

物理参考答案

1. 【答案】D

【解析】核裂变和核聚变均放出核能，则均存在质量亏损，所以质量不守恒，但能量守恒，选项 A 错误；原子核是核子凭借核力结合在一起构成的，要把它们分开所需要能量叫做原子核的结合能，这个能量也是核子结合成原子核而释放的能量，核裂变和核聚变中释放的能量是由于质量亏损而释放的能量，所以不是原子核的结合能，选项 B 错误；组成原子核的核子越多，它的结合能越大，但比结合能不一定越大，选项 C 错误；比结合能越大，原子核中核子结合得一定越牢固，原子核就越稳定，选项 D 正确。

2. 【答案】B

【解析】以木材和吊钩整体为研究对象，设木材和吊钩的总质量为 m ，根据平衡条件可得缆绳对木材和吊钩整体的弹力 $F=mg$ ，在木材缓慢升高的过程中木材和吊钩整体处于平衡状态，则缆绳上的弹力大小不变，选项 A 错误；以定滑轮为研究对象，设绕过定滑轮的缆绳的夹角为 α ，根据三力平衡条件可得，大臂支架对定滑轮的弹力方向在缆绳夹角 α 角平分线的反向延长线上，但不一定沿吊车大臂支架方向，大小为 $F_N = 2F \cos \frac{\alpha}{2} = 2mg \cos \frac{\alpha}{2}$ ，在木材缓慢升高的过程中，与吊钩连接的缆绳一直处于竖直方向，与控制器连接的缆绳与竖直方向的夹角逐渐减小，即缆绳的夹角 α 逐渐减小，则吊车大臂支架对定滑轮的弹力 F_N 一直增大，选项 B 正确，选项 C 错误；缆绳对木材和吊钩整体的弹力 $F=mg$ ，大小不变，两缆绳对定滑轮的作用力为两个弹力的合力，合力方向一定在两缆绳夹角 α 的角平分线方向上，挂木材的缆绳与竖直方向夹角不变，两缆绳夹角 α 减小，则两缆绳对定滑轮的作用力与竖直方向的夹角逐渐减小，选项 D 错误。

3. 【答案】C

【解析】气体温度降低，根据分子动理论可知分子平均动能减小，但并不是所有气体分子运动的动能都减小，选项 A 错误；真空胎体积不变，温度降低，根据查理定律可知气体压强减小，选项 B 错误；根据气体分子速率分布规律可知当温度降低时速率大分子比例减少，则速率大区间的分子数减少，分子平均速率减小，选项 C 正确；选项 C 正确；气体温度降低，气体内能减小，气体的体积不变，则没有做功，根据热力学第一定律有 $\Delta U = Q$ ， $\Delta U < 0$ ，则 $Q < 0$ ，气体向外界放出热量，选项 D 错误。

4. 【答案】B

【解析】根据等量异种电荷电场线和等势面的分布规律可知 a 、 b 两点电场强度相同，电势均为零，即相等， e 、 f 两点关于 O 点对称可知，电场强度相同，根据沿电场线方向电势降低，则 e 点的电势大于 f 点的电势，即电势不同，选项 A 错误，选项 B 正确；根据等量异种电荷电场线疏密的分布规律可知 c 点电场强度大于 O 点的电场强度， O 点的电场强度又大于 d 点的电场强度，则电子在 c 点受到的静电力大于在 d 点受到的静电力，根据沿电场线方向电势降低，则 c 点的电势大于 d 点的电势，根据电势能 $E_p = q\phi$ ，又因为电子带负电，则电子在电势较高处具有的电势能较小，所以在 c 点的电势能也小于在 d 点的电势能，选项 C 错误；如果无穷远处电势势

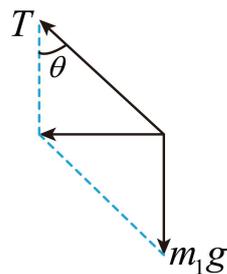
能为零，则两电荷在 d 点产生的电势大小相等，符号相反，代数和为零，即 d 点电势为零，一质子在 d 点和无穷远处具有的电势能都为零，即电势能相等，所以从 d 点移到无穷远处，静电力做功为零，选项 D 错误。

