逐光知理 · 高考物理参考答案与详解

上海市普通高中学业水平等级性考试物理

参考答案与详解（本站独立编撰）

2021年上海卷 · 12 单选 + 5 填空 + 1 实验 + 2 计算 · 100 分

本册答案与解析由逐光知理物理教研组独立编撰，全部推导与数值核对均由本站完成，不依赖任何外部公布的评分口径。原卷部分图形题为嵌入式位图，示意图由本站按题意重新绘制为矢量图。

答案速查

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

题号	主考点	答案摘要
13	核组成与半衰期计算	2；24
14	温度的微观意义与气体压强	平均动能；减小
15	平均功率与光速波长频率关系	2×10^{16} W；3.75×10^{14} Hz
16	单位制换算与量纲分析	kg · m² · s⁻² · K⁻¹ · mol⁻¹；0.5
17	卡文迪许扭秤式实验测引力常量	可以；$G=\dfrac{4\pi^2r^2d}{MT^2}$
18	描绘等量异种电荷等势线实验	（1）电压 （2）> （3）见解析（过 f 点、与该处电场线垂直的曲线） （4）C
19	斜面上的匀加速运动、瞬时功率与变功率减速运动	（1）$F=mg\sin\theta+\dfrac{2mL}{t_0^2}$ （2）$P_B=\dfrac{2mgL\sin\theta}{t_0}+\dfrac{4mL^2}{t_0^3}$ （3）见解析图
20	电磁感应中的平衡、电路分析与非纯电阻元件的伏安特性	（1）10 m/s （2）0.03 kg （3）$v'=\dfrac{10}{3}$ m/s，$E_k=\dfrac{1}{6}$ J $\approx$ 0.17 J

一、选择题（第1～8题每题3分，第9～12题每题4分，共40分）

1. 选择题 · 3分

答案 B

详解

A. × （A）原子核外电子

核外电子是原子中的束缚电子，不会自发从原子中被称作β粒子放出；β衰变是原子核内部的过程，与核外电子无关，故A错误。

B. √ （B）中子转化而成

β粒子是高速电子，来源于原子核内中子的衰变：$n \to p + e^- + \bar{\nu}_e$，放出的电子即为β粒子，故B正确。

C. × （C）原子核内电子

原子核由质子和中子组成，核内并不存在游离的电子，故C的说法本身不成立，错误。

D. × （D）质子转化而成

质子转化为中子并放出正电子的过程是β^+衰变（$p \to n + e^+ + \nu_e$），放出的带正电粒子不是通常所说的β粒子，故D错误。

β粒子本质是电子，但它并非来自核外，而是核内中子转化的产物。

2. 选择题 · 3分

答案 D

详解

A. × （A）是由于与电子的碰撞

电子质量约为α粒子的1/7300，α粒子与电子碰撞后运动状态几乎不变，只能引起小角度偏转，不可能造成大角度偏转，故A错误。

B. × （B）是由于库仑引力

α粒子带正电，原子核也带正电，二者之间是库仑斥力而非引力；引力不可能使α粒子发生大角度反向偏转，故B错误。

C. × （C）反映了原子核由质子和中子组成

散射实验只说明原子的正电荷和绝大部分质量集中在很小的核上，并不涉及核的内部组成（质子、中子是后来由其他实验发现的），故C错误。

D. √ （D）来源于原子核中带正电的核

极少数α粒子发生大角度偏转，说明它们遇到了体积很小、集中了全部正电荷与几乎全部质量的原子核，在接近核时受强大库仑斥力而被弹开，故D正确。

3. 选择题 · 3分

答案 A

详解

A. √ (A)

波速由介质决定保持不变，由 $v = f\lambda$，波源频率逐渐增大时后发出的波波长逐渐减小。先发出的波早已传到远处（波长较长），后发出的短波长部分分布在靠近波源处，故波形应表现为靠近 O 处波形密集、远离 O 处波形稀疏，A图符合，正确。

