磁通量为零.

当 $\theta = 0$ 时, 线圈平面与磁场垂直, 此时 $S_{\perp}'' = S$, 穿过线圈的磁通量最大.

小测试(二十) 电磁感应现象及其应用

预习自评

1. (1)× (2)× (3)✓ (4)✓ (5)×

2. 偏转 不偏转

针对训练

1. A 解析: 最先发现电磁感应现象的物理学家是法拉第, 故 A 正确, B、C、D 错误.

2. C 解析: 根据引起感应电流的原因的五类情况可知, 导体中自身电流变化在回路中产生感应电流的现象为电磁感应现象, 故 C 正确, A、B、D 错误.

3. B 解析: 磁铁投入螺线管的瞬间, 回路中有感应电流产生, 故 B 正确, A、C、D 错误.

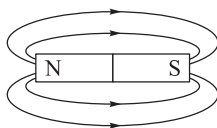
4. B 解析: 条形磁铁以速度 v 向螺线管靠近时, 穿过螺线管的磁通量会增大, 螺线管中有感应电流产生, B 正确, A、C、D 错误.

5. BCD 解析: 图甲中导体棒顺着磁感线运动, 穿过闭合电路的磁通量没有发生变化, 所以无感应电流, A 错误; 图乙中条形磁铁插入线圈时线圈中的磁通量增加, 拔出线圈时线圈中的磁通量减少, 线圈中都能产生感应电流, B 正确; 图丙中开关 S 断开, 回路中电流减小, 小螺线管 A 产生的磁场减小, 螺线管 B 中的磁通量减小, 故有感应电流, C 正确; 图丙中开关 S 保持闭合, 小螺线管 A 插入大螺线管 B 中不动, 移动滑动变阻器的滑片使闭合回路中的电流变化, 从而使小螺线管 A 产生的磁场变化, 故大螺线管 B 中的磁通量变化, 有感应电流, D 正确.

6. A 解析: 应在蓄电池电路中加入开关, 通、断开时才会有变化的电流. 题图中把开关接入线圈 B 的电路中, 对电流的变化不起作用. 故 A 正确, B、C、D 错误.

7. B 解析: 条形磁铁周围的磁感线分布如图所示, 由线框位置可知, 线框从 N 极的正上方向右移动至 S 极正上方过程中, 在 N 极正上方时, 有磁感线穿过线框, 在磁铁正中间时, 穿过线框的磁通量为零, 在

S 极正上方时, 又有磁感线穿过线框, 所以在线框向右运动的过程中, 磁通量始终在变化, 所以线框中始终有感应电流. 故 B 正确, A、C、D 错误.



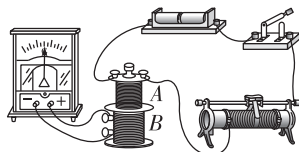
8. AD 解析: 闭合电路中产生感应电流的条件是穿过闭合电路的磁通量发生变化. 当线圈向右运动时, 穿过电路的磁通量变小, 当线圈绕 AB 边转动时, 穿过线圈的磁通量有变化, 线圈中都有感应电流产生, 故 A、D 正确; 当线圈上下匀速运动时, 穿过线圈的磁通量不变, 不会产生感应电流, 故 B、C 错误.

9. D 解析: 磁铁在图中位置时, 从 N 极到 S 极的磁感线与线圈平面平行, 穿过线圈的磁通量为零; 磁铁竖直向上平移、水平向右平移、在图示平面内转动时, 穿过线圈的磁通量均没有发生变化, 线圈中没有感应电流, 故 A、B、C 错误; 磁铁 N 极转向纸外, S 极转向纸内时, 穿过线圈的磁通量发生了变化, 满足产生感应电流的条件, 故 D 正确.

10. D 解析: 产生感应电流的条件是: 穿过闭合导体回路的磁通量发生变化, 在 A、B、C 选项中, 导线 ab 中电流发生变化, 穿过 cd 所在回路的磁通量发生变化, 产生感应电流; D 选项中, 导线 ab 中电流不变化, 穿过 cd 所在回路的磁通量不变化, 不产生感应电流. 故 D 符合题意.

11. (1) 图见解析 (2) 偏转 (3) 不偏转 偏转 (4) 闭合导体回路中的磁通量发生变化

解析: (1) 通过对电路分析可知: 线圈 B 是用来检测感应电流的, 故电流计要和 B 构成闭合回路; 滑动变阻器的作用是用来改变 A 线圈电流大小, 故要采取限流接法, 综上所述, 连线如图.



(2) 接好电路, 合上开关瞬间, 由于 A 线圈电流的变化, 导致穿过 B 线圈磁通量的变化, 从而使线圈 B 中产生感应电流, 电流表指针偏转.

(3) 电路稳定后, 虽然 B 线圈有磁场, 但磁通量没有变化, 不能产生感应电流, 所以电流计不偏转. 迅速移动滑动变阻器的滑片, A 线圈中的电流变化, 导致穿过 B 线圈磁通量发生变化, 从而使线圈

B 中产生感应电流,电流表指针偏转.

(4)根据(2)(3)可得,产生感应电流的条件是闭合导体回路中的磁通量发生变化.

小测试(二十一) 电磁波的发现及其应用 微观世界的量子化

预习自评

1. (1)× (2)× (3)× (4)✓ (5)✓

2. (1)× (2)× (3)× (4)✓

针对训练

1. BD 解析:根据麦克斯韦的电磁理论可知,恒定的电场周围不产生磁场,恒定的磁场周围也不产生电场.变化的电场周围才产生磁场,变化的磁场周围才产生电场,故 A 错误,B 正确;均匀变化的磁场周围产生稳定的电场,均匀变化的电场周围产生稳定的磁场,非均匀变化的电场产生变化的磁场,故 C 错误,D 正确.
2. C 解析:赫兹首先用实验证实了电磁波的存在,A 错误;在真空中电磁波的传播速度等于真空中的光速,B 错误;周期性变化的电场才能形成电磁波,均匀变化的电场只能产生恒定的磁场,将不能产生电磁波,C 正确;电磁波在真空中也能传播,D 错误.
3. BC 解析:电磁波的传播不需要通过介质,由一种介质进入另一种介质时频率都不变,A 错误;根据麦克斯韦电磁理论,电磁波中的电场和磁场互相垂直,电磁波是横波,B 正确;发射的无线电波无论在什么介质中传播,频率均不变,而传播速度可能变化,C 正确;雷达发射的是直线性能好、反射性能强的微波,D 错误.
4. C 解析:红外线、可见光和 X 射线三个波段的波长是从长到短的,所以其频率是从低到高的.则频率最大的是 X 射线,频率最小的是红外线,故 C 正确,A、B、D 错误.
5. AD 解析:普朗克的理论认为带电微粒辐射或吸收能量时,是一份一份的,微观粒子的能量是量子化的,是分立的,故 A、D 正确,B、C 错误.
6. B 解析:由原子的能级跃迁规律知,氢原子从高能级跃迁到低能级时,辐射一定频率的光子,氢原子能量减少,光子的能量由这两个能级的能量差决定,B 正确,A、C、D 错误.
7. $1.12 \times 10^{15} \text{ Hz}$ $2.68 \times 10^{-7} \text{ m}$

解析:根据公式 $E = h\nu$ 和 $\nu = \frac{c}{\lambda}$ 得 $\nu = \frac{E}{h} =$

$$\frac{7.4 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} \text{ Hz} \approx 1.12 \times 10^{15} \text{ Hz}, \lambda = \frac{c}{\nu} \approx 2.68 \times 10^{-7} \text{ m}.$$

小测试(二十二) 能量 能量守恒定律 能源 环境保护与可持续发展

预习自评

1. (1)✓ (2)✓ (3)× (4)✓

2. (1)× (2)✓ (3)✓ (4)×

针对训练

1. D 解析:根据能量守恒定律得知,某种形式的能减少,其他形式的能一定增加,某个物体的能量减少,必然有其他物体的能量增加,A、B 正确;不需要任何外界的动力而持续对外做功的机器——永动机,违反了能量守恒定律,不可能制成,C 正确;石子在运动和碰撞中机械能转化为了石子本身及周围物体的内能,能量并没有消失,故 D 错误.
2. BC 解析:尽管能量守恒,但耗散的内能很难重新收集利用,所以能源是有限的,特别是常规能源,A 错误,B 正确;常规能源的利用比核能等新能源的利用对环境的影响大,C 正确,D 错误.
3. C 解析:能量虽然守恒,但能量耗散现象表明能量的转化具有方向性,在利用能量的过程中能量的品质降低了,故需要节约能源,C 正确,A、B、D 错误.
4. A 解析:不考虑房间与外界的热量传递,则根据能量守恒定律,开机的时候电能转化为了内能,使房间的温度升高,故 A 正确,B、C、D 错误.
5. C 解析:水下落的过程中,质量不变,高度降低,重力做正功,所以重力势能减小,故 A、D 错误;水下落过程中,只有重力做功,所以机械能守恒,B 错误;水下落过程中,减少的一部分机械能转化为电能,C 正确.
6. B 解析:能量虽然有耗散但总的能量是守恒的,在转化的过程中总量不会减少,故 A、C 错误;能量耗散表明在能源的利用过程中,能量在数量上并未减少,但是在可利用的品质上降低了,B 正确;自然界中的宏观过程具有方向性,能量耗散就是从能量转化的角度反映了这种方向性,D 错误.
7. BD 解析:能源短缺简单地讲就是能源储备量不能满足人类的需求,它可以分为相对性短缺(技术性短缺)和绝对性短缺(资源性短缺),相对性短缺是指由于人类的使用方式不恰当,使用效率不高造成的短缺;绝对性短缺是由于存储总量有限造成的.环境恶化是指资源破坏、生态破坏、土地沙化、物种减少、生活环境恶化、沙尘暴、水土流失等等.故 B、D 正确,A、C 错误.

8. ABC 解析:地球形成的早期,地壳不如现在牢固,地球不如现在稳定,火山活动频繁,符合地质的发展规律,由于火山的喷发,排出大量的二氧化碳,进而导致当时的地球气温升高,A正确;由于多种原因,其中包括岩石中的矿物成分与水、氧气、二氧化碳发生化学反应,使地球上的岩石进一步分化,最后形成土壤,二氧化碳减少,形成了适合生命生存的条件,B正确;由于工业的发展和人类的活动,大量地使用化石能源,导致二氧化碳在空气中的含量增大,地球上的气温正在升高,C正确;生活用电和工业用电是电能向其他形式的能的转化,会产生热,但不是温室效应的主要原因,D错误.

9. C 解析:风能转变为电能,由能量守恒定律得 $\frac{1}{2}mv^2 = Pt$, 其中 $m = \rho V = \rho vtS$, 联立解得 $P = \frac{\rho v^3 tS}{2t} = \frac{1}{2}\rho Sv^3$, A、B、D 错误, C 正确.

10. A 解析:根据实际情况,每层楼高约为 $h = 3\text{ m}$, 所以喷水的高度 $H = 13h = 39\text{ m}$, 则水离开管口的速度为 $v = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \times 10 \times 39}\text{ m/s} \approx 27.9\text{ m/s}$, 设电动机用于该水管的功率为 P , 在接近管口很短一段时间 Δt 内水柱的质量为 $m = \rho Q \Delta t$, 根据动能定理可得 $P \Delta t = \frac{1}{2}mv^2$, 代入数据解得 $P \approx 1.6 \times 10^4\text{ W}$, 故 A 正确, B、C、D 错误.

11. $2.1 \times 10^{13}\text{ J}$ $2.4 \times 10^3\text{ t}$ 解析:设可节省的电能为 E , 则 $E = 8 \times 6\% \times 60 \times 20 \times 10^4\text{ kW} \cdot \text{h} = 5.76 \times 10^6\text{ kW} \cdot \text{h} \approx 2.1 \times 10^{13}\text{ J}$, 设 1 个夏季节约的标准煤的质量为 m , 则由能量守恒定律有 $2.92 \times 10^7\text{ J/kg} \times m \times 30\% = E$, 解得 $m \approx 2.4 \times 10^6\text{ kg} \approx 2.4 \times 10^3\text{ t}$.

小测试(二十三) 动量

预习自评

1. (1)✓ (2)× (3)×

2. $-2mv$ 0

针对训练

1. ABD 解析:细绳长度适当,便于操作,两绳等长,保证两球对心碰撞,故 A 正确;由静止释放小球,初动能为零,可由 $mg l(1 - \cos \alpha) = \frac{1}{2}mv^2$ 计算碰前小球的速度,方便简单, B 正确;为保证实验结论的普适性,两球质地是任意的,质量也需考虑各种情况,但大小必须相同以保证两球正碰, C 错误;碰后两球分开或共同运动都是实验时可能出现的情况, D 正确.

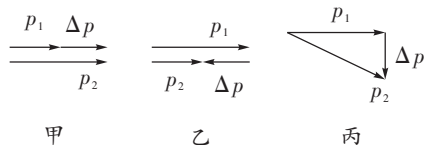
2. B 解析:做平抛运动的物体只受重力作用,速度不

断变化,动量变化,机械能守恒, A 错误, B 正确;做匀速圆周运动的物体速度大小不变,但方向不断变化,动量变化, C 错误;做匀速圆周运动的物体动能一定不变,但其重力势能可能变化,也可能不变,因此机械能不一定守恒, D 错误.

3. B 解析:合外力对物体做功为零,由动能定理可知,物体动能一定不变,速度方向可能改变,它的动量可能改变,故 A 错误, B 正确;做变速运动的物体,动能不一定变化,如做匀速圆周运动的物体速度大小不变,动能不变, C 错误;做变速运动的物体,速度一定变化,则物体的动量一定变化, D 错误.

4. D 解析:若初、末速度方向相同,则动量的变化为 $\Delta p = mv' - mv = 3 \times 5\text{ kg} \cdot \text{m/s} - 3 \times 2\text{ kg} \cdot \text{m/s} = 9\text{ kg} \cdot \text{m/s}$;若初、末速度方向相反,以末速度方向为正方向,则动量的变化为 $\Delta p = mv' - mv = 3 \times 5\text{ kg} \cdot \text{m/s} - (-3 \times 2)\text{ kg} \cdot \text{m/s} = 21\text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 故 D 正确, A、B、C 错误.

5. ABD 解析:当做直线运动的物体速度增大时,其末动量 p_2 大于初动量 p_1 , 由矢量的运算法则,可知 $\Delta p = p_2 - p_1 > 0$, 与物体运动方向相同,如图甲所示, A 正确;当做直线运动的物体速度减小时, $p_2 < p_1$, 如图乙所示, Δp 与 p_1 或 p_2 方向相反, B 正确;当物体的速度大小不变时,其方向可能变化,也可能不变,动量可能不变化,即 $\Delta p = 0$, 也可能动量大小不变而方向变化,此种情况 $\Delta p \neq 0$, C 错误;当物体做平抛运动时,动量的方向变化,即动量一定变化, Δp 一定不为零,如图丙所示, D 正确.



6. C 解析:运动员从 O 点到 B 点的过程都是加速向下运动,到达 B 点时速度最大,由 $p = mv$ 可知,运动员的动量最大的位置在 B 点, C 正确, A、B、D 错误.

7. AC 解析:行星引力对陨石先做正功再做负功,根据动能定理,陨石的动能先增大后减小,其速率先增大后减小,质量不变,则陨石的动量先增大后减小,在 b 点处陨石的动量最大,陨石在 a 点和 c 点的动量大小相等、方向不同,故动量不同, A 正确, B、D 错误;陨石从 a 运动到 c,与行星距离先减小后增大,引力先增大后减小,故加速度先增大后减小, C 正确.

8. D 解析:由 $p^2 = m^2 v^2$, $v^2 = v_0^2 + 2ax$ 可得 $p^2 = 2am^2 x + m^2 v_0^2$, 则 $p^2 - x$ 图像的斜率为 $k = 2m^2 a$,

故物块的加速度为 $a = -8 \text{ m/s}^2$, 物块受到的合力大小为 $F = m|a| = 16 \text{ N}$, 故 A、B 错误; 由 $p = mv$ 可得物块在坐标原点时的速度为 $v_0 = \frac{p}{m} = \frac{8}{2} \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$, C 错误; 由 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 可得物块从 $x = 0$ 运动到 $x = 1 \text{ m}$ 所用时间为 $t = 0.5 \text{ s}$, D 正确。

9. D 解析: 在水平力 F 的作用下, 物体由静止开始做匀加速直线运动, 由 $v = at$ 及 $F = ma$, 得 $v = \frac{Ft}{m}$, 若 F 不变, 物体的质量变为 $\frac{m}{2}$, 经过时间 $2t$, 物体速度变为 $4v$, 动量为 $\frac{m}{2} \cdot 4v = 2mv$, A、B 错误; 物体的动能为 $E_k = \frac{p^2}{2m}$, 质量为原来的一半, 动量为原来的 2 倍, 故物体动能变为 $8E_k$, C 错误, D 正确。

10. A 解析: 在两物块下落的过程中, 都只有重力对物块做功, 故机械能守恒, 有 $mgh = \frac{1}{2} mv^2$, 解得 $v = \sqrt{2gh}$, 所以在 S 点, 两物块的速度大小相同, 即速率相同, 由于竖直方向上 a 的位移等于 b 的位移, 但竖直方向上 a 的平均速度大, 故到达 S 点的时间 $t_a < t_b$, 即 a 比 b 先到达 S, 到达 S 点时 a 的速度竖直向下, 而 b 的速度水平向左, 故两物块的动量不相同, 故 A 正确, B、C、D 错误。

11. $0.03 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ $0.015 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ $0.015 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
两小球碰撞前后 mv 的矢量和守恒
解析: 由图像可知, 碰前入射小球的速度 $v_1 = \frac{x_1}{t_1} = \frac{0.2 \text{ m}}{0.2 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}$, 碰后入射小球的速度为 $v_1' = \frac{x_1'}{t_1'} = \frac{0.3 - 0.2}{0.4 - 0.2} \text{ m/s} = 0.5 \text{ m/s}$, 被碰小球碰后的速度为 $v_2 = \frac{x_2}{t_2} = \frac{0.35 - 0.2}{0.4 - 0.2} \text{ m/s} = 0.75 \text{ m/s}$, 入射小球碰前的动量为 $p_1 = m_1 v_1 = 0.03 \times 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.03 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 入射小球碰撞后的动量为 $p_1' = m_1 v_1' = 0.03 \times 0.5 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.015 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 被碰小球碰撞后的动量为 $p_2 = m_2 v_2 = 0.02 \times 0.75 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.015 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 碰后系统的总动量为 $p = m_1 v_1' + m_2 v_2 = 0.03 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 通过计算发现, 两小球碰撞前后 mv 的矢量和守恒。

12. (1) 初动量大小 $1.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 方向向右; 末动量大小为 $4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 方向向右; 动量改变量大小为 $2.4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 方向向右 (2) $-5.2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 方向向左

解析: (1) 取向右为正方向, 初动量为 $p = mv_1 = 0.4 \times 4 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 1.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 方向向右
末动量为 $p' = mv_1' = 0.4 \times 10 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 4 \text{ kg} \cdot$

m/s , 方向向右

动量的改变量为 $\Delta p = p' - p = 2.4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 方向向右。

(2) 取向右为正方向, 初动量为 $p_1 = mv_2 = 0.4 \times 10 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 方向向右

末动量为 $p_2 = mv_2' = 0.4 \times (-3) \text{ kg} \cdot \text{m/s} = -1.2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 方向向左

动量的改变量为 $\Delta p' = p_2 - p_1 = -5.2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 方向向左。

小测试(二十四) 动量定理

预习自评

1. (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\checkmark$ (4) $\times$

2. 运动员落地过程中动量变化量是一定的, 作用力与时间成反比, 用海绵垫可以延长作用时间, 从而减小运动员所受到的冲力。

针对训练

1. BC 解析: 做平抛运动的物体在落地前速度的方向不断变化, 故动量的方向变化, A 错误; 动量变化量等于重力的冲量, 故动量变化量的方向不变, B 正确; 根据动量定理, 相等时间内动量的变化量等于 mgt , 故相等时间内动量的变化量相同, C 正确, D 错误。

2. A 解析: 物体做曲线运动, 速度方向一定改变, 速度大小可能改变, 在相等时间内物体受到的合外力的冲量可能始终相等, 如平抛运动, 故 A 错误; 一个做曲线运动的物体, 其动量的大小始终不变, 如果受到合外力的大小不变, 则相等时间内合外力的冲量大小总相等, 如匀速圆周运动, 故 B 正确; 物体合外力冲量为零时, 根据动量定理, 其动量不变, 但是物体所受到的每个力的冲量可能一直增大, 只要保证合力为零即可, 故 C 正确; 运动物体, 其动量越来越大, 说明速度越来越大, 加速度可能越来越小, 如从高空落下的雨滴, 有收尾速度, 故 D 正确。

3. D 解析: 无论安全气囊是否打开, 模拟乘员的初末动量不变, 动量变化量不变, 根据 $I = \Delta p$, 受到撞击力的冲量不变, 故 A、C 错误; 安全气囊打开时, 模拟乘员速度变化的时间增加, 而动量变化量不变, 则模拟乘员的动量变化慢, 根据 $Ft = \Delta p$ 可知, 模拟乘员受到的撞击力小, 故 B 错误, D 正确。

4. B 解析: 物体所受支持力的大小为 $N = mg \cos \theta$, 所以支持力的冲量大小为 $I_N = Nt = mgt \cos \theta$, A 错误; 物体匀速下滑, 由平衡条件知物体受到的摩擦力大小为 $f = mg \sin \theta$, 则摩擦力的冲量大小为 $I_f = ft = mgt \sin \theta$, B 正确; 重力的冲量大小为 $I_G = mgt$, C 错误; 物体匀速下滑, 所受合力为 0, 所以合力的