5. 【答案】B

【解析】从光源发出的光射到 $aa'b'b$ 面上的临界角 C 满足 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{3}{5}$ ，解得临界角 $C = 37^\circ$ ，当 ef 发出的光恰好射到 bb' 时，设入射角为 i ，根据几何关系得 $\sin i = \frac{1}{2}$ ，则入射角 $i < 37^\circ$ ，设 ef 垂直入射到 $aa'b'b$ 面上的位置为 $e'f'$ ，根据几何关系可得 bb' 到 $e'f'$ 之间的距离为 $x_1 = 2L$ ，则入射到 $aa'b'b$ 面上 bb' 到 $e'f'$ 之间 $x_1 = 2L$ 部分入射角均小于 37° ，则都不会发生全反射，即均可射出；入射到 $aa'b'b$ 面上 $e'f'$ 到 aa' 之间恰好发生全反射时入射角为临界角 $C = 37^\circ$ ，设恰好发生全反射的位置距 $e'f'$ 的距离为 x_2 ，根据几何关系可得 $\tan 37^\circ = \frac{x_2}{4L}$ ，解得 $x_2 = 3L$ ， x_2 小于 $e'f'$ 到 aa' 之间的距离 $6L$ ，则入射到 $aa'b'b$ 面上 $e'f'$ 到 aa' 之间能射出的宽度为 $x_2 = 3L$ ，则入射到 $aa'b'b$ 面上能射出光的总宽度为 $x = x_1 + x_2 = 5L$ ，所以能射出光部分占的比例为 $k = \frac{5L}{8L} = \frac{5}{8}$ ，选项 B 正确。

6. 【答案】D

【解析】对小球受力分析可知合力与加速度方向水平向左，所以汽车运动的加速度方向水平向左，如果向右运动，则做匀减速直线运动，如果向左运动，则做加速直线运动，选项 A 错误；设小球的加速度为 a ，受力分析如图所示，对小球由牛顿第二定律得 $m_1 g \tan \theta = m_1 a$ ，解得 $a = g \tan \theta$ ，则汽车的加速度和苹果箱的加速度都为 $a = g \tan \theta$ ，苹果箱和箱内的苹果始终相对于车厢底板静止，则车厢底板对苹果箱的摩擦力为静摩擦力，不是滑动摩擦力，所以不一定为 μMg ，以这箱苹果为研究对象，根据牛顿第二定律有 $F_f = Ma = Mg \tan \theta$ ，选项 B 错误；以苹果箱中间一个质量为 m 的苹果为研究对象，设周围其它苹果对它的作用力大小为 F ，方向与竖直方向的夹角为 α ，在水平方向根据牛顿第二定律有 $F \sin \alpha = ma$ ，在竖直方向上 $F \cos \alpha = mg$ ，加速度 $a = g \tan \theta$ ，三式联立解得



$$F = \sqrt{(mg \tan \theta)^2 + (mg)^2} = mg \sqrt{1 + \tan^2 \theta} = \frac{mg}{\cos \theta}, \quad \tan \alpha = \frac{a}{g} = \tan \theta, \quad \text{则 } \alpha = \theta, \quad \text{选项 C 错误, 选项 D 正确.}$$

7. 【答案】B

【解析】根据欧姆定律，原线圈的电流为 $I_1 = \frac{U_{R_1}}{R_1} = \frac{60}{6R} = \frac{10}{R}$ ，副线圈电流为 $I_2 = \frac{U_2}{R}$ ，原线圈两端的电压为

$$U_1 = U - U_{R_1} = 100V - 60V = 40V, \quad \text{设理想变压器原、副线圈匝数之比为 } \frac{n_1}{n_2} = k, \quad \text{理想变压器有 } \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = k,$$

解得 $U_2 = \frac{U_1}{k}$ ，代入得 $I_2 = \frac{U_2}{R} = \frac{U_1}{kR} = \frac{40}{kR}$ ，理想变压器有 $\frac{I_2}{I_1} = \frac{n_1}{n_2} = k$ ，再将 $I_2 = \frac{40}{kR}$ 和 $I_1 = \frac{10}{R}$ 代入上式解

得 $k = 2$ ，即原、副线圈匝数之比为 2:1，选项 A 错误； $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = 2$ ， $U_1 = 40V$ ，解得 $U_2 = 20V$ ，选项 B

