

## 物理参考答案

一、选择题 I（本题共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分。）

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	D	B	A	B	C	C	B	D	D

1. A【解析】

由焦耳定律得  $Q=I^2Rt$ ，可得  $I=\sqrt{\frac{Q}{Rt}}$ ，又  $1\text{J}=1\text{N}\cdot\text{m}$ ，可知  $\sqrt{\frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\Omega\cdot\text{s}}}$  是电流强度的单位，故选 A。

2. D【解析】

（必修 1 教材 P100）

选项 A：当 a 足够大时，A 对 C 的支持力可能为零，此时 C 脱离 B，故“一定受到 A 和 B 的支持力”不正确。A 错。

选项 B：a 增大时，A 对 C 的支持力，但若 C 已脱离 B，则 A 对 C 的支持力方向改变，B 不一定正确。

选项 C：桶 B 对 C 的支持力是桶 B 的弹性形变引起的，不是 C 的弹性形变。C 错。

选项 D：当 a 足够大，C 可能脱离 A 移到 B 右边。D 正确。

3. B【解析】

（选必 2 教材 P43）

S 闭合时，线圈 A 中有电流，铁芯被磁化，吸引衔铁 D。S 断开时，线圈 A 中电流减小，磁通量减小，由楞次定律，线圈 B 中产生感应电流，其方向使得磁场维持原方向不变，继续吸引衔铁 D，产生延时效果。

A 错：S 断开瞬间线圈 A 会产生自感电动势，但由于 B 构成闭合回路，通过互感维持磁场，A 两端电压不为零（有自感反电动势）。

B 正确：线圈 B 产生的感应电流维持原磁场方向，继续吸引 D。

C 错：根据楞次定律，B 中电流方向应维持原磁场，电流方向与图示箭头相反。

D 错：若 B 不闭合，线圈无法产生感应电流维持磁场，延时效果差。

4. A【解析】

导弹 CD 段只受引力作用，导弹沿 CD 段飞行过程中机械能守恒，A 正确、B 错；导弹在 D 点的速度小于地球第一宇宙速度，C 错；

导弹在 D 点的加速度大小为  $a_n = G \frac{M}{(R + \frac{R}{10})^2}$  又  $g = G \frac{M}{R^2}$

解得  $a_n = (\frac{10}{11})^2 g$ ，故 D 错误。

5. B【解析】

由双缝干涉条纹间距的公式  $\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$

可知,当两种色光通过同一双缝干涉装置时,波长越长条纹间距越宽,由屏上亮条纹的位置可知  $\lambda_1 > \lambda_2$

反射光经过三棱镜后分成两束色光,由图可知  $M$  光的折射角大,又由折射定律可知,入射角相同时,折射率越大的色光折射角越大,由于  $\lambda_1 > \lambda_2$

则  $n_1 < n_2$  所以  $N$  是波长为  $\lambda_1$  的光出射位置,故 B 正确, C 错误。

又  $O$  是两单色光中央亮条纹的中心位置,所以到达双缝  $S_1$ 、 $S_2$  的光束振动情况相同,故 A 错;若双缝  $S_1$ 、 $S_2$  的间距减半,则  $P_1$ 、 $P_2$  的间距也增加,故 D 错。

6. C 【解析】

A. 若上板向右平移一小位移,电容器内的电场强度不变,微粒的电势能不变, A 错

B. 由牛顿第二定律  $qE = ma$  由运动学公式  $\frac{d}{2} = \frac{1}{2}at^2$

联立可得微粒第一次到达下极板所需的时间为  $t = \sqrt{\frac{md^2}{qU}}$ , B 错

C. 微粒第一次到达下极板时的速度大小为  $v_1 = at = \sqrt{\frac{qEd}{m}}$

由于微粒与极板碰撞前后瞬间机械能不变,碰撞后电性与极板相同,所带电荷量的绝对值不变,设微粒碰后第一次到达上极板时的速度大小为  $v_2$ , 满足  $v_2^2 - v_1^2 = 2ad$