B. × （B）

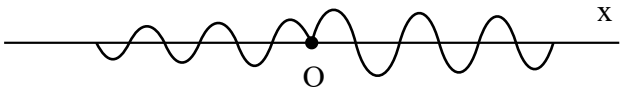
B图整列波波长均匀不变，对应波源频率恒定的情形，与频率逐渐增大不符，错误。

C. × （C）

C图中靠近波源处波长较长、远处较短，意味着频率先大后小，与题设频率逐渐增大恰好相反，错误。

D. × （D）

D图整体只有一个波长量级的分布且不体现近密远疏的过渡特征，不符合波的传播规律，错误。



第3题示意：靠近波源处波长短（密），远处波长长（疏）

4. 选择题 · 3分

答案 C

详解

A. × （A）竖直向上

喷气给探测器的反冲力方向与喷气方向相反。若喷气竖直向上，反冲力竖直向下，与重力同向叠加，探测器将向下加速，无法悬停，故A错误。

B. × （B）斜向上

斜向上喷气产生斜向下的反冲力，其竖直分量与重力同向，水平分量还会改变水平速度，既不能悬停也不能维持匀速，故B错误。

C. √ （C）竖直向下

探测器悬停且水平匀速运动，不计空气阻力时水平方向不受外力即可保持匀速；竖直方向须合力为零，故反冲力必须竖直向上与重力平衡，喷气方向应竖直向下，故C正确。

D. × （D）斜向下

斜向下喷气产生斜向上的反冲力，虽有竖直分量可平衡重力，但水平分量会使探测器水平加速，破坏匀速运动，故D错误。

5. 选择题 · 3分

答案 B

详解

A. × （A）π m/s

若误把位移当作整圆面积 $\pi r^2 = 4\pi$，得平均速度 $4\pi/4 = \pi$ m/s。但 v-t 图像中 $v \geq 0$，只有 t 轴上方的半个圆，此解法重复计算了一倍面积，故A错误。

B. √ （B）0.5π m/s

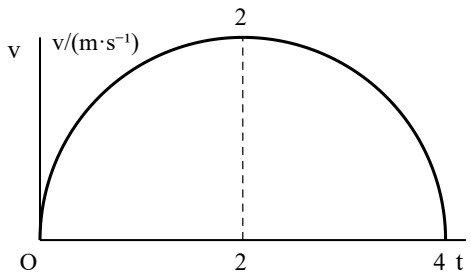
图线为 0 ~ 4 s 内的半圆，半径 $r = 2$（最大速度 2 m/s，时长的一半 2 s）。位移等于图线与 t 轴围成的面积：$x = \dfrac{1}{2}\pi r^2 = \dfrac{1}{2}\pi \times 2^2 = 2\pi$ m。平均速度 $\bar{v} = \dfrac{x}{t} = \dfrac{2\pi}{4} = 0.5\pi$ m/s，故B正确。

C. × （C）1 m/s

1 m/s 相当于 $x = 4$ m，明显小于半圆面积 $2\pi \approx 6.28$ m，是把图形当作三角形等错误估算的结果，故C错误。

D. × （D）0.25π m/s

该值对应位移 π m，相当于把半圆又取了一半，面积计算错误，故D错误。



第5题：v-t 图像为半圆（最大速度 2 m/s，时长 4 s）

6. 选择题 · 3分

答案 B

详解

A. × （A）$T_1 > T_2$

温度越高，分子速率分布的峰值向速率大的方向移动且峰变矮变宽。图中图线2峰值偏右，说明 $T_2 > T_1$，故A错误。

B. √ （B）$T_1 < T_2$

由峰值位置知图线2对应较高温度，即 $T_1 < T_2$，故B正确。

C. × （C）$S_1 > S_2$

纵坐标表示各速率区间分子数占总体的百分比，所有区间百分比之和恒为 100%，与温度无关，故两条图线下方面积应相等，$S_1 > S_2$ 错误。

D. × （D）$S_1 < S_2$

同理，总面积均代表 100%，$S_1 = S_2$，故D错误。（本题只有B一个正确项。）

---

7. 选择题 · 3分

答案 C

详解

A. × （A）$v = 0$，$a = 0$

质点到达与圆心等高点时速度为零，但该处重力沿轨道切线方向有分量，切向加速度不为零，故A错误。

B. × （B）$v \neq 0$，$a = 0$

由机械能守恒可算出该点速度恰为零（见D项推导），且合力不为零，故B错误。

C. √ （C）$v = 0$，$a \neq 0$

轨道光滑，机械能守恒：入口处 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(2gr)$，到与圆心等高处势能增加 mgr，动能 $E_k = mgr - mgr = 0$，即 $v = 0$；但该处重力沿切向的分量提供切向加速度 $a_t = g$（指向下方），$a \neq 0$，故C正确。

