逐光知理 · 高考物理参考答案与详解

2026年6月浙江省普通高校招生选考科目考试 物理

参考答案与详解（本站独立编撰）

选考物理 · 10 单选 + 3 多选 + 2 实验 + 3 计算 · 满分 100 分 · 考试时间 90 分钟

本册答案与详解由逐光知理物理教研组基于卷面信息独立编撰，全部推导、数值与图示均为本站自行完成，供学习参考使用。

答案速查

1 **D**	2 **A**	3 **A**	4 **C**	5 **D**	6 **D**
7 **A**	8 **C**	9 **B**	10 **C**	11 **BC**	12 **BCD**
13 **AD**					

题号	主考点	答案摘要
14(I)	用双缝干涉测量光的波长	（1）单缝 （2）左右；①；拨杆 （3）B （4）D
14(II)	测量金属丝电阻率（伏安法与游标卡尺）	（1）b；最右侧 （2）183 Ω（依图线读数在 183～193 Ω 间均合理） （3）6.23（6.20～6.26 均可）；$\rho=\dfrac{R_1L^2}{4n^3d}$；B （4）不合理；$R_2$（约 10 Ω）远小于毫安表内阻 57.0 Ω，误差过大
15	理想气体状态方程与热力学第一定律	（1）$T_B=450$ K （2）$W=400$ J （3）不变；近似等于
16	传送带、圆周运动、弹性碰撞与弹簧振子的综合	（1）① $v_B=3$ m/s；② $N=0$；③ $E_{p\max}=0.25$ J （2）弹簧处于伸长状态，b 沿 $F\to B$ 方向（背离弹簧）运动
17	带电粒子在圆柱形磁场中的偏转与量子效率估算	（1）沿 x 轴正方向 （2）$B\approx3.0\times10^{2}$ T （3）量子效率约 1.4×10^{-6}

一、选择题 I （每小题 3 分，共 30 分）

1. 选择题 · 3分

答案 D

详解

A. × 位移

位移既有大小又有方向，运算服从平行四边形法则，是矢量，不符合题意。

B. × 电场强度

电场强度是描述电场力性质的矢量，$\vec{F}=q\vec{E}$ 中方向由场强方向决定，是矢量，不符合题意。

C. × 磁感应强度

磁感应强度 B 有方向（小磁针 N 极指向），满足 $\vec{F}=q\vec{v}\times\vec{B}$，是矢量，不符合题意。

D. √ 热量

热量是热传递过程中转移内能的多少，只有大小没有方向，是标量，符合题意，故选 D。

---

2. 选择题 · 3分

> **答案** A

详解

A. √ A

机器人转弯时速度方向改变，必有加速度（$a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$，方向变化也属于速度变化），加速度大小一定不为零，A 正确。

B. × B

以冲刺的机器人为参考系，站在终点的裁判员相对于机器人位置在变化，是运动的，B 错误。

C. × C

研究机器人在奔跑过程中的姿态（如腿部摆动、身体姿态）时，其形状大小不能忽略，不可视为质点，C 错误。

D. × D

路程与时间之比为平均速率；平均速度是位移与时间之比。马拉松赛道并非单向直线，位移大小不等于路程 21.0975 km，故该比值是平均速率而非平均速度大小，D 错误。

平均速率 = 路程/时间，平均速度 = 位移/时间，二者只有单向直线运动且不折返时才数值相等。

---

3. 选择题 · 3分

> **答案** A

详解

A. √ A

由质量数守恒：$14+4=17+A_X\Rightarrow A_X=1$；由电荷数守恒：$7+2=8+Z_X\Rightarrow Z_X=1$。质量数 1、电荷数 1 的是质子 ${}_{1}^{1}\mathrm{H}$，A 正确。

B. × B

${}_{1}^{2}\mathrm{H}$（氘）质量数为 2，不满足质量数守恒（$17+2\neq14+4$），B 错误。

C. × C

${}_{0}^{1}\mathrm{n}$ 电荷数为 0，而反应要求 $Z_X=1$，C 错误。

D. × D

$^{0}_{-1}$e 是电子，质量数、电荷数均不符，D 错误。

4. 选择题 · 3分

答案 C

详解

A. × A

A 图把 F_2 画成沿杆方向的力，但杆不提供沿自身方向的力，直梯所受各力应为重力、墙面支持力、地面支持力与摩擦力，A 错误。

B. × B

B 图中 F_1 画在杆中部且 F_3 方向向下，墙面支持力应作用在上端且水平，摩擦力方向不可能竖直向下，B 错误。

C. √ C

墙光滑，墙对梯上端只有水平支持力 F_1（垂直墙面指向梯）；重力 G 竖直向下；地面给下端竖直向上的支持力 F_2 和水平指向墙的静摩擦力 F_3。水平方向 F_1 与 F_3 平衡，竖直方向 F_2 与 G 平衡，对下端取矩 F_1 与 G 的力矩平衡，梯静止。C 图各力方向、作用点均正确，C 正确。

