

绝密★考试结束前（高三暑假返校联考）

Z20 名校联盟（浙江省名校新高考研究联盟）2021 届第一次联考

物理试题卷

命题：富阳中学 余云峰、陈建旺 审题：慈溪中学 叶晟波 玉环中学 董炳土 校稿：顾毅萍、郑刘懿

本试题卷分选择题和非选择题两部分，共 8 页，满分 100 分，考试时间 90 分钟。

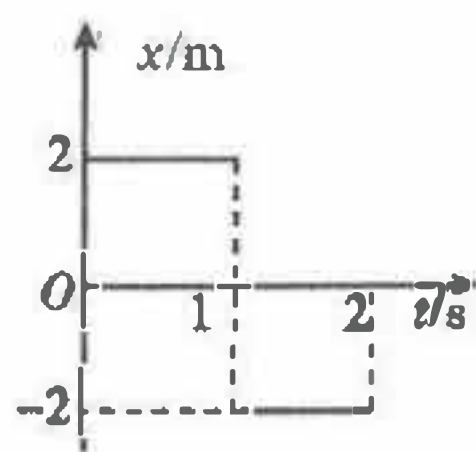
考生注意：

1. 答题前，请务必将自己的姓名、准考证号用黑色字迹的签字笔或钢笔分别填写在试题卷和答题纸规定的位置上。
2. 答题时，请按照答题纸上“注意事项”的要求，在答题纸相应的位置上规范作答，在本试题卷上的作答一律无效。
3. 非选择题的答案必须使用黑色字迹的签字笔或钢笔写在答题纸上相应的区域内，作图时先使用 2B 铅笔，确定后必须使用黑色字迹的签字笔或钢笔描黑。
4. 可能用到的相关公式或参数：重力加速度 g 均取 10m/s^2 。

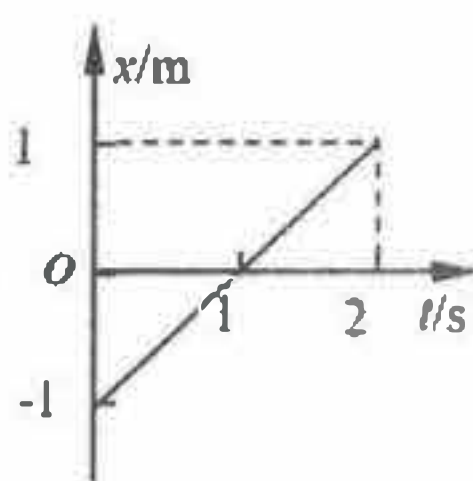
选择题部分

一、选择题 I（本题共 13 小题，每小题 3 分，共 39 分，每小题列出的四个选项中只有一个是符合题目要求的，不选、多选、错选均不得分）

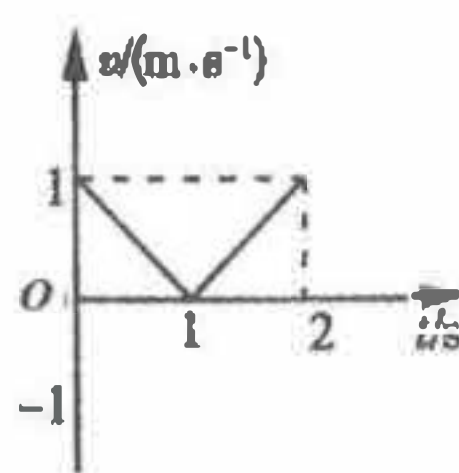
1. 下列说法正确的是
A. 牛顿发现了万有引力定律并利用扭秤实验比较准确地测出了引力常量
B. 库仑通过油滴实验精确测定了元电荷的电荷量
C. 伽利略直接通过自由落体运动的实验证实了自由落体运动是匀变速直线运动
D. 法拉第最早引入了电场概念，并提出用电场线形象地表示电场在空间的分布
2. 如图所示是正在月球表面行驶的“玉兔”月球车，当它在月球表面行驶时
A. 仍受地球的引力
B. 不受阻力
C. 没有惯性
D. 不遵循牛顿运动定律
3. 下列各物理量数值中的负号表示方向的是
A. 重力势能 $E_p = -10\text{J}$
B. 速度 $v = -10\text{m/s}$
C. 电荷量 $q = -1\text{C}$
D. 电势 $\varphi = -10\text{V}$
4. 四个质点作直线运动，它们的位移-时间图象、速度-时间图象分别如下图所示，在 2s 末能回到出发点的是



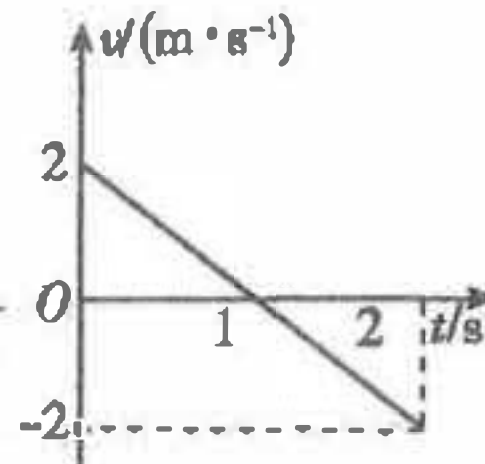
A.



B.

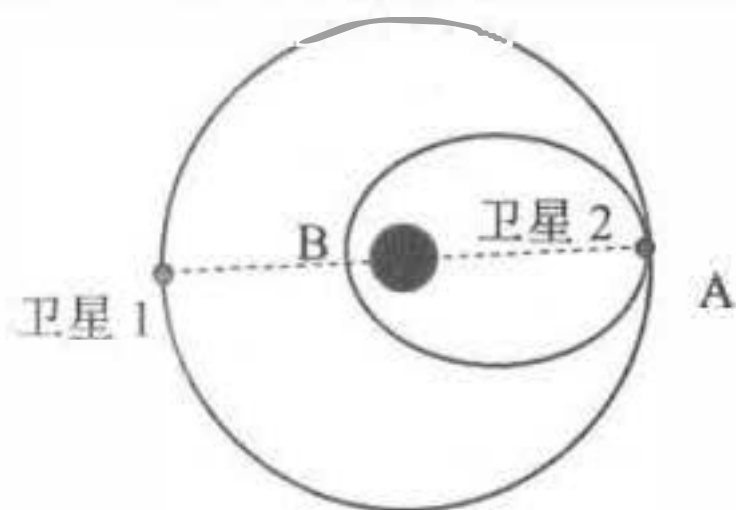


C.