正确；根据题设条件不能确定电阻 R 的阻值，所以原副线圈电流都不能确定，选项 C、D 错误。

8. 【答案】BC

【解析】天和核心舱在轨道 I 运行做匀速圆周运动，神舟十五号载人飞船在轨道 II 运行经过 A 点时做向心运动，所以神舟十五号载人飞船在轨道 II 运行经过 A 点的速度小于天和核心舱在轨道 I 运行的速度，选项 A 错误；设

载人飞船运动周期为 T_2 ，根据开普勒第三定律有 $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r^3}{a^3}$ ，则天和核心舱在轨道 I 运动的周期与飞船在椭圆轨

道 II 上运动的周期之比为 $\sqrt{r^3} : \sqrt{a^3}$ ，选项 B 正确；天和核心舱做匀速圆周运动，万有引力提供向心力有

$G \frac{Mm}{r^2} = m\omega^2 r = m \frac{v^2}{r}$ ，又因为地球表面上物体有 $G \frac{Mm_0}{R^2} = m_0 g$ ，两式联立解得天和核心舱运动的角速度

$\omega = \sqrt{\frac{gR^2}{r^3}}$ ，线速度 $v = \sqrt{\frac{gR^2}{r}}$ ，选项 C 正确，选项 D 错误。

9. 【答案】ABD

【解析】从质点 P 的振动图像可知当 $t = 5.5s$ 时刻质点 P 沿 y 轴负方向运动，则波动图像上质点 P 此刻沿 y 轴负方向运动，则波沿 x 轴正方向传播，选项 A 正确；从波动图像可得波长为 $\lambda = 2.4m$ ，从振动图像可得振

动周期为 $T = 6s$ ，即波动周期也为 $T = 6s$ ，波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = 0.4m/s$ ，选项 B 正确；质点 P 周期 $T = 6s$ ，一个周期内

运动的路程为 $4A$ ，质点 P 起振后，9s 内经过的路程为 $s = \frac{t}{T} \times 4A = \frac{9s}{6s} \times 4 \times 10cm = 60cm$ ，选项 C 错误。从乙

图可得质点 P 的振动方程为 $y = -10 \sin \frac{2\pi}{6} t cm = -10 \sin \frac{\pi}{3} t cm$ ，将 $t = 5.5s$ 代入可得

$y = -10 \sin \frac{\pi}{3} \times 5.5 cm = 5cm$ ，选项 D 正确。

10. 【答案】AB

【解析】A、B 两球落地时的速度相同，设为 v_0 ，两球下落过程根据机械能守恒定律可得，

$(km + m)gh = \frac{1}{2}(km + m)v_0^2$ ，解得 $v_0 = \sqrt{2gh}$ ，球 B 先与地面碰撞之后原速弹回，此时 A 球速度方向还是向下，

为 $v_0 = \sqrt{2gh}$ ，之后两球发生弹性碰撞，设向上为正方向，碰撞之后 A、B 两球的速度分别为 v_A 和 v_B ，根据动

量守恒定律 $kmv_0 - mv_0 = kmv_B + mv_A$ ，根据能量守恒定律可得 $\frac{1}{2}kmv_0^2 + \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}kmv_B^2 + \frac{1}{2}mv_A^2$ ，两式

联立解得 $v_A = \frac{3k-1}{k+1}v_0$ ，当 $k=3$ 时代入可得 $v_A = 2v_0$ ，设上升的最大高度为 h_1 ，A 球上升过程根据机械能守恒

定律可得, $\frac{1}{2}mv_A^2 = mgh_1$, 代入数据解得 $h_1 = 4h$; 当 $k=7$ 时代入可得 $v_A = 2.5v_0$, 设上升的最大高度为 h_2 ,

A 球上升过程根据机械能守恒定律可得 $\frac{1}{2}mv_A^2 = mgh_2$, 代入数据解得 $h_2 = 6.25h$, 所以 A 球上升的最大高度

应大于 $4h$, 小于 $6.25h$, 选项 AB 正确。

11. 【答案】BD

【解析】导体棒在出三个磁场时均恰好匀速运动, 则有 $mg = \frac{B^2L^2v}{2R}$, 解得出磁场时的速度为 $v = \frac{2mgR}{B^2L^2}$, 则