代入解得  $v_2 = \sqrt{\frac{3qEd}{m}}$

同理可得微粒第一次从上极板回到  $O$  点时的速度大小为  $v_3$ , 满足  $v_3^2 - v_2^2 = 2a\frac{d}{2}$

代入解得  $v_3 = 2\sqrt{\frac{qEd}{m}}$

故微粒第一次从上极板回到  $O$  点时的动量大小为  $p = mv_3 = 2\sqrt{qUm}$ , C 正确

D. 微粒在二极板间来回运动一次,电源消耗的电能为  $2Uq$ , D 错。

7. C 【解析】

弱相互作用是中子衰变成质子和电子的原因, A 错误;

中子衰变的核反应式为  ${}_0^1\text{n} \longrightarrow {}_1^1\text{p} + {}_{-1}^0\text{e} + {}_0^0\text{Ve}$ , B 错;

中子衰变过程中释放的能量为  $\Delta E = (m_n - m_e - m_p)c^2 = 0.79 \text{ MeV}$ , 一个静止的中子衰变过程中放

出的质子动能为  $E_{\text{kp}} = \frac{p^2}{2m_p} = \frac{(3 \times 10^{-8})^2 \times (3 \times 10^8)^2}{2 \times 938.27} \text{ MeV} \approx 0.0432 \text{ MeV}$ , 中子衰变过程中电子和反

中微子的总动能为  $\Delta E - E_{\text{kp}} = 0.7468 \text{ MeV}$ , C 正确;

中子衰变过程中放出的质子的波长  $\lambda = \frac{h}{p} = 1.38 \times 10^{-13} \text{ m}$ , D 错误。

8. B 【解析】

设变压器原、副线圈的电压分别为  $U_1$ 、 $U_2$ , 灯泡  $L$  的阻值为  $R$ , 根据等效电阻的思想有灯泡的

等效电阻  $R_{\text{等}} = \frac{U_1}{I_1}$  灯泡  $L$  的阻值  $R = \frac{U_2}{I_2}$

由理想变压器原理, 电压关系  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{k}{1}$

电流关系  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{k}$  联立解得  $R_{\text{等}} = k^2 R$

$k$  值恒定, 即等效负载恒定, 当  $S$  与  $c$  相连时, 原线圈所在电路的总电阻最小, 流过原线圈的电流最大, 根据变压器原副线圈电流关系可知副线圈电流最大, 根据  $P = I^2 R$  可知灯泡的电功率最大, 故 A 错误;

$S$  与  $a$  相连, 变压器原线圈电压  $U_1 = \frac{U}{k^2 R + 2R} \cdot k^2 R$ , 灯泡两端的电压为  $U_2 = \frac{U}{k^2 + 2} \cdot k$ , B 正确;

$S$  与  $c$  相连, 变压器原线圈电路接入一个电阻, 变压器原线圈的电流  $I_1' = \frac{U}{k^2 R + R}$

流过灯泡的电流  $I_2' = kI_1' = \frac{kU}{(k^2 + 1)R}$  灯泡的电功率为  $P_L = I_2'^2 R_L = \frac{k^2 U^2}{(k^2 + 1)^2 R}$ , C 错误。

$S$  与  $C$  相连, 变压器原线圈的电流  $I_1 = \frac{U}{k^2 R + R}$ , 随  $K$  的增大而减小, D 错。

### 9. D【解析】

教材必 2 课题研究 P102

从图片可以估算相关数据。实验者手臂自然下垂时肩膀到指尖长度 65cm。根据图片中 A、B、C 三帧的位置关系: 浙考神墙 750

指尖以腕关节  $N$  为圆心做圆周运动, 腕关节到指尖的距离约为手掌长度, 估计约  $r \approx 0.2 \text{ m}$ 。

由图片估算 A 到 B 的弧长, 因为 B 点线速度基本不变, 再结合时间间隔  $T = 0.04 \text{ s}$  计算瞬时速度:

$$v \approx \frac{BC}{T}, \text{ 向心加速度 } a = \frac{v^2}{r}$$

根据答案  $250 \text{ m/s}^2$  反推: 若  $r \approx 0.2 \text{ m}$ , 则  $v = \sqrt{ar} = \sqrt{250 \times 0.2} \approx 7 \text{ m/s}$ ,