D. × D

D 图中 F_1 指向墙（水平向左），方向画反：墙只能推梯不能拉梯，支持力必须背离墙指向梯，且 F_3 方向也不对，D 错误。

光滑墙只有法向支持力；粗糙地面既有支持力又有摩擦力，摩擦力方向与墙支持力反向以保持水平方向平衡。

5. 选择题 · 3分

答案 D

详解

A. × A

副线圈电压 $U_2 = 4\,\mathrm{V}$，原线圈电压 $U_1 = 220\,\mathrm{V}$，匝数比 $\dfrac{n_1}{n_2} = \dfrac{U_1}{U_2} = \dfrac{220}{4} = 55:1$，A 给出 1:55，错误。

B. × B

副线圈总电流 $I_2 = 121 \times 0.1 = 12.1\,\mathrm{A}$，原、副电流之比 $\dfrac{I_1}{I_2} = \dfrac{n_2}{n_1} = \dfrac{1}{55}$，即 1 : 55 而非 55 : 1，B 错误。

C. × C

理想变压器输入功率等于输出功率 $P_1 = P_2 = U_2 I_2 = 4 \times 12.1 = 48.4\,\mathrm{W}$，不是 0.4 W，C 错误。

D. √ D

原线圈电流 $I_1 = \dfrac{I_2}{55} = \dfrac{12.1}{55} = 0.22$ A，D 正确。回代：$P_1 = U_1 I_1 = 220 \times 0.22 = 48.4$ W $= P_2$，自洽。

---

6. 选择题 · 3分

> **答案** D

详解

A. × A

由波形图相邻两零点 $x_B = 0.5$ m 与 $x_C = 1.5$ m 之间为半个波长，得 $\dfrac{\lambda}{2} = 1$ m，$\lambda = 2$ m；频率 $f = \dfrac{v}{\lambda} = \dfrac{4}{2} = 2$ Hz，不是 0.5 Hz，A 错误。

B. × B

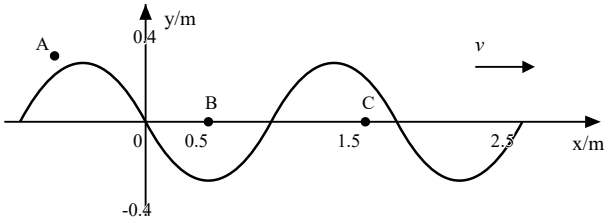
波沿 x 正方向传播，按“上坡下、下坡上”判断：A 位于上坡段（沿传播方向波形上升），图示时刻 A 向 y 轴负方向运动，B 错误。

C. × C

质点只在平衡位置附近振动，不随波迁移。波从 x_B 传到 x_C 需 $\Delta t = \dfrac{1\text{ m}}{4\text{ m/s}} = 0.25$ s，B 在 0.25 s $= \dfrac{T}{2}$ 内运动的路程为 $2A = 0.8$ m（从平衡位置出发），且 B 本身不移动 1 m，C 错误。

D. √ D

$\omega = 2\pi f = 4\pi$ rad/s。波向右传，C 处于上坡段，图示时刻 C 恰在平衡位置且向下运动。以图示时刻为计时起点，振动方程 $y = A\sin(\omega t + \varphi)$，$t = 0$ 时 $y = 0$ 且速度为负，得 $\varphi = \pi$，故 $y = 0.4\sin(4\pi t - \pi)$ m，D 正确。



题6：$t = 0.5$ s 时刻的波形图（本站自绘示意）

判断质点振动方向用“上下坡法”或波形平移法；波传播的是振动状态，质点不随波迁移。

---

7. 选择题 · 3分

> **答案** A

详解

A. √ A

月球表面 $W = mg_{月}$，得 $g_{月} = \dfrac{W}{m}$；由 $\dfrac{GMm'}{R^2} = m'g_{月}$ 得月球质量 $M = \dfrac{g_{月}R^2}{G} = \dfrac{WR^2}{Gm}$，A 正确。