导体棒出磁场时的速度均相同, 三个磁场的宽度都相等, 在磁场中运动过程根据牛顿第二定律有

$ILB - mg = ma$, 感应电流 $I = \frac{BLv}{2R}$, 解得加速度为 $a = \frac{B^2L^2v}{2Rm} - g$, 棒 ab 在磁场中运动的加速度只与变量速度 v 有关, 根据微元法可得棒 ab 在磁场 I、II、III 区域运动情况均相同, 选项 A 错误, 选项 B 正确; 棒 ab 在

进入磁场区域 I 瞬间和进入磁场区域 III 瞬间速度大小相等, 此过程中根据能量守恒定律电路中产生的总热量为

$Q = mg(2d + 2s) = 2mg(d + s)$, 导体棒电阻与串联电阻阻值相等, 则电阻 R 产生的热量为 $mg(d + s)$, 选项

C 错误; 导体棒离开磁场 I 到进入磁场 II 的过程中, 由匀变速运动规律得 $v_1^2 - v^2 = 2gs$, 解得

$v_1 = \sqrt{v^2 + 2gs} = \sqrt{\frac{4m^2g^2R^2}{B^4L^4} + 2gs}$, 进入磁场 II 时的速度与进入磁场 I 时的速度相等, 由静止释放到区域 I

上边界的过程导体棒做匀变速直线运动, 根据运动学公式有 $v_1^2 = 2gx$, 因此 $x = \frac{2m^2R^2g}{B^4L^4} + s$, 选项 D 正确

12. (6分) 【答案】(1) BDE (3分) (2) $\frac{d}{t}$ (1分) (3) $d^2 = 2gLt^2$ (2分)

【解析】(1) 本实验需要验证的表达式为 $mgL = \frac{1}{2}mv^2$, 所以需要测量小球释放点与光电门之间的高度 L , 由表达式可知由于等式两边均有小铁球的质量 m , 可以约去, 所以小铁球的质量 m 可以不用测量, 本实验中由于小铁球的直径 d 较小, 所以小铁球过光电门时的速度大小近似为 $v = \frac{d}{t}$, 所以还需要测量小铁球的直径 d ; 小球通过光电门的时间 t , 所以选择 BDE。

(2) 小铁球经过光电门的挡光时间为 t , 由于小铁球的直径较小, 所以其通过光电门的速度可近似为 $v = \frac{d}{t}$ 。

(3) 本实验要验证小铁球下落过程中机械能是否守恒, 只需验证等式 $mgL = \frac{1}{2}mv^2 - 0 = \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t}\right)^2$

即 $d^2 = 2gLt^2$

13. (9分) 【答案】(1) 150 (1分) (2) R_1 (1分) 电路图见解析 (2分) (3) 2.150 (1分)

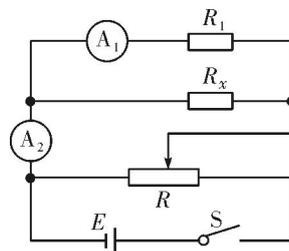
$$(4) \frac{I_1(R_1+r_1)}{I_2-I_1} \quad (2分) \quad R_x d \quad (2分)$$

【解析】(1) 待测电阻阻值为 $15.0 \times 10\Omega = 150\Omega$ 。

(2) 实验器材中没有电压表，电流 A_1 的内阻已知，所以应用电流 A_1 与定值电阻串

联改装成电压表，电源的电动势为 1.5V，串联的电阻为 $R = \frac{E}{I_m} - r = 295\Omega$ ，所以

定值电阻应选择 R_1 ，电流表 A_2 内阻未知，所以应用外接法，即如图所示电路，此接法两表恰好几乎同时满偏。



(3) 由螺旋测微器读数规则，可知新型导电材料的厚度 $d = 2\text{mm} + 15.0 \times 0.01\text{mm} = 2.150\text{mm}$ 。

(4) 根据电路的特点并联支路电压相等，则被测电阻两端的电压 $U = I_1(R_1 + r_1)$ ，由伏安法解得

$$R_x = \frac{I_1(R_1+r_1)}{I_2-I_1}; \text{ 设该正方形导电材料的边长为 } a, \text{ 厚度为 } d, \text{ 根据电阻的定律有 } R_x = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{a}{a \cdot d} = \rho \frac{1}{d},$$