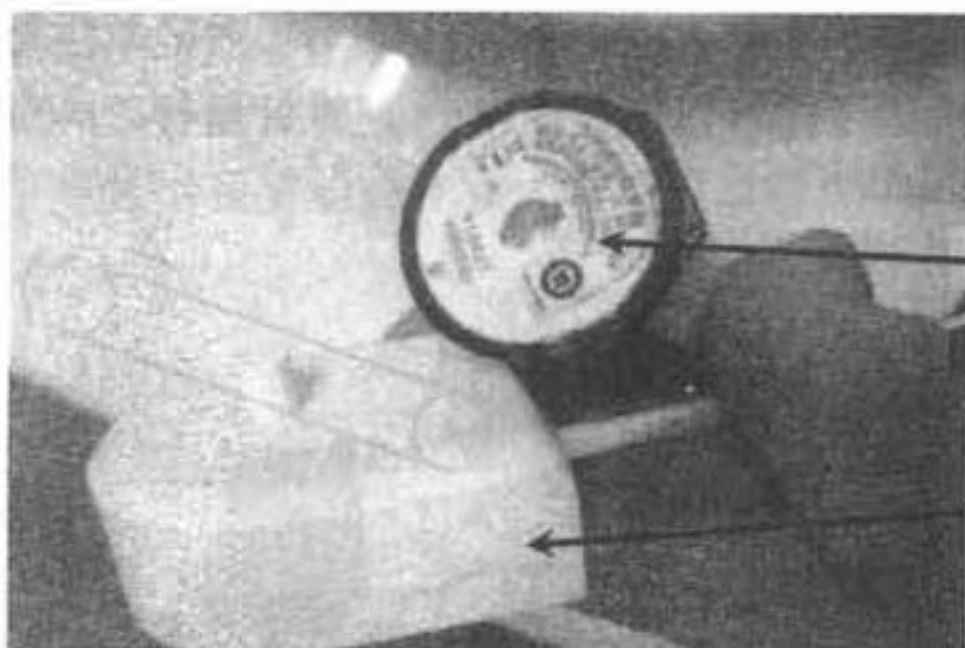
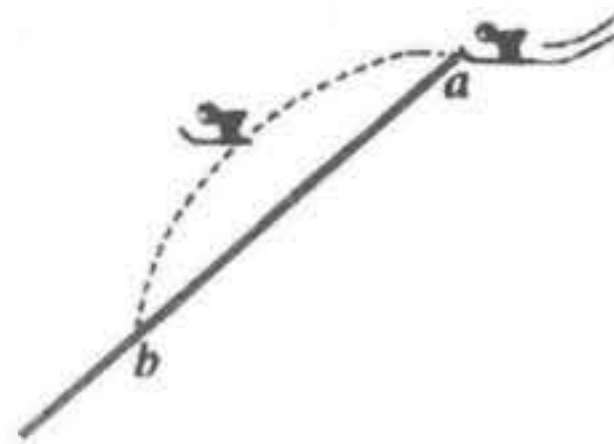


D.

5. 人造地球卫星根据不同任务特点选择不同的轨道，如北斗导航卫星采用中圆轨道兼顾信号强度和覆盖区域大小，美国的大基红外预警卫星为了发现不同高度上的导弹和火箭发射而采用椭圆轨道。若有 1、2 两颗人造卫星分别以圆轨道、椭圆轨道绕地球逆时针方向运动，两轨道相切于卫星 2 轨道的远地点 A 点，某时刻两卫星与地球在同一直线上，下列说法正确的是

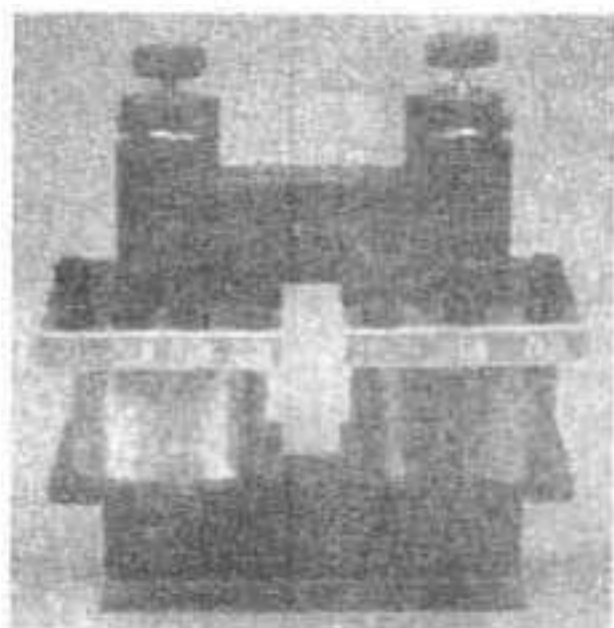


- A. 卫星 1 的周期小于卫星 2 的周期
B. 两卫星在 A 点时线速度大小相等
C. 两卫星在 A 点时加速度大小相等
D. 卫星 2 从 A 点向近地点 B 运动过程中，做减速运动
6. 2022 年北京将举行第 24 届冬季奥运会，跳台滑雪是热门项目。跳台滑雪可简化为如下示意图，运动员从平台末端 a 点以某一初速度水平滑出，在空中运动一段时间后落在足够长的斜坡上 b 点，不考虑空气阻力，视运动员为质点，则运动员在空中运动过程中，
- A. 在相等的时间间隔内，运动员竖直方向下落高度相等
B. 在相等的时间间隔内，动量的改变量相等
C. 在下落相等高度的过程中，动量的改变量相等
D. 若初速度加倍，则在空中运动的时间也加倍，落点到 a 点的距离也加倍



电动牙刷底部

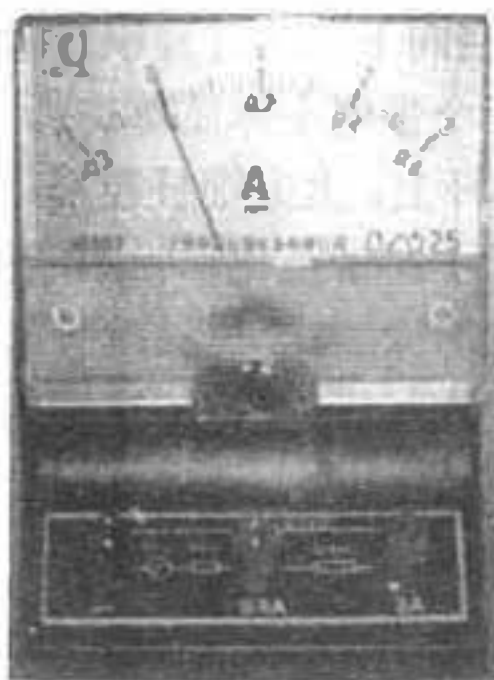
充电底座



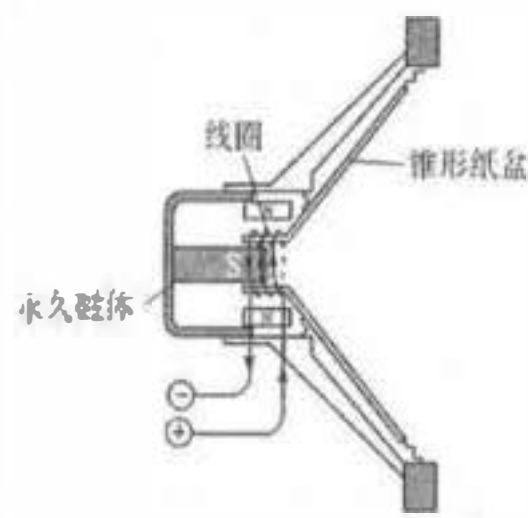
A.



B.

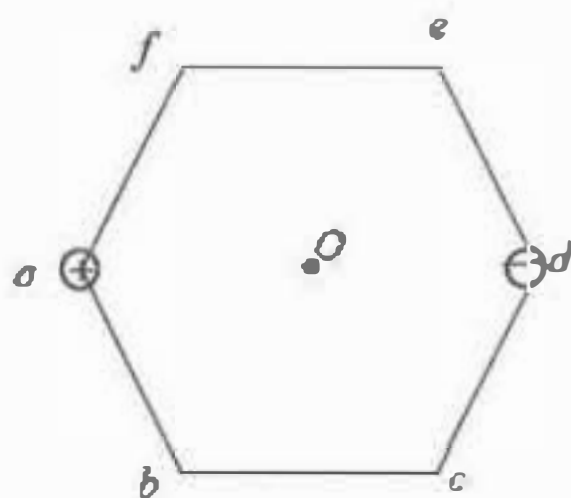


C.