B. × B

月球的第一宇宙速度 $v_1 = \sqrt{g_{月}R} = \sqrt{\dfrac{WR}{m}}$，而选项给出 $\sqrt{\dfrac{Gm}{R}}$（m 是钩码质量，量纲也不符），B 错误。

C. × C

弹簧的劲度系数由弹簧本身决定（材料、长度、粗细），与所在星球无关；变化的是同一弹簧在不同星球上悬挂同一钩码时的伸长量，C 错误。

D. × D

由光速不变原理，真空中光速相对任何惯性参考系都是 c，与光源运动速度无关，地球上测得激光速度仍为 c，而不是 $\sqrt{v^2 + c^2}$，D 错误。

---

8. 选择题 · 3分

> **答案** C

详解

A. × A

A 图为等幅振荡。棒偏离平衡角后切割磁感线，回路中产生感应电流，安培力做负功消耗机械能，振幅必然衰减，不可能等幅振动，A 错误。

B. × B

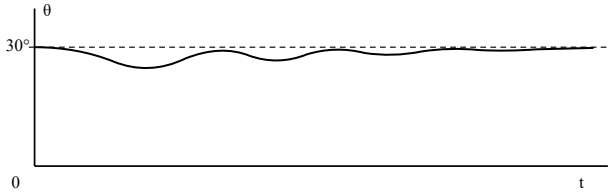
B 图的衰减形态与“闭合开关后先平衡在 $\theta_0 = 30°$、再小角度偏离”的题设不符：初始应从 30° 附近的小偏离开始衰减振动，B 图起始大幅衰减的特征与本模型不一致，B 错误。

C. √ C

闭合 S 后棒中通有恒定电流，在竖直向上的磁场中受水平方向安培力，与重力沿杆方向的分力平衡于 $\theta_0 = 30°$。小角度偏离后，棒运动产生动生电动势 $\varepsilon = BLv$，感应电流的安培力构成电磁阻尼，机械能不断转化为电阻 R 上的焦耳热，棒围绕 $\theta_0 = 30°$ 做欠阻尼衰减振动并最终停在 30°，C 图正确。

D. × D

D 图无振荡、直接衰减到 0°，平衡位置应是 $\theta_0 = 30°$ 而非 0°，且衰减振动应表现为振幅渐减的往复运动，D 错误。



题8：$\theta - t$ 关系（本站自绘示意，对应选项 C 的衰减振动趋于 30°）

有电阻的闭合回路中运动的导体棒必受电磁阻尼，系统最终停在安培力与重力分力平衡的位置。

9. 选择题 · 3分

答案 B

详解

A. × A

锤自由下落 $t_2 = 0.6\ \text{s}$ 时速度 $v = gt_2 = 6\ \text{m/s}$；与桩（$3\times10^3\ \text{kg}$）碰撞后共同速度 $v' = \dfrac{m_1 v}{m_1 + m_2} = \dfrac{10^3 \times 6}{4\times10^3} = 1.5\ \text{m/s}$。对桩在 $t_2 \sim t_3$（$\Delta t = 0.2\ \text{s}$）用动量定理：$\bar{F}\Delta t - m_2 g\Delta t = m_2 v'$，$\bar{F} = \dfrac{3\times10^3\times1.5}{0.2} + 3\times10^4 = 2.25\times10^4 + 3\times10^4 = 5.25\times10^4\ \text{N}$，不是 $3\times10^4\ \text{N}$，A 错误。

B. √ B

对锤和桩整体（$4\times10^3\ \text{kg}$）在 $t_2 \sim t_3$ 用动量定理：$(m_1+m_2)g\Delta t - f\Delta t = 0 - (m_1+m_2)v'$，得 $f = \dfrac{4\times10^3\times1.5}{0.2} + 4\times10^4 = 3\times10^4 + 4\times10^4 = 7\times10^4\ \text{N}$，B 正确。

C. × C

$t_1 \sim t_3$ 内系统的能量收支还包括锤的重力做功与碰撞中转化为内能的部分，软土对桩做的功只是其中一项，不能说“软土对桩做的功等于锤和桩的机械能损失”，C 错误。

