

参考答案及多维细目表

题号	1	2	3	4	5	6
答案	C	B	D	B	D	A
题号	7	8	9	10	11	
答案	D	ABD	AD	BD	BC	

1. 【答案】C

【解析】原子核的结合能的大小,很大程度上跟组成原子核的核子数的多少有关系,故原子核的结合能不能反应原子核的稳定性,故选项 A 错误;分析图像可知 ${}^4_2\text{He}$ 核的平均结合能为 7 MeV,根据平均结合能的定义可知, ${}^4_2\text{He}$ 核的结合能为 $7\text{ eV} \times 4 = 28\text{ eV}$,选项 B 错误;一重原子核衰变成 α 粒子和另一原子核,该过程中要释放能量,所以衰变产物的结合能之和一定大于原来重核的结合能,选项 C 正确,符合题意;由比结合能曲线知, ${}^{144}_{56}\text{Ba}$ 核中核子的比结合能比 ${}^{86}_{36}\text{Kr}$ 核中核子的比结合能小,选项 D 错误。

2. 【答案】B

【解析】由图像可知,5~15 s 内电梯向上做匀减速运动,选项 A 错误;5~15 s 内电梯对其内物体的支持力竖直向上,支持力对物体做正功,物体的机械能增大,选项 B 正确;0~5 s 内与 5~15 s 内电梯的平均速度大小相等,方向相同,选项 C 错误;15~20 s 内,电梯对其内物体的支持力竖直向上,冲量竖直向上,选项 D 错误。

3. 【答案】D

【解析】由 $v-t$ 图像可知,物块 a 匀加速下滑,物块 b 匀速下滑,物块 c 匀减速下滑。对物块 a 有 $mg \sin \theta > \mu_a mg \cos \theta$ 则有 $\mu_a < \tan \theta$,对物块 b 有 $mg \sin \theta = \mu_b mg \cos \theta$ 则有 $\mu_b = \tan \theta$,对物块 c 有 $mg \sin \theta < \mu_c mg \cos \theta$ 则有 $\mu_c > \tan \theta$ 故有 $\mu_a < \mu_b < \mu_c$ 故选项 A 错误;对物块和斜面体整体进行分析,物块 a 和斜面体有沿斜面向下的加速度,对加速度进行分解,竖直方向有向下的加速度,处于失重状态,则有 $F_{N_a} < G_{\text{总}}$, $f_a = \frac{m(v_1 - v_0)}{t}$ 且方向向左。物块 b 和斜面体处于平衡状态,则有 $F_{N_b} = G_{\text{总}}$, $f_b = 0$,物块 c 和斜面体有沿斜面向上的加速度,对加速度进行分解,竖直方向有向上的加速度,处于超重状态,则有 $F_{N_c} > G_{\text{总}}$, $f_c = \frac{m(v_2 - v_0)}{t}$ 且方向水平向右,故选项 BC 错误,选项 D 正确。

4. 【答案】B

【解析】根据理想气体状态方程 $PV = nRT$,可得 $a \rightarrow b$ 气体压强降低、体积增大,所以无法判断状态

a 和状态 b 的 PV 的大小关系,所以不能判断 a 到 b 温度的变化,选项 A 错误; $b \rightarrow c$ 压强不变,体积变小,可得温度 T 降低,内能减少,根据 $\Delta U = W + Q$ 结合体积变小外界对气体做正功,可得此时气体对外界放出热量,选项 B 正确; $c \rightarrow a$ 气体体积不变,压强增大,所以温度升高,内能增大,等于从外界吸收的热量,选项 C 错误; a 温度高于 c ,由 $a \rightarrow b \rightarrow c$ 气体内能减小,选项 D 错误。

5. 【答案】D

【解析】据能量守恒,粒子运动到 x_2 处速度已经减为零,故选项 A 正确;从 O 到 x_2 ,斜率先减小后增大,说明电场先减弱后增强,所以粒子做加速度大小先减小后增大的变加速直线运动,故选项 B 正确;粒子在 x 处电势能最小,动能最大,由能量守恒 $\frac{1}{2}mv_m^2 = q\varphi_0$,解得 $v_m = \sqrt{\frac{2q\varphi_0}{m}}$,故选项 C 正确;从 O 到 x_2 的运动过程中,电势先升高后降低,粒子带负电,粒子的电势能先降低后增加,故选项 D 错误。