冲量为0,D错误。

5. C 解析:设极短时间 Δt 内吹到广告牌上的空气质量为 Δm ,则有 $\Delta m = \rho S v \cdot \Delta t$,取风速方向为正方向,对质量为 Δm 的空气分析,由动量定理有 $-FS\Delta t = 0 - \Delta m v = 0 - \rho S v^2 \Delta t$,得 $F = \rho v^2$,则最大

风速 $v = \sqrt{\frac{F}{\rho}}$,C正确,A、B、D错误。

6. D 解析:根据机械能守恒定律,两小球落地时,速度的大小相等,但是方向不同,则动量不相同,A错误;两小球落地时,B的竖直速度大于A的竖直速度,根据 $P = mgv_y$ 可知,重力的瞬时功率不相同,B错误;从开始运动至落地,小球B运动时间较长,根据 $I = mgt$ 可知,重力对两小球的冲量不相同,根据动量定理可知,两小球的动量变化量也不相同,C错误,D正确。

7. D 解析:由图像可知,在前10s内物体的初、末状态的动量相同, $p_1 = p_2 = 5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,由动量定理知 $I_1 = 0$;在后10s内物体的末动量 $p_3 = -5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, $I_2 = P_3 - P_2 = -10 \text{ N} \cdot \text{s}$,故D正确,A、B、C错误。

8. BCD 解析:根据动量定理,物体动量的变化量应该等于末动量与初动量的矢量差,而不是代数差,A错误;由动量定理 $I_{\text{合}} = \Delta p$ 知 $\Delta p = mgt$,B正确;由公式 $\Delta p = m\Delta v = mv_y = m\sqrt{v^2 - v_0^2} = m\sqrt{2gh}$,故C、D正确。

9. C 解析:由图像可知,甲、乙两物体动量变化量的大小相等,由动量定理知,它们所受冲量的大小相等,即 $I_1 = I_2$,根据 $I = Ft$, $t_2 > t_1$,故有 $F_1 > F_2$,C正确,A、B、D错误。

10. D 解析:圆盘停止转动前,小物体所受的摩擦力方向指向转轴提供向心力,A错误;由动量定理可知,圆盘停止转动前,小物体运动一圈所受摩擦力的冲量大小为零,B错误;圆盘停止转动后,小物体沿运动轨迹的切线方向运动,C错误;由动量定理可知,整个滑动过程摩擦力的冲量大小 $I = m\omega r$,D正确。

11. (1)500 N (2) $\frac{2}{3}$ N

解析:(1)不考虑空气浮力和阻力,雨滴做自由落体运动,落到地面的速度为 $v = \sqrt{2gh} = 200 \text{ m/s}$

取竖直向上为正方向,设地面对雨滴的作用力大小为 F ,对雨滴和地面的作用过程,运用动量定理得 $F\Delta t_1 = 0 - (-mv)$

代入数据解得 $F = 500 \text{ N}$

根据牛顿第三定律可知,雨滴对地面的作用力大小为 500 N。

(2)对雨滴和地面作用的过程,由动量定理得

$$F'\Delta t_2 = 0 - (-mv')$$

其中 $v' = 8 \text{ m/s}$

代入数据解得 $F' = \frac{2}{3} \text{ N}$

根据牛顿第三定律可知,雨滴对地面的作用力大小为 $\frac{2}{3} \text{ N}$ 。

小测试(二十五) 动量守恒定律

预习自评

1. (1)× (2)✓ (3)✓ (4)×

2. 0.4 m/s 水平向左 解析:本题的研究对象为两辆碰碰车(包括驾车的同学)组成的系统,在碰撞过程中此系统的内力远远大于所受的外力,外力可以忽略不计,满足动量守恒定律的适用条件,设甲同学的车碰撞前的运动方向为正方向,他和车的总质量 $m_1 = 120 \text{ kg}$,碰撞前的速度 $v_1 = 5 \text{ m/s}$;乙同学和车的总质量 $m_2 = 180 \text{ kg}$,碰撞前的速度 $v_2 = -4 \text{ m/s}$ 。设碰撞后两车的共同速度为 v ,则系统碰撞前的总动量为: $p = m_1 v_1 + m_2 v_2 = 120 \times 5 \text{ kg} \cdot \text{m/s} + 180 \times (-4) \text{ kg} \cdot \text{m/s} = -120 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 。碰撞后的总动量为 $p' = (m_1 + m_2)v$ 。根据动量守恒定律可知 $p = p'$,代入数据解得 $v = -0.4 \text{ m/s}$,即碰撞后两车以 0.4 m/s 的共同速度运动,运动方向水平向左。

针对训练

1. C 解析:只要系统所受合外力为零,系统动量就守恒,与系统内是否存在摩擦力无关,故A错误;系统受外力做的功为零,但系统所受合外力不一定为零,系统动量不一定守恒,如用绳子拴着一个小球,让小球做匀速圆周运动,小球转过半圆的过程中,系统外力做功为零,但小球的动量不守恒,故B错误;系统所受到合外力的冲量为零,则系统受到的合外力为零,系统动量守恒,故C正确;系统加速度为零,由牛顿第二定律可得,系统所受合外力为零,系统动量守恒,故D错误。

2. B 解析:撤去推力,系统所受合外力为零,动量守恒,滑块和小车之间有滑动摩擦力,由于摩擦生热,故系统机械能减少,故B正确,A、C、D错误。

3. C 解析:系统不受外力时,根据动量定理,系统动量不变,动量守恒,A正确;动量守恒定律既适用于低速、宏观物体,也适用于高速、微观物体,B正确;系统所受合外力为零时,动量守恒,只有重力或系统内弹力做功时,机械能守恒,所以系统动量守恒其机械能不一定守恒,C错误;两物体组成的系统,受到的合外力为零,系统动量守恒,两物体动量的

改变量大小相等,方向相反,D正确.

4. B 解析:爆炸瞬间内力远大于外力,系统的动量守恒,由动量守恒定律得 $m_1 v_1 - m_2 v_2 = 0$,解得 $v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_2}$,故 B 正确,A、C、D 错误.

5. A 解析:救生员在跃出的过程中,救生员、船组成的系统水平方向外力之和为零,动量守恒,规定向右为正方向,由动量守恒定律得 $(M+m)v_0 = Mv' - m(v-v')$,代入数据解得 $v' = 4.2 \text{ m/s}$,故 A 正确,B、C、D 错误.

6. A 解析:光滑的水平面上,小车和木块组成的系统动量守恒.若小车的动量大于木块的动量,则最后相对静止时整体向左运动,故木块先向右减速,再向左加速,最后与小车共速,一起匀速运动.小车则先减速后匀速,A 正确,C 错误;若小车的动量小于木块的动量,则最后相对静止时整体向右运动,故木块先减速后匀速,小车先减速再加速后匀速,B、D 错误.

7. D 解析:人和车在水平方向上动量守恒,当人竖直跳起时,人和车之间在竖直方向上有相互作用,在水平方向上所受合力为零,在水平方向上动量仍然守恒,人水平方向的速度不发生变化,所以车的速度仍为 v_1 ,方向向右,故 D 正确,A、B、C 错误.

8. B 解析:以太空舱为参考系,宇航员打开动力装置喷出气体的过程动量守恒,有 $Mv = \Delta m v_1 + 0$,可得喷出的气体相对太空舱的速度大小是 $v_1 = \frac{M}{\Delta m} v$,故 B 正确,A、C、D 错误.

9. A 解析:两小车及弹簧组成的系统所受合外力为零,动量守恒,以水平向右为正方向,根据动量守恒定律有 $m_2 v_2 - m_1 v_1 = 0$,得 $v_1 : v_2 = 1 : 2$,A 正确,B 错误;弹簧弹开过程中,左右两小车受到的弹力大小相等,作用时间相同,由 $I = Ft$ 知左右两小车受到的冲量大小之比为 $1 : 1$,C 错误;由动能定理得,弹簧弹开过程弹力对左右两小车做功之比为 $W_1 : W_2 = \frac{p_1^2}{2m_1} : \frac{p_2^2}{2m_2} = 1 : 2$,D 错误.

10. D 解析:物块在 AB 上运动时,与轨道间的摩擦力为系统内力,系统动量守恒,A 错误;运动的全过程,系统水平方向动量守恒,物块在 BC 上运动过程中,竖直方向系统受到的合外力不为零,竖直方向动量不守恒,B 错误;物块在 BC 上运动过程中,物块对轨道的作用力在水平方向上的分力向右,轨道的动量不断增大,C 错误;当物块相对轨道静止时,二者共速,取向右为正方向,根据系统水平方向动量守恒有 $mv_0 = (m+M)v$,得 $v =$

$\frac{mv_0}{M+m}$,D 正确.

11. (1) 2 m/s (2) $2 : 1$

解析:(1)设即将碰撞的瞬间 M 的速度为 v_0 ,从 A 点到 C 点,对小物块 M 由动能定理得

$$m_1 g R - \mu m_1 g L = \frac{1}{2} m_1 v_0^2$$

代入数据解得 $v_0 = 2 \text{ m/s}$.

(2)设碰撞后小物块 M 和 N 的速度大小分别为 v_1 和 v_2 ,从碰撞到落地经历的时间为 t ,根据平抛运动规律得

$$\text{竖直方向 } h = \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{水平方向 } x_D = v_2 t, x_D - \Delta x = v_1 t$$

联立以上三式解得 $v_1 = 1.25 \text{ m/s}$, $v_2 = 1.5 \text{ m/s}$

两个小物块相碰前后系统动量守恒,规定水平向右为正方向,根据动量守恒定律有 $m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$

代入数据解得 $m_1 : m_2 = 2 : 1$.

专题卷(七) 动量定理 动量守恒定律的应用

针对训练

1. B 解析:运动员落到蹦床上时的速度大小为 $v = gt = 10 \times 0.8 \text{ m/s} = 8 \text{ m/s}$,反弹后速度仍为 8 m/s ,规定向上为正方向,则对于运动员接触蹦床的过程,由动量定理可得, $(F - mg) \Delta t = mv - (-mv)$,解得 $F = 1300 \text{ N}$,A 错误,B 正确;运动员与蹦床接触的 1 s 时间里,加速度先向下后向上,再向下,可知先失重后超重,再失重,C、D 错误.

2. BC 解析:A、B、C 构成的系统受到的合外力为零,动量守恒,A、B 构成的系统受到的合外力 $F = \mu m_A g - \mu m_B g \neq 0$,所以 A、B 系统动量不守恒,A 错误,B 正确;以向左为正方向,小车受到的合外力 $F' = \mu m_A g - \mu m_B g > 0$,所以小车向左运动,C 正确,D 错误.

3. D 解析:小球向左摆动时,小车向右运动,小球受到的重力使系统所受合外力不为零,故系统动量不守恒,但该过程只有重力及系统内的弹力做功,故系统机械能守恒,A、B 错误;系统在水平方向所受合外力为零,水平方向动量守恒,小球向左摆到最高点,小球的速度为零,小车速度也为零,C 错误,D 正确.

4. C 解析:对整个过程中研究,根据动量定理可得 $F \cdot 2\Delta t - \mu mg \cdot (2\Delta t + 3\Delta t) = 0$,解得 $\mu = \frac{2F}{5mg}$,故 A、B、D 错误,C 正确.

5. BD 解析:AB 与 CD 平行,说明推力撤去后两物体

的加速度相同,而撤去推力后物体的合力等于摩擦力,根据牛顿第二定律可知,两物体受到的摩擦力大小相等.但 a 的总运动时间小于 b 的,根据 $I = ft$ 可知,摩擦力对 a 物体的冲量小于摩擦力对 b 物体的冲量;根据动量定理,对整个过程有: $F_1 t_1 - f t_{OB} = 0, F_2 t_2 - f t_{OD} = 0$, 因 $t_{OB} < t_{OD}$, 则有 $F_1 t_1 < F_2 t_2$, 即 F_1 的冲量小于 F_2 的冲量,故 A、C 错误, B 正确;根据动量定理可知,合外力的冲量等于物体动量的变化量, a 、 b 两个物体动量的变化量都为零,所以冲量相等,故 D 正确.

6. D 解析:高压水枪单位时间喷出水的质量等于单位时间内喷出的水柱的质量,即 $m_0 = \rho V = \rho \pi \frac{D^2}{4} \cdot$

$v = \frac{1}{4} \pi \rho v D^2$, 故 A、B 错误;水柱对汽车的平均冲力

为 F , 由动量定理得 $Ft = mv$, 即 $Ft = \frac{1}{4} \pi \rho v D^2 \cdot t \cdot$

v , 解得 $F = \frac{1}{4} \pi \rho v^2 D^2$, 故 C 错误;高压水枪喷出的

水对汽车产生的压强 $p = \frac{F}{S} = \frac{\frac{1}{4} \pi \rho v^2 D^2}{\frac{1}{4} \pi D^2} = \rho v^2$, 则

当高压水枪喷口的出水速度变为原来的 2 倍时,压强变为原来的 4 倍,故 D 正确.

7. B 解析:两铁块碰撞的过程,由于受重力和弹簧的弹力作用,合外力不为零,因此两铁块碰撞的过程动量不是严格守恒, A 错误;碰撞后两铁块合在一起压缩弹簧的过程,两铁块与弹簧组成的系统机械能守恒, B 正确;从两铁块开始碰撞到弹簧压缩至最短的过程,所受合外力不为零,动量不守恒, C 错误;两铁块碰撞时海绵垫形变,最后两铁块一起向下运动,有机械能损失, D 错误.

8. B 解析:物体与地面间的最大静摩擦力 $f_m = \mu mg = 5 \text{ N}$, 由图像可知前 2 s 内物体受到的拉力小于最大静摩擦力,物体保持静止状态,静摩擦力的大小等于拉力 F 的大小, A 错误; $F-t$ 图像中图线与横轴围成的面积代表冲量,所以 6 s 内,拉力 F 对物体的冲量大小 $I_F = (4 \times 2 + 10 \times 2 + 15 \times 2) \text{ N} \cdot \text{s} = 58 \text{ N} \cdot \text{s}$, B 正确;前 2 s 物体受静摩擦力,大小为 4 N, 后 4 s 物体受滑动摩擦力,大小为 5 N, 故摩擦力对物体的冲量大小 $I_f = (4 \times 2 + 5 \times 4) \text{ N} \cdot \text{s} = 28 \text{ N} \cdot \text{s}$, C 错误;根据动量定理有 $I_F - I_f = mv$, 解得 $v = \frac{58-28}{2.5} \text{ m/s} = 12 \text{ m/s}$, D 错误.

9. D 解析: a 、 b 、 c 、小孩四者组成的系统,水平方向的外力之和为零,水平方向动量守恒, A 错误;对小孩跳离 c 车的过程,取向右为正方向,对小孩和 c 组成

的系统,由水平方向动量守恒,有 $0 = mv + Mv_c$, 解得 c 车的速度为 $v_c = -\frac{mv}{M}$, 负号表示方向向左;对小孩跳上 b 车再跳离 b 车的过程,由小孩和 b 车组成的系统水平方向动量守恒,有 $mv + 0 = Mv_b + mv$, 解得 b 车最终的速度为 $v_b = 0$, 故 B、C 错误;对小孩跳上 a 车的过程,由动量守恒定律,有 $mv + 0 = (M+m)v_a$, 解得 a 车最终速度为 $v_a = \frac{m}{m+M}v$, D 正确.

10. BC 解析:投出物资前后,物资和热气球组成的系统水平方向动量守恒,设热气球的水平速度大小为 v_1 , 取向右为正方向,由动量守恒定律有 $mv_0 - Mv_1 = 0$, 得 $v_1 = \frac{m}{M}v_0$; 投出物资前,浮力等于重力, $F_{\text{浮}} = (M+m)g$, 投出物资后,浮力大于重力,由牛顿第二定律有 $F_{\text{浮}} - Mg = Ma$, 联立解得热气球在竖直方向的加速度 $a = \frac{mg}{M}$, 所以投出物资后热气球做类平抛运动, A 错误, C 正确;物资被投出后做平抛运动, 竖直方向由 $H = \frac{1}{2}gt^2$ 得 $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$, 水平方向有 $x = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}$. 热气球做类平抛运动, 水平方向有 $x' = v_1 t = \frac{mv_0}{M} \sqrt{\frac{2H}{g}}$, 竖直方向由 $h = \frac{1}{2}at^2$ 得 $h = \frac{mH}{M}$, 则落地时物资与热气球的距离 $d = \sqrt{(H+h)^2 + (x+x')^2} = \left(1 + \frac{m}{M}\right) \sqrt{\frac{2Hv_0^2}{g} + H^2}$, B 正确, D 错误.

11. (1) 2 m/s (2) 39 J (3) 5.8 m/s

解析: (1) 弹簧被压缩到最短时, 木块 A 与滑板 B 具有相同的速度, 设为 v , 从木块 A 开始沿滑板 B 上表面向右运动至弹簧被压缩到最短的过程中, 系统动量守恒, 规定向右为正方向, 有

$$mv_0 = (M+m)v, \text{ 得 } v = \frac{m}{M+m}v_0$$

代入数据得 $v = 2 \text{ m/s}$.

(2) 在木块 A 压缩弹簧的过程中, 弹簧被压缩到最短时, 弹簧的弹性势能最大, 由能量守恒定律得弹簧最大弹性势能

$$E_{\text{pm}} = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(M+m)v^2 - \mu mgL$$

代入数据解得 $E_{\text{pm}} = 39 \text{ J}$.

(3) 规定向右为正方向, 木块 A 再次回到滑板 B 的最左端时, 设木块 A 的速度为 v_1' , 滑板 B 的速度为 v_2'

由系统动量守恒得 $mv_0 = mv_1' + Mv_2'$

由能量守恒定律得

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1'^2 + \frac{1}{2}Mv_2'^2 + 2\mu mgL$$

两式联立并代入数据,解得 $v_1' = -5.8 \text{ m/s}$ 或 $v_1' = 9.8 \text{ m/s}$

由运动过程可以判断木块A回到滑板B最左端时速度方向和初速度方向相反,故 9.8 m/s 应舍去,所以速度大小为 5.8 m/s .

小测试(二十六) 实验:验证动量守恒定律

预习自评

1. BC 解析:两小车质量不相等,碰撞前后系统动量仍然守恒,不会导致实验误差,A不符合题意;挡光片倾斜会导致计算小车速度时出现误差,B符合题意;滑轨不水平,小车速度将受重力的影响,从而导致实验误差,C符合题意;两小车碰后粘在一起,碰撞前后系统动量仍然守恒,不会导致实验误差,D不符合题意.

2. B 解析:安装斜槽轨道时,应让斜槽末端保持水平,这样做的目的是使入射小球与被碰小球对心碰撞后速度沿水平方向,以保证在水平方向能验证动量守恒定律,故B正确,A、C、D错误.

针对训练

1. D 解析:该实验要验证的关系是 $m_1v_0 = m_1v_1 + m_2v_2$,需要测量小球的质量,A错误;两小球从斜槽末端射出后做平抛运动,下落的高度相同,运动的时间相同,则可用水平位移代替水平速度,不需要测量小球下落的高度,B错误,D正确;铅垂线不是用来检测斜槽末端是否水平的,是为了找到小球平抛的抛出点在水平面上的投影的位置,从而测量水平位移,C错误.

2. C 解析:在此装置中,应使入射球的质量大于被碰球的质量,防止入射球反弹或静止,A错误;入射球每次都应从斜槽上的同一位置由静止滚下,以保证每次碰撞都具有相同的初动量,B错误;两球做平抛运动时具有相同的起点,结合平抛运动的规律可知,小球运动的时间相同,因此小球a碰撞前的速度可表达为 $v_0 = \frac{OP}{t}$,同理可得小球a碰撞后的速度 $v_1 = \frac{OM}{t}$,小球b碰撞后的速度 $v_2 = \frac{ON}{t}$,验证动量守恒,需要验证 $m_1v_0 = m_1v_1 + m_2v_2$,即应验证的关系式为 $m_1 \cdot OP = m_1 \cdot OM + m_2 \cdot ON$,故C正确,D错误.

3. (1)切线水平 (2) $>$ (3)1.05 (4)AEF (5)B

$$(6)m_1s_{OP}^2 = m_1s_{OM}^2 + m_2(s_{ON} - d)^2$$

解析:(1)为了保证每次小球都做平抛运动,则需要

轨道的末端切线水平.

(2)验证碰撞中的动量守恒实验,为防止入射球反弹,入射球的质量应大于被碰球的质量,即 $m_1 > m_2$.

(3)游标卡尺读数为: $10 \text{ mm} + 5 \times 0.1 \text{ mm} = 10.5 \text{ mm} = 1.05 \text{ cm}$.

(4)小球离开轨道后做平抛运动,它们抛出点的高度相同,在空中的运动时间 t 相等,两球碰撞动量守恒,有: $m_1v_1 = m_1v_1' + m_2v_2'$,两边同时乘时间 t ,则 $m_1v_1t = m_1v_1't + m_2v_2't$,根据落点可化简为: $m_1 \cdot s_{OP} = m_1 \cdot s_{OM} + m_2 \cdot (s_{ON} - d)$,则实验还需要测出:两小球的质量 m_1 和 m_2 ;球A单独滚下时的落地点P点到O点的距离 s_{OP} 和碰后A、B两小球的落地点M、N与O点的距离 s_{OM} 和 s_{ON} ,故选A、E、F.

(5)根据动量守恒定律可得: $m_1 \cdot s_{OP} = m_1 \cdot s_{OM} + m_2s_{ON}$,即: $\frac{m_1}{m_2} = \frac{s_{ON}}{s_{OP} - s_{OM}} = \frac{s_{ON}}{s_{MP}}$,故B正确.