D. × D

对锤全程（$t_1 \sim t_3$，共 0.8 s）：初、末动量均为零，由动量定理 $I_G - I_{\text{桩对锤}} = 0$，故锤重力冲量大小 $m_1 g \times 0.8 = 8\times10^3\ \text{N}\cdot\ \text{s}$ 与桩对锤作用力的冲量大小相等，D 说“大于”错误。

碰撞瞬间内力远大于外力可用动量守恒求共同速度；求软土阻力对“锤+桩”整体用动量定理最简便。

10. 选择题 · 3分

答案 C

详解

A. × A

每分钟充电 $20\ \text{kWh} = 20\times3.6\times10^6 = 7.2\times10^7\ \text{J}$，输出功率 $P = \dfrac{7.2\times10^7}{60} = 1.2\times10^6\ \text{W} = 1.2\ \text{MW}$，不是 12 MW，A 错误。

B. × B

输出电压 $U=\dfrac{P}{I}=\dfrac{1.2\times10^{6}}{2400}=500\ \text{V}$，不是 220 V，B 错误。

C. √ C

发热功率 $P_{热}=10\ \text{kW}=10^{4}\ \text{W}$ 全部被水带走：$P_{热}=c\rho Q\Delta T$，流量 $Q=\dfrac{10^{4}}{4200\times1000\times(25-15)}=\dfrac{10^{4}}{4.2\times10^{7}}\approx2.4\times10^{-4}\ \text{m}^3/\text{s}$，C 正确。

D. × D

每分钟流出水的体积 $V=Q\times60\approx2.4\times10^{-4}\times60=1.44\times10^{-2}\ \text{m}^3=14.4\ \text{L}$，不是 24 L，D 错误。

二、选择题Ⅱ（每小题 4 分，共 12 分；漏选得 2 分，错选得 0 分）

11. 选择题 · 4分

答案 BC

详解

A. × A

黑体辐射峰值波长随温度升高而变短（$\lambda_m T=$ 常量）。图中 T_2 的峰值波长比 T_1 短，故 $T_2>T_1$，选项中“$T_1>T_2$”错误。

B. √ B

单摆固有频率 $f_0=\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{g}{l}}$，摆长越长固有频率越低，共振峰出现在驱动频率等于固有频率处。图中 l_1 的共振峰在较低频率，故 $l_1>l_2$，B 正确。

C. √ C

RC 电路充电电流 $i=\dfrac{E}{R}e^{-t/RC}$，时间常数 $\tau=RC$ 越大电流衰减越慢。图中 C_2 对应的电流衰减更慢，故 $C_2>C_1$，即 $C_1<C_2$，C 正确。

D. × D

金属的电阻率随温度升高而增大，半导体的电阻率随温度升高而减小。图中曲线 1 随温度上升缓慢增大，是金属；曲线 2 随温度上升急剧减小，是半导体。选项说“1 为半导体，2 为金属”，恰好颠倒，D 错误。

12. 选择题 · 4分

答案 BCD

详解

A. × A

一束黄光经双折射分成 o 光与 e 光，两束光频率相同（都源于同一束入射光），光子能量 $E=h\nu$ 相同，与折射率无关，A 错误。

B. √ B

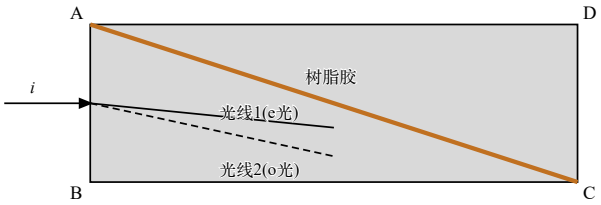
从空气进入晶体时，折射率越大偏折越厉害。o 光折射率 $n_o = 1.658$ 大于 e 光 $n_e = 1.486$，故 o 光偏折大、更偏离原方向。图中光线 1 更贴近原方向、偏折小，是 e 光；光线 2 偏折大，是 o 光，B 正确。

C. √ C

两束光在晶体内的折射角不同，经 AC 界面进入树脂胶后再进入下方晶体、最后从 CD 面出射。出射角由各段折射逐级决定，随折射率单调变化，$n_o \neq n_e$ 的两束光出射角必不相同，方向不可能平行，C 正确。