6. 【答案】A

【解析】A 与 B 发生弹性碰撞,由动量守恒和机械能守恒,则 $Mv_0 = Mv_1 + mv_2$, $\frac{1}{2}Mv_0^2 = \frac{1}{2}Mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$,碰后 A 向前滑行,根据动能定理 $-fx = 0 - \frac{1}{2}mv_2^2$,解得 $x = \frac{2}{\mu g} \left(\frac{Mv_0}{M+m} \right)^2$,所以 $\frac{x_1}{x_2} = \left(\frac{M+3m}{M+m} \right)^2 = \frac{25}{9}$,解得 $m : M = 1 : 2$,故选项 A 正确。

7. 【答案】D

【解析】甲黄豆在 P 点的速度与乙黄豆在最高点的速度都等于各自运动过程中水平方向的分速度,而二者整个运动过程的水平位移和时间均相同,所以水平分速度相等,则甲黄豆在 P 点的速度与乙黄豆在最高点的速度相等,故选项 A 错误;设 $PM = MN = h$,甲、乙两黄豆自射出后经时间 t 相遇,则有 $h = \frac{1}{2}gt^2$,对于乙黄豆,根据斜抛运动的对称性可知其从最高点(设为 Q)到 N 的运动时间为 $\frac{t}{2}$, Q 、 N 两点之间的水平距离为 $\frac{h}{2}$,竖直距离为 $h' = \frac{1}{2}g \left(\frac{t}{2} \right)^2 = \frac{1}{4}h$,根据平抛运动规律的推论可知,甲黄豆到达 N 点时速度方向与水平方向的夹角 α_1 的正切值为位移方向与水平方向的夹角 θ_1 的正切值的 2 倍,即 $\tan \alpha_1 = 2 \tan \theta_1 = \frac{2h}{h} = 2$,乙黄豆到达 N 点时速度方向与

水平方向的夹角 α_2 的正切值为相对于 Q 点的位置方向与水平方向的夹角 θ_2 的正切值的 2 倍, 即 $\tan \alpha_2 = 2 \tan \theta_2 = \frac{2h'}{\frac{h}{2}} = 1$ 所以 $\tan \alpha_1 = 2 \tan \alpha_2$, 故

选项 BC 错误; 根据 B 项分析, 设甲、乙两黄豆在 N 点时的水平分速度大小均为 v_0 , 速度大小分别为 v_1 、 v_2 , 则根据 A 项分析以及速度的合成规律, 有 $v_1 = \sqrt{v_0^2 + (2v_0)^2} = \sqrt{5} v_0$, $v_2 = \sqrt{v_0^2 + v_0^2} = \sqrt{2} v_0$, 所以 $v_1 : v_2 = \sqrt{5} : \sqrt{2}$, 故选项 D 正确。

8. 【答案】ABD

【解析】两灯泡均恰能正常发光, 则其两端电压均为额定电压 U_0 , 原、副线圈匝数比为 2 : 1, 可知原线圈两端电压 $U_1 = 2U_0$, 则电源的电压 $U = U_0 + 2U_0 = 3U_0$, 选项 A 正确; 根据公式 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$, 得 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{2}$, 则 S 断开时, 流过灯泡 L_1 和 L_2 的电流之比为 1 : 2, 故 L_1 、 L_2 的功率之比为 1 : 2, 选项 B 正确, 选项 D 正确; S 闭合后, 灯泡 L_1 短路, 变压器原线圈两端电压变为 $3U_0$, 则副线圈两端电压变为 $\frac{3}{2}U_0$, 则灯泡 L_2 不能正常发光, 选项 C 错误。

9. 【答案】AD

【解析】由题图乙可知, 在 $t = 1$ s 时, 质点 b 沿着 y 轴负方向运动, 因此波沿 x 轴正方向传播; 由题图乙可知, 质点做简谐运动的表达式为 $y = A \sin \frac{2\pi}{T}t = 4 \sin \pi t$ (m), 则 $t = 1$ s 时 a 点离平衡位置的距离 $y = 4 \sin \frac{0.25}{2} \times 2\pi$ (m) $= 2\sqrt{2}$ m, $t = 1.75$ s 时, 波向右传播了 0.75 m, a 点恰好运动到负的最大位移处, 因此 a 质点通过的路程 $s = (4 + 2\sqrt{2})$ m, 则选项 AD 正确。