D. × （D）$v \neq 0$，$a \neq 0$

由 $\frac{1}{2}mv_0^2 = mgr$ 知初动能恰好等于上升到等高点所需克服重力做的功，到达该点时动能为零，故 $v \neq 0$ 错误。

判断 a 是否为零不能只看 v 是否为零：该点合力（重力的切向分量）不为零。

---

8. 选择题 · 3分

答案 C

详解

A. × （A）受力增大

受力大小取决于电场线的疏密（场强大小）。题中未给出电场线疏密沿方向如何变化，受力可能增大、减小或不变，不能断定增大，故A错误。

B. × （B）速度减小

正电荷所受电场力沿电场线方向，与运动方向相同，电场力做正功，物体做加速运动，速度增大，故B错误。

C. √ （C）电势能减小

正电荷沿电场线方向运动，电场力方向与位移方向一致，电场力做正功，由功能关系 $W_{电} = -\Delta E_p$，电势能一定减小，故C正确。

D. × （D）加速度减小

加速度 $a = qE/m$ 由场强决定，而场强沿电场线方向如何变化未知，不能断定减小，故D错误。

---

9. 选择题 · 4分

> **答案** C

详解

A. × （A）加速度向左

照片中相等时间间隔内相邻影像的间距沿照片自左向右逐渐增大，说明速度沿间距增大方向变化，加速度指向间距增大的一侧即向右，不可能向左，故A错误。

B. × （B）速度向左

仅由频闪照片无法确定运动方向：若物体向右运动则为加速（速度向右）；若向左运动则为减速（速度向左）。两种情形都对应同一张照片，故速度方向不能唯一确定，B的断定不可靠，错误。

C. √ （C）加速度向右

设频闪周期为 T，相邻间距 $s_1 < s_2 < s_3 < \cdots$，无论物体向右加速还是向左减速，相邻相等时间内的位移都在增大，由 $\Delta s = aT^2$（匀变速）知加速度方向指向间距增大的一侧，即向右，故C正确。

D. × （D）速度向右

与B项同理，速度方向存在向右加速与向左减速两种可能，照片本身不能唯一确定速度向右，故D错误。

> 频闪照片只能唯一确定加速度方向（间距增大的方向），不能唯一确定速度方向。

---

10. 选择题 · 4分

> **答案** D

详解

A. × （A）恒定的匀强磁场

直线电流的磁场按 $B = \dfrac{kI}{r}$ 随距离衰减，本身就不是匀强磁场，且电流随时间变化，磁场不恒定，故A错误。

B. × （B）恒定的非匀强磁场

虽然空间分布非匀强正确，但电流随时间均匀增加，磁感应强度随时间增强，并非恒定，故B错误。

C. × （C）随时间变化的匀强磁场

随时间变化正确，但直线电流磁场随离导线的距离增大而减弱，不是匀强磁场，故C错误。

D. √ （D）随时间变化的非匀强磁场

电流 I 随时间均匀增加，每点磁感应强度随时间增强（随时间变化）；同时 B 随距导线距离 r 增大而减小（非匀强）。两个特征都满足，故D正确。

---

11. 选择题 · 4分

答案 D

详解

A. × （A）过原点的上升直线

过原点的直线描述的是 $p \propto V$ 型的正比关系，而等温变化满足玻意耳定律 $pV=$ 常量，p 与 V 成反比，故A错误。

B. × （B）沿纵轴方向的竖直线

竖直线表示体积不变而压强增大的等容过程。试管缓慢转动时水银柱产生的压强改变，气体体积随之改变，不是等容过程，故B错误。

C. × （C）沿横轴方向的线

该图线表示压强不变而体积剧变，与转动过程中气体压强增大、体积减小的实际过程不符，故C错误。

D. √ （D）双曲线（衰减曲线）

缓慢转动可视为等温过程，由玻意耳定律 $pV=C$（常量）得 $p=\dfrac{C}{V}$，p-V 图线为双曲线的一支；且转动中水银柱竖直高度变化使封闭气体压强增大、体积减小，图线应沿双曲线向左上方移动，D图符合，故D正确。

> 缓慢过程温度不变，选图像先判断是什么过程（等温），再匹配 $pV=$ 常量的图线形状。

---

12. 选择题 · 4分

答案 B

详解

A. × （A）一条斜率不变的直线且 b 段更陡

$F=\dfrac{kQq}{r^2}$，对确定的检验位置 F 与 q 成正比、图线过原点。a 点离 Q 近（r_a 小），斜率 $\dfrac{kQ}{r_a^2}$ 应更大。A图斜率关系与位置关系不符，错误。