D. √ D

几何上 $\angle BAC = 90°$，$AB \perp AC$，光在 AC 界面的入射角等于 $90° - r$（r 为 AB 面折射角）。o 光从 $n_o = 1.658$ 射向树脂 $n = 1.55$，可能发生全反射：临界条件 $\cos r_o = \dfrac{n}{n_o}$，结合 $\sin r_o = \dfrac{\sin i}{n_o}$ 得 $\sin i \le \sqrt{n_o^2 - n^2} = \sqrt{1.658^2 - 1.55^2} \approx 0.589$ 时 o 光在 AC 面全反射（被涂黑的 BC、AD 面吸收），只有 e 光（$n_e = 1.486 < n = 1.55$，由光疏到光密不可能全反射）从 CD 面射出，D 正确。



题12：晶体—树脂胶—晶体器件 $ABCD$ 俯视示意图（本站自绘）

13. 选择题 · 4分

答案 AD

详解

A. √ A

电子以入射角 $\theta = 45°$ 射入板间，打在与入射点同一高度处（落回原高度，竖直位移为零）。竖直方向 $v_y = v\sin\theta$，加速度 $a = \dfrac{eU}{md}$，由 $v\sin\theta \cdot \quad t - \dfrac{1}{2}at^2 = 0$ 得 $t = \dfrac{2v\sin\theta}{a}$；水平射程

$$L = v\cos\theta \cdot \quad t = \frac{v^2 \sin 2\theta \cdot \quad md}{eU} = \frac{2Ed}{eU}$$

（$\sin 90° = 1$）。最远斑点对应能量最大的电子（弹性碰撞、能量不损失，$E = eU_0$）：$U_0 = \dfrac{LU}{2d} = \dfrac{0.128 \times 8}{2 \times 0.04} = 12.8\ \text{V}$，A 正确。

B. × B

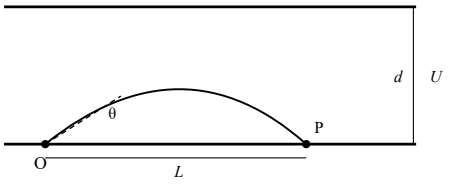
$U_0 = 12.8$ V，电子最大能量 12.8 eV，可激发 $n = 2$（需 10.2 eV）、$n = 3$（需 12.09 eV）、$n = 4$（需 12.75 eV）。可见光跃迁（跃迁到 $n = 2$）：$3 \to 2$（656 nm）、$4 \to 2$（486 nm）共 2 种；$4 \to 3$（1875 nm）为红外线。可发出 2 种而不是 3 种可见光，B 错误。

C. × C

进入偏转电场的电子能量为分立值：12.8 eV（弹性碰撞）、2.6 eV（激发 $n=2$）、0.71 eV（激发 $n=3$）、0.05 eV（激发 $n=4$），由 $L=\dfrac{2Ed}{eU}$ 得 4 个不同落点，观测到 4 个而不是 5 个荧光斑点，C 错误。

D. √ D

$L=\dfrac{2Ed}{eU}$ 与 E 成正比，各斑点距 O 分别为 12.8 cm、2.6 cm、0.71 cm、0.05 cm，相邻间距分别为 10.2 cm、1.89 cm、0.66 cm，最大值为 $12.8-2.6=10.2$ cm，D 正确。



题13：电子在偏转电场中落回出发高度的运动示意（本站自绘）

本题落点几何：电子落回与出发同一高度处，射程 $L=\dfrac{2Ed}{eU}\sin 2\theta$；若误认为竖直下落 d 会得到错误结果。

三、非选择题（共 5 小题，58 分）

14(I). 实验题 · 6分

答案　（1）单缝　（2）左右；①；拨杆　（3）B　（4）D

详解

(1) 第（1）空 双缝干涉实验中元件顺序为：光源—滤光片—单缝—双缝—遮光筒—测量头。①紧靠光源一侧，为单缝（把光源变为线光源），②为双缝。

(2) 第（2）空 拨杆的作用是拨动（旋转）单缝，使单缝与双缝平行，应左右拨动拨杆；视场整体很暗说明光源能量未有效入缝，应前后移动光源或透镜，使光更集中地会聚在单缝即①位置；若图样右侧条纹清晰、左侧较暗，说明单缝与双缝平行度不佳，应调节拨杆，使整个目镜视场条纹清晰明亮。

(3) 第（3）空 分划板中心刻线与干涉条纹不平行，说明测量头方位不正，应旋转整个测量头予以纠正。拨动手轮只能改变测量头沿筒方向的位置，拨杆、旋转单缝都不能改变分划板刻线与条纹的相对取向，故选 B。