10. 【答案】BD

【解析】所有粒子都汇聚到 A 点, 显然为磁聚焦, 故所有粒子从电场中射出的速度都为 v_0 , 方向水平, 在电场中运动时间一定为周期 T 的整数倍, 选项 B 正确; 进入磁场向上偏转做圆周运动, 故粒子带正电, 且轨道半径 $r = R = \frac{mv_0}{Bq}$, 选项 A 错误, 选项 D 正确; 不同时刻进入电场的粒子竖直方向运动不同, 所有射出电场的位置也会不一样, 选项 C 错误。

11. 【答案】BC

【解析】物块 B 运动过程中会产生摩擦热, A、B 组成系统机械能不守恒, 选项 A 错误; 由题可知, 同一时刻 $v_B = 2v_A$, 对 A、B 组成的系统, 由动能定理有 $m_B g L \sin 30^\circ - m_A g \times \frac{L}{2} -$

$$\mu m_B g \cos 30^\circ \cdot L = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2, \text{解得 } v_B = \frac{4\sqrt{15}}{5} \text{ m/s, 由 } v_B^2 = 2aL, \text{得 } a_A = \frac{a}{2} = \frac{2}{3} \text{ m/s}^2,$$

选项 B 正确; 物块 B 的最大动能 $E_k = \frac{1}{2} m_B v_B^2 = 48$ J, 选项 C 正确; 设此过程中物块 A 增加的机械能为 ΔE , 有 $\Delta E = m_A g \frac{L}{2} + \frac{1}{2} m_A v_A^2$, 解得 $\Delta E = 96$ J, 选项 D 错误。

12. 【答案】(1) 31.4 (1 分) 2.148 ~ 2.152 (1 分)

(2) 需要 (1 分) 需要 (1 分)

(3) 0.84 (1 分) 1.7 (1 分)

【解析】(1) 游标卡尺读书 = 主尺读数 (31 mm) + 游标尺对齐个数 (4) \times 精确度 (0.1 mm) = 31.4 mm, 螺旋测微器读数 = 主尺读数 (2 mm) + 格数估读 (15.0) \times 精确度 (0.01 mm) = 2.150 mm

(2) 研究小车的合外力时需排除小车所受摩擦力的影响, 故需要平衡摩擦力。小车和钩码做匀加速直线运动, 轻绳拉力 $T = \frac{Mmg}{(M+m)}$ 小于钩码的重力。只有满足 M 远大于 m 时拉力才等于 mg。

(3) ① 相邻计数点间的时间为: $t = 5T = \frac{5}{f} =$

$$\frac{5}{50} \text{ s} = 0.1 \text{ s, 砝码和盘做匀变速运动, 打下 C 点$$

$$\text{时纸带的速度等于在 BD 段的平均速度, 则 } v_C = \frac{x_{BC} + x_{CD}}{2t} = \frac{7.58 + 9.30}{2 \times 0.1} \times 10^{-2} \text{ m/s} =$$

$$0.84 \text{ m/s}$$

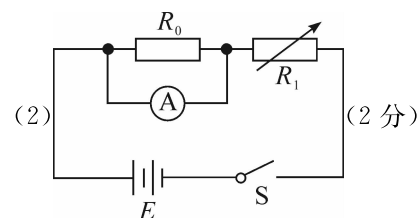
② 根据逐差法可得纸带运动的加速度:

$$a = \frac{x_{DE} + x_{EF} - x_{AB} - x_{BC}}{6t^2} =$$

$$\frac{11.01 + 12.72 - 5.87 - 7.58}{6 \times 0.1^2} \times 10^{-2} \text{ m/s}^2 =$$

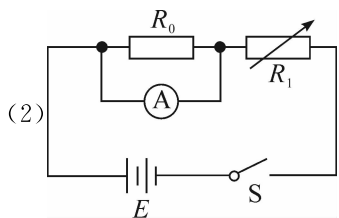
$$1.7 \text{ m/s}^2$$

13. 【答案】(1) BCD (1 分)



(3) $\frac{3}{k}$ (2 分) $\frac{b}{k} - 4$ (2 分) (4) 等于 (1 分)

【解析】(1) 由于所给电压表量程太大, 可用电流表与电阻箱 R_1 来测量。电流表量程 2 mA, 需要的最小总电阻约为 1 500 Ω , 电阻箱阻值不足, 所以需要把 R_0 电流表并联增大电流表量程。