(6)若碰撞过程无机械能损失,则有 $\frac{1}{2}m_1v_1^2 = \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2$,可得: $m_1s_{OP}^2 = m_1s_{OM}^2 + m_2(s_{ON} - d)^2$.

4. (1)需要 因为只有补偿阻力后碰撞过程中系统的合力为0,动量才守恒 长木板右端垫高,轻推小车A,当打出的纸带点迹均匀说明已补偿阻力

(2)BC DE (3)1.26 1.25 在误差允许的范围

内,碰撞前后总动量守恒
解析:(1)实验开始前需要补偿阻力,因为只有补偿阻力后碰撞过程中系统的合力为0,动量才守恒,补偿阻力的方法是长木板右端垫高,轻推小车A,当打出的纸带点迹均匀说明已补偿阻力;

(2)推动小车由静止开始运动,故小车有个加速过程,在碰撞前做匀速直线运动,即在相同的时间内通过的位移相同,故BC段为匀速运动的阶段,故选BC段计算碰前的速度;碰撞过程是一个变速运动的过程,而A和B碰后共同运动时做匀速直线运动,故在相同的时间内通过相同的位移,故应选DE段来计算碰后共同的速度;

(3)A碰前的速度 $v_1 = \frac{BC}{t} = \frac{0.3150}{5 \times 0.02} \text{ m/s} =$

3.15 m/s ,碰后共同速度 $v_2 = \frac{DE}{t} = \frac{0.2085}{5 \times 0.02} \text{ m/s} =$

2.085 m/s ,碰前总动量 $p_1 = m_1v_1 = 0.40 \times$

$3.15 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 1.26 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,碰后的总动量 $p_2 =$

$(m_1 + m_2)v_2 = 0.60 \times 2.085 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \approx 1.25 \text{ kg} \cdot$

m/s ,则说明在误差允许的范围内,碰撞前后总动量守恒.

5. (1)B (2)CD (3) $\frac{m_a}{\sqrt{y_2}} = \frac{m_a}{\sqrt{y_3}} + \frac{m_b}{\sqrt{y_1}}$

解析: (1) 本实验是“验证动量守恒定律”的, 所以实验误差与斜槽轨道的光滑程度无关, A 错误; 每次实验均重复几次后, 再记录平均落点, 这样可减小实验误差, B 正确; 要产生正碰, 需 a 球和 b 球的半径满足 $r_a = r_b$, 为防止两球碰撞后 a 球反弹, 质量要满足 $m_a > m_b$, C 错误.

(2) 每次 a 球释放的高度 h 确定不变就可以, 不用测量 h 值, A 错误; 因为小球每次打在木板上时, 水平方向的位移相等, 所以不需测量木板水平向右移动的距离 L , B 错误; 要验证动量守恒定律, 必须测量 a 球和 b 球的质量 m_a 、 m_b , C 正确; 需要计算小球运动的时间, 则要测量 O 点到 A 、 B 、 C 三点的距离 y_1 、 y_2 、 y_3 , D 正确.

(3) a 、 b 两球碰撞后做平抛运动, 由 $L = vt$ 和 $y = \frac{1}{2}gt^2$ 可得 $v = \frac{L}{\sqrt{\frac{2y}{g}}}$, 则由动量守恒定律可得

$$m_a v_0 = m_a v_1 + m_b v_2, \text{ 即 } m_a \frac{L}{\sqrt{\frac{2y_2}{g}}} = m_a \frac{L}{\sqrt{\frac{2y_3}{g}}} +$$

$$m_b \frac{L}{\sqrt{\frac{2y_1}{g}}}, \text{ 整理得 } \frac{m_a}{\sqrt{y_2}} = \frac{m_a}{\sqrt{y_3}} + \frac{m_b}{\sqrt{y_1}}, \text{ 若表达}$$

式 $\frac{m_a}{\sqrt{y_2}} = \frac{m_a}{\sqrt{y_3}} + \frac{m_b}{\sqrt{y_1}}$ 成立, 即表示碰撞中动量守恒.

6. (1) $\frac{d}{t}$ (2) $m_a \frac{d}{t} = m_b \sqrt{\frac{gs_0 \cos^2 \theta}{2 \sin \theta}}$

解析: (1) 滑块 a 经过光电门时的瞬时速度为 $v = \frac{d}{t}$;

(2) 若 a 、 b 在解除锁定过程中动量守恒, 则有 $m_a v = m_b v'$, b 落在斜面上的 M 点, 有 $s_0 \sin \theta = \frac{1}{2}gt_1^2$, $s_0 \cos \theta = v't_1$, 联立解得 $v' = \sqrt{\frac{gs_0 \cos^2 \theta}{2 \sin \theta}}$, 若 a 、 b 在解除锁定过程中动量守恒, 需满足的关系式是 $m_a \frac{d}{t} = m_b \sqrt{\frac{gs_0 \cos^2 \theta}{2 \sin \theta}}$.

小测试(二十七) 碰撞 反冲

预习自评

1. (1)✓ (2)× (3)× (4)×

2. C **解析:** 人、船、鱼组成的系统动量守恒, 开始时系统静止, 动量为零, 由动量守恒定律可知, 最终, 船是静止的; 在人将鱼向左抛出而鱼没有落入船舱的过程中, 鱼具有向左的动量, 由动量守恒定律可知,

船(包括人)具有向右的动量, 船要向右移动, 鱼落入船舱后船立即停止运动, 如此反复, 在抛鱼的过程中船要向右运动, 最终船要向右移动一些, C 正确, A、B、D 错误.

针对训练

1. C **解析:** 弹性碰撞是没有机械能损失的碰撞, 对心碰撞是速度方向与两球心连线共线的碰撞, 因此弹性碰撞可能是对心碰撞, 也可能是非对心碰撞, 故 A 错误, C 正确; 非对心碰撞是指速度方向与两球心连线不共线的碰撞, 而非弹性碰撞是有机械能损失的碰撞, 因此非对心碰撞可能是弹性碰撞, 也可能是非弹性碰撞, B 错误; 只要物体间相互作用的过程中内力远大于外力, 都可以认为系统的动量守恒, 因此弹性碰撞、非弹性碰撞、对心碰撞、非对心碰撞中动量均守恒, D 错误.

2. BC **解析:** 体操运动员在着地时屈腿能延长与地面的作用时间 t , 由动量定理 $Ft = \Delta p$ 可知, 可以减小运动员所受到的平均冲击力 F , A 错误; 根据动量守恒, 火箭靠喷出气流的反冲作用而获得巨大速度, B 正确; 用步枪射击时子弹给枪身一个反作用力, 会使枪身后退, 影响射击的准确度, 所以为了减少反冲的影响, 用步枪射击时要用肩部抵住枪身, C 正确; 由动量定理 $Ft = \Delta p$ 可知, 为了减轻撞车时对司乘人员的伤害程度, 要延长碰撞的时间, 所以位于车体前部的发动机舱不能太坚固, D 错误.

3. CD **解析:** 若两球发生弹性碰撞, 碰撞过程动量守恒, 总动能不变, 则 $mv = mv_1 + mv_2$, $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$, 解得小球 A 的速度 $v_1 = v$, 小球 B 的速度 $v_2 = 0$, 则小球 B 对 A 的最大冲量为 $I = mv$; 若两球发生完全非弹性碰撞, 碰后速度相等, 则 $mv = 2mv'$, 得 $v' = \frac{v}{2}$, 则小球 B 对 A 的最小冲量为 $I' = mv' = \frac{1}{2}mv$. 故 C、D 正确, A、B 错误.

4. A **解析:** 炮弹飞行到最高点时, 速度沿水平方向, 大小为 $v_0 = v \cos 60^\circ = \frac{v}{2}$, 质量为 $\frac{m}{3}$ 的一块恰好做自由落体运动, 说明爆炸后其瞬时速度为零, 设质量为 $\frac{2m}{3}$ 的那块爆炸后的瞬时速度为 v_1 , 由动量守恒定律可得 $mv_0 = \frac{2m}{3}v_1$, 联立解得 $v_1 = \frac{3v}{4}$, 故 A 正确, B、C、D 错误.

5. C **解析:** 当弹簧压缩到最短时, A、B 两物体的速度相同, 设为 v_0 , 取向右为正方向, 由动量守恒定律有 $m_A v_0 = (m_A + m_B)v$, 解得 $v = 1 \text{ m/s}$, A、B 错误; 弹

簧压缩到最短时,弹性势能最大,系统动能最小,根据机械能守恒定律,弹簧最大弹性势能为 $E_p = \frac{1}{2} m_A v_0^2 - \frac{1}{2} (m_A + m_B) v^2 = 6 \text{ J}$, A、B 系统最小动能 $E_k = \frac{1}{2} (m_A + m_B) v^2 = 2 \text{ J}$, C 正确, D 错误.

6. A 解析:由动量守恒定律知,两次滑块和子弹最终获得的速度(滑块和子弹共速)相同,则系统损失的机械能相等,产生的热量也相等, A 错误, C 正确;两次滑块的动量变化量相同,由动量定理知,两次滑块所受冲量一样大, B 正确;两次子弹的动量变化量也一样大, D 正确.

7. D 解析:设木板和滑块的加速度大小分别为 a_1 和 a_2 , 水平面光滑,木板在水平方向只受到滑块对它的摩擦力,由牛顿第二定律有 $\mu mg = Ma_1$, 滑块在水平方向也只受到摩擦力的作用,有 $\mu mg = ma_2$, 则 $a_2 : a_1 = 1 : 2$, A 错误;滑块和木板组成的系统所受的合外力为零,系统动量守恒,取向右为正方向,滑块相对木板静止时,由动量守恒定律有 $mv_0 = (M+m)v$, 得 $v = 2 \text{ m/s}$, 根据能量守恒定律,整个过程中因摩擦产生的内能 $Q = \frac{1}{2} mv_0^2 - \frac{1}{2} (M+m) v^2 = 6 \text{ J}$, B 错误;该过程中,滑块的位移 $x_m = \frac{v_0 + v}{2} t = 2.5 \text{ m}$, 木板的位移 $x_M = \frac{v}{2} t = 1 \text{ m}$, 木板的最小长度 $\Delta x = x_m - x_M = 1.5 \text{ m}$, C 错误;滑块与木板的位移之比 $x_m : x_M = 5 : 2$, D 正确.

8. BC 解析:对于 A、B、C 组成的系统,整个运动过程中,只有重力及系统内弹力做功,系统机械能守恒,水平方向无外力作用,水平方向动量守恒,由于 A、B 没有竖直方向的分加速度,但 C 球有竖直方向的分加速度,因此在竖直方向上系统所受的合外力不为零,竖直方向动量不守恒, A 错误, B 正确;当 C 运动到最低点时,由系统水平方向动量守恒有 $mv_C = 4mv_{AB}$, 由机械能守恒有 $mgl = \frac{1}{2} mv_C^2 + \frac{1}{2} \times 4mv_{AB}^2$, 联立解得 $v_{AB} = \frac{1}{10} \sqrt{10gl}$, C 正确, D 错误.

9. ACD 解析:甲、乙两车和人组成的系统所受合外力为零,系统的动量守恒,取向右为正方向,由动量守恒定律得 $0 = Mv_{甲} - (M+m)v_{乙}$, 可得甲、乙两车运动中速度之比为 $\frac{v_{甲}}{v_{乙}} = \frac{M+m}{M}$, 故 A 正确, B 错误;设甲车和乙车移动的距离分别为 $s_{甲}$ 和 $s_{乙}$, 则有 $v_{甲} = \frac{s_{甲}}{t}$, $v_{乙} = \frac{s_{乙}}{t}$, $M \frac{s_{甲}}{t} = (M+m) \frac{s_{乙}}{t}$, 又 $s_{甲} +$

$s_{乙} = L$, 联立解得 $s_{甲} = \frac{M+m}{2M+m} L$, $s_{乙} = \frac{M}{2M+m} L$, 故 C、D 正确.

10. ABD 解析:小球与小车组成的系统在水平方向所受合外力为零,在水平方向系统动量守恒, A 正确;以向右为正方向,在水平方向,由动量守恒定律有 $mv - mv' = 0$, 得 $m \frac{2R-x}{t} - m \frac{x}{t} = 0$, 所以小车的位移 $x = R$, B 正确;小球与小车组成的系统在水平方向动量守恒,小球由 B 点离开小车时系统水平方向动量为零,小球与小车水平方向速度为零,小球离开小车后做竖直上抛运动, C 错误;小球从开始下落到第一次上升至最高点的运动过程中,由动能定理得 $mg(h - \frac{3}{4}h) - W_f = 0$, 所以小球克服摩擦力做功大小 $W_f = \frac{1}{4} mgh$, 即小球第一次在车中运动损失的机械能为 $\frac{1}{4} mgh$, 由于小球第二次在车中运动时,对应位置处的速度变小,因此小车给小球的弹力变小,摩擦力变小,摩擦力做功小于 $\frac{1}{4} mgh$, 机械能损失小于 $\frac{1}{4} mgh$, 因此小球再次离开小车时,能上升的高度大于 $\frac{3}{4}h - \frac{1}{4}h = \frac{1}{2}h$, 而且小于 $\frac{3}{4}h$, D 正确.

11. (1) $\frac{v_0}{3}$ (2) $\frac{4}{3} v_0$ (3) $\frac{4v_0}{3^{99}}$ 解析:(1) 根据动量守恒和机械能守恒有 $2mv_0 = 2mv_{A1} + mv_{99}$

$$\frac{2mv_0^2}{2} = \frac{2mv_{A1}^2}{2} + \frac{mv_{99}^2}{2}$$

$$\text{联立解得 } v_{A1} = \frac{v_0}{3}, v_{99} = \frac{4}{3} v_0$$

(2) 质量相等的两弹性小球正碰后交换速度,则各小球依次与前面的小球正碰后,第 1 个小球的速度为 $v_1 = v_{99} = \frac{4}{3} v_0$

(3) 小球 A 以速度 v_{A1} 与第 99 个小球发生第二次弹性碰撞,有 $2mv_{A1} = 2mv_{A2} + mv_{99}'$

$$\frac{2mv_{A1}^2}{2} = \frac{2mv_{A2}^2}{2} + \frac{mv_{99}'^2}{2}$$

$$\text{解得 } v_{A2} = \frac{v_0}{9} = \frac{v_0}{3^2}, v_{99}' = \frac{4}{9} v_0 = \frac{4v_0}{3^2}$$

各小球依次正碰后,第 2 个小球以 $\frac{4v_0}{3^2}$ 的速度弹射出去……

以此类推,可得第 99 个小球最后的速度 $v = \frac{4v_0}{3^{99}}$.

小测试(二十八) 简谐运动及其图像

预习自评

1. (1)× (2)× (3)× (4)×

2. OC 小 大

针对训练

1. B 解析:平衡位置是振动物体所受回复力为零的位置,不一定是物体振动范围的中心位置,A 错误;机械振动的位移是以平衡位置为起点指向物体所在位置的有向线段,B 正确;做机械振动的物体,其运动的路程随时间推移而增大,而位移却不一定增大,C 错误;机械振动的位移是以平衡位置为起点指向物体所在位置的有向线段,偏离平衡位置最远时物体的位移最大,D 错误.
2. C 解析:做简谐运动的物体,位移减小时,加速度减小,速度增大,A 错误;物体位移方向总跟加速度方向相反,物体远离平衡位置时,速度方向跟位移方向相同,物体向平衡位置运动时,速度方向跟位移方向相反,B 错误,C 正确;水平弹簧振子向平衡位置运动时,加速度方向跟速度方向相同,远离平衡位置时,加速度方向跟速度方向相反,D 错误.
3. D 解析:由于振动物体在平衡位置附近速度较大,因此四分之一周期内走过的路程不一定等于振幅,A 错误;周期指做简谐运动的物体完成一次全振动所用的时间,B 错误;一次全振动过程中,振动物体的位移为零,C 错误;振动物体一个周期内速度方向改变 2 次,频率为 50 Hz,1 s 内速度方向改变 100 次,D 正确.
4. C 解析:由题可知,小球的振幅 $A=5\text{ cm}$;小球完成一次全振动的路程 $s=4A=20\text{ cm}$. 故 C 正确,A、B、D 错误.
5. D 解析:弹簧振子的振幅为 0.1 m ,A 错误;周期为 $T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi}{2.5\pi}\text{ s}=0.8\text{ s}$,频率为 $f=\frac{1}{T}=1.25\text{ Hz}$,B 错误;在 $t=0.2\text{ s}$ 时,振动物体的位移 $y=0.1\sin 2.5\pi t\text{ m}=0.1\text{ m}$,振动物体在最大位移处,速度为零,C 错误;在任意 0.4 s 即半个周期内,振动物体通过的路程均为 $2A=0.2\text{ m}$,D 正确.
6. B 解析:在 $0.1\sim 0.2\text{ s}$ 内,振子由平衡位置向负的最大位移处运动,加速度增大,速度减小,振子的速度方向沿 x 轴负方向,A、C 错误,B 正确;在 $0.1\sim 0.2\text{ s}$ 内振子做减速运动,故在 0.15 s 时振子的位移大小不等于 2 cm ,D 错误.
7. D 解析:计时零点,振子加速度为零,对应振子在平衡位置,B、C 错误;振子向负方向运动,负向位移

应逐渐增大,A 错误,D 正确.

8. C 解析:它们的振幅分别是 4 cm 、 5 cm ,A 错误; ω 都是 $100\pi\text{ rad/s}$,所以周期 $(T=\frac{2\pi}{\omega})$ 都是 $\frac{1}{50}\text{ s}$,B 错误;由 $\Delta\varphi=(100\pi t+\frac{\pi}{3})-(100\pi t+\frac{\pi}{6})=\frac{\pi}{6}$ 得相位差恒定,C 正确; $\Delta\varphi\neq 0$,即振动步调不一致,D 错误.
9. C 解析:振子的加速度方向始终指向平衡位置,A 正确;若 $\Delta t=T$,则在 t 时刻和 $(t+\Delta t)$ 时刻振子的位移相同,加速度也相同,B 正确;从平衡位置再回到平衡位置,经历的时间最短为 $\frac{T}{2}$,弹簧的长度相等,C 错误;关于平衡位置对称的两个位置,振子的速度相等,弹簧的长度不一定相等,D 正确.
10. BD 解析:如果不是从平衡位置或最大位移处开始计时, $1\text{ s}=\frac{1}{4}T$ 内质点通过的路程不等于 2 cm ,A 错误;在 5 s 末,质点在最大位移处,速度为零,B 正确; $t=1.5\text{ s}$ 和 $t=2.5\text{ s}$ 两个时刻质点的位移方向相反,但速度方向相同,C 错误;质点的振动方程是 $x=2\sin\frac{\pi}{2}t\text{ cm}$,将 $t=1.5\text{ s}$ 和 $t=4.5\text{ s}$ 分别代入,得到质点的位移都是 $\sqrt{2}\text{ cm}$,则该段时间内质点通过的路程为 $(4+2\sqrt{2})\text{ cm}$,D 正确.
11. (1) 15 cm 3.6 s (2) 7.5 cm
- 解析:(1)A、B 之间的距离为 30 cm ,则振幅为 $A=\frac{1}{2}\times 30\text{ cm}=15\text{ cm}$
- 根据简谐运动的对称性可得 $\frac{T}{2}=(1.2+0.6)\text{ s}$
- 解得周期 $T=3.6\text{ s}$.
- (2)从平衡位置开始计时,则弹簧振子做简谐运动的表达式为 $x=A\sin\omega t\text{ cm}$
- $\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{5\pi}{9}\text{ rad/s}$,则 $x=15\sin\frac{5\pi}{9}t\text{ cm}$
- 由简谐运动的对称性知振子从 O 到 P 运动的时间 $t=0.3\text{ s}$,则振子在 P 点时相对平衡位置的位移大小 $x_P=15\sin\frac{5\pi}{9}\times 0.3(\text{cm})=7.5\text{ cm}$.