(4) 第（4）空 $\Delta x=\dfrac{L}{d}\lambda$ 中，d 为双缝间距，L 为双缝到屏（测量头分划板）的距离。②是双缝、④是测量头分划板，故 L 指②④之间的距离，选 D。

测量相邻亮纹间距时应测 n 条条纹的总宽度再除以 $(n-1)$，以减小读数误差。

14(II). 实验题 · 8分

> **答案**　（1）b；最右侧　（2）183 Ω（依图线读数在 183 ~ 193 Ω 间均合理）　（3）6.23（6.20 ~ 6.26 均可）；$\rho=\dfrac{R_1L^2}{4n^3d}$；B　（4）不合理；$R_2$（约 10 Ω）远小于毫安表内阻 57.0 Ω，误差过大

详解

(1) 第（1）空 毫安表（多用电表 10 mA 挡）内阻 $R_A=57.0\ \Omega$ 已知，应采用电流表内接：将 P 接到 b，使电压表测 R_1 与毫安表的总电压，则 $R_1=\dfrac{U}{I}-R_A$，可消除电表接入的系统误差；若接 a，电压表测 R_1 电压而毫安表测干路电流（电流表外接），电压表内阻未知无法修正。开关闭合前滑动变阻器 R_2 作限流用，应把滑片移到接入阻值最大处（按图示接法为最右侧），保护电路。

(2) 第（2）空 图 2 的 $U-I$ 图线为过原点的直线，取端点 $(10.0\ \text{mA}, 2.40\ \text{V})$：$R_{总}=\dfrac{U}{I}=\dfrac{2.40}{10.0\times10^{-3}}=240\ \Omega$。电压表测的是 R_1 与毫安表的总电压，$R_1=R_{总}-R_A=240-57.0=183\ \Omega$（保留三位有效数字）。

(3) 第（3）空 游标卡尺（10 分度，精度 0.1 mm）读数：主尺 62 mm，游标第 3 条刻线对齐，$d=62+0.3=62.3\ \text{mm}=6.23\ \text{cm}$。金属丝密绕在陶瓷管上：丝径 $d_{丝}=\dfrac{L}{n}$，丝总长 $l=n\pi d$，截面积 $S=\pi\left(\dfrac{d_{丝}}{2}\right)^2=\dfrac{\pi L^2}{4n^2}$。由电阻定律 $R_1=\rho\dfrac{l}{S}$ 得

$$\rho=\frac{R_1S}{l}=\frac{R_1L^2}{4n^3d}$$

代入 $R_1=183\ \Omega$、$L=0.1400\ \text{m}$、$n=301$、$d=0.0623\ \text{m}$：

$$\rho=\frac{183\times0.1400^2}{4\times301^3\times0.0623}=\frac{3.587}{6.80\times10^6}\approx5.3\times10^{-7}\ \Omega\cdot\ \text{m}$$

最接近 $6\times10^{-7}\ \Omega\cdot\ \text{m}$，选 B。

(4) 第（4）空 不合理。R_2 全阻约 10 Ω，远小于毫安表内阻 57.0 Ω：电流表内接时 $R_{测}=R_2+R_A\approx67\ \Omega$，电表内阻占比超过被测电阻的 5 倍，测量误差过大；电流表外接时电压表内阻未知又无法修正。

> 密绕电阻丝：丝径由绕线长度除以匝数得到，不要把陶瓷管直径当成丝径代入截面积。

15. 计算题 · 8分

> **答案**　（1）$T_B=450\ \text{K}$　（2）$W=400\ \text{J}$　（3）不变；近似等于

详解

(1) 第（1）问 由理想气体状态方程

$$\frac{p_AV_A}{T_A}=\frac{p_BV_B}{T_B}$$

代入 $p_A=9\times10^4\ \text{Pa}$、$V_A=20\ \text{L}$、$T_A=300\ \text{K}$、$p_B=1.5\times10^5\ \text{Pa}$、$V_B=18\ \text{L}$：

$$T_B=\frac{p_BV_BT_A}{p_AV_A}=\frac{1.5\times10^5\times18\times300}{9\times10^4\times20}=450\ \text{K}$$