(2) 根据实验原理

$$E = \left(I + \frac{IR_g}{R_0} \right) \left(R + \frac{R_0 R_g}{R_0 + R_g} + r \right)$$

变形得 $E = 3I(R + r + 4)$

$$\text{即 } \frac{1}{I} = \frac{3}{E}R + \frac{3}{E}(r + 4)$$

由于图像是一直线,所以纵坐标为 $\frac{1}{I}$,由图像可知,斜率为 $k = \frac{3}{E}$, $\frac{3}{E}(r + 4) = b$

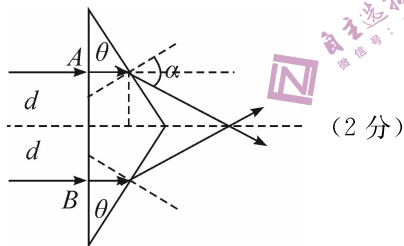
$$\text{所以 } E = \frac{3}{k}, r = \frac{b}{k} - 4$$

(4) 由以上计算过程可知测量值等于真实值。

14. 【答案】(1) $L = \frac{4\sqrt{3}}{3}$ cm (6分)

(2) $t = 1 \times 10^{-10}$ s (4分)

【解析】(1) 两束激光的光路图如图所示



由折射定律有: $\frac{\sin \alpha}{\sin \theta} = n$ (1分)

解得 $\alpha = 60^\circ$ (1分)

由几何关系知光线交点与底边的距离为 $L =$

$$d \tan \theta + \frac{d}{\tan(\alpha - \theta)} \quad (1 \text{分})$$

代入数据得 $L = \frac{4\sqrt{3}}{3}$ cm (1分)

(2) 激光在三棱镜中的速度

$$v = \frac{c}{n} = \sqrt{3} \times 10^8 \text{ m/s} \quad (1 \text{分})$$

在棱镜中传播用时 $t_1 = \frac{d \tan \theta}{v} = \frac{1}{3} \times 10^{-10}$ s

(1分)

在棱镜外传播用时 $t_2 = \frac{d}{\sin(\alpha - \theta)} = \frac{2}{3} \times 10^{-10}$ s

(1分)

故 $t = t_1 + t_2 = 1 \times 10^{-10}$ s (1分)

15. 【答案】(1) $B = 3$ T (4分) (2) $q = 2.84$ C (5分)

(3) $Q = 30.7$ J (5分)

【解析】(1) 由乙图知经过足够长的时间金属棒

开始做匀速运动,其速度 $v_m = 8$ m/s

此时金属棒感应电动势 $E = BLv_m$ ①

回路电流 $I = \frac{E}{R + r}$ ② (1分)

对重物由平衡条件有 $m_2 g - F_T = 0$ ③ (1分)

对金属棒有 $F_T - m_1 g \sin \theta - ILB = 0$ ④ (1分)

联立①②③④并代入数据解得 $B = 3$ T (1分)

(2) 设金属棒速度为 v 时加速度为 a , 电流为 i ,

对重物和金属棒系统由牛顿第二定律有

$$(m_2 g - m_1 g \sin \theta) - iLB = (m_1 + m_2)a$$
 ⑤ (2分)

由电流定义和加速度定义并将⑤式两边对时间

从 $t_1 = 1.11$ s 到 $t_2 = 2.22$ s 进行积累有

$$(m_2 g - m_1 g \sin \theta)(t_2 - t_1) - qLB = (m_1 + m_2)$$

$$(v_2 - v_1)$$
 ⑥ (2分)

其中由乙图知 $v_1 = 4$ m/s, $v_2 = 6$ m/s

由⑥式解得: $q = 2.84$ C (1分)

(3) 回路中电流: $i = \frac{BLv}{R + r}$ ⑦

根据电流定义和速度定义并将⑦式两边对时间

从 $t_1 = 1.11$ s 到 $t_2 = 2.22$ s 进行积累有

$$q = \frac{BLx}{R + r}$$
 ⑧ (1分)

解得金属棒的位移 $x = 5.68$ m (1分)

设回路在该过程产生的总热量为 $Q_{\text{总}}$, 对系统由能量守恒定律有

$$m_2 gx - m_1 gx \sin \theta = Q_{\text{总}} + \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_2^2 -$$

$$\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_1^2$$
 ⑨ (2分)