解得该正方形导电材料电阻率 $\rho = R_x d$ 。

14. (8分) 【答案】(1) 4cm (2) 14cm

【解析】(1) 将气体的温度缓慢加热到 400K 过程中活塞 A 的质量不变，大气压强 p_0 气体的压强不变，所以气体的压强不变，为等压变化，设加热后气体的压强为 p_2 ，两活塞间的距离变为 L_1

$$\text{根据盖-吕萨克定律可得 } \frac{dS}{T_1} = \frac{L_1 S}{T_2} \quad (1分)$$

$$\text{解得 } L_1 = 16\text{cm}$$

以两活塞和汽缸整体为研究对象，弹簧的弹力与整体重力相平衡，加热过程中始终平衡，则弹簧弹力不变，即活塞 B 的位置不变，则活塞 A 对地移动的距离 $x_1 = L_1 - d = 4\text{cm}$ (1分)

(2) 以活塞 A 为研究对象，设气体的压强为 p_1 ，根据平衡条件有

$$p_0 S + mg = p_1 S \quad (1分)$$

$$\text{代入数据解得 } p_1 = 2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

活塞 A 施加一个竖直向上 $F=10\text{N}$ 的拉力平衡后，设气体的压强为 p_2 ，以活塞 A 为研究对象，根据平衡条件有 $p_0 S + mg = p_2 S + F$ (1分)

$$p_2 = 1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

此过程中气体温度不变，根据玻意耳定律可得 $p_1 dS = p_2 L_2 S$ (1分)

解得 $L_2 = 16\text{cm}$

以两活塞和汽缸整体为研究对象，设两活塞和汽缸整体质量为 M ，设初始时弹簧的压缩量为 x ，根据平衡条件有 $Mg = kx$ (1分)

施加拉力后弹簧的压缩量为 x' ，根据平衡条件有 $Mg = kx' + F$ (1分)

两式联立解得 $x - x' = 10\text{cm}$ ，即活塞 B 向上移动的距为 10cm

根据几何关系可得活塞 A 向上移动的距离为 $x_2 = (x - x') + (L_2 - d) = 14\text{cm}$ (1分)

15. (13分)

【答案】 (1) $\frac{2(7-4\sqrt{3})qB^2a^2}{m} < U < \frac{qB^2a^2}{2m}$ (2) $\frac{5\pi m}{3qB}$

【解析】 (1) 当粒子不从 ad 边射出的临界轨迹是轨迹与 ad 边相切，如图中①所示，设此时粒子轨道半径为 r_1 ，由几何关系得 $r_1 - \frac{a}{2} = r_1 \sin 30^\circ$ (1分)

解得 $r_1 = a$

在磁场中做匀速圆周运动洛伦兹力提供向心力 $qv_1B = \frac{mv_1^2}{r_1}$ (1分)

粒子在电场中加速过程根据动能定理 $qU_1 = \frac{1}{2}mv_1^2$ (1分)

以上各式联立解得轨迹与 ad 边相切时加速电压为 $U_1 = \frac{qB^2a^2}{2m}$

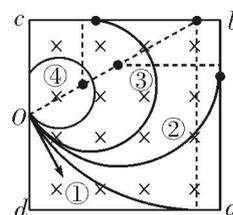
当粒子恰好从 ab 边射出的临界轨迹是轨迹与 ab 边相切，如图中②所示，设此时粒子轨道半径为 r_2 ，由几何关系得 $r_2 + r_2 \cos 30^\circ = a$ (1分)

解得 $r_2 = (4 - 2\sqrt{3})a$

在磁场中做匀速圆周运动洛伦兹力提供向心力 $qv_2B = \frac{mv_2^2}{r_2}$ (1分)

粒子在电场中加速过程根据动能定理 $qU_2 = \frac{1}{2}mv_2^2$ (1分)