(2) 第（2）问 由热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$（W 为外界对气体做的功）：

$$W = \Delta U - Q = 2.2 \times 10^3 - 1.8 \times 10^3 = 400\ \text{J}$$

即外界对气体做功 400 J（活塞解锁阶段绝热压缩做功与加热阶段体积变化做功之和）。回代：$Q + W = 1800 + 400 = 2200\ \text{J} = \Delta U$，自洽。

(3) 第（3）问 活塞被锁定、气体体积不变，气缸随平台匀速上升时气体状态不变化，内能不变。整体匀速运动属惯性系中的宏观整体平动，分子无规则热运动相对汽缸的统计分布各向同性，故相对汽缸向上运动的分子数目近似等于向下运动的分子数目。

宏观整体匀速运动不改变气体分子热运动的统计规律；只有加速运动才需要考虑惯性效应对分子分布的影响。

16. 计算题 · 11分

答案 （1）① $v_B = 3$ m/s；② $N = 0$；③ $E_{p\max} = 0.25$ J （2）弹簧处于伸长状态，b 沿 $F \to B$ 方向（背离弹簧）运动

详解

(1) 第（1）问① 传送带静止，物块 a 在 AB 上匀减速：$a = \mu g = 0.8 \times 10 = 8\ \text{m/s}^2$。

$$v_B^2 = v_0^2 - 2aL_{AB} = 17 - 2 \times 8 \times 0.5 = 9 \Rightarrow v_B = 3\ \text{m/s}$$

(2) 第（1）问② $B \to D$ 轨道光滑，机械能守恒，D 为半圆弧最高点、比 B 高 R：

$$v_D^2 = v_B^2 - 2gR = 9 - 6 = 3 \Rightarrow v_D = \sqrt{3}\ \text{m/s}$$

在 D 点由牛顿第二定律：

$$N + mg = \frac{mv_D^2}{R} \Rightarrow N = \frac{0.1 \times 3}{0.3} - 0.1 \times 10 = 1.0 - 1.0 = 0$$

恰好为临界状态，轨道侧壁对 a 的弹力为 0。

(3) 第（1）问③ a 沿光滑轨道到达 F 点时速度仍为 3 m/s（F 与 B 等高、轨道光滑）。a 与静止的 b（质量 $5m$）发生弹性碰撞：

$$mv = mv_a' + 5mv_b', \quad \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_a'^2 + \frac{1}{2} \cdot \ 5mv_b'^2$$

解得 $v_a' = \dfrac{m - 5m}{6m} \times 3 = -2.5$ m/s（反弹向左），$v_b' = \dfrac{2m}{m + 5m} \times 3 = 1$ m/s。碰后 b 压缩弹簧，b 速度减为零时弹性势能最大：

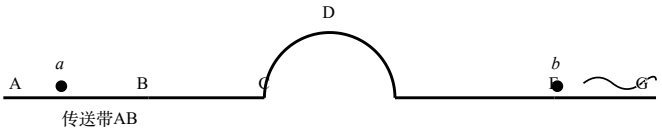
$$E_{p\max} = \frac{1}{2} \cdot \ 5m \cdot \ v_b'^2 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 1^2 = 0.25\ \text{J}$$

(4) 第（2）问 传送带以 $v'=3$ m/s 向 B 传动。a 初速 $\sqrt{17}\approx 4.12$ m/s >3 m/s，相对带向右滑，受滑动摩擦减速：

$$v_B'^2 = 17 - 2\times 8\times 0.5 = 9 \Rightarrow v_B' = 3\ \text{m/s}$$

恰好减到与带共速，故 a 到 F 与 b 第一次碰撞情况与（1）相同：碰后 a 以 2.5 m/s 向左返回、b 以 1 m/s 向右压缩弹簧。弹簧振子周期 $T=1$ s，b 经 $\dfrac{T}{2}=0.5$ s 回到平衡位置 F 并以 1 m/s 向 B 方向运动，越过 F 后弹簧进入伸长状态。a 向左返回进入传送带（带速向右 3 m/s），受向右的滑动摩擦减速：$\dfrac{2.5^2}{2\times 8}\approx 0.39\ \text{m} < 0.5$ m，a 在带上速度减为零（用时 0.3125 s），随后被传送带向右带回，在传送带与 EF 光滑段之间与向左运动的 b 相向相遇发生第二次碰撞。此时 b 已越过平衡位置 F、把弹簧拉长，弹簧处于伸长状态；b 的运动方向沿 $F\to B$ 方向（背离弹簧固定端 G）。