小测试(二十九) 简谐运动的回复力及能量

预习自评

1. (1)× (2)✓ (3)× (4)×

2. 正 减小 负 减小 负 增大 增大 减小

针对训练

1. D 解析:根据简谐运动的定义可知,物体做简谐运动时,回复力为 $F=-kx$, k 是比例系数,不一定是

弹簧的劲度系数, x 是物体相对平衡位置的位移, 不是弹簧长度, 因 x 是变化的, 回复力不可能是恒力, 故 A、C 错误; 回复力方向总是与位移方向相反, 根据牛顿第二定律, 加速度的方向也必定与位移方向总是相反, B 错误; 做简谐运动的物体每次经过平衡位置回复力一定为零, D 正确。

2. A 解析: 小球受重力、支持力和弹簧的弹力, 不受摩擦力, 回复力是效果力, 由弹簧弹力提供, 故 A 正确, B、C、D 错误。

3. B 解析: 当小球在平衡位置左侧 2 cm 处时, 受到的回复力是 8 N, 有 $F_1 = kx_1$; 当小球运动到平衡位置右侧 4 cm 处时, 受到的回复力为 $F_2 = kx_2$; 联立解得 $F_2 = 16$ N, 方向向左, 故加速度 $a = \frac{F_2}{m} = 8 \text{ m/s}^2$, 方向向左, 故 B 正确, A、C、D 错误。

4. B 解析: $t = 1.0$ s 时振子的速度为零, 加速度为负的最大值, A 错误; 在 $1.0 \sim 1.5$ s 内振子的速度增加, 加速度为负值, B 正确; 在 $2.0 \sim 2.5$ s 内振子的速度增加, 加速度为正值, C 错误; $t = 2.5$ s 时振子的速度最大, 加速度为 0, D 错误。

5. C 解析: 水平向右为正, $t = 0.5$ s 时小球处于正向位移最大处, 所以小球在 O 点右侧 10 cm 处, A 错误; $t = 0.25$ s 和 $t = 0.75$ s 时, 小球的速度大小相等, 方向相反, B 错误; $t = 0.25$ s 和 $t = 0.75$ s 时, 小球所受弹簧弹力指向平衡位置, 且形变量相同, 所以小球的加速度相同, C 正确; 小球运动过程中动能和弹性势能相互转化, $t = 0.5$ s 到 $t = 1.5$ s 过程中, 动能先增大后减小, 系统的弹性势能先减小后增大, D 错误。

6. C 解析: 弹簧对小球做正功的阶段, 小球速度增大; 理想弹簧振子机械能没有损失, 动能和弹性势能相互转化, 弹簧振子机械能不变, C 正确, A、B、D 错误。

7. B 解析: 电场力的冲量 $I = Ft = qEt$, 小球完成一次全振动的过程, 电场力的冲量不等于零, A 错误; 施加电场后, 小球做简谐运动, 在平衡位置有 $k \cdot \Delta x = qE$, 所以振幅 $A = \Delta x = \frac{qE}{k}$, 小球到达最右端时, 弹簧的形变量为振幅的 2 倍, 为 $\frac{2qE}{k}$, B 正确, C 错误; 小球运动过程中, 只有电场力和弹簧弹力做功, 对于弹簧和小球组成的系统, 电势能、弹性势能以及动能的总量守恒, D 错误。

8. D 解析: 由题图知, 振幅 $A = 8$ cm, 周期 $T = 4$ s, 5 s 内小球的路程为 $5A = 40$ cm, A 错误; 第 1 s 末和第 3 s 末小球的速度大小相等, 方向相反, $1 \sim 3$ s 内小球的动量变化量不为零, B 错误; 第 3 s 末, 小球处

于平衡位置, 弹簧处于伸长状态, 弹性势能不为零, C 错误; $t = 0$ 时, 小球的位移 $x = A$, 小球的加速度大小为 $a_1 = \frac{kA}{m}$, 弹簧振子的振动方程为 $x =$

$A \cos\left(\frac{\pi}{2}t\right)$, $t = 0.5$ s 时, $x = \frac{\sqrt{2}}{2}A$, 所以 $t = 0.5$ s 时

小球的加速度大小 $a_2 = \frac{\sqrt{2}kA}{2m}$, 因此 $t = 0$ 与 $t =$

0.5 s 时小球的加速度大小之比 $a_1 : a_2 = \sqrt{2} : 1$, D 正确。

9. C 解析: 小球在平衡位置时有 $k \cdot \Delta x = mg$, 小球在振动过程中, 在最高点时弹簧正好为原长, 因此振幅 $A = \Delta x = \frac{mg}{k}$, 在平衡位置时, 小球动能最大, 从最高点到平衡位置, 重力势能减少 mgA , 转化为动能和弹性势能, 故小球最大动能小于 mgA , A 错误; 在小球振动过程中, 小球动能、重力势能及弹簧的弹性势能三者总和保持不变, B 错误; 小球在最低点时, 动能为 0, 小球从最高点到最低点减少的重力势能全部转化为弹簧的弹性势能, 弹性势能最大为 $2mgA$, 此时弹簧弹力为 $k \cdot 2A = 2mg$, C 正确, D 错误。

10. B 解析: 木块在水中沿竖直方向做简谐运动, 故运动的速度 v 和相对平衡位置的位移 x 随时间 t 变化的关系图像都应该是正弦(余弦)函数图像, A 错误, B 正确; 木块做简谐运动的回复力由它受到的合力提供, 根据回复力表达式 $F_{\text{回}} = -kx$, 可知木块受到的合力 F 随位移 x 变化的图像应在第二、四象限, C 错误; x 增大, 木块速度减小, 动能减小, D 错误。

11. (1) $x = 0.2 \sin\left(5\pi t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ m}$ (2) $0.8 \text{ m} \quad -0.2 \text{ m}$

解析: (1) 由图像可得振子的周期为 $T = 0.4$ s, 振幅 $A = 0.2$ m, $\omega = \frac{2\pi}{T} = 5\pi \text{ rad/s}$, 该弹簧振子的位移随时间变化的关系式为 $x = 0.2 \sin\left(5\pi t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ m}$ 。

(2) 该弹簧振子在一次全振动过程中通过的路程为 $s = 4A = 4 \times 0.2 \text{ m} = 0.8 \text{ m}$; $6 \text{ s} = 15T$, 所以 $t = 6 \text{ s}$ 时振子的位移等于 $t = 0$ 时振子的位移, 为 -0.2 m 。

小测试(三十) 单摆

预习自评

1. (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\times$
2. $2T$

针对训练

- 1. B 解析:**单摆是一个理想化模型,其特点是悬挂小球的细线长度不可改变,细线的质量与小球的质量相比可忽略,小球的直径与细线的长度相比也可忽略,故 A 错误,B 正确;单摆只有在很小的摆角情况下做简谐运动,而在附加敲击力作用下,振动的回复力不再满足做简谐运动的条件,不是简谐运动,故 C、D 错误。
- 2. BC 解析:**摆球重力沿圆弧切线方向的分力提供单摆做简谐运动的回复力,A 错误,B 正确;速度变化的周期等于振动周期,C 正确;单摆振动的频率、周期与振幅无关,D 错误。
- 3. B 解析:**铁质摆球到达最高点时,将一块小磁铁轻轻吸附在摆球上,振幅不变,A 错误;摆球到达最低点时的速率设为 v ,有 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$,得 $v = \sqrt{2gh}$,由于 h 不变,所以 v 不变,C 错误;吸附小磁铁后,可视为摆球的质量增大,由 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 可知,其经过平衡位置时的动能增大,因此振动的能量增大,B 正确;由单摆的周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知,单摆摆长不变,则振动的周期不变,D 错误。
- 4. C 解析:**由题可知,行星表面的重力加速度 $g' = \frac{g}{4}$,由 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可得,摆钟在行星表面摆动的周期 T' 是在地球表面摆动周期 T 的两倍,因此时针转一圈经历的时间是 24 h,故 C 正确,A、B、D 错误。
- 5. A 解析:**相同时间内甲摆动 4 次时,乙恰好摆动 5 次,所以 $T_{\text{甲}} : T_{\text{乙}} = 5 : 4$,由 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 得 $l = \frac{gT^2}{4\pi^2} \propto T^2$,所以 $l_{\text{甲}} : l_{\text{乙}} = 25 : 16$,故 A 正确,B、C、D 错误。
- 6. C 解析:**先计算两球运动的周期, $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}} = 2\text{ s}$, $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}} = 1\text{ s}$,从 B 开始运动经 $\frac{T_2}{4}$,即 0.25 s 第一次相碰,并经 $\frac{T_1}{2}$,即 1 s 第二次相碰;再经 $\frac{T_2}{2}$,即 0.5 s 第三次相碰,可推证到第 5 次相碰共用时 3.25 s,到第六次相碰共用时 4.25 s,故经过 4 s 两球相碰的次数为 5 次,C 正确,A、B、D 错误。
- 7. C 解析:**单摆周期 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,与摆球质量无关,无法得到两摆球的质量关系,A 错误;由图可知两

单摆的周期相同,所以摆长相等,B 错误;由图可知两单摆的振幅满足 $A_{\text{甲}} = 2A_{\text{乙}}$, $x_{\text{甲}} = 2\sin\left(\frac{\pi}{4}t + \frac{\pi}{2}\right)\text{cm}$, $x_{\text{乙}} = \sin\frac{\pi}{4}t\text{cm}$,两单摆相位相差 $\frac{\pi}{2}$,C 正确;由于两个摆的初相位不同,只有从平衡位置或最大位移处开始计时,而且末位置也在平衡位置或最大位移处的情况下,经过相同时间,两摆球通过的路程才满足 $s_{\text{甲}} = 2s_{\text{乙}}$,否则不成立,D 错误。

- 8. C 解析:**单摆的摆长是悬点到小球重心的距离,开始时,重心在球心,水全部流完后,重心又回到球心,因此重心先降低后升高,摆长先变大后变小,由 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可得,周期先变大后变小,C 正确,A、B、D 错误。
- 9. B 解析:**对于丙球,根据自由落体运动规律有 $R = \frac{1}{2}gt_3^2$,得 $t_3 = \sqrt{\frac{2R}{g}}$;甲、乙两球的运动都可以看作单摆的摆动,运动周期均为 $T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$,甲、乙两球第一次到达点 O 时,都运动了 $\frac{1}{4}$ 个周期,则 $t_1 = t_2 = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{R}{g}}$,故丙先到,然后甲、乙同时到,B 正确,A、C、D 错误。
- 10. B 解析:**由题意可知,小球的运动可以看成单摆做简谐运动的一部分,等效重力加速度为 $g' = \frac{mg + qE}{m} = 2g$,则小球由 A 运动到 B 的时间为 $t = \frac{T}{4} = \frac{1}{4} \times 2\pi\sqrt{\frac{R}{2g}} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{R}{g}}$,B 正确,A、C、D 错误。

小测试(三十一) 实验:用单摆测量重力加速度

预习自评

- 1. D**
- 2. B 解析:**本实验不计摆线质量,并要测量摆长,且摆球大小可以忽略,所以摆线要细些,伸缩性小些,长度适当长些,A 错误;摆球尽量选择质量大、体积小的,这样摆线质量相对较小,可以忽略,空气阻力相对较小,B 正确;测量单摆周期时,应从摆球经过平衡位置时开始计时,C 错误;悬点到摆球球心的距离为单摆的摆长,D 错误。

针对训练

- 1. AC 解析:**根据 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,得 $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$,以摆球

直径和摆线长之和作为摆长来进行计算,则 l 偏大,测得的 g 偏大,A 正确;单摆所用摆球质量大小与测得的重力加速度的值无关,B 错误;把 $n-1$ 次全振动时间误当成 n 次全振动时间,则周期测量值偏小,重力加速度测量值偏大,C 正确;开始计时时,秒表过早按下,则测得的 T 偏大,则 g 测量值偏小,D 错误.

2. C 解析:单摆完成全振动的次数为 $\frac{n}{2} = 20$,单摆的周期为 $T = \frac{t}{20}$,C 正确,A、B、D 错误.

3. (1)丁 (2)ACE (3)摆球球心 (4) $\frac{t}{n}$ (5)见解析

解析:(1)重力加速度 g 的大小只由星球、纬度、高度决定,而与摆长和周期的大小无关;表达式 $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ 为计算式,可知 l 变化时, T^2 是变化的,但是 l 与 T^2 比值不变,故正确的是同学丁的观点.

(2)单摆模型中,摆球密度要大,体积要小,空气阻力的影响才小,小球视为质点,故要选择直径约 2 cm 的均匀铁球,长度 1 m 左右的细线,不能用橡皮绳,否则摆长会变化,停表可以控制开始计时和结束计时的时刻,还需要 ACE.

(3)摆长为悬点到球心之间的距离.

(4)根据题意可知,周期 $T = \frac{t}{n}$.

(5) g 比当地的重力加速度值大,根据表达式 $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ 可知,可能是周期偏小(即可能是振动次数 n 计多了或在计时的时候停表开始计时晚了)、可能是测得的摆长 l 偏大(从悬点量到了小球底部记为摆长).

4. (1)BD (2)D (3)偏大 解析:(1)摆线与竖直方向的夹角小于 5° 时,才可以认为摆球的运动为简谐运动,A 错误;细线上端应用铁夹子固定,防止松动引起摆长变化,B 正确;当小球运动到最低点时开始计时误差较小,C 错误;实验时应该测量小球自由下垂时摆线的长度,D 正确.

(2)根据 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 得, $T^2 = \frac{4\pi^2 L}{g}$,可知 T^2 与 L 成正比,故 D 正确,A、B、C 错误.

(3)实际的全振动次数为 29,按 30 次计算,则计算得到的周期测量值偏小,根据 $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$ 知,测得的重力加速度偏大.

5. (1) $\frac{4\pi^2 n^2 (L_0 + \frac{d}{2})}{t^2}$ (2) $\frac{4\pi^2}{k}$ (3)② (4)9.77

解析:(1)单摆的周期 $T = \frac{t}{n}$,摆长 $L = L_0 + \frac{d}{2}$

根据 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 可得 $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} = \frac{4\pi^2 (L_0 + \frac{d}{2})}{(\frac{t}{n})^2} = \frac{4\pi^2 n^2 (L_0 + \frac{d}{2})}{t^2}$.

(2)根据 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 可得 $T^2 = \frac{4\pi^2}{g} L$, $T^2 - L$ 图像的斜率 $k = \frac{4\pi^2}{g}$,解得 $g = \frac{4\pi^2}{k}$.

(3)如果测量摆长时忘了加上摆球的半径,而 $T^2 = \frac{4\pi^2}{g} (L + \frac{d}{2})$,则 $T^2 - L$ 图像将不过原点,纵轴截距大于零,且与直线 OM 相比斜率不变,故图像应为②.

(4)单摆摆球摆到最低点时速度最大,线上拉力最大,两次拉力最大的时间间隔为半个周期,所以单摆的周期为 $T = 2$ s,根据 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 可得 $g = \frac{4\pi^2 L_1}{T^2} = \frac{4 \times 9.87 \times 0.99}{2^2} \text{ m/s}^2 \approx 9.77 \text{ m/s}^2$.

6. (1)③ (2) $\frac{b}{a}$

解析:(1)由于实际摆长是悬点到球心的距离,故计算摆长时应该用圆弧面半径 R 减去球的半径 r ,故步骤③中存在错误;根据单摆周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$,摆长测量值偏大,故重力加速度的测量值也偏大.

(2)根据单摆周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$,可得 $T = 2\pi\sqrt{\frac{R-r}{g}}$,变形得到 $r = -g \frac{T^2}{4\pi^2} + R$,由表达式可知 $r - \frac{T^2}{4\pi^2}$ 图线的斜率为 $-g$,故斜率的绝对值表示 g ;结合图线,重力加速度等于斜率的绝对值,即 $g = \frac{b}{a}$.

小测试(三十二) 阻尼振动 受迫振动

预习自评

1. (1)✓ (2)× (3)× (4)×

2. A f f

针对训练

1. D 解析:单摆做阻尼振动,因不断克服空气阻力做功使机械能转化为其他形式的能,但是在振动过程中,动能和势能仍不断相互转化,单摆在从最大位

移处向平衡位置运动的过程中,后一时刻的动能大于前一时刻的动能,故 A、B 错误;做阻尼振动的物体,频率由系统自身的性质决定,与振幅无关,所以其频率不变,故 C 错误,D 正确.

2. B 解析:由于存在空气阻力,振动系统在振动过程中机械能逐渐减小,转化为内能,振幅逐渐减小,而振动系统的振动周期与本身结构有关,为固有周期,故周期不变,B 正确,A、C、D 错误.

3. D 解析:由于弹簧振子做阻尼振动,所以 A 时刻的机械能大于 B 时刻的机械能,故 C 错误,D 正确;由于弹簧的弹性势能仅与弹簧的形变量(即振子的位移)有关,A、B 时刻弹簧的形变量相等,势能相等,B 错误;通过上述分析可知振子在 A 时刻的动能大于 B 时刻的动能,A 错误.

4. B 解析:受迫振动是振动系统在驱动力作用下的振动,故只有 B 是受迫振动. A、C 是阻尼振动,D 是简谐运动. 故本题选 B.

5. B 解析:超声波洁牙机利用超声波带动工作头产生高频振动,工作头的振动频率和超声波的频率相等,工作头的振动频率与牙结石固有频率越接近,牙结石振幅越大,越容易脱落,A、C 错误,B 正确;牙结石的固有频率与工作头是否振动无关,D 错误.

6. C 解析:受迫振动的频率等于驱动力的频率,当系统的固有频率等于驱动力的频率时,系统达到共振,振幅最大. 故 A、B 两个单摆都做受迫振动,频率为 $5f$,A 摆的固有频率接近驱动力的频率,则 A 摆的振幅较大,故 C 正确,A、B、D 错误.

7. B 解析:支架受到竖直方向且频率为 9 Hz 的驱动力做受迫振动时,甲、乙两个弹簧振子都做受迫振动,它们的振动频率都等于驱动力的频率,即 9 Hz ,由于甲的固有频率接近驱动力的频率,所以甲的振幅较大,故 B 正确,A、C、D 错误.

8. CD 解析:若使 M 振动起来,其他小球也会振动,做受迫振动,A 错误;受迫振动的周期等于驱动力的周期,B 错误;若使 P 振动起来,由于 M 的固有周期与驱动力的周期相同,M 发生共振,稳定时 M 比 N 的振幅大,C 正确;O 的周期为 3 s ,使 O 振动起来,M 做受迫振动,则稳定时 M 的振动周期为 3 s ,D 正确.

9. B 解析:由图可知,此单摆的固有频率 $f = 0.5\text{ Hz}$,周期为 $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.5}\text{ s} = 2\text{ s}$,由 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 得摆长 $l = \frac{gT^2}{4\pi^2} \approx 1\text{ m}$,A 错误,B 正确;若摆长增加,单摆的固有周期增大,固有频率减小,共

振曲线的峰将向左移动,C、D 错误.

10. D 解析:若两次受迫振动分别在月球上和地球上进行,因为图线 I 对应单摆的固有频率较小,则固有周期较大,根据 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知,该单摆对应的重力加速度小,则图线 I 是月球上单摆的共振曲线,A 错误;若两次受迫振动均在地球上同一地点进行,则重力加速度相等,由图知它们的固有频率之比为 $2:5$,则固有周期之比为 $5:2$,根据 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 知摆长之比 $l_I:l_{II} = 25:4$,B 错误;若图线 II 是在地球表面上完成的,对应单摆的固有频率为 0.5 Hz ,则由 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,可解得摆长 $l \approx 1\text{ m}$,故 C 错误,D 正确.

11. (1) 6.3 cm (2) 5 个

解析:(1) 当汽车的振动频率等于人的固有频率

$$\text{时}, f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} = 2\text{ Hz}$$

代入数据解得 $l \approx 6.3\text{ cm}$;

(2) 发生共振时,人感觉最难受,设此时乘车人数为 n ,则 $Mg + nmg = kl$

代入数据解得 $n \approx 5$.

小测试(三十三) 机械波的形成和传播

预习自评

1. (1) $\checkmark$ (2) $\times$ (3) $\checkmark$ (4) $\times$ (5) $\times$ (6) $\checkmark$

2. 向上 向下

针对训练

1. A 解析:有机机械波一定有机机械振动,有机机械振动不一定有机机械波,还需要传播振动的介质,故 A 正确,B 错误;振动形式在介质中传播形成波,C 错误;波源停止振动,但机械波不会立即消失,而是继续向前传播,直到能量消耗完为止,D 错误.

2. A 解析:机械振动在介质中的传播形成机械波,必须具备两个条件:有波源和介质,A 正确;波源做简谐运动形成的波中,各质点的振动情况不完全相同,但均做简谐运动,B 错误;波动过程是传播的振动这种运动形式,质点不随波迁移,C 错误;机械波向右传播时,左方的质点比右方的质点早一些振动,D 错误.

3. D 解析:由于机械波依靠介质传播,如果波源停止振动,已经振动的质点,由于惯性还要振动一会儿,所以形成的波不会立即停止传播,A 错误;机械波是机械振动在介质中传播的过程,有机机械振动不一定有机机械波,还必须有机传播振动的介质,B 错误;波在介质中传播的过程,不是介质质点由近及远的传

播过程,而是质点的振动形式及能量由近及远的传播过程,故C错误,D正确。

4. D 解析:波传播的是振动这种运动形式,各质点在各自平衡位置附近往复运动,不随波向前移动,故A、B、C错误,D正确。

5. ABC 解析:质点的振动方向和波的传播方向垂直的波叫横波,A正确;质点的振动方向与波的传播方向在同一直线上的波叫纵波,B正确;横波有波峰和波谷,纵波有密部和疏部,C正确;地震波有横波也有纵波,空气中的声波是纵波,D错误。

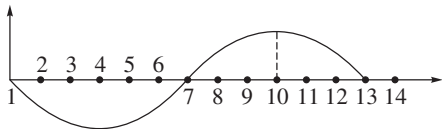
6. A 解析:对于横波,质点的振动方向与波的传播方向垂直;对于纵波,质点的振动方向与波的传播方向在同一直线上,质点的运动方向与波的传播方向有时相同,有时相反,故A正确,B错误;不论形成纵波或横波的质点,都不随波一起迁移,C错误;空气介质不仅仅能传播纵波,横波也能传播,D错误。

7. A 解析:由于波源带动后面的质点依次振动,后面的质点总是重复前面质点的振动状态,根据波向左传播可判断质点Q的起振方向向上,故质点P的起振方向也向上,且每个质点的振动方向与波的传播方向垂直,故此波为横波,故A正确,B、C、D错误。

8. B 解析:绳波是机械波,机械波的传播需要介质,A错误;由“带动法”知,Q点的起振方向朝上,所以波源P点的起振方向朝上,B正确,D错误;由于波向左传播,绳中质点带动左侧相邻的质点振动,C错误。

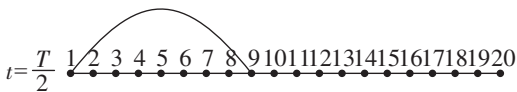
9. D 解析:波传播时,离波源远的质点的振动落后于离波源近的质点的振动,并跟随着近的质点振动,D跟随C向上运动,F跟随E向下运动,同理,A向下运动,C向上运动,由此可知B、C错误;由于此时B和C都向上运动,故B比C先到达最大位移处,并先回到平衡位置,A错误,D正确。

10. B 解析:当振动传播到质点13时,质点1恰好完成一次全振动,故质点1~13间波形如图所示,此时质点10处于正向最大位移处,其回复力最大,加速度也最大,速度为零,故B正确,A、C、D错误。

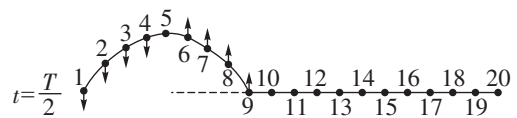


11. C 解析:依波传播的特点, $t = \frac{T}{8}$ 时,质点3开始向上运动, $t = \frac{T}{4}$ 时,质点3的速度方向向上,故A、B错误;当 $t = \frac{T}{2}$ 时,波形如图所示。由图可知质

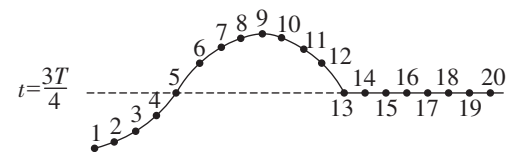
点8的加速度正在增大,位移正在增大,故C正确,D错误。



12. 见解析 解析:(1) $t=0$ 时,质点1开始向上运动, $t = \frac{T}{4}$ 时,质点1到达最上方,质点5开始向上运动,所以在 $t = \frac{T}{2}$ 时,质点5到达最上方,质点9开始向上运动,各质点在 $t = \frac{T}{2}$ 的情况如图所示(图中箭头表示质点振动方向),则 $t = \frac{T}{2}$ 时,质点3在平衡位置上方,向下振动;质点7在平衡位置上方,向上振动;质点10未振动。



- (2) $t = \frac{3T}{4}$ 时,质点9到达最上方,质点13开始向上运动,绳上波形如图所示



小测试(三十四) 波速与波长、频率的关系

预习自评

1. AC 解析:一切波均满足 $v = \lambda f$,A正确;机械波的波速由介质决定,与频率、波长无关,故B、D错误;同一列波在不同介质中传播,频率不变,波速和波长改变,C正确。

2. 2 1.0 5.0 5.0

针对训练

1. D 解析:同种机械波在介质中的传播速度由介质本身的性质决定,故A、B错误;在一个周期内,振动质点走过的路程等于4倍振幅,不一定等于一个波长,C错误;由 $T = \frac{1}{f}$ 可知,频率越高,周期越小,即波传播一个波长距离所用的时间越短,D正确。
2. B 解析:一列机械波的频率是由波源决定的,波速由介质决定,声波由空气进入水中,波速变大,频率不变,由 $v = \lambda f$ 得,波长变长。故B正确,A、C、D错误。
3. D 解析:波在同一绳中传播,波速不变。当人的手振动频率加快时,波的频率增大,由 $v = \lambda f$ 分析知此波的波长变小,故A、B、C错误,D正确。

4. C 解析:女高音和男中音在同一介质中传播,因而波速相同,A、B均错误;音调高即频率高,故 $f_1 > f_2$;再由 $v = \lambda f$,因 v 相同,所以 $\lambda_1 < \lambda_2$,C正确,D错误.