$BC = vT = 7 \times 0.04 = 0.28 \text{ m}$ , 在合理范围内。

### 10. D【解析】

线框未进入磁场:  $\mu mg \cos \vartheta = \frac{\Delta E}{\Delta x}$ , 所以  $\mu = \frac{0.9 - 0.756}{0.8 \times 0.36} = 0.5$ , 故 A 错;

加速度  $a = g \sin \theta - \mu g \cos \theta = 2 \text{ m/s}^2$ , 得进入磁场时的速度  $v = 1.2 \text{ m/s}$ ;

由于线框进入磁场, 机械能  $E$  和位移  $x$  为线性变化, 所以线框作匀速直线运动, 全部进入磁场线框作匀加速运动,  $ab$  两端的电压线性增加, 故 B 错;

线框进入磁场时,  $\mu mg \cos \vartheta + \frac{B^2 L^2 v}{R} = mg \sin \theta$ , 得  $mg \sin \theta \cdot l = \Delta E$ ; 可得金属线框的长度为  $0.15 \text{ m}$ , 金属线框刚进入磁场到恰好完全进入磁场所用的时间  $0.125 \text{ s}$ , 所以 D 正确。

### 二、选择题 II (本题共 3 小题, 每小题 4 分, 共 12 分。)

11	12	13
AB	CD	BD

### 11. AB【解析】教材插图

A. 图甲移走导体  $B$ , 导体  $A$  左侧的电荷量增加, 使  $C$ 、 $D$  点间的电场强度增大, 电势差  $U_{CD}$  增大, A 正确;

B. 现抽掉隔板, 气体不对外做功、不吸热, 内能不变, 故最终温度等于  $T$ , B 正确;

C. 悬浮在液体中的微粒越大, 撞击作用越平衡, C 错;

D. 电容式话筒膜片为敏感元件, D 错。

12. CD 【解析】教材选必 1, P102 习题改编

两列波 S 相向运动, 经 0.75 秒相遇, A 错;

0~0.75 秒, P 点起振方向向下, 其振动方程为  $y = -2 \sin(2\pi t)$  cm, B 错; M 点为振动加强点, 若 PQ 区域内充满另一均匀介质, 也不影响, M 仍为振动加强点; 0~1.5 秒, M 点振动 0.75 秒, 运动的路程为 12cm, 所以 C、D 正确。

13. BD 【解析】

A. 若 I 已经为光电效应达到的饱和电流, 则当滑动变阻器滑片右移后, 电流 I 保持不变, 故 A 错误。

B. 若只增大光束的强度, 光电流变大霍尔元件前后表面的电压将变大, 故 B 正确;

C. 设霍尔元件前后侧面的电压为 U, 电子在霍尔元件内做定向移动的速率为 v, 根据洛伦兹力

$$\text{与电场力平衡可得 } qvB = \frac{qU}{b}$$

霍尔元件单位体积内的电子数为 n, 则电流  $I = neSv = nebcv$

$$\text{联立解得 } U = \frac{BI}{nec} \text{ 故 C 错;}$$

D. 霍尔片内沿前后侧面的电场强度大小为  $E_1 = \frac{U}{b} = \frac{BI}{necb}$

$$\text{沿电流方向的恒定电场为 } E = \frac{U}{a}$$

$$\text{则霍尔片的电场强度为 } E_{\text{合}} = \sqrt{E_1^2 + E^2} = \sqrt{\left(\frac{BI}{necb}\right)^2 + \left(\frac{U}{a}\right)^2}, \text{ 故 D 正确;}$$

三、非选择题 (本题共 5 小题, 共 58 分)

14. I. 【答案】

(1) 0.730

(2) ①a ②左

(3)  $2.6 \times 10^{-6}$  或  $2.7 \times 10^{-6}$

(4) CD (2 分, 漏选得 1 分)

(5) 每段导体两端的电压与它们的电阻成正比

【命题意图】考查学生对电学实验的基本操作 (如电路连接、仪器使用)、实验方法 (替代法) 的理解, 以及通过公式推导计算电阻率的能力。同时通过误差分析选项 (如换用高精度电阻箱、多次测量), 引导学生关注实验设计的严谨性, 强化 “科学探究” 核心素养。