B. √ （B）过原点的折线，a 段斜率大于 b 段

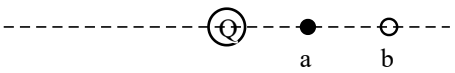
在 a 点改变电荷量时 F-q 图为过原点直线，斜率 $\dfrac{kQ}{r_a^2}$；在 b 点同理斜率 $\dfrac{kQ}{r_b^2}$。由图 $r_a<r_b$，故 a 段斜率大、b 段斜率小，B图符合，正确。

C. × （C）斜率随 q 增大而减小的图线

对确定的检验位置，F 与 q 严格成正比，图线必须是直线，不会随 q 增大而弯曲，故C错误。

D. ×　（D）b 段在 a 段上方的曲线

同一电荷量下，b 点离 Q 远，$F_b = \dfrac{kQq}{r_b^2} < F_a$，$b$ 的图线应更平缓且位于下方，D图关系颠倒，错误。



第12题：点电荷 Q 与检验点 a、b（r_a < r_b）

二、填空题（共20分）

13. 解答题 · 4分

答案 2；24

详解

(1) 第一空：中子数 氚核为 ${}_1^3\mathrm{H}$，质量数 3、质子数 1，中子数 $= 3 - 1 = 2$。

(2) 第二空：经过的年数 由半衰期公式 $N = N_0\left(\dfrac{1}{2}\right)^{t/T}$，剩余为原来的 1/4，即 $\left(\dfrac{1}{2}\right)^{t/12} = \dfrac{1}{4} = \left(\dfrac{1}{2}\right)^2$，解得 $t = 2 \times 12 = 24$ 年。

14. 解答题 · 4分

答案 平均动能；减小

详解

(1) 第一空：平均动能 温度是分子平均动能的标志，温度降低时气体分子的平均动能减小。

(2) 第二空：减小 温度降低分子平均速率减小，单次撞击的平均冲量减小；密闭容器体积不变、分子数密度不变，故容器壁单位面积上受到分子撞击的平均作用力（即压强的微观表现）减小。

15. 解答题 · 4分

答案 2×10^{16} W；3.75×10^{14} Hz

详解

(1) 第一空：平均功率 $P = \dfrac{W}{t} = \dfrac{400\ \mathrm{J}}{2 \times 10^{-14}\ \mathrm{s}} = 2 \times 10^{16}\ \mathrm{W}$。

(2) 第二空：频率 由 $c = \lambda f$ 得 $f = \dfrac{c}{\lambda} = \dfrac{3 \times 10^8\ \mathrm{m/s}}{8 \times 10^{-7}\ \mathrm{m}} = 3.75 \times 10^{14}\ \mathrm{Hz}$。

16. 解答题 · 4分

> **答案** kg · m² · s⁻² · K⁻¹ · mol⁻¹；0.5

详解

(1) 第一空：C 的基本单位 C 的单位 J/(K · mol)，而 1 J = 1 N · m = 1 kg · m^2/s^2，故 C 用基本单位表示为 kg · m^2 · s^{-2} · K^{-1} · mol^{-1}。

(2) 第二空：λ 的值 $v=\alpha\left(\frac{CT}{M}\right)^{\lambda}$ 中 α 无量纲。$\left[\frac{CT}{M}\right]=\frac{\mathrm{J/(K\cdot mol)\cdot K}}{\mathrm{kg/mol}}=\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}}=\frac{\mathrm{kg\cdot m^2/s^2}}{\mathrm{kg}}=\mathrm{m^2/s^2}$。要求 $(\mathrm{m^2/s^2})^{\lambda}=\mathrm{m/s}$，即 $2\lambda=1$，$\lambda=0.5$。

---

17. 解答题 · 4分

> **答案** 可以；$G=\frac{4\pi^2r^2d}{MT^2}$

详解

(1) 第一空：能否视为简谐运动 小球偏离竖直方向一个小角度 θ，移开大球后在地球重力场中绕悬点做小角度摆动，回复力近似与角位移成正比（θ 很小时 $\sin\theta\approx\theta$），满足简谐运动条件，故可以视为简谐运动。

(2) 第二空：G 的表达式 大球快速移开后，小球摆动周期 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，得 $g=\frac{4\pi^2l}{T^2}$。移开前小球受大球引力 $F=\frac{GMm}{r^2}$ 而偏离竖直方向；θ 很小时 $\sin\theta\approx\tan\theta\approx\frac{d}{l}$，由小球的力三角形，引力与重力的合力沿悬线方向，水平方向满足 $F\approx mg\tan\theta\approx\frac{mgd}{l}$。代入 g：$F=\frac{m\cdot 4\pi^2l/T^2\cdot d}{l}=\frac{4\pi^2md}{T^2}$。再由 $\frac{GMm}{r^2}=\frac{4\pi^2md}{T^2}$ 解得 $G=\frac{4\pi^2r^2d}{MT^2}$。