5. C 解析:由题图可以看出,三列波的波长不同,波的传播距离: $x_A = x_B > x_C$,由波速 $v = \frac{x}{t}$ 知 $v_A = v_B > v_C$,A、B错误;由题图可知,相同时间内,绳A中振源完成4次全振动,绳B中振源完成1.5次全振动,绳C中振源完成2次全振动,所以绳A中质点振动的频率最大,周期最小,故C正确,D错误.

6. BC 解析:因 $t=0$ 时刻波传到P点,可知质点P开始振动的方向沿y轴正方向,A错误; $t=0.1$ s时质点P第一次出现在波峰位置,可知波形1对应的周期 $T_1=0.4$ s,波长 $\lambda_1=4$ m,则波形1对应的波速为 $v_1 = \frac{\lambda_1}{T_1} = 10$ m/s,B正确;波在同种介质中传播的速度相同,则波形2对应的波速为 $v_2=10$ m/s,波长 $\lambda_2=2$ m,波形2对应的周期为 $T_2 = \frac{\lambda_2}{v_2} = 0.2$ s,故C正确,D错误.

7. C 解析:木块的上下运动反映了木块所在位置水面质点的振动情况,可知波传播方向上的质点每分钟完成30次全振动,因此其周期为 $T = \frac{60}{30}$ s = 2 s,D错误;频率为 $f = \frac{1}{T} = 0.5$ Hz,A错误;又因为甲在波谷时,乙在波峰,且两木块之间有一个波峰,所以 $3 \text{ m} = \frac{3}{2}\lambda$,解得波长为 $\lambda=2$ m,B错误;根据波长、波速、周期间的关系可知,这列水面波的波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = 1$ m/s,C正确.

8. A 解析:由题意知,每条小船每分钟上下浮动25次,则每秒钟振动 $\frac{5}{12}$,则波的频率 $f = \frac{5}{12}$ Hz,甲船位于波峰时,乙船在波谷,两船之间还有两个波谷,则两船之间的距离为2.5个波长,即 $\lambda = \frac{30}{2.5}$ m = 12 m,则波速为 $v = \lambda f = 5$ m/s,故A正确,B、C、D错误.

9. (1)0.4 s (2)5 m/s (3)1 s 解析:(1)该波沿x轴正方向传播,由“同侧法”可知,质点P在0时刻向下振动,由题意可得 $t_2 = 0.7 \text{ s} = 1\frac{3}{4}T$ 故此波的周期为 $T=0.4$ s.

(2)由波形图可知,该列波的波长为2 m,则此波的波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = 5$ m/s.

(3)离Q点最近的波峰在 $x=1$ m处,该波峰传播到Q点的时间为 $t_3 = \frac{\Delta x}{v} = \frac{6-1}{5}$ s = 1 s.

小测试(三十五) 波的图像

预习自评

1. (1)✓ (2)✓ (3)✓

2. A 解析:由图像可知质点b此时位于平衡位置,故其位移为零,A正确;在质点b附近靠近波源一侧的质点b'在x轴上方,根据“带动法”,可知此刻质点b向y轴正方向运动,B错误;简谐横波在介质中传播时,介质中各质点振幅都相同,C错误;经过 $\frac{T}{2}$,质点a运动到负向最大位移处,其通过的路程为2A,即4 cm,位移为-2 cm,D错误.

针对训练

1. C 解析:在波动曲线中纵坐标y表示各质点偏离平衡位置的位移,A错误;A、C速度方向相反,H、F速度方向相同,B错误;简谐波中各质点都做简谐运动,振幅都等于波源的振幅,故C正确,D错误.

2. C 解析:由同侧法可知质点P的振动形式传到了Q点,且Q振动方向向上,则P点从平衡位置刚开始振动时,振动方向朝上,故C正确,A错误;由图可知,从P点到Q点为1.5个波长,则经历了1.5个周期,则此时质点P已完成1.5个全振动,B错误;当质点P停止振动时,波会继续向左传播,绳上的波不会立即消失,D错误.

3. C 解析:由“上下坡”法可知,波只有向左传播,此刻质点F的运动方向才向下,同理,质点D的运动方向也向下,而质点A、B、H的运动方向向上,质点F、H相对各自平衡位置的位移相同,由 $a = -\frac{kx}{m}$ 可知,两质点的加速度相同,D错误;因质点C直接从最大位移处回到平衡位置,即 $t_C = \frac{T}{4}$,而质点B要先运动到最大位移处,再回到平衡位置,故 $t_B > \frac{T}{4} = t_C$,C正确.

4. D 解析:质点b起振比质点a早,根据上下坡法可知波沿x轴负方向传播,A错误;根据平移法可知,该时刻质点P正沿y轴负方向运动,B错误;由图中质点b的起振时刻比质点a超前了0.2 s,可知周期是0.4 s,频率是周期的倒数,所以这列波的频率 $f=2.5$ Hz,C错误;从图中可知波长 $\lambda=4$ m,波速 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{4}{0.4}$ m/s = 10 m/s,D正确.

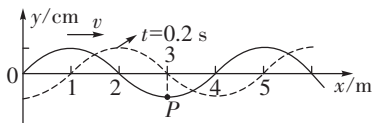
5. A 解析:波沿x轴正方向传播,由带动法知,C点

向上运动, D 点向下运动, C 比 D 先回到平衡位置, A 正确; 由题中条件知波源起振方向向下, B 错误; A 、 B 两点速度大小相同, 方向相反, C 错误; B 、 C 两点加速度大小相同, 方向均指向平衡位置, 方向相反, D 错误。

6. **D 解析:** 由题意可知, P 位于波峰时, Q 位于波谷, 故两点平衡位置间距 $0.15 \text{ m} = \frac{\lambda}{2} + n\lambda (n=0, 1, 2, \dots)$, 所以波长 $\lambda = \frac{0.30}{1+2n} \text{ m} (n=0, 1, 2, \dots)$, 当 $n=0$ 时, $\lambda=0.30 \text{ m}$; 当 $n=1$ 时, $\lambda=0.10 \text{ m}$, 故 D 正确, A 、 B 、 C 错误。

7. **ACD 解析:** 由题图可知, 波长为 $\lambda=8 \text{ m}$, 波速为 $v=40 \text{ m/s}$, 则 $T=\frac{\lambda}{v}=\frac{8}{40} \text{ s}=0.2 \text{ s}$, 因在 $t=0$ 时刻波刚好传播到 $x=13 \text{ m}$ 处, 则在 $t=0.45 \text{ s}$ 时, 波向前传播了 $2\frac{1}{4}$ 个波形, 所以平衡位置为 $x=9 \text{ m}$ 处的质点此时处于波谷, 则质点的位移为 -5 cm , 平衡位置为 $x=11 \text{ m}$ 处的质点处于平衡位置且沿 y 轴负方向运动, 则位移为 0 , 因在 $t=0.45 \text{ s}$ 时, 波向前传播了 $2\frac{1}{4}$ 个波形, 所以波向前传播的距离为 $\Delta x = \frac{9}{4}\lambda = 18 \text{ m}$, 因此该波刚好传播到 $x=31 \text{ m}$ 处, 故 A 、 C 、 D 正确, B 错误。

8. **D 解析:** 任意振动质点连续两次通过平衡位置所用时间为半个周期, 即 $\frac{1}{2}T=0.4 \text{ s}$, 则 $T=0.8 \text{ s}$, $f=\frac{1}{T}=1.25 \text{ Hz}$, B 错误; 由题图知该波的波长 $\lambda=4 \text{ m}$, 则波速 $v=\frac{\lambda}{T}=5 \text{ m/s}$, A 错误; 画出 $t=0.2 \text{ s}$ 时的波形图如图所示, 因 $15 \text{ m}=3\lambda+\frac{3}{4}\lambda$, 故平衡位置为 $x=15 \text{ m}$ 的质点与平衡位置为 $x=3 \text{ m}$ 处的质点振动情况一样, 即恰好位于平衡位置, C 错误; 因 $22 \text{ m}=5\lambda+\frac{1}{2}\lambda$, 故平衡位置为 $x=22 \text{ m}$ 处的质点与平衡位置为 $x=2 \text{ m}$ 处的质点振动情况一样, 即在波峰位置, D 正确。



9. **ABD 解析:** 波的周期为 $T=\frac{\lambda}{v}=0.12 \text{ s}$, 在 $0\sim 0.06 \text{ s}$ 时间内 $x=0.2 \text{ m}$ 处的质点运动的路程为两倍振幅, 即 0.4 m , A 正确; 波传播到 $x=3.6 \text{ m}$ 处需

要时间为 $\frac{3.6 \text{ m}-1.2 \text{ m}}{10 \text{ m/s}}=0.24 \text{ s}$, 则 $t=0.33 \text{ s}$ 时,

$x=3.6 \text{ m}$ 处的质点振动时间为 $\Delta t=0.33 \text{ s}-0.24 \text{ s}=0.09 \text{ s}=\frac{3}{4}T$, 第一次到达波峰, B 正确; $x=3.3 \text{ m}$ 处与 $x=0.3 \text{ m}$ 处相距 3 m , $3 \text{ m}=\frac{5}{2}\lambda$, 所以当 $x=3.3 \text{ m}$ 处质点位于波峰时, $x=0.3 \text{ m}$ 处质点恰好位于波谷, C 错误; $t=0$ 时刻 $x=0.1 \text{ m}$ 处质点振动方向向下, 初相位为 $\frac{5}{6}\pi$, 所以 $x=0.1 \text{ m}$ 处质点的振动方程为 $y=0.2\sin\left(-\frac{2\pi}{0.12}t+\frac{5\pi}{6}\right) \text{ m}$, D 正确。

10. **BCD 解析:** 若振源 O 起振方向沿 $+y$ 方向, 当波传播到 $x=12 \text{ m}$ 处的质点时, 质点沿 $+y$ 方向振动, 经过 $\frac{3}{4}T$ 到达图示位置, 故图中 $x=12 \text{ m}$ 处的质点已经振动 $\frac{3}{4}$ 周期; 若振源 O 起振方向沿 $-y$ 方向, 当波传播到 $x=12 \text{ m}$ 处的质点时, 质点沿 $-y$ 方向振动, 经过 $\frac{1}{4}T$ 到达图示位置, 故图中 $x=12 \text{ m}$ 处的质点已经振动 $\frac{1}{4}$ 周期, 可知 A 错误; 由于波沿 x 轴正方向传播, $t=0.9 \text{ s}$ 时, 根据平移法可知 $x=2 \text{ m}$ 处的质点振动方向沿 y 轴向上, B 正确; 若振源 O 起振方向沿 $+y$ 方向, 则有 $\frac{3}{2}T+\frac{3}{4}T=0.9 \text{ s}$, 可得周期为 $T=0.4 \text{ s}$; 若振源 O 起振方向沿 $-y$ 方向, 则有 $\frac{3}{2}T+\frac{1}{4}T=0.9 \text{ s}$, 可得周期为 $T=\frac{18}{35} \text{ s}$, C 正确; 由图可得波长为 $\lambda=8 \text{ m}$, 若振源 O 起振方向沿 $+y$ 方向, 波速为 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{8}{0.4} \text{ m/s}=20 \text{ m/s}$; 若振源 O 起振方向沿 $-y$ 方向, 波速为 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{8}{\frac{18}{35}} \text{ m/s}\approx 15.6 \text{ m/s}$, D 正确。

11. (1) 沿 y 轴负方向 (2) 1.9 s (3) 60 cm

解析: (1) 振动从原点向右传播, 由题图可知, $x=20 \text{ cm}$ 处质点的起振方向沿 y 轴负方向, 则质点 P 起振时的速度方向沿 y 轴负方向。

(2) 由题意可知, 经过 0.4 s , 振动从原点向右传播 20 cm , 得波速 $v=\frac{x}{t}=50 \text{ cm/s}$ 。

由题图可知, 此时 $x=5 \text{ cm}$ 处的质点第一次达到波峰, $x=5 \text{ cm}$ 处质点的振动状态传到 P 点时波

传播的距离 $x' = 75 \text{ cm}$.

则质点 P 第一次到达波峰所需的时间 $t' = \frac{x'}{v} + 0.4 \text{ s} = 1.9 \text{ s}$.

(3)由题图所示时刻开始计时,至质点 P 第一次到达波峰,这段时间内波形平移了 75 cm ,则所需时间 $t_2 = 1.5 \text{ s}$,则 $1.5 \text{ s} = \left(3 + \frac{3}{4}\right)T$,波源通过的路程为 $\left(3 + \frac{3}{4}\right) \times 4A = 60 \text{ cm}$.

专题卷(八) 振动与波动的综合应用

针对训练

1. BD 解析:由题图甲得到该波的波长为 $\lambda = 8 \text{ m}$,由题图乙得到该波的周期为 $T = 0.2 \text{ s}$,所以波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{8}{0.2} \text{ m/s} = 40 \text{ m/s}$,故 A 错误,B 正确; $t = 0.1 \text{ s}$ 时,Q 点处在平衡位置,且向下振动,根据同侧法可知该波沿 x 轴负方向传播,C 错误;根据振动规律可知, $t = 0.4 \text{ s}$ 时,质点 P 的速度方向向下,故 D 正确.

2. B 解析:因横波沿 x 轴正方向传播,经 $\frac{3}{4}$ 周期振动到平衡位置的质点为平衡位置在 b 、 d 处的质点,该时刻平衡位置在 b 处的质点的振动方向沿 y 轴负方向,平衡位置在 d 处的质点的振动方向沿 y 轴正方向,故题图乙可能为平衡位置在 b 处的质点的振动图像,故 B 正确,A、C、D 错误.

3. D 解析:由题图甲知波长 $\lambda = 8 \text{ m}$,由题图乙知周期 $T = 4 \text{ s}$,波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = 2 \text{ m/s}$,A 错误;由题图乙, $t = 0$ 时刻,质点 P 沿 y 轴正方向运动,结合题图甲,可知该波沿 x 轴负方向传播,B 错误;质点 P 并不沿波传播的方向运动,只是上下振动,C 错误; 2 s 为半个周期, $t = 2 \text{ s}$ 时质点 P 回到初始位置, $0 \sim 2 \text{ s}$ 内它的位移为零,运动的路程为 $2A = 2 \times 2.5 \text{ cm} = 5 \text{ cm}$,D 正确.

4. CD 解析:由题图乙读出 $t = 0.6 \text{ s}$ 时刻质点 A 的速度方向沿 y 轴负方向,由题图甲判断出该波沿 x 轴正方向传播,A 错误;由题图甲读出该波的波长为 $\lambda = 20 \text{ m}$,由题图乙可知周期为 $T = 1.2 \text{ s}$,则波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{50}{3} \text{ m/s}$,B 错误;因为 $\Delta t = 0.9 \text{ s} = \frac{3}{4}T$, $t = 0.6 \text{ s}$ 时质点 A 位于平衡位置,经过 $\Delta t = 0.9 \text{ s}$,质点 A 通过的路程是 $s = 3A = 6 \text{ cm}$,C 正确;题图甲所示时刻质点 P 沿 y 轴正方向运动,质点 Q 沿 y 轴负方向运动,此时 P 、 Q 两质点的位移均为 -1 cm ,

故质点 P 经过 $\frac{T}{12}$ 回到平衡位置,质点 Q 经过 $\frac{T}{4} + \frac{T}{6}$ 回到平衡位置,故质点 P 比质点 Q 早 $\frac{T}{4} + \frac{T}{6} - \frac{T}{12} = \frac{T}{3} = 0.4 \text{ s}$ 回到平衡位置,D 正确.

5. B 解析:根据图乙知, $t = 0.1 \text{ s}$ 时,质点 Q 经平衡位置将向下振动,对照图甲,由带动法可知,这列波沿 x 轴正方向传播,A 错误;根据图乙,波的周期为 $T = 0.2 \text{ s}$,根据图甲知, $t = 0.1 \text{ s}$ 时质点 P 向下振动,到 $t = 0.25 \text{ s}$,历时 $\Delta t = 0.25 \text{ s} - 0.1 \text{ s} = 0.15 \text{ s} = \frac{3}{4}T$,质点 P 的位移为正且向上振动,其速度方向沿 y 轴正方向,B 正确;从 $t = 0.1 \text{ s}$ 到 $t = 0.25 \text{ s}$,历时 $\frac{3}{4}T$,质点 Q 从平衡位置运动到波峰,其位移大小为 10 cm ,C 错误;波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{12}{0.2} \text{ m/s} = 60 \text{ m/s}$,根据图甲知,波峰从 $x = 1.5 \text{ m}$ 处传到 $x = 3 \text{ m}$ 处用时 $\frac{3-1.5}{60} \text{ s} = 0.025 \text{ s}$,则 $t = 0.1 \text{ s}$ 前质点 P 到达波峰的时刻为 $t = 0.1 \text{ s} - 0.025 \text{ s} = 0.075 \text{ s}$,所以从 $t = 0$ 时刻开始计时,质点 P 到达波峰的时刻为 $0.075 \text{ s} + nT = (0.075 + 0.2n) \text{ s} (n = 0, 1, 2, \dots)$,D 错误.

6. C 解析:两个质点的振动情况总是相反,则有 $x_2 - x_1 = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda (n = 0, 1, 2, \dots)$,波长 $\lambda = \frac{2(x_2 - x_1)}{2n+1} = \frac{20}{2n+1} \text{ m} (n = 0, 1, 2, \dots)$,由于 n 为整数,波长不可能为 1 m ,A 错误;由图像得周期 $T = 4 \text{ s}$,所以频率为 $f = \frac{1}{T} = 0.25 \text{ Hz}$,B 错误;波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{5}{2n+1} \text{ m/s} (n = 0, 1, 2, \dots)$,当 $n = 0$ 时, $v = 5 \text{ m/s}$,为最大速度,C 正确,D 错误.

7. BC 解析:因 $T > 0.02 \text{ s}$,若波向右传播,则波传播的距离 $x_1 = 0.02 \text{ m}$,则波速 $v_1 = \frac{x_1}{t} = \frac{0.02}{0.02} \text{ m/s} = 1 \text{ m/s}$;若波向左传播,则波传播的距离 $x_2 = 0.06 \text{ m}$,则波速 $v_2 = \frac{x_2}{t} = \frac{0.06}{0.02} \text{ m/s} = 3 \text{ m/s}$,故 B、C 正确,A、D 错误.

8. AC 解析:由于波源在 O 点处, x 轴正半轴的波向右传播,则将波形图向右微平移,可知 $x = 1 \text{ m}$ 处的质点向上运动,A 正确; t_0 时刻, $x = -2 \text{ m}$ 处的质点与 $x = 2 \text{ m}$ 处的质点运动方向相同,运动方向向下,B 错误;波的周期为 $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10} \text{ s} = 0.1 \text{ s}$,则从 t_0

到 $t_0 + 0.175 \text{ s}$ 时刻, 经过了 $1\frac{3}{4}T$, $x = -1 \text{ m}$ 处的质点处于波谷, C 正确; $t_0 - 0.025 \text{ s}$ 时刻在 t_0 时刻之前 $\frac{1}{4}T$, $x = 1 \text{ m}$ 处的质点处于波谷位置, D 错误.