以上各式联立解得轨迹与 ad 边相切时加速电压为 $U_2 = \frac{2(7-4\sqrt{3})qB^2a^2}{m}$



要使粒子全部从 ad 边射出，则粒子轨迹半径要小于 $r_1 = a$ ，大于 $r_2 = (4 - 2\sqrt{3})a$ ，则加速电压 $U_2 < U < U_1$ 。

$$\text{即 } \frac{2(7-4\sqrt{3})qB^2a^2}{m} < U < \frac{qB^2a^2}{2m} \quad (2 \text{ 分})$$

$$(2) \text{ 加速电场两板间的电压 } U = \frac{qB^2a^2}{50m}, \text{ 粒子在电场中加速过程根据动能定理 } qU = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{在磁场中做匀速圆周运动洛伦兹力提供向心力 } qvB = \frac{mv^2}{r} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{以上各式联立代入数据解得 } r = \frac{a}{5} \quad (1 \text{ 分})$$

如图所示，当粒子轨迹与 bc 边界相切时，如图中③所示，设此时的轨道半径为 r_3 ，由几何关系得 $r_3 + r_3 \sin 30^\circ = \frac{a}{2}$ 解得 $r_3 = \frac{a}{3}$ ，因为 $r < r_3$ ，则粒子从 cd 边射出 (1 分)

$$\text{根据对称性得轨迹的圆心角为 } 300^\circ, \text{ 运动时间为 } t = \frac{300^\circ}{360^\circ} T = \frac{5}{6} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{5\pi m}{3qB} \quad (1 \text{ 分})$$

16. (16分) 【答案】(1) 12m/s (2) 1m/s 方向水平向左 (3) 1.5m/s 方向水平向右 3m/s

【解析】(1) 小球在向下摆动过程中由机械能守恒定律可得 $m_0gL(1 - \cos 60^\circ) = \frac{1}{2}m_0v^2 \quad (1 \text{ 分})$

解得 $v = 7\text{m/s}$

小球与物块发生弹性碰撞，由动量守恒定律可得 $m_0v = m_0v' + mv_0 \quad (1 \text{ 分})$

由能量守恒定律有 $\frac{1}{2}m_0v^2 = \frac{1}{2}m_0v'^2 + \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (1 \text{ 分})$

两式联立解得 $v_0 = 12\text{m/s} \quad (1 \text{ 分})$

(2) 对物块，根据牛顿第二定律 $\mu_2mg = ma_1 \quad (1 \text{ 分})$

对长木板，根据牛顿第二定律 $\mu_1(M + m)g = Ma_2 \quad (1 \text{ 分})$

设物块从开始运动到与挡板碰撞过程中

两位移关系为 $(v_0t_1 - \frac{1}{2}a_1t_1^2) - \frac{1}{2}a_2t_1^2 = s \quad (1 \text{ 分})$

解得 $t_1 = 1\text{s}$ ， $\frac{1}{2}a_1t_1^2 = 0.5\text{m} < d$ ，则物块与长木板的挡板碰撞时，长木板还未与墙壁发生碰撞

物块与挡板刚要发生碰撞时，物块的速度为 $u_A = v_0 - a_1t_1 = 7\text{m/s} \quad (1 \text{ 分})$

长木板的速度为 $u_B = a_2t_1 = 1\text{m/s} \quad (1 \text{ 分})$

物块与木板的挡板间的碰撞为弹性碰撞，由动量守恒定律和能量守恒定律可得

$$mu_A + Mu_B = mv_1 + Mv_2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\frac{1}{2}mu_A^2 + \frac{1}{2}Mu_B^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2 \quad (1 \text{ 分})$$

两式联立代入数据解得 $v_1 = -1\text{m/s}$ ，物块的速度方向水平向左，大小为 $v_1 = 1\text{m/s}$ (1分)

长木板的速度 $v_2 = 5\text{m/s}$

(3) 碰撞之后对长木板，根据牛顿第二定律 $\mu_2 mg + \mu_1 (M+m)g = Ma_3$ (1分)

物块与木板间的碰撞之后到与竖直墙壁碰撞过程中长木板位移 $d - \frac{1}{2}a_2 t_1^2 = v_2 t_2 - \frac{1}{2}a_3 t_2^2$ (1分)

解得 $t_2 = 0.5\text{s}$ 或 $t_2 = 2.0\text{s}$ (舍去)

则与墙壁碰撞前瞬间物块的速度 $v_A = v_1 - a_1 t_2 = -1.5\text{m/s}$ ，负号表示方向水平向右 (1分)

则与墙壁碰撞前瞬间长木板的速度 $v_B = v_2 - a_3 t_2 = 3\text{m/s}$ (1分)