(5) 补充说明 直轨道 BC 与 EF 的分段长度原卷未单独给出（仅给 $L_{BF}=\dfrac{7}{4}$ m 与半圆弧 $\pi R\approx 0.942$ m，直道总长约 0.808 m）；由于轨道光滑且等高，B、F 两处速率相等，第（1）问结果与分段长度无关；第（2）问相遇位置的定量值与分段长度有关，本站按 $BC=EF\approx 0.40$ m 建模给出结论，若与原卷设定不符以卷面为准。



题16：U 型水平装置示意（本站自绘，$C-D-E$ 为半圆弧，D 为最高点）

关键临界点：① a 恰好在 B 点减速到 3 m/s；② D 点 $\dfrac{mv^2}{R}=mg$ 恰好弹力为零；③ 弹性碰撞用动量、动能双守恒联立求解。

17. 计算题 · 12分

答案　（1）沿 x 轴正方向　（2）$B\approx 3.0\times 10^{2}$ T　（3）量子效率约 1.4×10^{-6}

详解

(1) 第（1）问 质子（$q>0$）沿 $+y$ 方向射入，打在 O' 下方的 P 点，即向 $-z$ 方向偏转，洛伦兹力方向为 $-z$。由 $\vec{F}=q\vec{v}\times\vec{B}$，需 $\hat{y}\times\vec{B}=-\hat{z}$，而 $\hat{y}\times\hat{x}=-\hat{z}$，故磁场沿 x 轴正方向。

(2) 第（2）问 质子动能 $E_k = 48\ \text{MeV}$，非相对论处理：

$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 48 \times 10^{6} \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.67 \times 10^{-27}}} \approx 9.6 \times 10^{7}\ \text{m/s}$$

质子在半径 r_0 的圆柱磁场区内偏转角很小：$\varphi \approx \dfrac{r_0}{r}$（$r$ 为轨迹半径）。出磁场区后沿直线打到板上，小角近似下打点偏移

$$b \approx d\varphi \approx \frac{d\,r_0}{r} \Rightarrow r \approx \frac{d\,r_0}{b} = \frac{40\ \text{mm} \times 0.5\ \text{mm}}{6\ \text{mm}} \approx 3.3\ \text{mm}$$

由 $r = \dfrac{mv}{qB}$：

$$B = \frac{mv}{qr} = \frac{1.67 \times 10^{-27} \times 9.6 \times 10^{7}}{1.6 \times 10^{-19} \times 3.3 \times 10^{-3}} \approx 3.0 \times 10^{2}\ \text{T}$$

(3) 第（3）问 由 $B \approx 2.0 \times 10^{-3} I$ 得环形线圈电流

$$I = \frac{3.0 \times 10^{2}}{2.0 \times 10^{-3}} = 1.5 \times 10^{5}\ \text{A}$$

脉冲持续时间 $t = 1.6\ \text{ns}$，通过线圈的电荷量 $Q = It = 1.5 \times 10^{5} \times 1.6 \times 10^{-9} = 2.4 \times 10^{-4}\ \text{C}$，电子数

$$N_e = \frac{Q}{e} = \frac{2.4 \times 10^{-4}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.5 \times 10^{15}$$

单个光子能量

$$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{1053 \times 10^{-9}} \approx 1.88 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

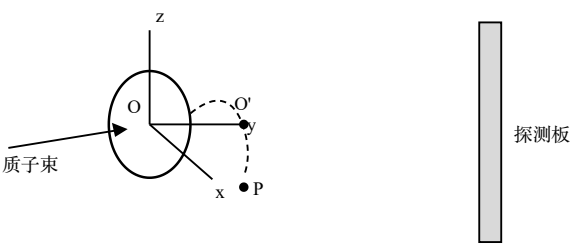
一束脉冲激光的光子数

$$N_\gamma = \frac{198}{1.88 \times 10^{-19}} \approx 1.05 \times 10^{21}$$

量子效率

$$\eta = \frac{N_e}{N_\gamma} = \frac{1.5 \times 10^{15}}{1.05 \times 10^{21}} \approx 1.4 \times 10^{-6}$$

即约百万分之 1.4。



题17：圆柱形匀强磁场与探测板示意（本站自绘，质子沿 $+y$ 入射、向 $-z$ 偏转）

第（2）问中“角度很小时可做近似处理”即取 $b \approx d\frac{r_0}{r}$；第（3）问中脉冲磁场对应峰值电流与脉冲时间的乘积。