9. D 解析: N、Q 两质点平衡位置间的距离为 $\frac{\lambda}{2}$, 两质点振动情况总是相反, A 错误; 由题意, 波长为 $\lambda = 4 \text{ m}$, 根据波沿 x 轴正方向传播可得 $s = (n\lambda + 1) \text{ m} = (4n + 1) \text{ m} (n = 0, 1, 2, 3, \dots)$, 则波速 $v = \frac{s}{t_2 - t_1} = (20n + 5) \text{ m/s} (n = 0, 1, 2, 3, \dots)$, 则波速不可能为 24 m/s , B 错误; 振动的各质点只是在平衡位置上下振动, 不随波的传播而移动, C 错误; 从 t_2 时刻起, 质点 M 处于波峰时波向 x 轴正方向传播的距离为 $s' = n'\lambda + 3.5 \text{ m} = (n' + \frac{7}{8})\lambda (n' = 0, 1, 2, 3, \dots)$, 由 $t_2 = (n + \frac{1}{4})T$, 解得 $T = \frac{4t_2}{4n + 1} = \frac{0.8}{4n + 1} \text{ s} (n = 0, 1, 2, 3, \dots)$, 则有 $\Delta t = \frac{s'}{v} = \frac{8n' + 7}{40n + 10} \text{ s}$, 故当 $n = 0, n' = 0$ 时 $\Delta t = 0.7 \text{ s}$, 故 D 正确.

10. A 解析: 由图读出, 该波的振幅为 $A = 10 \text{ cm}$, A 错误; 由图看出, 在 $t = 0$ 时刻, 质点 b 经过平衡位置向上运动, 质点 a 位于波谷, 波由 a 向 b 传播, 结合波形得到 a 、 b 间距离与波长的关系为 $\Delta x = 10.5 \text{ m} = (n + \frac{3}{4})\lambda (n = 0, 1, 2, \dots)$, 得 $\lambda = \frac{42}{4n + 3} \text{ m} (n = 0, 1, 2, \dots)$; 当 $n = 0$ 时, $\lambda = 14 \text{ m}$, 波速 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{21}{8n + 6} \text{ m/s} (n = 0, 1, 2, \dots)$; 当 $n = 1$ 时, $v = 1.5 \text{ m/s}$, 故 B、C 正确; 该波由 a 传播到 b 的时间为 $t = (n + \frac{3}{4})T = (4n + 3) \text{ s} (n = 0, 1, 2, \dots)$; 当 $n = 2$ 时, t 等于 11 s , D 正确.

11. (1) 2 m (2) 16 cm (3) 见解析图

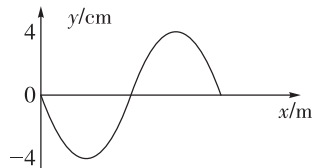
解析: (1) 由题知图甲为波源振动图像, 则可知 $A = 4 \text{ cm}$, $T = 4 \text{ s}$

由于波的传播速度为 0.5 m/s , 根据波长与波速关系有 $\lambda = vT = 2 \text{ m}$.

(2) 由(1)可知波源的振动周期为 4 s , 则 4 s 内波源通过的路程为 $s = 4A = 16 \text{ cm}$.

(3) 由题图可知在 $t = 0$ 时波源的起振方向沿 y 轴正方向, 由于波速为 0.5 m/s , 则在 4 s 时根据 $x = vt = 2 \text{ m}$, 可知该波刚好传到位置为 2 m 的质点处, 且波源刚好回到平衡位置, 且该波沿 x 轴正方向

传播, 则根据“上下坡法”可绘制出 $t = 4 \text{ s}$ 时刻的波形图如图所示.



12. 见解析 解析: (1) 由题图甲可知周期 $T = 6.0 \text{ s}$, 且质点 N 在 $t = 3.0 \text{ s}$ 时刻向下运动; 由题图乙可知 $\lambda = 8 \text{ m}$, 且波沿 x 轴负方向传播, 故波速大小 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{4}{3} \text{ m/s}$, 方向沿 x 轴负方向.

(2) 由波沿 x 轴负方向传播可知, Δt 时间内波传播的距离为 $x = (n + \frac{7}{8})\lambda (n = 0, 1, 2, \dots)$

所以, 时间 $\Delta t = nT + \frac{7}{8}T = (6n + \frac{21}{4}) \text{ s} (n = 0, 1, 2, \dots)$.

(3) 从实线时刻算起, 质点 M 的振动方程为

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T}t = 5 \sin \frac{2\pi}{6}t \text{ cm} = 5 \sin \frac{\pi}{3}t \text{ cm}$$

当质点 M 第 1 次到达 $y = 2.5 \text{ cm}$ 时, 解得 $t_1 = 0.5 \text{ s}$

则质点 M 第 11 次到达 $y = 2.5 \text{ cm}$ 时, $t = t_1 + 5T$, 解得 $t = 30.5 \text{ s}$.

小测试(三十六) 波的反射与折射

预习自评

1. (1) $\checkmark$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\checkmark$ (5) $\times$

2. BD 解析: 北京天坛回音壁的回音是由声波的多次反射形成的, 故 A 错误, B 正确; 在墙外能听到墙内人讲话, 这是声波的衍射形成的, 故 C 错误, D 正确.

针对训练

1. C 解析: 潜艇利用声呐探测周围物体的分布情况, 利用了波的反射原理, A 正确; 隐形飞机隐形的原理是通过降低飞机的声、光、电等可探测特征量, 使雷达等防空探测器无法发现, 可在隐形飞机机身表面涂高效吸收电磁波的物质, 或使用吸收雷达电磁波的材料, 或利用自身怪异的外形改变反射电磁波的方向, 这样在雷达屏幕上显示的反射信息很小、很弱, 使得隐形飞机很难被发现, B 正确; 超声雷达发射超声波, 然后根据被障碍物反射回的波判断状况, 即利用波的反射, C 错误; 水波从深水传到浅水区改变传播方向的现象, 是波的折射现象, D 正确.

2. A 解析: 先看到闪电, 后听到雷声是由于光比声音

传播得快,不是声音的反射;声音可以同光一样,具有反射现象,B、C、D中描述的都是声音的反射现象.故本题选A.

3. BC 解析:波发生反射时,在同一种介质中运动,因此波长、波速和频率都不发生变化;波发生折射时,频率不变,波速和波长均发生变化,故B、C正确,A、D错误.

4. D 解析:波线1、2都在介质 a 中,故1、2的频率、波速、波长均相等,A、B错误;波线1、3是在两种不同介质中,波速不同,但波源没变,因而频率相等,波速改变,由 $\lambda = \frac{v}{f}$ 得波长改变,故C错误,D正确.

5. C 解析:波的反射遵守波的反射定律,即反射线在入射线和法线所决定的平面内,入射线与反射线分居法线两侧,A、B错误;声波遇到障碍物时被反射,形成回声,C正确,D错误.

6. C 解析:向右传播的声波从发出到反射回来所用时间为 $t_1 = 0.3 \text{ s}$,向左传播的声波从发出到反射回来所用的时间为 $t_2 = 1.9 \text{ s}$.山谷的宽度 $s = \frac{1}{2}v \cdot (t_1 + t_2) = \frac{1}{2} \times 340 \times 2.2 \text{ m} = 374 \text{ m}$,故C正确,A、B、D错误.

7. 17 17.9

解析:设汽车在接收到 P_1 、 P_2 两个信号时距测速仪的距离分别为 s_1 、 s_2 ,则

$$s_1 = \frac{1}{2}v \cdot \frac{1.7 - 0.5}{3.5 - 0.5} \Delta t = 0.2v \Delta t = 68 \text{ m}$$

$$s_2 = \frac{1}{2}v \cdot \frac{4.4 - 3.5}{3.5 - 0.5} \Delta t = 0.15v \Delta t = 51 \text{ m}$$

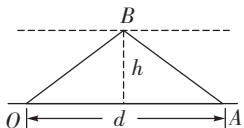
汽车在接收到 P_1 、 P_2 两个信号之间的时间内前进的距离为 $s = s_1 - s_2 = 17 \text{ m}$

已知测速仪匀速扫描,由题图乙记录的数据可求出汽车前进这段距离所用时间为 $t =$

$$\frac{\frac{3.5 + 4.4}{2} - \frac{0.5 + 1.7}{2}}{3.5 - 0.5} \Delta t = 0.95 \text{ s}$$

汽车运动的速度 $v = \frac{s}{t} = \frac{17}{0.95} \text{ m/s} \approx 17.9 \text{ m/s}$.

8. $2.0 \times 10^3 \text{ m}$ 解析:如图所示,设A为爆炸处,O为观测者所在处,B为云层反射点,用 h 表示云层下表面的高度,用 t_1 表示爆炸声直接经地面传到观测处所用的时间,则有 $d = vt_1$ ①



用 t_2 表示爆炸声经云层反射后到达O处所需时

间,因为入射角等于反射角,故有

$$2\sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + h^2} = vt_2 \quad ②$$

$$\text{已知 } t_2 - t_1 = \Delta t \quad ③$$

联立①②③式,可得 $h = \frac{1}{2}\sqrt{(v\Delta t)^2 + 2dv\Delta t}$

代入数值得 $h = 2.0 \times 10^3 \text{ m}$.

小测试(三十七) 波的干涉与衍射

预习自评

1. (1)× (2)× (3)✓ (4)× (5)×

2. A、B C 解析:由题图可知A点为波峰与波峰相遇,是振动加强点;B点为波谷与波谷相遇,是振动加强点;C点为波峰与波谷相遇,是振动减弱点.

针对训练

1. D 解析:衍射是波特有的现象,即任何波都会发生衍射现象,只不过存在明显与不明显的差别而已,只有缝、孔的宽度或障碍物的尺寸跟波长相差不多,或者比波长更小时,才能观察到明显的衍射现象,故D正确,A、B、C错误.

2. B 解析:当缝的宽度跟波长相差不多,或比波长更小时,波会发生明显的衍射,为使A处水面也能发生振动,一个方法是增大波长,即减小波源的频率,增大周期(因为波速不变,频率减小,波长变大);另一个方法是减小狭缝的宽度,故B正确,A、C、D错误.

3. B 解析:从图中可以看出挡板A的尺寸比水波的波长大得多,因此波不会绕过挡板A,不会传播到阴影I区域;而小孔B的大小与波长相差不多,水波遇到B能发生明显的衍射现象,故B正确,A、C、D错误.

4. C 解析:当质点到两波源距离之差等于半波长的偶数倍时,其振动加强,振幅为两波源振幅之和.当质点到两波源距离之差等于半波长的奇数倍时,其振动减弱,振幅为两波源振幅之差,正好为零,即不振动,C正确,A、B、D错误.

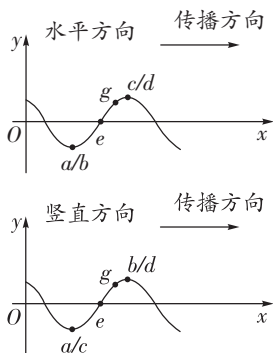
5. AD 解析:波峰与波谷相遇处,质点振动减弱,实际振幅为 $A_1 - A_2$,A正确;波峰与波峰相遇处,质点的振幅最大,实际振幅为 $A_1 + A_2$,大于 $A_1 - A_2$,但此处质点仍处于振动状态,其位移随时间按正弦规律变化,B错误,D正确;振动减弱点和加强点的位移都随时间按正弦规律变化,波峰与波谷相遇处质点的位移并非总是小于波峰与波峰相遇处质点的位移,C错误.

6. ABD 解析:两列波在同种介质中传播,波速相同,所以两列波同时到达中点M,A正确;各质点的起

振方向与波源的起振方向相同,由带动法知两波传到的位置质点起振方向向上,所以 P 、 Q 开始振动方向都向上, B 正确;两波波速相同,波长不同,其频率不同,两列波不能发生稳定的干涉现象,因此两列波在 M 点相遇时, M 点的振动并不总是加强的, C 错误;根据波的叠加原理, M 点的位移大小在某时刻可能为零, D 正确。

7. **A** 解析: O 点处两列机械波的波峰与波峰叠加,偏离平衡位置的位移为 $x_O = A_1 + A_2 = 5 \text{ cm} + 4 \text{ cm} = 9 \text{ cm}$,在平衡位置上方; M 点处两列机械波的波谷与波谷叠加,偏离平衡位置的位移为 $x_M = -A_1 - A_2 = -5 \text{ cm} - 4 \text{ cm} = -9 \text{ cm}$,在平衡位置下方,此刻 O 、 M 两点偏离平衡位置的位移之差 $x_1 = x_O - x_M = 9 \text{ cm} - (-9 \text{ cm}) = 18 \text{ cm}$, B 、 D 错误; N 点处两列机械波的波谷和波峰叠加,偏离平衡位置的位移为 $x_N = A_1 - A_2 = 5 \text{ cm} - 4 \text{ cm} = 1 \text{ cm}$,在平衡位置上方; P 点处两列机械波的波谷和波峰叠加,偏离平衡位置的位移为 $x_P = -A_1 + A_2 = -5 \text{ cm} + 4 \text{ cm} = -1 \text{ cm}$,在平衡位置下方, N 、 P 两点偏离平衡位置的位移之差 $x_2 = x_N - x_P = 1 \text{ cm} - (-1 \text{ cm}) = 2 \text{ cm}$, A 正确, C 错误。

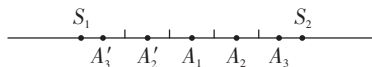
8. **AC** 解析:振动加强点为波峰与波峰相遇点、波谷与波谷相遇点,振动减弱点是波谷与波峰相遇点,故 a 、 d 处的质点振动加强, b 、 c 处的质点振动减弱, A 正确;这两列机械波在水平、竖直方向的波形如图所示,在这两列波传播半个周期的过程中, e 处质点都是从平衡位置到波谷,再回到平衡位置,质点的振幅为 $2A$,故路程为 $4A$, B 错误;经过半个周期, g 处质点的合运动为由平衡位置下方向平衡位置运动,由于合力指向平衡位置,所以加速向平衡位置运动, C 正确;振动加强点的振幅始终为 $2A$, D 错误。



9. **C** 解析:海浪的机械振动频率不变,即海浪拍打海岸的周期与振动周期相同为 8 s , A 错误;根据 $v = \frac{\lambda}{T}$ 得,海浪的波长 $\lambda = vT$,离海岸越近,波长越小,

即相邻波峰之间的距离变小, B 错误;悬挂在船上的单摆振动属于受迫振动,其振动频率取决于驱动力频率,与固有频率无关, C 正确;机械波发生明显衍射现象的条件是:障碍物或孔的尺寸比波长小或差不多,离海岸更近时,海浪波长变小,故衍射现象不如较远处明显, D 错误。

10. **D** 解析:振动加强点应满足到两波源的距离差为波长的整数倍,如图所示,取两波源连线中点 A_1 ,其到两波源的距离差为 0 ,为振动加强点;每间隔 $\frac{\lambda}{2} = 2 \text{ m}$ 向右取一个点,其也为振动加强点,由于 $\frac{5 \text{ m}}{2 \text{ m}} = 2.5$,故 A_1 右侧有 2 个振动加强点,由对称性可知 A_1 左侧也有 2 个振动加强点,共 5 个,故 D 正确, A 、 B 、 C 错误。



11. (1) $x = 2 \sin 2\pi t (\text{cm})$ (2) -4 cm (3) 4 cm

解析:(1)由题图图像可得,波长为 $\lambda = 0.4 \text{ m}$

$$\text{周期为 } T = \frac{\lambda}{v} = 1 \text{ s}, \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \text{ rad/s}$$

平衡位置在 $x = 0$ 处质点的振动方程为

$$x = 2 \sin 2\pi t (\text{cm})$$

(2)由图像可得,两列波同时到达 M 点,有 $t' =$

$$\frac{x_{PM}}{v} = 0.75 \text{ s}$$

$$t = 1 \text{ s} \text{ 时,有 } t - t' = \frac{1}{4} T$$

则 $t = 1 \text{ s}$ 时质点 M 的位移为 -4 cm 。

$$(3) \text{ 右侧波传到 } N \text{ 点的时间 } t_1 = \frac{x_{QN}}{v} = 0.5 \text{ s}$$

$$\text{左侧波传到 } N \text{ 点的时间 } t_2 = \frac{x_{PN}}{v} = 1.0 \text{ s}$$

1.0 s 后, N 点始终处于振动减弱状态,静止不动,所以 N 点实际振动时间为 0.5 s ,即半个周期,则 N 点运动的路程为 $s = 2A = 4 \text{ cm}$ 。

小测试(三十八) 多普勒效应

预习自评

1. (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\times$

2. $A \quad B$

针对训练

1. **D** 解析:多普勒效应是波动过程共有的特征,无论是机械波还是电磁波,都能产生多普勒效应,故 A 、 B 错误;产生多普勒效应的原因是观察者接收到的频率发生了变化,而波源的频率不变,故 C 错误, D 正确。

2. CD 解析:夏日雷声轰鸣不绝,属于声波的反射,A 错误;有两只相同的音叉,若一只被敲击振动发声,发现另一只也振动发声,这是声音的共振,B 错误;战场上士兵听到敌方炮弹飞行声音和听到我方炮弹飞行声音不同,是多普勒效应,C 正确;探测器接收到超声波频率发生变化是由于血液发生流动,探测器与血液的观测点的距离发生变化,可以用多普勒效应解释,D 正确。

3. CD 解析:根据多普勒效应可知,若波源和观察者间距离变小,观察者接收到的频率一定比波源频率高;若波源和观察者间距离变大,观察者接收到的频率一定比波源频率低,观察者听到这个音乐的音调比原来降低,即接收到的声波频率降低,说明观察者和火车之间的距离在变大,A、B 错误,C、D 正确。

4. A 解析:无论飞机是向观众飞来还是飞离观众,飞机发动机发出的声音频率不变,故 C、D 错误;飞机向观众飞来时,观众听到的声音频率变高,飞机飞离观众时,观众听到的声音频率变低,故 A 正确,B 错误。

5. C 解析:凡是波都具有多普勒效应,因此利用光波的多普勒效应便可以测定遥远天体相对地球运动的速度,A 不符合题意;被反射的电磁波,相当于一个运动的物体发出的电磁波,接收到的频率发生变化,由多普勒效应的知识可以求出运动物体的速度,B 不符合题意;铁路工人是根据振动的强弱变化而对列车的运动作出判断的,C 符合题意;炮弹飞行,与空气摩擦产生声波,人耳接收到的频率与炮弹的运动方向有关,D 不符合题意。

6. D 解析: b 靠近 a , a 接收到 b 的反射波频率大于 f_0 , a 的发射波与 b 的反射波频率不同,两波相遇不会发生干涉,A、B 错误;同一介质中波的传播速度不变,C 错误; a 根据接收到的反射波的频率,利用频率变化,可确定 b 的速度,D 正确。

7. D 解析:汽车正在匀速远离,速度恒定,接收到的反射波的频率也是恒定的. 由于是远离,故接收到的反射波的频率应该小于发出的波的频率,故 D 正确,A、B、C 错误。

8. AC 解析:小球每秒振动 5 次,波的频率为 5 Hz,小球沿 x 轴正方向匀速移动,根据多普勒效应可知,位于 x 轴正方向一侧的观测者,接收频率大于 5 Hz,位于 x 轴负方向一侧的观测者,接收频率小于 5 Hz,A 正确,B 错误;小球的振动周期 $T = \frac{1}{5} \text{ s} = 0.2 \text{ s}$,小球振动 10 个周期所用的时间为 $t =$

$10T = 2 \text{ s}$,小球匀速移动的速度为 $v_1 = \frac{s_1}{t} = \frac{20 \times 10^{-2}}{2} \text{ m/s} = 0.1 \text{ m/s}$,水面波的传播速度为 $v = \frac{s}{t} = \frac{40 \times 10^{-2}}{2} \text{ m/s} = 0.2 \text{ m/s}$,C 正确,D 错误。

小测试(三十九) 光的折射定律

预习自评

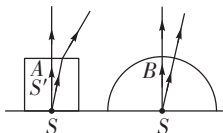
1. (1)× (2)× (3)✓ (4)× (5)×

2. $\sqrt{2}$ $\frac{\sqrt{2}}{2}c$

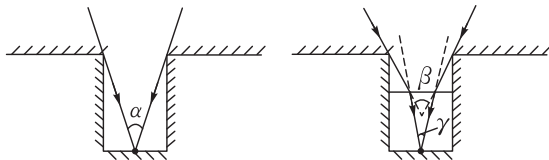
针对训练

1. B 解析:由于反射角等于入射角,入射光线、反射光线关于法线对称,所以 aO 、 Ob 应是入射光线或反射光线, PQ 是法线. 又因为反射光线、折射光线都不与入射光线位于法线同侧,所以 aO 是入射光线, Ob 是反射光线, Oc 是折射光线,故 B 正确,A、C、D 错误。

2. A 解析:如图所示,当人眼通过半球体观察时, B 中心处报纸上的文字反射的光线沿球面法线方向射出,通过半球体观察物像重合,则看到 B 中的字和没有放玻璃半球时一样高;通过立方体观察时,由于光的传播方向发生了变化,折射角大于入射角,所以看到的像比物高,即看到 A 中的字比 B 中的字高,故 A 正确,B、C、D 错误。



3. B 解析:由于井口边沿的约束,而不能看到更大的范围,据此作出边界光线如图所示. 由图可看出 $\alpha > \gamma$,所以枯井中的青蛙觉得井口大些; $\beta > \alpha$,所以水井中的青蛙能看到更多的星星,故 B 正确,A、C、D 错误。

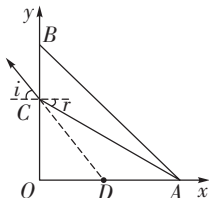


4. AB 解析:折射率是一个表明介质的光学特性的物理量,由介质本身决定,与入射角、折射角无关,故 A、B 错误,C 正确;由于真空中光速是一个定值,由 $n = \frac{c}{v}$ 可知 v 与 n 成反比,故 D 正确。

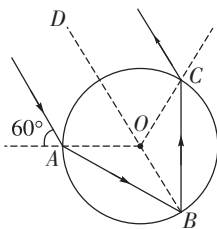
5. B 解析:由折射定律可知 $n = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$,解得 $n = \sqrt{3}$,

A 错误, B 正确; 由 $v = \frac{c}{n}$ 知光在介质中的速度比在空气中小, C 错误; 根据折射率公式 $n = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$ 知当入射角增大时, 折射角也增大, 但折射率不变, D 错误.