根据焦耳定律以及定值电阻与金属棒的串联关系知 $Q = \frac{R}{R + r} Q_{\text{总}} = 14.7$ J ⑩ (1分)

16. 【答案】(1) $v_1 = 4 \times 10^3$ m/s (5分)

(2) $v = 4 \times 10^3$ m/s (5分)

(3) $\frac{m_1}{m_2} \geq \frac{3 + 2\sqrt{3}}{3}$ (8分)

【解析】(1) 设星球表面的重力加速度为 g_0 , 小球自由落体运动: $h = \frac{1}{2}g_0 t^2$ ① (1分)

设星球质量为 M , 小球质量为 m , 忽略自转有:

设贴近星球表面运行的卫星质量为 $m_{\text{卫}}$, 则:

$$G \frac{Mm}{R^2} = mg_0$$
 ② (1分)

设贴近星球表面运行的卫星质量为 $m_{\text{卫}}$, 则:

$$G \frac{M m_{\text{卫}}}{R^2} = m_{\text{卫}} \frac{v_1^2}{R}$$
 ③ (1分)

由①②③并代入数据得: $v_1 = 4 \times 10^3$ m/s

(2分)

(2) 设甲同学的质量为 m' , 星球的密度为 ρ , 当甲同学与球心距离为 r 时, 受引力大小为

$$F = G \frac{m' \rho \frac{4}{3} \pi r^3}{r^2}$$
 ④ (1分)

即 $F = \frac{4}{3}\pi G m' \rho r$, $F \propto r$, 故甲同学在隧道中做简谐运动, 在球心处速度最大。(2分)

从 A 处到球心, 由动能定理有: $\frac{m' g_0}{2} R = \frac{1}{2} m' v^2 - 0$ (1分)

解得 $v = 4 \times 10^3 \text{ m/s}$ (1分)

(3) 易知 P、Q 将在星球球心处相遇, 二者发生碰撞前速率均为 $v = 4 \times 10^3 \text{ m/s}$ 。取 P 碰前的运动方向正方向, 设碰后 P、Q 的速度分别为 v'_1 和 v'_2 , 则碰撞过程中动量守恒:

$$m_1 v + m_2 (-v) = m_1 v'_1 + m_2 v'_2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{机械能守恒: } \frac{1}{2} m_1 v^2 + \frac{1}{2} m_2 v^2 = \frac{1}{2} m_1 v'^2_1 + \frac{1}{2} m_2 v'^2_2 \quad (2 \text{ 分})$$

设碰后 Q 返回到 B 处的速度为 v''_2 , 由动能定理有: $-\frac{m_2 g_0}{2} R = \frac{1}{2} m_2 v'^2_2 - \frac{1}{2} m_2 v''^2_2$ (1分)

欲逃逸需满足条件: $v_2'' \geq \sqrt{2} v_1$ (1分)

联立⑥⑦⑧⑨得 m_1 和 m_2 应满足的关系为:

$$\frac{m_1}{m_2} \geq \frac{3 + 2\sqrt{3}}{3} \quad (2 \text{ 分})$$

多维细目表

题型	题号	分值	必备知识	学科素养				关键能力			预估难度		
				物理观念	科学思维	实验探究	科学态度与责任	理解能力	推理能力	分析综合能力	易	中	难
单选题	1	4	原子核	√					√		√		
单选题	2	4	$v-t$ 图像	√	√			√	√		√		
单选题	3	4	力与运动综合		√		√			√	√		
单选题	4	4	理想气体图像		√			√		√	√		
单选题	5	4	带电粒子在电场中的运动	√			√			√		√	
单选题	6	4	动量守恒与机械能守恒	√	√	√			√	√		√	
单选题	7	4	斜抛运动	√			√		√	√		√	
多选题	8	4	理想变压器	√				√	√		√		
多选题	9	4	简谐波图像	√		√				√		√	
多选题	10	4	电磁感应与交流电综合	√			√			√		√	
多选题	11	4	连接体运动问题	√			√		√	√			√
实验题	12	6	探究加速度与力的关系	√	√	√	√		√	√		√	
实验题	13	8	测电池的电动势和内阻			√	√	√		√		√	
计算题	14	10	光学	√	√					√		√	
计算题	15	14	电磁感应与能量守恒定律	√				√		√			√
计算题	16	18	万有引力定律、简谐运动、机械能守恒定律	√	√			√		√			√