【详解】

(1) 该样品横截面直径 0.730mm

(2) [1] 由于滑动变阻器采用限流式接法, 应将其串联接在电路中, 故采用 “一上一下” 原则, 即电流表的 “+” 接线柱应与滑动变阻器的接线柱 a 相连。

[2] 为了保护电路, 闭合开关前, 滑动变阻器滑片应最大阻值处, 即最左端。

(3) 由题意可知, 该合金丝的电阻为  $R = 3.2\Omega$

$$\text{由电阻定律 } R = \rho \frac{l}{S} \text{ 及 } S = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \text{ 可得 } \rho = \frac{\pi R d^2}{4l}$$

$$\text{代入数据解得该合金丝的电阻率为 } \rho \approx 2.7 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$$

(4) 根据电阻定律可知  $\rho = \frac{\pi R d^2}{4l}$ ，则为了减小实验误差，可减小测合金丝电阻时的误差，

选择更精确的电阻箱，可换用阻值范围为  $0 \sim 99.99\Omega$ ，或多次测量该合金丝不同区间等长度样品的电阻率，再求平均值。故选 CD。

(5) 图中四段导体是串联的，每段导体两端的电压与它们的电阻成正比，因此，用电压表分别测量 a、b、c、d 两端的电压，就能知道它们的电阻之比。

14. II. 【答案】

(1) D

(2) 纸带②  $a_2 = \frac{(x_5+x_4)-(x_1+x_2)}{6T^2} = 2.5m/s^2$  不满足

(3) 减小相对误差

【详解】

(1) A. 实验装置乙打点计时器为电火花打点计时器，应连接 220V 交流电源，故 A 错误；

B. 实验装置甲“探究速度与时间关系”时，只需要保证小车所受合力不变，不需要平衡摩擦力，故 B 错；

C. 实验装置甲平衡摩擦力后，由于仍存在摩擦力做功，系统机械能不守恒，故 C 错误；

D. 实验装置丙验证机械能守恒时，为了计算重力势能的减小量须知道当地的重力加速度，故 D 正确。

故选 D。

(2) 纸带②  $a_2 = \frac{(x_5+x_4)-(x_1+x_2)}{6T^2} = 2.5m/s^2$

可知该实验操作中钩码的总质量不满足远小于小车的质量。

(3) 取间距较大的两计数点计算能减小相对误差

14. III. 【答案】

AC (2 分，漏选得 1 分)

【详解】

电磁打点计时器工作时，通电线圈产生磁场，被磁化的振动片可以看成是一个软磁体，它处在永久磁铁的外磁场中。当线圈里的交变电流改变方向时，线圈的磁场方向随之改变，振动片被磁化的极性也会改变。此时，振动片和永久磁铁的 N、S 极之间的吸引力 / 排斥力，从电磁学的本质来看：磁极间的相互作用力，本质上也是磁场对电流（或运动电荷）的作用力，也就是安培力的宏观表现，故 AC 正确。打点针的振动频率由电源的频率决定与振动片的质量无，振动形成的机械波在空中的波长约为 6.8m，故 BD 错。

15. (8 分) 【详解】

(1) B C (2 分)

(2) ① 气体做等压膨胀，由理想气体方程得：

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{(V_0 + x \cdot s)}{T_1} \quad (1 \text{ 分})$$

代入数据得：

$$T_1 = \frac{(V_0 + x \cdot s)T_0}{V_0} = \frac{(0.08 + 0.004)300}{0.08} = 315K \quad (2 \text{ 分})$$

② 停止加热，稳定后气体做等温变化

$$P_0 V_0 = (V_0 + \Delta x \cdot s) P_1 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{活塞受到的合外力 } F = F_0 - (P_0 - P_1)S = F_0 - (P_0 - \frac{P_0 V_0}{V_0 + \Delta x \cdot s})S \quad (1 \text{ 分})$$

当  $F=0$  时，活塞速度最大

此时  $\Delta x = \frac{2}{39}m$ , 即坐标为  $\frac{2}{39}m$  (1分)

16. (11分) 【详解】

- (1) 在 0-2s 内, 由楞次定律得薄圆柱中感应电流方向为顺时针 (俯视) (1分)  
产生的感应电动势大小

$$E = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = kI_0\pi r^2 \quad (1分)$$