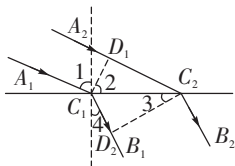
6. A 解析: 作出光路图如图所示, 由几何关系得 $\sin i = \sin \angle ODC = \frac{CO}{CD} = \frac{12}{\sqrt{12^2 + 9^2}} = 0.8$, $\sin r = \sin \angle CAO = \frac{OC}{CA} = 0.6$, 故 $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{4}{3}$, 故 A 正确, B、C、D 错误.



7. C 解析: 如图所示为光线在玻璃球内的光路图. A、C 为折射点, B 为反射点, OD 平行于入射光线, 故 $\angle AOD = \angle COD = 60^\circ$, 所以 $\angle OAB = 30^\circ$, 玻璃的折射率 $n = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$, 故 C 正确, A、B、D 错误.



8. C 解析: 如图所示, 光线 A_1 的入射角 $\angle 1 = 60^\circ$, 由几何关系可知 $\angle 2 = \angle 1 = 60^\circ$. 故两入射点的间距 $C_1 C_2 = \frac{C_1 D_1}{\cos 60^\circ} = 20 \text{ cm}$, 在 $\triangle C_1 C_2 D_2$ 中, 有 $\cos \angle 3 = \frac{C_2 D_2}{C_1 C_2} = \frac{\sqrt{3}}{2}$, 可得 $\angle 3 = 30^\circ$, 由几何关系可知 $\angle 4 = \angle 3 = 30^\circ$, 据折射定律可得 $n = \frac{\sin \angle 1}{\sin \angle 4} = \sqrt{3}$, 故 C 正确, A、B、D 错误.



9. D 解析: 光从水中射向空气发生折射时, 折射角大于入射角, 所以水面上方的人看水中的灯觉得其位置变浅. 水对紫光的折射率最大, 入射角相同时, 紫光的折射角最大, 水面上方的人感觉紫光灯离水面最近, 故 D 正确, A、B、C 错误.

10. (1) 60° $\sqrt{3}$ (2) $1.7 \times 10^8 \text{ m/s}$ (3) $\frac{\sqrt{6}}{6}$

解析: (1) 根据反射定律有 $\theta_3 = \theta_1 = 60^\circ$

由几何关系可得折射角为 $\theta_2 = \frac{\pi}{2} - \theta_3 = 30^\circ$

根据折射定律有 $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$.

(2) 根据 $n = \frac{c}{v}$ 可得

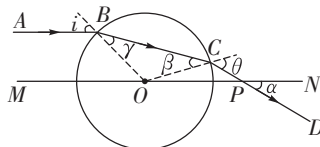
$$v = \frac{c}{n} = \frac{3.0 \times 10^8}{\sqrt{3}} \text{ m/s} \approx 1.7 \times 10^8 \text{ m/s}.$$

(3) 根据折射定律有 $n = \frac{\sin 45^\circ}{\sin \theta} = \sqrt{3}$

$$\text{得 } \sin \theta = \frac{\sqrt{6}}{6}.$$

11. (1) 45° (2) $\sqrt{2}$ $4 \times 10^{-10} \text{ s}$ (3) 424 nm

解析: (1) 画出光路图如图所示:



由几何关系知光线从透明球体中射出时的折射角 $\theta = 15^\circ + 30^\circ = 45^\circ$.

(2) 因为 $OB = OC = R$, 所以 $\gamma = \beta$

由折射定律可得 $i = \theta = 45^\circ$

则 $\angle BOM = i = 45^\circ$

由几何关系可得 $\gamma + \beta = \angle COP + \angle BOM = 60^\circ$

则 $\gamma = \beta = 30^\circ$

由折射定律可得 $n = \frac{\sin i}{\sin \gamma} = \sqrt{2}$

在 $\triangle OBC$ 中, $BC = 2R \cos 30^\circ = 6\sqrt{2} \text{ cm}$

$$\text{又 } v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{2}} \text{ m/s}$$

所以光在透明球体中的传播时间

$$t = \frac{BC}{v} = 4 \times 10^{-10} \text{ s}.$$

(3) $n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_0}{\lambda}$, 所以 $\lambda = \frac{\lambda_0}{n} \approx 424 \text{ nm}$.

小测试(四十) 实验:测定玻璃的折射率

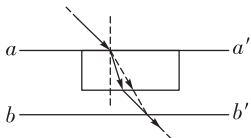
预习自评

1. BD 解析: 玻璃砖的光学面不能用手直接接触, 否则会影响接触面的平整, 影响折射率的测定, A 错误; 使用玻璃砖的 BC、CD 两个侧面, 用同样的方法确定入射光线和折射光线, 也能测得折射率, B 正确; 选用粗的大头针完成实验时, 容易导致测量光线和实际光线有偏差, 增大实验误差, C 错误; 在测量数据时, 仅用毫米刻度尺, 根据三角形的边角关

系,也能得到入射角与折射角的正弦值,从而计算折射率,D正确.

针对训练

1. A 解析:如图所示,由图看出,测得的入射角不受影响,但测得的折射角比真实的折射角偏大,根据 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$,测得的折射率偏小.故 A 正确,B、C、D 错误.



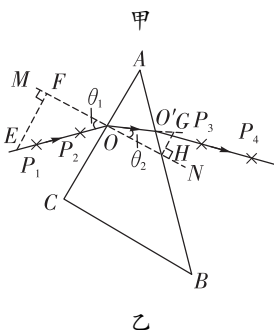
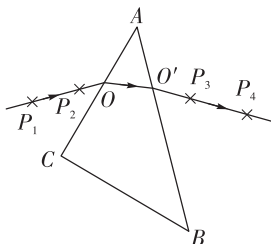
2. (1) $\frac{\sqrt{6}}{2}$ (2) 偏大

解析:(1)根据光的折射定律,该玻璃砖的折射率

$$n = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 45^\circ} = \frac{\sqrt{6}}{2}.$$

(2)玻璃砖逆时针转动一个角度后,作出射光线时得到的 $\angle P_4OE$ 偏大,故折射率的测量结果偏大.

3. 见解析 解析:(1)光路图如图甲所示,画出通过 P_1 、 P_2 的入射光线,交 AC 于 O ,画出通过 P_3 、 P_4 的出射光线交 AB 于 O' ,连接 OO' ,则光线 OO' 就是入射光线 P_1P_2 在三棱镜中的折射光线.



(2)在所画的图上画出虚线部分并注明入射角 θ_1 和折射角 θ_2 ,如图乙所示,用量角器量出 θ_1 和 θ_2 (或用刻度尺测出线段 EF 、 OE 、 GH 、 OG 的长度).

(3) $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ (或因为 $\sin \theta_1 = \frac{EF}{OE}$, $\sin \theta_2 = \frac{GH}{OG}$, 则

$$n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\frac{EF}{OE}}{\frac{GH}{OG}} = \frac{EF \cdot OG}{OE \cdot GH}.$$

4. (1) A (2) $\frac{\sin(90^\circ - \theta_1)}{\sin(90^\circ - \theta_2)}$ (或 $\frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2}$) (3) 大

(4) B 解析:(1)入射角适当大些,折射角也会大些,折射现象较明显,测量角度的相对误差会减小,A 正确;折射光线是通过隔着玻璃观察成一条直线确定的,大头针间的距离太小,引起的角度误差会较大,故 P_1 、 P_2 及 P_3 、 P_4 之间的距离适当大些,可以提高精确度,B、C 错误.

(2)由折射率公式可得 $n = \frac{\sin(90^\circ - \theta_1)}{\sin(90^\circ - \theta_2)} = \frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2}$.

(3)玻璃砖的宽度越大,出射光线的侧移量越大,玻璃砖中折射光线的误差越小,所以应选用宽度大的玻璃砖来测量.

(4)由 $\sin i - \sin r$ 图像可知, $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{0.67} \approx 1.5 >$

1,故光是从空气射入玻璃的,入射角为 i ,A 正确;由折射率的定义知 $n = 1.5$,B 错误,C 正确.

5. (1) AD (2) ① (4 cm, 0) ② $\frac{4}{3}$

解析:(1)因为入射角大于折射角,所以光线由空气射入玻璃,A 正确,B 错误;根据折射定律得 $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{0.67} \approx 1.5$,C 错误,D 正确.

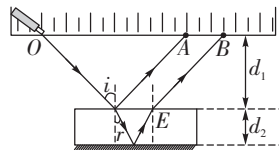
(2) ①入射光线与反射光线关于法线对称,B 点在入射光线上,C 点在反射光线上,入射点坐标为 (4 cm, 0). ②入射角的正弦值为 $\sin i' = \frac{4-1}{5} = \frac{3}{5}$,

折射角的正弦值为 $\sin r' = \frac{4}{5}$,根据折射定律得 $n =$

$$\frac{\sin r'}{\sin i'} = \frac{4}{3}.$$

6. (1) 光路图见解析 (2) $\frac{4}{5}$ (3) $\frac{3}{4}c$

解析:(1)光路图如图所示:



(2)由几何关系,可知光射到玻璃砖上表面的入射

角的正切值 $\tan i = \frac{OA}{d_1} = \frac{4}{3}$, 则 $\sin i = \frac{4}{5}$.

(3) $\tan r = \frac{AB}{d_2} = \frac{3}{4}$, 则有 $\sin r = \frac{3}{5}$

玻璃砖的折射率 $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{4}{3}$

故光在玻璃砖中的传播速度 $v = \frac{c}{n} = \frac{3}{4}c$.

7. (1)BD (2) $\sqrt{3}$ 解析:(1)由折射定律 $n = \frac{\sin i}{\sin \gamma}$ (i 为光线在空气中与法线的夹角), P_3 插在 N 位置对应的 i 比较大, 对应液体的折射率较大, A 错误, B 正确; 所有液体的折射率都比空气的大, 在 EK 部分不能观察到大头针 P_1 、 P_2 的像, C 错误; 用某种折射率较大的液体做实验时, 可能使光线的折射角达到 90° , 在 KC 部分就观察不到大头针 P_1 、 P_2 的像, D 正确.

(2)由折射定律可得 $n = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$.

小测试(四十一) 光的全反射

预习自评

1. (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\checkmark$ (4) $\checkmark$

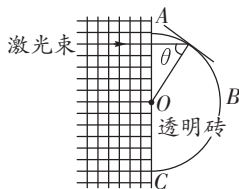
2. $\sqrt{2}$ 能 介质 真空 45°

针对训练

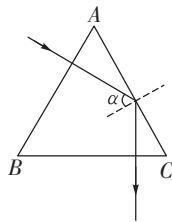
1. ACD 解析: 全反射的条件之一是光从光密介质射向光疏介质, 折射率大的介质相对于折射率小的介质是光密介质, 同一种光在不同介质中传播, 传播速度小的介质相对于传播速度大的介质是光密介质, 故 A、C、D 正确, B 错误.
2. D 解析: 入射角 i 逐渐增大时折射角 r 也逐渐增大, i 逐渐减小时 r 也逐渐减小, 因为光是由光疏介质进入光密介质, 不可能发生全反射现象, 故 D 正确, A、B、C 错误.
3. C 解析: 由光路图可知 a 光的偏折程度没有 b 光的大, 因此 a 光的折射率小, 频率小, 由 $\sin C = \frac{1}{n}$ 可知, 折射率越小发生全反射的临界角越大, 故 C 正确, A、B、D 错误.
4. D 解析: 已知入射角 $i = 45^\circ$, 折射角 $r = 30^\circ$, 则此介质的折射率为 $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{2}$, A、B 错误; 光从真空斜射向某种介质的表面, 是从光疏介质射向光密介质, 不可能发生全反射, C 错误; 全反射时有 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2}$, 所以此介质全反射的临界角 $C = 45^\circ$, D 正确.
5. D 解析: 光从光密介质射入光疏介质, 才可能发生全反射, 故 $n_1 > n_2$; 光在内芯传播的路程 $s = \frac{L}{\sin \theta}$, 光在内芯的传播速度 $v = \frac{c}{n_1}$, 所以光通过光缆的时间 $t = \frac{s}{v} = \frac{n_1 L}{c \sin \theta} > \frac{n_1 L}{c}$, 故 D 正确, A、B、C 错误.
6. A 解析: 由图乙可知, 当 $\theta = 53^\circ$ 时发生全反射, 则

全反射临界角为 $C = 53^\circ$, 由全反射临界角公式 $\sin C = \frac{1}{n}$, 得 $n = \frac{5}{4}$, 故 A 正确, B、C、D 错误.

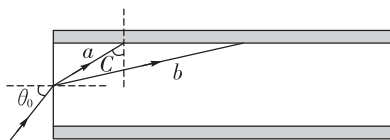
7. A 解析: 画出激光束从玻璃砖射出时恰好发生全反射的入射角如图所示, 发生全反射条件 $\sin \theta = \frac{1}{n}$, 由几何关系知 $\sin \theta = \frac{5}{6}$, 联立解得 $n = 1.2$, 故 A 正确, B、C、D 错误.



8. A 解析: 光路如图所示, 由几何关系可知 $\alpha = \angle C = \angle B$, $2\alpha + \angle B = 180^\circ$, 解得 $\alpha = 60^\circ$, 所以该棱镜的折射率为 $n = \frac{1}{\sin \alpha} = \frac{1}{\sin 60^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{3}$, 故 A 正确, B、C、D 错误.



9. D 解析: 设折射角为 α , 根据 $n = \frac{\sin \theta_0}{\sin \alpha}$, 由于 a 光的折射角大于 b 光的折射角, 因此内芯材料对 b 光的折射率大于对 a 光的折射率 n , A 错误; 根据 $n = \frac{c}{v}$, 由于内芯对 a 光的折射率小于对 b 光的折射率, 因此在内芯中 a 光的传播速度比 b 光的大, B 错误; 若 a 光恰好发生全反射, 如图所示, $\sin C = \frac{1}{n}$, 则 a 光在这段光纤中的传播时间为 $t = \frac{L}{\frac{\sin C}{n}} = \frac{nL}{\sin C} = \frac{n^2 L}{c}$, C 错误; 随着入射角 θ_0 逐渐增大, a 光在内芯和外套界面的入射角逐渐减小, 恰好达到临界角时, 根据几何关系有 $C + \alpha = \frac{\pi}{2}$, 而 $n = \frac{\sin \theta_0}{\sin \alpha}$, 整理得 $\sin \theta_0 = \sqrt{n^2 - 1}$, 此时开始有光从光纤侧壁射出, D 正确.



10. (1) $\frac{\sqrt{3}}{3}c$ (2) $\frac{3L}{c}$

解析: (1) 由折射率与光速的关系有 $n = \frac{c}{v}$

解得 $v = \frac{\sqrt{3}}{3}c$.

(2) 当光恰好在光纤中发生全反射时, 信号到达光纤另一端所需的时间最长, 由全反射临界角定义,

有 $\sin C = \frac{1}{n}$

故 $t = \frac{\frac{L}{\sin C}}{v} = \frac{n^2 L}{c}$, 解得 $t = \frac{3L}{c}$.

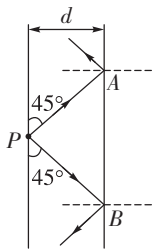
11. (1) $\frac{\sqrt{2}d}{c}$ (2) πd^2

解析: (1) 光在平板中的传播速度 $v = \frac{c}{n}$

光在平板中最短传播路程为 d , 则最短传播时间为

$t = \frac{d}{v} = \frac{\sqrt{2}d}{c}$.

(2) 设该光发生全反射的临界角为 β , 则 $\sin \beta = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{2}}$, 解得 $\beta = 45^\circ$, 如图所示:



平板右边界上的透光区域为一个圆, AB 为圆的直径, 大小为 $2d$, 有 $S = \pi r^2 = \pi d^2$

故从右侧观察到平板右边界上透光区域的面积为 πd^2 .

专题卷(九) 几何光学问题的综合分析

针对训练

1. C 解析: 光线射到水面时一定发生反射, 所以反射光中红光和蓝光都有, D 错误; 由于红光的频率比蓝光的小, 红光的折射率比蓝光的小, 由临界角公式 $\sin C = \frac{1}{n}$ 知, 红光的临界角比蓝光的大, 所以在水面上若蓝光不发生全反射, 则红光也一定不会发生全反射, B 错误; 当两种色光都能折射到空气中时, 根据折射定律 $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ 知, 红光与蓝光的折射率不同, 在入射角相等时, 折射角一定不同, 故 A 错误, C 正确.

2. A 解析: 该棱镜的折射率为 $n = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$, A 正

确; 临界角为 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{3}}$, $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$, 解得

$30^\circ < C$, 光在 F 点不能发生全反射, B 错误; 由 $\lambda =$

$\frac{\lambda_0}{n}$ 得, 光从空气进入棱镜, 波长变小, C 错误; 因为

入射到棱镜的光, 经过棱镜折射后, 出射光线向棱镜的底面偏转, 所以从 F 点出射的光束一定向底面 AC 偏转, 与入射到 E 点的光束一定不平行, D 错误.

3. BD 解析: 玻璃对蓝光的折射率较大, 可知 OM 是

黄光, ON 是蓝光, B 正确; 根据 $v = \frac{c}{n}$ 可知, 蓝光在

玻璃中传播速度较小, 则蓝光穿过玻璃柱体所需的时间较长, A 错误; OM 光束在该玻璃中传播的速

度为 $v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{2}} \text{ m/s} = \frac{3\sqrt{2}}{2} \times 10^8 \text{ m/s}$, C 错误;

根据光的可逆性, 若将 OM 光束从 M 点沿着 MO 方向射入, 此时的入射角一定小于临界角, 一定不会发生全反射, D 正确.

4. D 解析: 根据题意, $OD = \frac{\sqrt{2}}{2}R$, 圆周的半径为 R,

如图所示, 可得 $\angle 1 = 45^\circ$, 由于玻璃折射率为 $\sqrt{2}$, 根

据全反射临界角公式 $\sin C = \frac{1}{n}$ 可得全反射的临界

角为 45° , 则该光线在 AB 边恰好发生全反射, 反射

光线从 E 点沿着平行于 AC 边的 EF 方向传播, 根

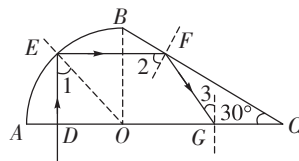
据几何关系可得, 光线在 BC 边的入射角为 $\angle 2 =$

60° , 大于临界角, 所以在 BC 边继续发生全反射, 再

根据几何关系可知, 光线在 AC 边的入射角为 $\angle 3 =$

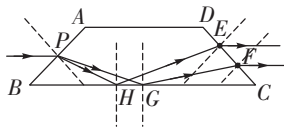
$30^\circ < 45^\circ$, 此时将不再发生全反射, 光线将从 OC 边

射出, 但不是垂直射出, 故 D 正确, A、B、C 错误.