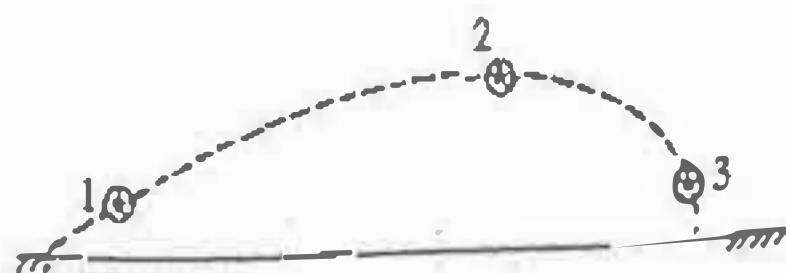
D.

8. 如图所示, 正六边形 $abcdef$, 中心为 O , 两个等量异种电荷放在 a 、 d 位置, 其中正电荷在 a 处, 负电荷在 d 处, 设无穷远处电势为 0, 下列说法正确的

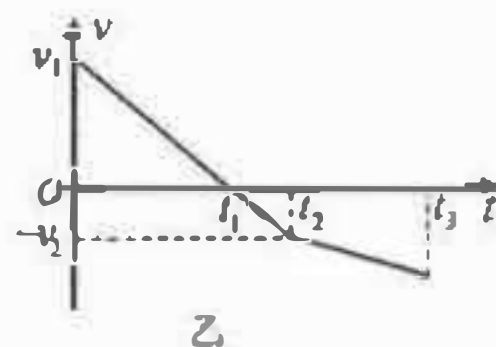
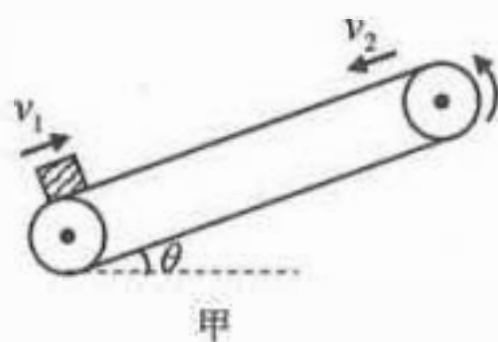


- A. f 、 b 两点的场强相同
 B. e 点的电势高于 0
 C. e 、 b 两点电势差与 c 、 f 两点电势差相等
 D. 负电荷从 b 点移动到 c 点时电势能减小
9. 氦核 ${}^4_2\text{He}$ 可通过一系列聚变反应释放能量, 其总效果可用反应式 $6{}^2_1\text{H} \rightarrow 2{}^4_2\text{He} + 2{}^1_0\text{n} + 2X + 43.15\text{MeV}$ 表示。海水中富含氘, 已知 1kg 海水中含有的氘核约为 1.0×10^{22} 个, 以下说法正确的是
- A. X 粒子是电子
 B. 能够发生聚变反应的条件是反应物的体积超过临界体积
 C. 若 1kg 海水中含有的氘核全部发生上述聚变反应, 释放的能量为 $4.315 \times 10^{23} \text{MeV}$
 D. 上述反应过程发生的质量亏损为 $\frac{43.15\text{MeV}}{c^2}$, 其中 c 为真空中的光速

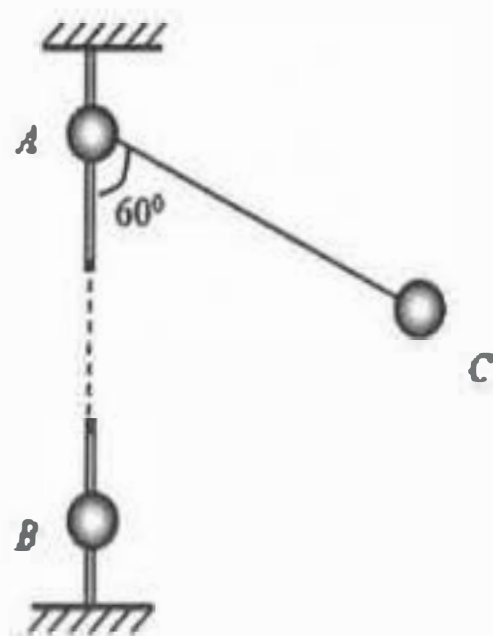
10. 如图所示, 一足球在操场上被某同学踢出, 在竖直平面内运动, 经位置 1、2、3 后落地, 位置 1、3 等高, 位置 2 在最高点, 离地高度为 h , 不考虑足球的旋转, 则足球
- A. 在位置 2 时受到的合力与速度方向相反
 B. 在位置 2 的加速度比位置 3 的加速度小
 C. 从位置 1 到 2 过程空气阻力做的功大于从位置 2 到 3 过程空气阻力做的功
 D. 在位置 3 的动能大于在位置 1 的动能



11. 如图甲, 倾角为 θ 的传送带始终以恒定速率 v_2 逆时针运行, $t=0$ 时初速度大小为 v_1 ($v_1 > v_2$) 的小物块从传送带的底端滑上传送带, 在传送带上运动时速度随时间变化的 $v-t$ 图象如图乙, 则



- A. $0 \sim t_1$ 时间内, 小物块所受到的摩擦力始终不变
 B. 小物块与传送带间的动摩擦因数满足 $\mu < \tan \theta$
 C. t_2 时刻, 小物块离传送带底端的距离达到最大
 D. 小物块从最高点返回向下运动过程中摩擦力对其始终做负功
12. 如图所示, A 、 B 、 C 三个带电小球质量均为 m , A 、 B 分别穿在同一竖直线上的两根绝缘细杆上, 上方细杆粗糙, 下方细杆光滑。已知 A 、 B 带电量大小均为 q_0 , 且 A 带正电, 当系统处于静止状态时, AB 和 AC 间距相等, A 、 C 间绝缘细线与竖直细杆成 60° 角, 细线伸直且恰无拉力。已知静电力常量为 k , 重力加速度为 g , 则

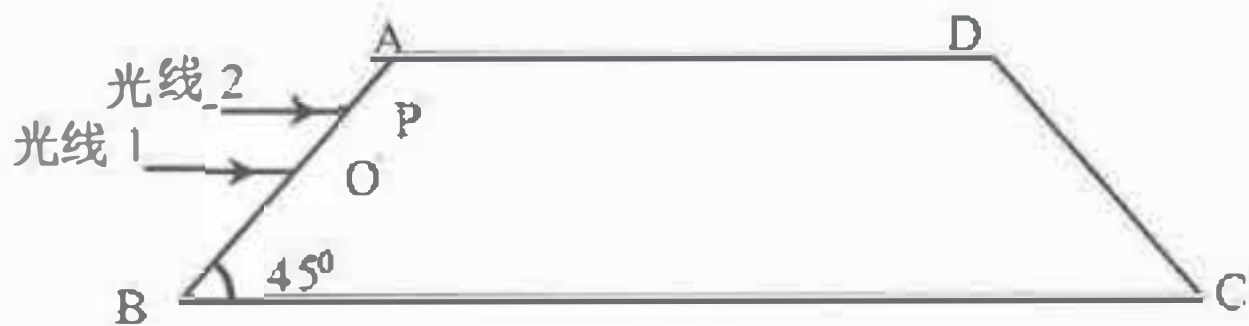


- A. C 小球带电量大小为 $\frac{1}{3}q_0$
 B. A 、 C 间的绝缘细线长为 $q_0 \sqrt{\frac{2k}{mg}}$

C. A 小球受到细杆的摩擦力大小为 $2mg$

D. 若保持 B 小球位置不变, 缓慢增加 B 的带电量, 使 A、C 两球处于同一水平线, 则此时 A、C 间的绝缘细线拉力大小为 0

13. “道威棱镜”是一种用于光学图像翻转的仪器。如图, 将一等腰直角棱镜截去棱角, 使其平行于底面, 可制成“道威棱镜”, 其横截面 ABCD 为底角 45° 的等腰梯形, O 为 AB 中点, P 为 OA 中点, 光线 1 和光线 2 两条与 BC 平行的光线, 分别从 P 和 O 点入射棱镜, 均在 BC 面上发生一次全反射后从 CD 面射出, 其中光线 2 的出射点为 CD 中点 Q (未画出), 已知棱镜对两光线的折射率 $n = \sqrt{2}$, AB =