感应电流大小

$$I = \frac{E}{R} = \frac{kI_0\pi r^2}{\rho \frac{2\pi r}{hd}} = \frac{kI_0 r d h}{2\rho} \quad (1分)$$

- (2) 在 0-4s 内, 薄圆柱受到的安培力水平, 在竖直方向上受力平衡得每根轻绳的拉力

$$3T \cdot \cos \frac{\pi}{6} = mg \quad (1分)$$

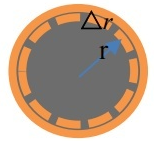
$$T = \frac{2\sqrt{3}}{9}mg \quad (1分)$$

在 0-4 秒内, 薄圆柱的焦耳热

$$Q = I^2 R t = \left(\frac{kI_0 r h d}{2\rho}\right)^2 \rho \frac{2\pi r}{hd} \times 4 = \frac{2\pi h d k^2 r^3 I_0^2}{\rho} \quad (2分)$$

- (3) 把发热圆盘视作一个个厚度  $d$  相同、宽度  $\Delta r$  极小的圆环 (圆环载面积  $s = \Delta r d$ ) 叠加而成, 如图所示, 对距圆心  $r$  处的圆环热功率

$$P = I^2 R = \left(\frac{kI_0 r s}{2\rho}\right)^2 \rho \frac{2\pi r}{s} = \frac{\pi k^2 r^3 I_0^2 d \Delta r}{2\rho} \quad (2分)$$



单位面积上的热功率

$$P_0 = \frac{P}{s_1} = \frac{\pi k^2 r^3 I_0^2 d \Delta r}{2\rho \times 2\pi r \Delta r} = \frac{k^2 r^2 I_0^2 d}{4\rho} \quad (\text{类似其他方法也给分}) \quad (1分)$$

由上式得: 发热圆盘工作时  $r$  越大温度越高, 即靠近圆心处的温度比外侧低。 (1分)

17. (12分) 【详解】浙考神墙750

- (1) ①甲恰能到  $c$  点, 可知  $m_1 g \sin \theta = m_1 \frac{v_c^2}{R}$  (1分)

$$v_c = \sqrt{gR \sin \theta} = 1m/s \quad (1分)$$

- ②甲乙发生完全弹性碰撞, 碰撞前后动量和能量守恒得:  $m_1 v_c = m_1 v_1 + m_2 v_2$

$$\frac{1}{2} m_1 v_c^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$\text{解得碰后乙的速度为 } v_2 = \frac{2m_1 v_c}{m_1 + m_2}$$

$$\text{当 } m_1 = m_2 \text{ 时, } v_2 = \sqrt{gR \sin \theta} = 1m/s$$

(或直接写交换速度同样给分)

从  $c$  点至弹簧压缩量最大位置, 由能量守恒得

$$m_1 g (4.5R + \Delta x) \sin \theta + \frac{1}{2} m_1 v_2^2 = \frac{1}{2} k \cdot \Delta x^2$$

$$\text{解得: } \Delta x = \frac{5}{2} R = 0.5m \quad (1分)$$

$$\text{小球乙速度最大时, 弹簧压缩量为 } \Delta x_1 = \frac{mg \sin \theta}{k} = \frac{1}{12} m$$

$$\text{所以弹簧振子的振幅 } A = \Delta x - \Delta x_1 = \frac{25R}{12} = \frac{5}{12} m \quad (1分)$$

由单位圆得: 小球乙从接触弹簧至最低点的时间

$$t = \left(\frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{1}{5}\right) \sqrt{\frac{1}{60}} \text{ s 或 } t = (\pi - \arccos \frac{1}{5}) \sqrt{\frac{1}{60}} \text{ s} \quad (2 \text{ 分})$$

(2) ①碰后乙做类平抛运动，小球乙过  $f$  点，有： $4.5R = \frac{1}{2}g \sin \theta t^2$

$$R = v_2 t$$

$$\text{解得 } v_2 = \frac{1}{3} \sqrt{gR \sin \theta} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{又碰后乙的速度为 } v_2 = \frac{2m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

$$\text{可得 } \frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{5} \quad (1 \text{ 分})$$