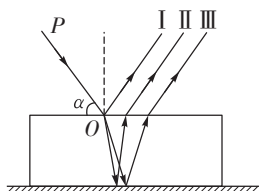


5. D 解析: 光束从 AB 边进入玻璃砖后射到 BC 边发生全反射, 根据折射定律及光路的可逆性可判断在 CD 边射出玻璃砖的红绿两束光线一定平行于 BC 边射出; 由于同一介质对绿光的折射率大于对红光的折射率, 根据折射定律结合几何知识可得绿光在 CD 边的出射点在 E 点, 红光在 CD 边的出射点在 F 点, 画出光路图如图所示, 故 A、B、C 正确; 依题意, 可知当增大 AB 边入射光线的入射角, 则两束光在 BC 界面上入射角也将增大, 所以绿光、红光均

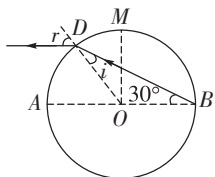
不能从 BC 界面射出,故 D 错误。



6. A 解析:两种色光都在玻璃砖的上表面发生了反射,入射角相同,由反射定律知,它们的反射角相同,可知光束 I 是复色光,而光束 II、III 是由于折射率的不同导致偏折分离,所以光束 II、III 为单色光, A 正确;由图可知,光束 II 的偏折程度大于光束 III 的偏折程度,根据折射定律可知玻璃对光束 II 的折射率大于对光束 III 的折射率,则光束 II 的频率大于光束 III 的频率, B 错误;一束由两种单色光混合的复色光沿 PO 方向射入,经过折射、反射、再折射后,光线仍平行,这是因为光反射时入射角与反射角相等,改变 α 角,光线 I、II、III 仍保持平行, C 错误;由图可知,光束 II 折射率更大,根据 $n = \frac{c}{v}$,在玻璃砖中,光束 II 的速度小于光束 III 的速度, D 错误。



7. A 解析:如图所示,由几何知识得入射角 $i = \angle ABD = 30^\circ$,折射角 $r = 2\angle ABD = 60^\circ$,则此玻璃的折射率为 $n = \frac{\sin r}{\sin i} = \sqrt{3}$, A 正确;由几何关系得, BD 长度 $s = 2R \cos 30^\circ = \sqrt{3}R$,光在玻璃球内传播的速度 $v = \frac{c}{n}$,所以光线从 B 到 D 需用的时间为 $t = \frac{s}{v} = \frac{3R}{c}$, B 错误;由临界角公式可知 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{3}}{3} < \frac{\sqrt{2}}{2}$,则临界角 $C < 45^\circ$, C 错误;光线沿 BM 入射,入射角等于 45° ,所以若增大 $\angle ABD$,入射角可能大于临界角,所以光线可能在 DM 段发生全反射现象, D 错误。

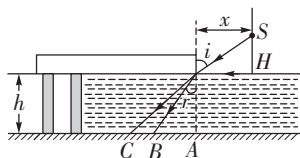


8. C 解析:点光源 S 在距水面高 $H = 3$ m 处发出的光在观景台右侧面与水面交接处折射到水里时,射到湖底 B 点,光路图如图所示,由几何关系可得

$$\sin i = \frac{x}{\sqrt{x^2 + H^2}} = \frac{4}{5}, \sin r = \frac{AB}{\sqrt{AB^2 + h^2}} = \frac{3}{5},$$

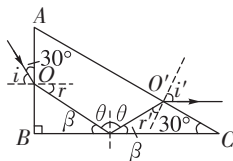
水的折射率 $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{4}{3}$, A、B 错误;点光源 S 接近水面时,光在观景台右侧面与水面交接处折射到水里,射到湖底 C 点,此时入射角视为 90° ,设折射角为 C ,由折射定律 $n = \frac{\sin 90^\circ}{\sin C} = \frac{1}{\sin C}$,解得 $\sin C = \frac{3}{4}$,由几何关系可得 $\sin C = \frac{AC}{\sqrt{AC^2 + h^2}}$,解得

$$AC = \frac{12\sqrt{7}}{7} \text{ m}, \text{C 正确, D 错误.}$$



9. (1) 没有光线射出,分析过程见解析 (2) 60°

解析:(1) 光路图如图所示



设 AB 面入射角为 i ,折射角为 r ,在 AC 面入射角为 r' ,折射角为 i' ,由折射定律可知 $\frac{\sin i}{\sin r} = n$

$$\text{解得 } \sin r = \frac{\sin i}{n} = \frac{1}{2}, r = 30^\circ$$

$$\text{由 } r + \theta = 90^\circ \text{ 得 } \sin \theta = \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

设发生全反射临界角为 C ,则 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{3}}{3}$

则 $\theta > C$,所以在 BC 面上会发生全反射,没有光线射出。

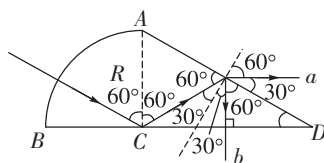
(2) 由几何关系知 $\beta = 30^\circ$,则 $r' = 30^\circ$

$$\text{由折射定律 } n = \frac{\sin i'}{\sin r'}$$

$$\text{解得 } i' = 60^\circ.$$

10. (1) 90° (2) $\frac{2\sqrt{3}R}{c}$

解析:(1) 光路图如图所示



由几何关系知射出棱镜的出射光线 a 与 b 的夹角为 90° 。

(2)由折射定律得 a 光的折射率 $n = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$

a 光在介质中传播的速度为 $v = \frac{c}{n}$

因 a 在介质中的路程为 $2R$

所以在棱镜中传播的时间为 $t = \frac{2R}{v}$

解得 $t = \frac{2\sqrt{3}R}{c}$.

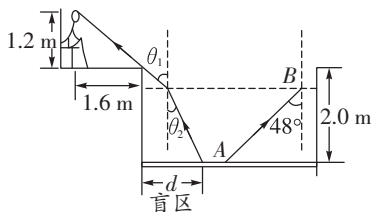
11. (1) $\frac{4}{3}$ (2) 1.73 m

解析:(1)入射角是 48° 时,光恰好发生全反射,有

$$\sin C = \frac{1}{n}$$

$$\text{解得 } n = \frac{1}{\sin 48^\circ} = \frac{4}{3}.$$

(2)救生员观察池底盲区时的光路如图所示

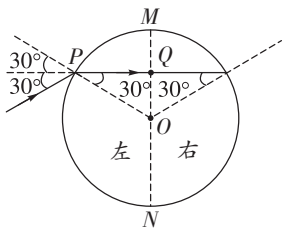


由题意可知 $\theta_1 = 53^\circ$, 由 $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$, 得 $\theta_2 = 37^\circ$

盲区宽度 $d = (2.0 \text{ m} - 1.6 \text{ m}) \times \tan \theta_1 + 1.6 \text{ m} \times \tan \theta_2 \approx 1.73 \text{ m}$.

12. (1)见解析 (2) $\frac{(3+\sqrt{6})R}{2c}$

解析:(1)光路图如图所示



根据几何关系可知单色光在 P 点的入射角为 $i = 30^\circ + 30^\circ = 60^\circ$

设单色光在 P 点的折射角为 r , 根据折射定律有

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_1 = \sqrt{3}$$

解得 $r = 30^\circ$, 即折射光线沿 PQ 方向.

由几何关系可知单色光在右半球与空气交界面的入射角 $i' = 30^\circ$

单色光在右半球与空气交界面发生全反射的临界角 C 满足 $\sin C = \frac{1}{n_2}$, 解得 $C = 45^\circ$

则 $i' < C$, 即单色光在右半球与空气交界面不会发

生全反射, 能从右半球射出.

(2)单色光在左、右半球的传播速度分别为 $v_1 =$

$$\frac{c}{n_1} = \frac{c}{\sqrt{3}}, v_2 = \frac{c}{n_2} = \frac{c}{\sqrt{2}}$$

单色光在左、右半球的传播距离相等, 均为 $s =$

$$PQ = \frac{\sqrt{3}}{2}R$$

所以单色光在玻璃球中传播第一次到达右半球与

空气交界面所用时间为 $t = \frac{s}{v_1} + \frac{s}{v_2} = \frac{(3+\sqrt{6})R}{2c}$.

小测试(四十二) 光的干涉

预习自评

1. (1) $\times$ (2) $\checkmark$ (3) $\times$ (4) $\times$ (5) $\times$

2. 暗条纹

针对训练

1. C

2. B 解析: 双缝干涉实验中单缝的作用是获得线光源, 而线光源可以看成是由许多个点光源沿一条线排列组成的, 单缝的宽度应比较小, 由题意知, 这里观察不到光的干涉现象是由于单缝太宽, 得不到线光源. 故 B 正确, A、C、D 错误.

3. B 解析: P 点到 S_1 、 S_2 的路程差为 0, 在 P 处出现亮条纹. P_1 点到 S_1 、 S_2 的路程差为 $600 \text{ nm} = 3 \times \frac{400}{2} \text{ nm}$, 为紫光半波长的奇数倍, 则 P_1 处出现暗条纹, 故 B 正确, A、C、D 错误.

4. D 解析: 在光屏 P 点出现第 3 条暗条纹, 说明 S_1 、 S_2 到 P 点距离之差为 $\frac{5}{2}\lambda$, 而 $\lambda = \frac{c}{f}$, 所以 $|r_1 - r_2| = \frac{5}{2}\lambda = \frac{5c}{2f}$, D 正确, A、B、C 错误.

5. C 解析: 根据 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ 可知, 增加光源与单缝之间的距离后, 得到的条纹间距不变, 故 A、B 错误; 换为绿色滤光片后, 波长变短, 则得到的条纹间距变小, 故 C 正确, D 错误.

6. B 解析: 从双缝中出来的两列光波的波谷与波峰叠加形成暗条纹, A 错误; 将光屏向右平移一小段距离, 屏上仍有清晰的干涉条纹, B 正确; 根据双缝干涉条纹的间距公式 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ 可知, 若只减小双缝间距 d , 屏上两相邻亮条纹间距离变大, C 错误; 频率变高, 波长变短, 可知条纹间距变小, D 错误.

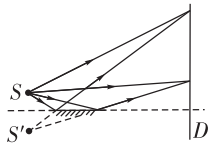
7. AB 解析: 肥皂膜因为自重上面薄而下面厚, 因表面张力的原因其截面应是一个圆滑的曲面而不是梯形, A 正确; 薄膜干涉是等厚干涉, 干涉条纹是

前后表面反射光形成的,B正确;形成条纹的原因是前后表面的反射光叠加出现了振动加强点和振动减弱点,从形成到破裂的过程上面越来越薄,下面越来越厚,因此出现加强点和减弱点的位置发生了变化,条纹宽度和间距发生变化,C错误;将肥皂膜外金属环左侧的把柄向上转动 90° ,由于重力、表面张力和粘滞力的作用,肥皂膜的形状和厚度会重新分布,因此条纹并不会跟着旋转 90° ,D错误.

8. D 解析:薄膜干涉是等厚干涉,分别从薄膜的上、下表面反射的两列光是相干光,其光程差为 $\Delta x = 2d$,即光程差为薄膜厚度的2倍,当光程差 $\Delta x = n\lambda$ 时,该处为亮条纹,也就是每一个亮条纹与一定的薄膜厚度相对应. c 、 d 点在同一条纹上,故 c 、 d 点对应处的空气膜厚度相同,D正确;减小薄片的厚度,即减小空气薄膜的劈角,干涉条纹间距会增大,C错误;同一条纹对应的空气膜厚度相同, P 处条纹向空气膜较薄的一侧弯曲,说明 N 的上表面 A 处向下凹陷, Q 处条纹向空气膜较厚的一侧弯曲,说明 N 的上表面 B 处向上凸起,A、B错误.

9. C 解析:凸透镜下表面和玻璃上表面之间形成空气薄膜,干涉现象是凸透镜下表面反射光和玻璃上表面反射光叠加形成的,A、B错误;凸透镜下表面是曲面,导致空气薄膜厚度不均匀变化,因为光程差为波长的整数倍时会出现亮条纹,因此在相邻的亮条纹之间,它们对应的水平距离越来越小,从而观察到牛顿环为内疏外密的同心圆环条纹,C正确;若将该装置放到真空中观察,根据干涉原理可知仍然可以看到牛顿环,D错误.

10. B 解析:画出光路图如图所示,可等效为两个相干光源 S 、 S' 发出的光在屏上形成双缝干涉图样,类比双缝干涉实验可知,光屏上的条纹与镜面平行,A错误;由 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$ 可知,将光屏 D 水平向左靠近平面镜, L 减小,相邻条纹间距减小,B正确;将光源 S 竖直向下靠近平面镜, d 减小,相邻条纹间距增大,C错误;将光源换成白光光源,在屏 D 上会观察到彩色的干涉条纹,D错误.



11. (1) $4.75 \times 10^{-7} \text{ m}$ (2) $3.65 \times 10^{-7} \text{ m}$ $9.13 \times 10^{-8} \text{ m}$

解析:(1) 条纹间距 $\Delta x = \frac{7.6 \times 10^{-3}}{4} \text{ m} = 1.9 \times 10^{-3} \text{ m}$

$$\text{因 } \Delta x = \frac{l\lambda}{d}, \text{ 则 } \lambda = \frac{d}{l} \Delta x$$

代入数据,解得单色光的波长 $\lambda = 4.75 \times 10^{-7} \text{ m}$.

$$(2) \text{ 因 } n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda f}{\lambda' f} = \frac{\lambda}{\lambda'}$$

则该光在增透膜中的波长 $\lambda' = \frac{\lambda}{n} =$

$$\frac{4.75 \times 10^{-7}}{1.3} \text{ m} \approx 3.65 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\text{增透膜的厚度至少为 } d' = \frac{\lambda'}{4} = \frac{3.65 \times 10^{-7}}{4} \text{ m} \approx$$

$$9.13 \times 10^{-8} \text{ m}.$$

小测试(四十三) 实验:用双缝干涉测量光的波长

预习自评

1. A 解析:滤光片的作用是使入射光变成单色光,单缝的作用是使入射光变成线光源,双缝的作用是形成相干光源,其排列顺序合理,A正确;将滤光片由紫色换成红色,波长 λ 变长,根据双缝干涉条纹的间距公式 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ 知,条纹间距 Δx 增大,B错误;将单缝向双缝移动一小段距离后, Δx 与此距离无关,故干涉条纹间距不变,C错误;测量过程中,把5个条纹间距数成6个,导致 Δx 变小,则波长测量值偏小,D错误.

针对训练

1. AC 解析:双缝干涉实验中,单缝的作用是获得一个线光源,双缝的作用是获得两个振动情况完全相同的光源,故A正确,B错误;频率相同、相位差恒定的两列光可以发生干涉现象,C正确;由 $c = \lambda f$ 可得 $\lambda = \frac{c}{f}$,频率越高,波长越短,光屏上出现的条纹宽度越窄,D错误.

2. ACD

3. 11.4 1.35 6.75×10^{-7} 解析:游标卡尺读数等于固定刻度读数加上游标尺读数,10分度游标卡尺的精确度为0.1 mm,图丙中读数为11 mm + $0.1 \text{ mm} \times 4 = 11.4 \text{ mm}$,图丁中读数为16 mm + $0.1 \text{ mm} \times 8 = 16.8 \text{ mm}$,可得相邻两条亮条纹的间距 $\Delta x = \frac{16.8 - 11.4}{4} \text{ mm} = 1.35 \text{ mm}$.实验时测量多条干涉条纹的目的是减小测量的误差,根据双缝干涉条纹间距公式 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$,可得单色光的波长 $\lambda =$

$$\frac{d}{l} \Delta x = \frac{0.5 \times 10^{-3}}{1} \times 1.35 \times 10^{-3} \text{ m} = 6.75 \times 10^{-7} \text{ m}.$$

4. (1) E D B (2) 单缝和双缝间距适当 单缝与双缝平行 减小 增大 (3) 13.810 2.290 (4) 654 **解析:** (1) 白光光源 C 右边要放置滤光片, 然后依次是单缝、双缝, 即 E、D、B. (2) 在操作步骤②时还应注意单缝和双缝间距要适当, 并使单缝与双缝平行. 根据 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$, 为增加相邻明纹间的距离, 可减小双缝间距离 d , 或增大双缝到屏的距离 l . (3) 第 1 条明纹对应的示数是 $2\text{ mm} + 0.360\text{ mm} = 2.360\text{ mm}$, 第 6 条明纹对应的示数是 $13.5\text{ mm} + 0.310\text{ mm} = 13.810\text{ mm}$, 所以 $\Delta x = \frac{13.810\text{ mm} - 2.360\text{ mm}}{5} = 2.290\text{ mm}$.

(4) 根据 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$, 可得 $\lambda = \frac{d}{l}\Delta x = 654\text{ nm}$.

5. (1) B (2) D (3) 0.75 6×10^{-7} (4) D

解析: (1) 根据双缝干涉相邻条纹间距公式 $\Delta x = \frac{\lambda l}{d}$, 要增加从目镜中观察到的条纹个数, 即减小 Δx , 可采取的措施包括: 将屏向靠近双缝的方向移动(减小 l), 使用间距更大的双缝(增大 d) 或换用波长更短的单色光. 故 B 正确, A、C、D 错误.

(2) 由题图可知, 干涉条纹沿竖直方向, 若要使中心刻线与亮条纹对齐, 只需要转动测量头即可, D 正确, A、B、C 错误.

(3) A 位置读数为 $x_A = 11\text{ mm} + 1 \times 0.1\text{ mm} = 11.1\text{ mm}$, B 位置读数为 $x_B = 15\text{ mm} + 6 \times 0.1\text{ mm} = 15.6\text{ mm}$, 相邻两条亮条纹间距 $\Delta x = \frac{x_B - x_A}{6} = 0.75\text{ mm}$, 该单色光的波长 $\lambda = \frac{d\Delta x}{l} = 6 \times 10^{-7}\text{ m}$.

(4) 遮光筒内装满水后, 光依然可以发生干涉, 在光屏上依然会出现明暗相间的条纹, A 错误; 由于 P 点到双缝的距离相等, 所以 P 处依然出现亮条纹, B 错误; 光从空气射入水中波长会变短, 干涉条纹间距会变小, 由于无法判定 P_1 到双缝的光程差与光在水中波长的关系, 因此 P_1 处是何种条纹无法确定, C 错误, D 正确.

小测试(四十四) 光的衍射与偏振 激光

预习自评

1. (1) × (2) × (3) ✓ (4) ✓
2. a b、d **解析:** 光的双缝干涉是明暗条纹间距相同的图样, 即 a 图样; c 图为波的衍射图样; b 图为单色光的单缝衍射的图样; d 图为白光的单缝衍射的图样.

针对训练

1. C **解析:** 衍射现象不论波长与障碍物或小孔的尺寸如何, 都会发生, 只是当光的波长与障碍物的尺寸相近时或者遇到小于该光波长的障碍物时, 才会发生明显的衍射, 故 A、B 错误; 单色光的单缝衍射图样是亮暗相间的条纹, C 正确; 屏上大光斑的边线很模糊, 正是光的衍射造成的, 不能认为不存在衍射现象, D 错误.

2. D **解析:** 单缝衍射条纹中间宽, 两侧越来越窄, 又由于单缝是水平的, 故衍射条纹也是水平的, D 正确, A、B、C 错误.

3. B **解析:** 双缝干涉图样的条纹是等间距的, 而衍射条纹间距不相等, 则知 a、b 是光的干涉图样, c、d 是光的衍射图样, 故 A 错误, B 正确; 根据 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ 可知, 光的波长越长, 双缝干涉相邻条纹间距越大, 则知形成 a 图样的光的波长比形成 b 图样的光的波长长, 故 C 错误; 波长越长, 频率越小, 折射率越小; 形成 a 图样的光的波长比形成 b 图样光的波长长, 则形成 a 图样的光的折射率比形成 b 图样的光的折射率小, 故 D 错误.

4. B **解析:** 题图甲中, 条纹等间距为单色光的双缝干涉图样, 题图乙中, 条纹不等间距为单色光的单缝衍射图样, 题图丙为单色光通过小圆孔的衍射图样, 题图丁为单色光通过小圆盘的衍射图样, A 错误; 题图甲中, 根据干涉条纹间距公式 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ 知条纹间距越大, 该色光的波长越长, B 正确; 题图乙中单缝越宽, 衍射现象越不明显, 中央亮纹越窄, C 错误; 题图丙中圆孔尺寸越大, 图样现象越不明显, D 错误.

5. D **解析:** 如果每辆汽车的前灯玻璃和司机座位前面的玻璃都改为偏振玻璃, 并使它们的透振方向都跟水平方向成 45° , 就可以解决这个问题. 这时, 从对面车灯射来的偏振光, 由于振动方向跟司机座位前玻璃上的透振方向垂直, 所以不会射进司机眼里; 而从自己车灯射出去的偏振光, 由于振动方向跟自己窗玻璃上的透振方向相同, 所以司机仍能看清自己车灯照亮的路面和物体, 故 D 正确, A、B、C 错误.

6. B **解析:** 自然光沿各个方向发散是均匀分布的, 通过偏振片后, 透射光是只有沿着某一特定方向振动的光. 从电灯直接发出的光为自然光, A 错误; 它通过 A 偏振片后, 即变为偏振光, 图中 b 光为偏振光, B 正确; 人眼在 P 处迎着入射光方向, 看不到光亮, 说明 A、B 两个偏振片的透振方向是互相垂直的,

- 以 SP 为轴将 B 转过 180° 后,并没有改变 B 的透振方向,所以在 P 处仍然看不到光亮,C 错误;以 SP 为轴将 B 转过 90° 后, B 点透振方向刚好与 A 的透振方向平行,通过偏振片 A 的光线也能透过偏振片 B ,在 P 处可以看到光亮,D 错误.
7. B 解析:日落时分的阳光照射到水面上时,反射光很强,照相机镜头对着水面时,进入镜头的光线既有阳光经水面的反射光,又有由水中折射入空气的折射光,折射光线进入镜头所摄得的照片才是水下景物的像.在镜头上安装一个偏振片,转动偏振片方向使其透振方向与反射光的偏振方向垂直,即可最大限度地阻止反射光进入镜头,增强图像的清晰度,B 正确,A、C、D 错误.
8. BC 解析:由于激光站与火箭相距较远,为了减少能量损失,必须要求激光具有很好的平行度,同时利用激光的高能量特点,故 B、C 正确,A、D 错误.
9. AB 解析:激光能够传递声音、图像等信息,因此可以利用激光进行通信,A 正确;激光的强度很大,可以用来切割、加工较硬的材料,B 正确;室内照明需要更多的散射光,而激光的平行度比较好,是单方向的光,不适合室内照明,C 错误;激光是人工光,自然界中无法直接产生,D 错误.

10. C 解析:由图看出,太阳光射入六角形冰晶时, a 光的偏折角小于 b 光的偏折角,由折射定律得知,六角形冰晶对 a 光的折射率小于对 b 光的折射率,由 $v = \frac{c}{n}$ 知 b 光的传播速度小,A 错误; b 光的折射率大,波长短,波动性弱,当用 b 做单缝衍射实验,要比用 a 做中央亮条更窄,B 错误;根据 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$, a 光的波长大于 b 光的波长,所以 a 光相邻条纹间距大,C 正确;由临界角公式 $\sin C = \frac{1}{n}$ 知 a 光的临界角大,D 错误.

11. (1)明显减弱 (2)见解析

解析:(1)自然光通过偏振片后得到垂直于光的传播方向与偏振片的透振方向平行的偏振光,该偏振光经被测样品后,其偏振方向发生了偏转,即相对于光的传播方向向左或向右旋转一个角度 α ,到达 B 的光的偏振方向与 B 的透振方向不完全一致,故 O 处光的强度会明显减弱.

(2)将 A 或 B 转动一个最小角度 α ,使到达 B 的光的偏振方向与 B 的透振方向一致,此时 O 处光强最大.