$\sqrt{2}L$, 光在真空中的传播速度为 c , $\sin 15^\circ = \frac{\sqrt{6} - \sqrt{2}}{4}$, 则

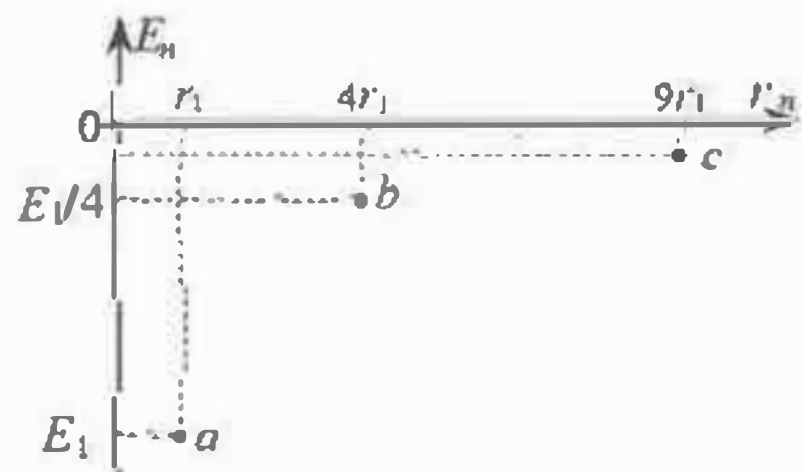
- A. 光线 1 在棱镜中的传播速度为 $\sqrt{2}c$
 B. 光线 2 在棱镜中的传播时间为 $\frac{(\sqrt{6} + \sqrt{2})L}{c}$
 C. 光线 1 在棱镜中经过的路程长为 $\frac{5(\sqrt{6} + \sqrt{2})L}{4}$
 D. 光线 1 从 CD 边射出点到 BC 边的距离为 $\frac{\sqrt{2}}{4}L$

二、选择题 II (本题共 3 小题, 共 6 分。在每小题给出的四个选项中, 至少有一个选项是符合题目要求的。全部选对的得 2 分, 选对但不全的得 1 分, 有选错的得 0 分。)

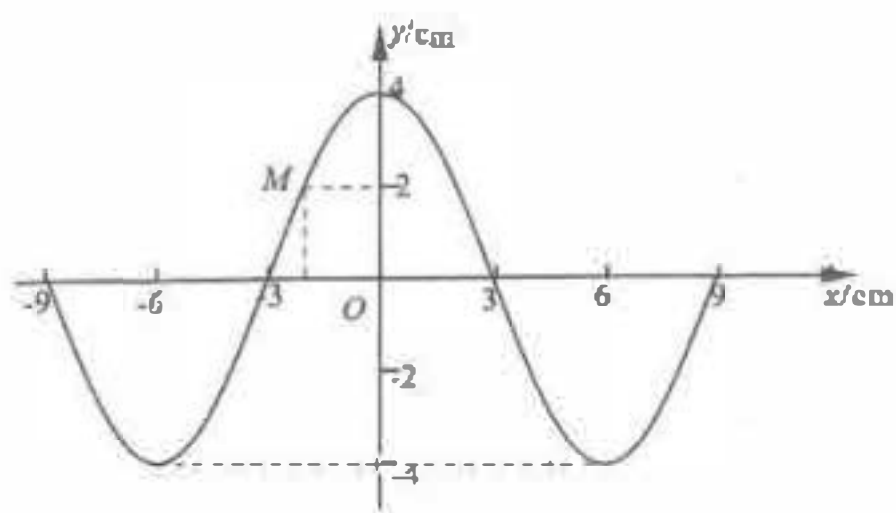
14. 无人驾驶汽车是通过车载传感系统感知道路环境, 自动规划行车路线并控制车辆到达预定目标的智能汽车, 国内外各大企业正在紧密布局发展之中。其核心设备是各种车载传感器, 如图像传感器 (可见光和红外摄像头)、超声波雷达、激光雷达以及毫米波雷达。以下关于各种光和波的说法正确的是

- A. 超声波和毫米波一样都能在真空中传播
 B. 红外线的光子能量比可见光的小
 C. 真空中激光的传播速度比毫米波的大
 D. 可见光能发生偏振现象, 而超声波不能

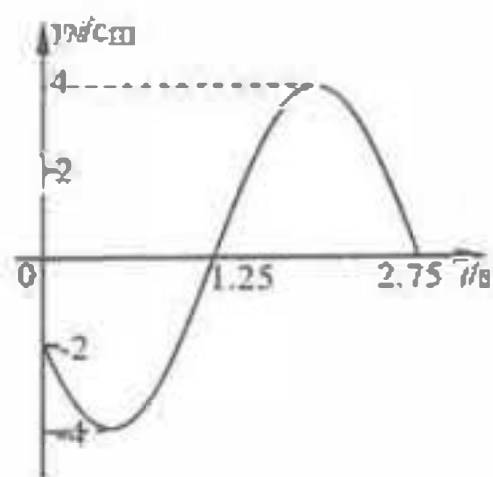
15. 如图所示是氢原子的能级 E_n 随轨道半径 r_n 的关系图, 其中 r_1 为基态氢原子核外电子的轨道半径, E_1 为基态氢原子的能级, a、b、c 分别为量子数 $n=1$ 、2、3 时氢原子的三个状态。下列说法正确的是



- A. 当核外电子轨道半径为 $2r_1$ 时, 对应能级为 $E_1/2$
 B. 从状态 a 跃迁到状态 c 需要吸收能量为 $-E_1/9$ 的光子
 C. 处于状态 c 的一群氢原子能辐射出 3 种不同频率的光子
 D. 从状态 b 跃迁到状态 a 辐射光子的波长小于从状态 c 跃迁到状态 b 辐射光子的波长
 16. 沿水平放置的足够长弹性绳建立 x 轴, 从左向右有 M、O、N 三个质点 (N 点未画出), 位于坐标原点处的 O 质点在外力作用下做简谐振动, 形成沿 x 轴传播的简谐横波。 $t=0$ 时刻波形如图甲所示, 其中 M 点再经过 $1s$ 时间 (小于一个周期), 位移仍与 $t=0$ 时相同, 但振动方向相反。 N 点与 M 点平衡位置距离小于一个波长, 且振动方向总相反。