三、综合题（共40分）

18. 实验题 · 10分

> **答案** （1）电压 （2）> （3）见解析（过 f 点、与该处电场线垂直的曲线） （4）C

详解

(1) 第（1）空 寻找等势点需要比较两探笔接触点之间的电势差，当电压传感器示数为零时两点电势相等，故实验中需要使用电压传感器。

(2) 第（2）空 红表笔（接电压表正接线柱）接 d、黑表笔接 f 时 $U_{df}=\varphi_d-\varphi_f<0$，说明 $\varphi_f>\varphi_d$，即沿图中从 d 向 f 的方向电势升高。黑表笔由 f 改接 e（e 点电势介于 d、f 之间且低于 d），则 $U_{de}=\varphi_d-\varphi_e>0$，填“>”。

(3) 第（3）问：画出 f 点所在的等势面 等势面与电场线处处垂直。等量异种电荷连线上的等势面为垂直于连线、并向两侧弯曲的曲线族，且关于两电荷连线的中垂面对称。过 f 点作一条与该点电场方向垂直、围绕电极 B 弯曲的光滑曲线（其形状与 A 侧对称位置等势线关于中垂面镜像对称），即为 f 点所在的等势面。

(4) 第（4）问 本实验用导电纸上稳定的直流电流场模拟静电场，实际测量的是稳恒电流场中的等势面，利用其与静电场的相似性来描绘等量异种电荷的等势线，故（A）（B）（D）错误，（C）正确，选C。

第（2）空的关键是由 $U_{df}<0$ 先确定电势沿 $d\to f$ 升高，再比较 e 与 d 的电势高低。

19. 计算题 · 14分

答案　（1）$F=mg\sin\theta+\dfrac{2mL}{t_0^2}$　（2）$P_B=\dfrac{2mgL\sin\theta}{t_0}+\dfrac{4mL^2}{t_0^3}$　（3）见解析图

详解

(1) 第（1）问：AB 段拉力 F 的大小 AB 段光滑，物体沿斜面做匀加速直线运动，由运动学公式 $L=\dfrac{1}{2}at_0^2$ 得 $a=\dfrac{2L}{t_0^2}$。沿斜面方向由牛顿第二定律：

$$F-mg\sin\theta=ma$$

解得

$$F=mg\sin\theta+\frac{2mL}{t_0^2}$$

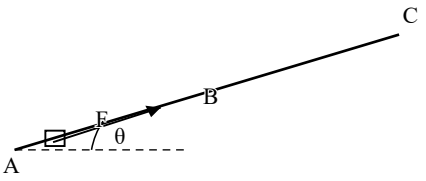
(2) 第（2）问：到达 B 点时拉力的功率 到达 B 点时的速度 $v_B=at_0=\dfrac{2L}{t_0}$。拉力的瞬时功率

$$P_B=Fv_B=\left(mg\sin\theta+\frac{2mL}{t_0^2}\right)\cdot\frac{2L}{t_0}=\frac{2mgL\sin\theta}{t_0}+\frac{4mL^2}{t_0^3}$$

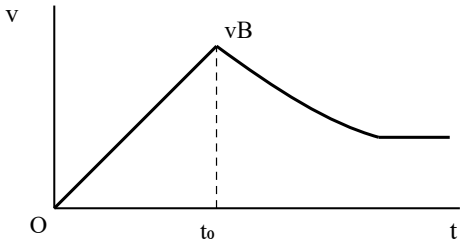
(3) 第（3）问：定性画出 A 到 C 的 v-t 图像 $0\sim t_0$ 时间内 AB 段为匀加速运动，v-t 图线为过原点的倾斜直线，t_0 时刻达到 $v_B=\dfrac{2L}{t_0}$。进入 BC 段后拉力功率恒为 P_B，则 $F=\dfrac{P_B}{v}$；物体减速，由牛顿第二定律

$$mg\sin\theta+f-\frac{P_B}{v}=ma$$

随 v 减小，$F=P_B/v$ 增大，合力减小，加速度 a 逐渐减小；当 F 增大到等于 $mg\sin\theta+f$ 时 $a=0$，物体做匀速运动，速度稳定在某一小于 v_B 的值。故 v-t 图像为：$0\sim t_0$ 段过原点直线上升，t_0 之后为斜率逐渐减小（下凹）的光滑曲线，最终趋于一条水平线。