②若碰后乙能越过线段  $df$ ，得碰后乙做类平抛运动

故碰后乙的速度必然满足  $v_2 < \sqrt{gR \sin \theta}$

同时根据类平抛运动规律可知  $4.5R = \frac{1}{2}g \sin \theta \cdot \Delta t^2, v_2 \Delta t > R$  (1分)

同时需保证小球不能撞击到圆弧  $cd$  上，可得当  $R = \frac{1}{2}g \sin \theta \cdot \Delta t^2, v_2 \Delta t < R$  (1分)

$$\text{联立解得 } \frac{1}{3} \sqrt{gR \sin \theta} < v_2 < \sqrt{\frac{1}{2}gR \sin \theta}$$

$$\text{将 } \frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{5} \text{ 代入可得 } \sqrt{gR \sin \theta} < v_1 < \sqrt{\frac{9}{2}gR \sin \theta}$$

$$\text{代入数据得 } 1 \text{ m/s} < v_1 < \sqrt{\frac{9}{2}} \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

对甲球从  $a$  到  $c$  过程中，由动能定理得： $-m_1 g \cdot 8R \sin \theta = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 - \frac{1}{2} m_1 v_0^2$

$$v_0 = \sqrt{v_1^2 + 16gR \sin \theta}$$

得：小球甲初速度应满足的条件  $\sqrt{17} \text{ m/s} < v_0 < \sqrt{\frac{41}{2}} \text{ m/s}$  (1分)

18. (13分) 【详解】

(1) 离子在偏转电场中运动的时间  $t = \frac{2v \sin \theta}{a}$  (1分)

离子在偏转电场中平行于下边界的位移

$$x = v \cos \theta \cdot \frac{2v \sin \theta}{a} = \frac{4dE_k \sin \theta \cos \theta}{Uq} \quad (1 \text{ 分})$$

另由几何关系可得  $x = x_0 - \frac{h}{\tan \theta}$  (1分)

$$\text{代入得 } E_0 = \frac{\sqrt{3}Uq(x_0 - \sqrt{3}h)}{3d} \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 在磁场中，离子在磁场中做圆周运动，根据向心力公式

$$Bqv = M \frac{v^2}{r} \text{ 联立可得： } r = \frac{\sqrt{2ME_1}}{Bq} \quad (1 \text{ 分})$$

根据几何关系： $l = 2r \sin \theta + h \cot \theta$  (1分)

可得：  $E_1 = \frac{B^2 q^2 (x_0 - \sqrt{3}h)^2}{2M}$  (1分)

(3) 若满足  $l = 2r \sin \theta + h \cot \theta = 2r \sin(\theta \mp \Delta\alpha) + h \cot(\theta \mp \Delta\alpha)$  (1分)

即可满足要求。由于：  $\sin(\theta \mp \Delta\alpha) = \sin \theta \cos \Delta\alpha \mp \sin \Delta\alpha \cos \theta \approx \sin \theta \mp \Delta\alpha \cos \theta$  联立可

得：  $h = 2r \cos \theta \sin^2 \theta = \frac{\sqrt{6mE}}{4Bq}$  (2分)

(4) 质量为  $m$  的离子与质量为  $M$  的静止原子发生了弹性碰撞，动量守恒、机械能守恒，有  $m\Delta v = Mv_2$

$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$  (1分)

根据余弦定理  $\cos \alpha = \frac{v_0^2 + v_1^2 - \Delta v^2}{2v_0v_1}$  得  $\Delta v = \sqrt{v_0^2 + v_1^2 - 2v_0v_1 \cos \alpha}$  (1分)

则有  $v_2 = \frac{m\Delta v}{M} = \frac{m}{M} \sqrt{v_0^2 + v_1^2 - 2v_0v_1 \cos \alpha}$

可解得  $K = \frac{\frac{1}{2}mv_1^2}{\frac{1}{2}mv_0^2} = \left( \frac{\cos \alpha \pm \sqrt{\left(\frac{M}{m}\right)^2 - \sin^2 \alpha}}{1 + \frac{M}{m}} \right)^2$  (1分)

难度分布分析

难度	题号	数量
★★☆☆☆ 较易	1、2、3、4	4
★★★★☆ 中等	5、6、7、12、14、15	7
★★★★☆ 较难	8、11、13、16	4
★★★★★ 难	9、10、17、18	4