甲



乙

A. N 点平衡位置坐标为 $x=8\text{cm}$

B. 此简谐波在 x 轴上的传播速度为 4m/s

C. N 点振动图像如图乙所示

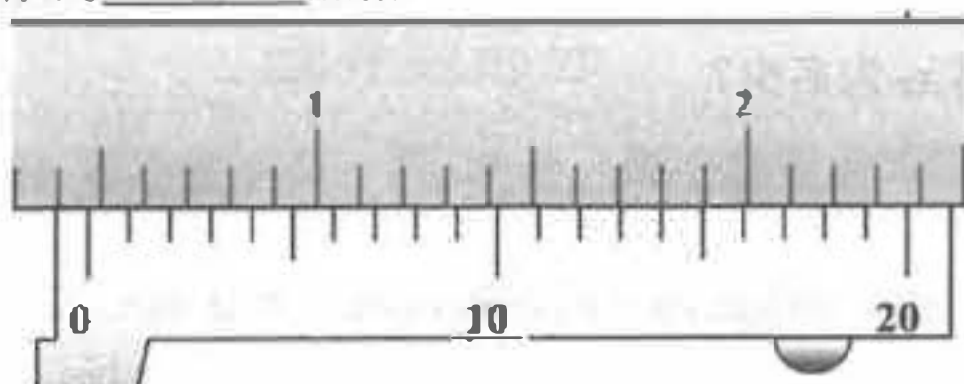
D. M 比 N 先振动, 且二者起振方向相反

非选择题部分

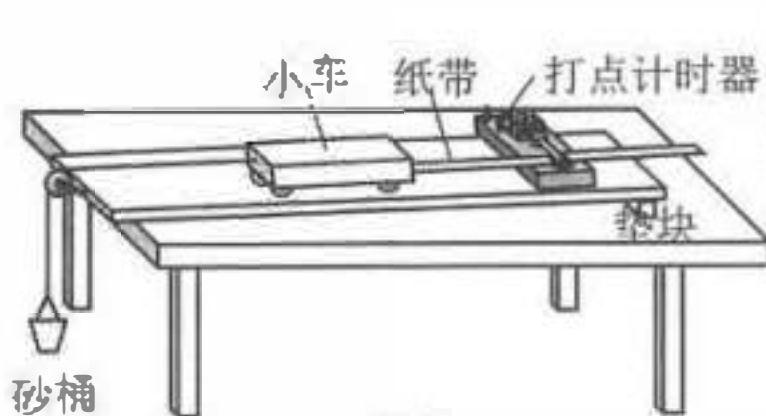
三、实验题 (本题共 2 小题, 共 14 分。)

17. (7 分)

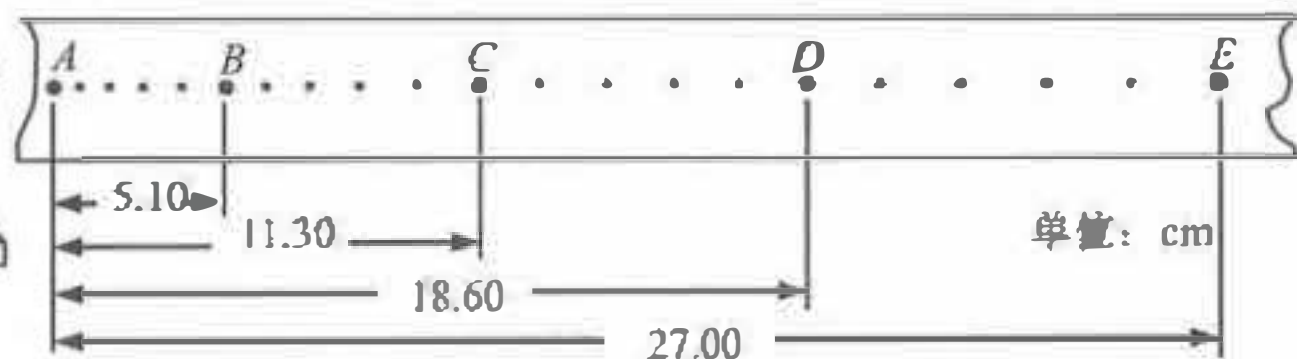
(1) 下图游标卡尺的读数为 mm。



(2) 用图甲所示的实验装置研究小车加速度与小车受力之间的关系。



图甲



图乙

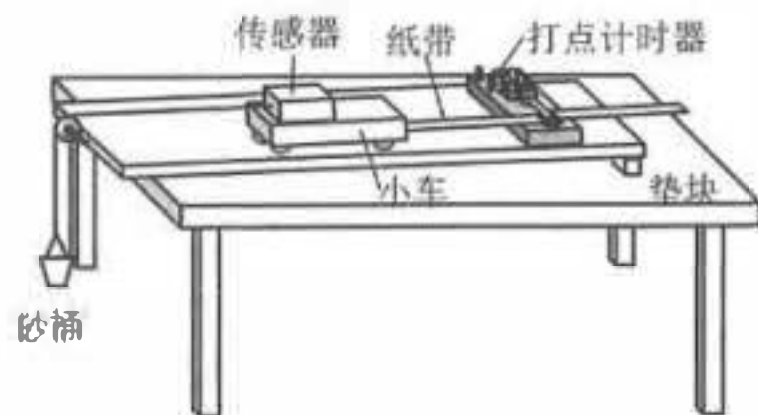
①图乙所示为实验中得到的一条纸带, 纸带上相邻两计数点之间的时间间隔为 $T=0.10\text{s}$, 由图中数据可计算出小车的加速度 $a=\underline{\hspace{1cm}}\text{m/s}^2$ 。(结果保留 2 位有效数字)

②若实验中砂和桶的总质量为 m' , 则从理论分析可得砂和桶的总重力 $m'g$ 与细绳对小车的拉力 F 的大小关系为 $m'g \underline{\hspace{1cm}} F$ (选填“略大于”、“等于”或“略小于”)。

③某同学在研究加速度与物体受力之间的关系时改进了实验方案, 他用无线力传感器来测量小车受到的拉力。如图丙所示, 他将无线力传感器和小车固定在一起, 将系着砂桶的细绳系在传感器的挂钩上, 调整细绳方向与木板平行。则在改进后的实验中以下步骤是否还有必要?