第19题：倾角 θ 的斜面，AB 光滑、BC 粗糙



第19（3）：v-t 图像——先过原点直线，再斜率减小的曲线，最后趋于匀速

第（3）问减速段是“恒功率减速”：$F=P/v$ 随 v 减小而增大，属加速度减小的减速运动，图线不能画成抛物线式上凹。

20. 计算题 · 16分

答案　（1）10 m/s　（2）0.03 kg　（3）$v'=\dfrac{10}{3}$ m/s，$E_k=\dfrac{1}{6}$ J ≈ 0.17 J

详解

(1) 第（1）问：金属棒匀速运动时的速度　电键 S 断开时，R 与 R_0 串联接入电路，金属棒内阻不计，棒相当于电源，其电动势等于路端电压。棒由静止下落不断加速，感应电动势 $E=BLv$ 逐渐增大，工作点沿图（b）曲线移动；达到匀速时对应图（b）末端点，读得 $E=6$ V。由

$$E=BLv_0$$

得

$$v_0=\frac{E}{BL}=\frac{6}{0.8\times 0.75}=10\ \text{m/s}$$

(2) 第（2）问：金属棒的质量　匀速时金属棒受力平衡，安培力与重力等大反向：

$$mg=BIL$$

由图（b）匀速状态点读得此时电流 $I=0.5$ A，代入数据

$$m=\frac{BIL}{g}=\frac{0.8\times 0.5\times 0.75}{10}=0.03\ \text{kg}$$

(3) 第（3）问：S 闭合足够长时间后金属棒的动能 S 闭合后 R_0 支路导通，R 与 R_0 并联（电压表测并联部分电压 U），棒仍相当于内阻不计的电源，路端电压 $U = E' = BLv'$。棒再次达到匀速时仍满足

$$mg = BI_{总}L \Rightarrow I_{总} = \frac{mg}{BL} = \frac{0.03 \times 10}{0.8 \times 0.75} = 0.5\ \text{A}$$

流过 R 的电流

$$I = I_{总} - \frac{U}{R_0} = 0.5 - \frac{U}{10}$$

即负载线

$$U = 5 - 10I$$

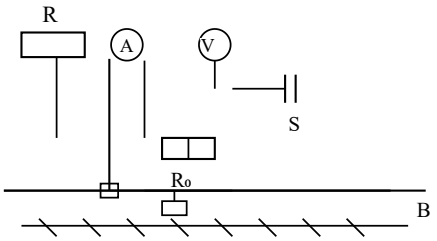
该负载线与图（b）中 R 的伏安特性曲线的交点即为工作点，由图读得交点处 $U = 2\ \text{V}$。此时棒的电动势 $E' = U = BLv'$，故

$$v' = \frac{U}{BL} = \frac{2}{0.8 \times 0.75} = \frac{10}{3}\ \text{m/s}$$

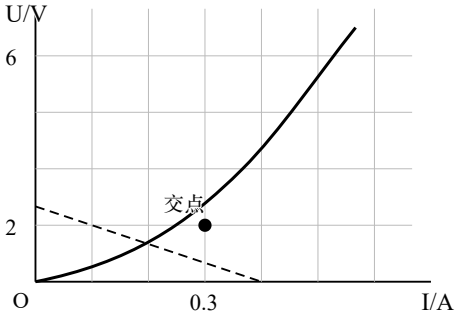
动能

$$E_k = \frac{1}{2}mv'^2 = \frac{1}{2} \times 0.03 \times \left(\frac{10}{3}\right)^2 = \frac{1}{6}\ \text{J} \approx 0.17\ \text{J}$$

回代核对：$I_{R_0} = U/R_0 = 0.2\ \text{A}$，$I = 0.5 - 0.2 = 0.3\ \text{A}$，与交点 $I = 0.3\ \text{A}$、$U = 5 - 10 \times 0.3 = 2\ \text{V}$ 一致。



第20题图（a）示意：导轨、金属棒与 R、R_0 、S 的电路连接



第20题图（b）示意：R 的伏安特性曲线与负载线 U=5−10I 交于 (0.3 A, 2 V)

图（b）中 U 的物理含义与工作点读数按本站对该题的建模给出（匀速点 (0.5 A, 6 V)、S 闭合后交点 (0.3 A, 2 V)），若与原卷印刷细节不符以卷面为准。