a. 调整木板倾角平衡摩擦力和其他阻力。

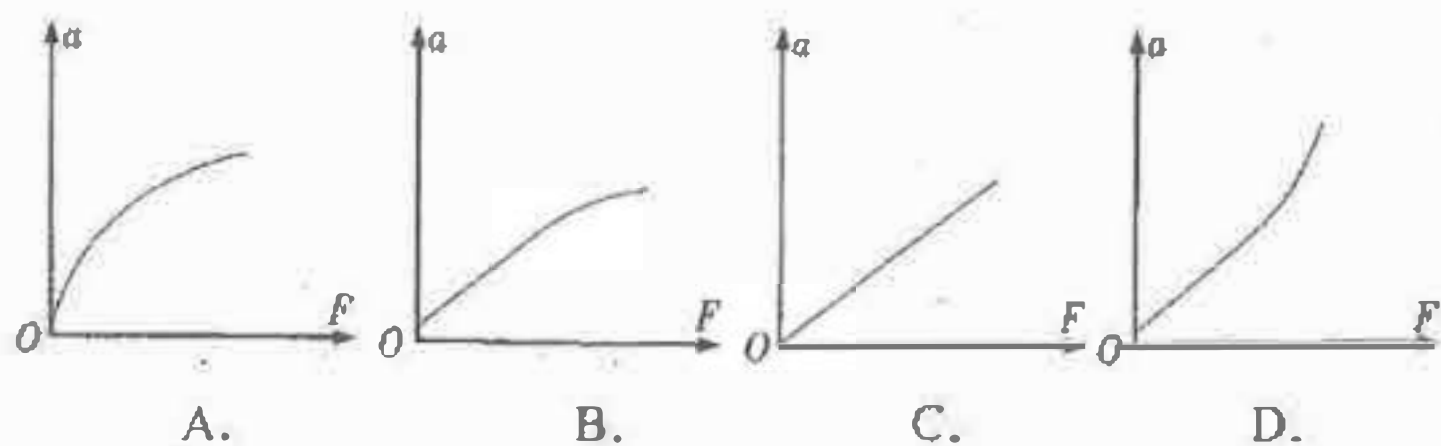
 (选填“有必要”或“没必要”)。



图丙

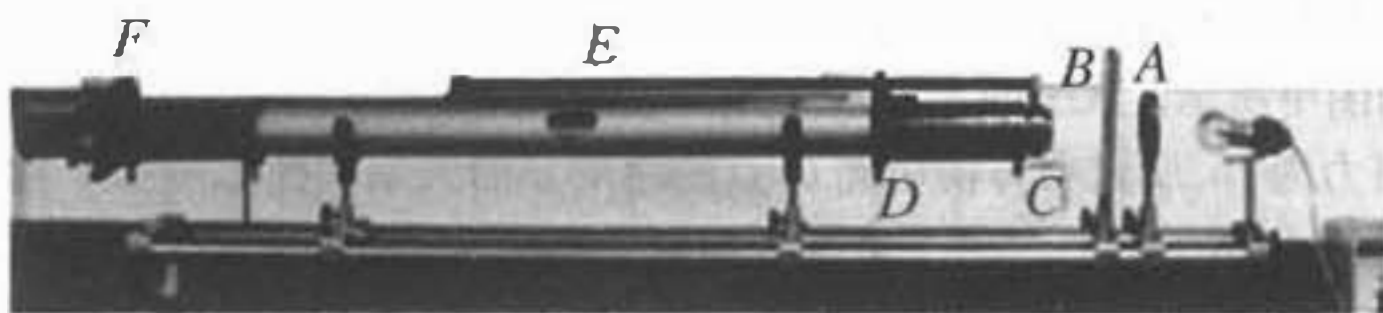
b. 控制砂和桶的总质量应远小于小车和车内砝码的总质量。____▲____ (选填“有必要”或“没必要”)。

④在上述③改进之后, 实验中保持小车质量不变, 改变砂桶和砂的质量, 测出绳中拉力大小 F 与相应的加速度大小 a , 作出 $a-F$ 图象。下面图象中正确的是 ____▲____



18. (7 分)

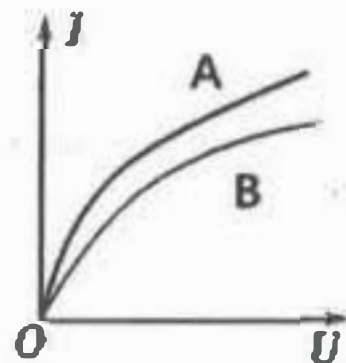
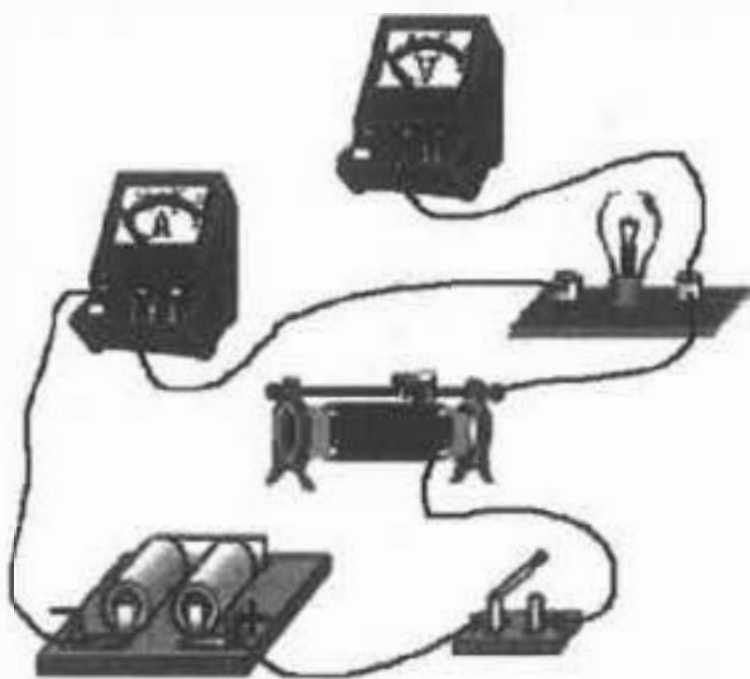
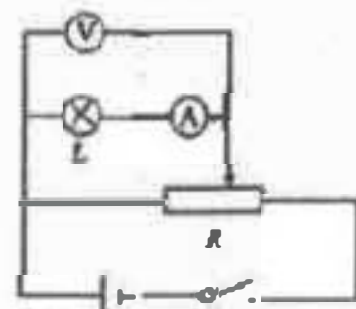
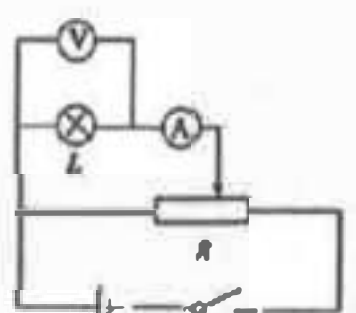
(1) 某同学在做“用双缝干涉测量光的波长”的实验中, 实验装置如图所示。她经过粗略的调试后, 出现了干涉图样, 但不够清晰明亮。于是她又 ____▲____ (填“上下”“左右”或“前后”) 拨动金属杆 E , 得到了清晰明亮的图样。



(2) 两同学研究小灯泡的发光情况, 对同一灯泡分别采用图甲和图乙两种电路进行实验:

①请在图丙中按图乙电路补画完整连线。

②连线完毕, 在闭合开关准备实验操作前, 还需要进行的一步操作是: ____▲____。

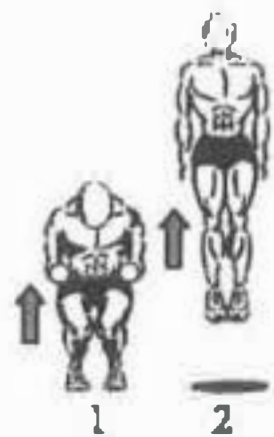


③根据实验数据两同学分别画出了小灯泡的伏安特性曲线如图丁 A、B 所示, 由图线可知当电压升高时, 小灯泡的电阻值 ____▲____ (填“增大”、“减小”或“不变”), 其中与甲电路相对应的实验曲线是 ____▲____ (填“A”或“B”)

四、计算题（本题共 4 小题，共 41 分。）

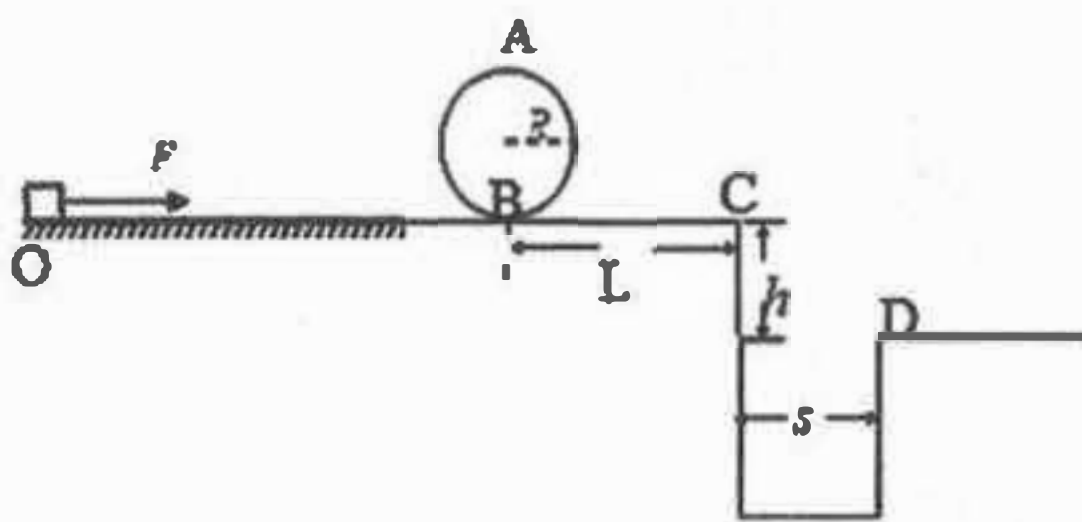
19. (9 分) 某中学生体重 50 kg，现进行一次弹跳训练，他从站直状态先下蹲使重心下降 0.4m，然后用力蹬地，把人蹬地的力看做恒力，大小为 1500N，重心从静止开始匀加速升高至人站直，之后离地，若不计空气阻力， $g=10\text{ m/s}^2$ ，求：

- (1) 该同学在蹬地起跳过程中的加速度；
- (2) 离地后该同学能上升的最大高度？
- (3) 一次蹬地起跳过程消耗多少人体能量？

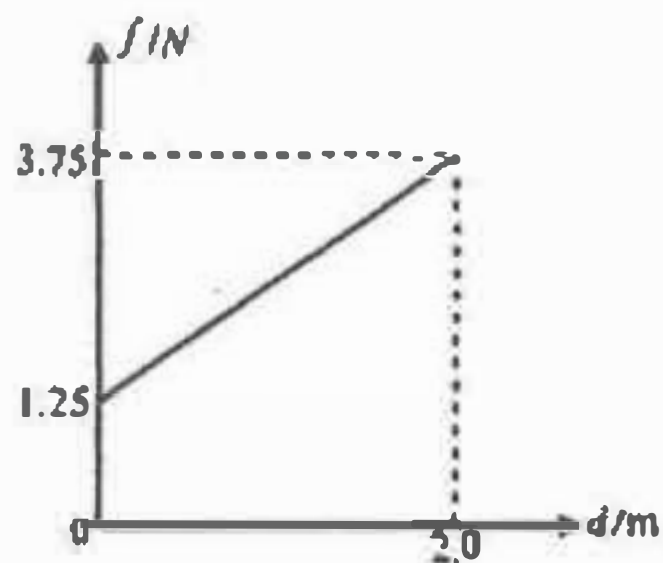


20. (12 分) 一条粗糙水平轨道 OB 右端与一半径 $R=1\text{m}$ 的光滑竖直圆形轨道相连，圆形轨道间不相互重叠，如图甲所示，水平面上 O 点处有一质量 $m=0.5\text{kg}$ 的小物块，物块与水平轨道 OB 面间的滑动摩擦力为 f ， f 大小与物块离 O 点的距离 d 的关系如图乙所示，且 $x_{OB}=2\text{m}$ ，从静止开始在水平向右恒力 F 作用下运动，通过 B 点时立即撤去力 F ，小物体恰好通过圆形轨道最高点 A 后继续向 C 点运动，C 点右侧有一壕沟，壕沟的 C、D 两点的竖直高度 $h=5\text{m}$ ，水平距离 $s=6\text{m}$ ，水平轨道 BC 粗糙且长为 $L=4\text{m}$ ，设 BC 段的动摩擦因数为 μ ， $g=10\text{m/s}^2$ ，求：

- (1) 物块通过 B 点时速度 v_B 大小；
- (2) 恒力 F 大小；
- (3) 小物块不能掉进壕沟，求水平轨道 BC 的动摩擦因数 μ 的取值范围？

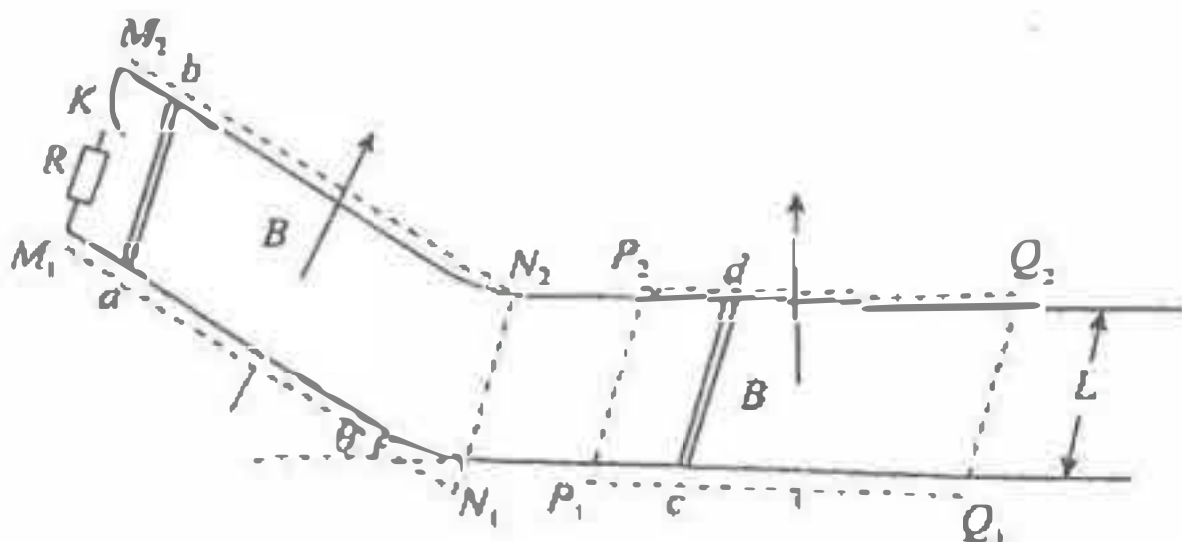


甲

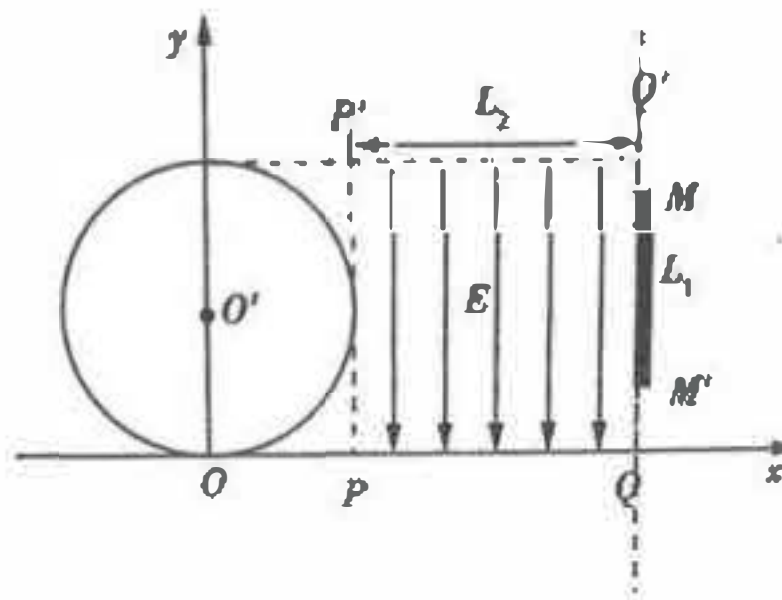
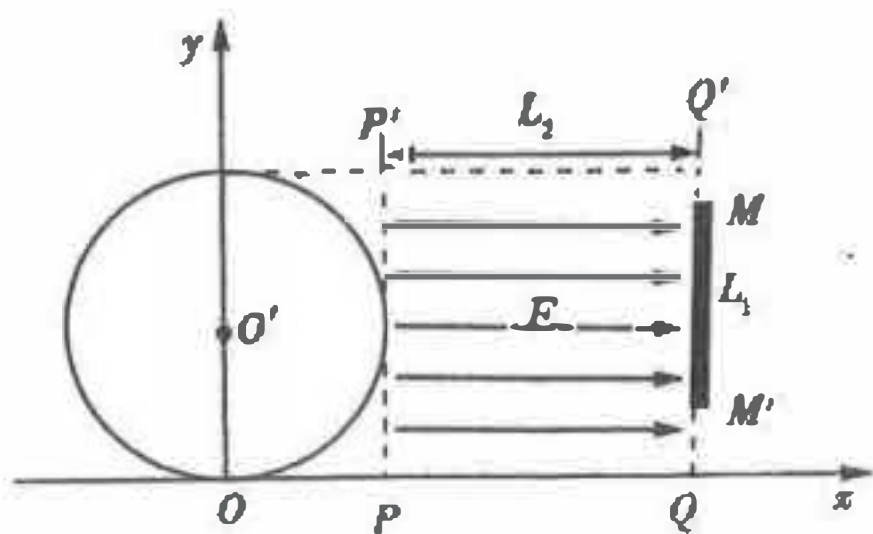


乙

21. (10分) 如图是两根间距均为 L 的光滑平行金属导轨，左段倾角为 θ ， $M_1N_1M_2N_2$ 区间有垂直导轨向上的匀强磁场，右段水平轨道 P_1P_2 区间右侧有足够长的竖直向上的匀强磁场，大小均为 B ，水平部分和倾斜部分导轨平滑连接。 M_1M_2 之间接有电阻 R 。闭合开关 K ，固定水平轨道上的金属棒 cd ，使金属棒 ab 从倾斜导轨上端静止释放，达到匀速后再进入水平导轨（无能量损失），此时断开开关 K 并撤去固定 cd 的装置，静止释放 cd 。当 cd 速度增大到 v_2 时， ab 恰好追上并碰到 cd 。运动过程中， ab 、 cd 棒与导轨始终接触良好，且保持与导轨垂直。已知 ab 、 cd 棒质量均为 $m=0.1\text{kg}$ ，阻值和电阻 R 的阻值均为 $R=0.2\Omega$ ， $L=0.5\text{m}$ ， $\theta=53^\circ$ ， $B=0.4\text{T}$ ， $v_2=2\text{m/s}$ ，不计摩擦阻力和导轨电阻，忽略磁场边界效应。求：



- (1) ab 棒到达水平轨道时的速度 v_0 ；
 - (2) cd 棒速度增大到 v_2 时， ab 棒速度 v_1 为多大？
 - (3) 从 ab 棒进入右段磁场区域到与 cd 发生碰撞的过程中， ab 棒产生的焦耳热； cd 棒最初与磁场边界 P_1P_2 的距离 x_0 为多少？
22. (10分) 如下图所示，方向垂直纸面向外的匀强磁场分布在圆心 O 所在的圆内，圆半径为 R （磁场未画出），虚线区域 $PQQ'P'$ 内存在沿 x 轴正方向的匀强电场， PP' 与圆形边界相切。 MM' 是一块长 $L_1=1.4R$ 的收集板，平行 y 轴放置在匀强电场最右端且距离 PP' 为 $L_2=2R$ ， M 离 Q' 的距离为 $0.2R$ 。原点 O 处有一粒子源，每秒向 x 轴上方区域各方向均匀发射个数为 N 、电荷量为 $+q$ 、质量为 m 、初速度为 v_0 的粒子，经磁场偏转后，沿 y 轴正向发出的粒子恰能从 PP' 与圆边界的切点水平向右进入匀强电场，击中收集板并被收集板吸收。电场强度 E 和磁感应强度 B 大小未知，但满足关系 $v_0 = \frac{3E}{B}$ ，不计粒子重力、粒子间的相互作用以及粒子对电场和磁场的影响， $\cos 53^\circ=0.6$ ， $\sin 53^\circ=0.8$ 。求：
- (1) 匀强磁场的磁感应强度 B 的大小；
 - (2) 粒子对收集板的平均作用力 F 的大小；
 - (3) 如右图所示，若保持虚线区域内的电场强度大小不变，方向改为竖直向下，收集板可沿 QQ' 所在竖直线上下移动，由 O 点发射的所有粒子最终均能打在收集板上，则收集板至少多长？



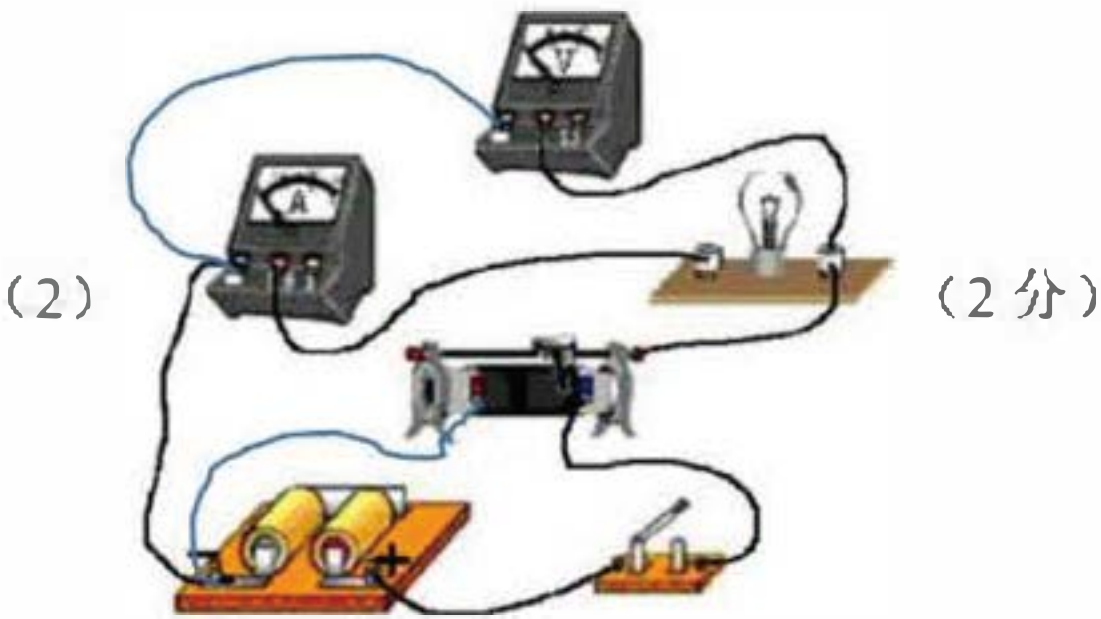
Z20 名校联盟（浙江省名校新高考研究联盟）2021 届第一次联考

物理参考答案

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	A	B	D	C	B	A	C	D	C
11	12	13	14	15	16				
B	D	C	BD	CD	AC				

17. (7 分)
(1) 4.70 (1 分)
(2) 1.1 (2 分) 略大于 (1 分) 有必要 (1 分) 没必要 (1 分) C (1 分)

18. (7 分)
(1) 左右 (1 分)



把滑片移到最左端 (1 分) 增大 (1 分) A (2 分)

19. (9 分)
(1) $F - mg = ma$ 1 分
得: $a = 20\text{m/s}^2$ 1 分
方向: 竖直向上 1 分
(2) 蹬地起跳: $2ax_1 = v^2 - 0$ 1 分
得: $v = 4\text{m/s}$ 1 分
离地减速上升: $2gx_2 = v^2$ 1 分
得: $x_2 = 0.8\text{m}$ 1 分
(3) 根据能量守恒 $E = mgx_1 + \frac{1}{2}mv^2$ 1 分
得: $E = 600\text{J}$ 1 分

20. (12 分)
(1) A: $mg = \frac{mv_A^2}{R}$ 1 分
AB: $mg2R = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$ 1 分
得: $v_B = 5\sqrt{2}\text{m/s}$ 2 分

(2) O 到 B, 由图乙可得摩擦力对物块做功为 $W_f = -\frac{f_1 + f_2}{2}d$ 1 分

动能定理: $Fd + W_f = \frac{1}{2}mv_B^2 - 0$ 1 分

得 $F = 35/4N$ 1 分

(3) 离开 C 点后做平抛运动, 当恰好能到达 D 点时, 设运动的时间为 t, 则:

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$s = v_c t$$

可得: $v_c = 6m/s$ 1 分

从 B 到 C 的过程中摩擦力做功, 则: $-\mu' mgL = \frac{1}{2}mv_c^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$ 1 分

得: $\mu' = 0.175$, 故 $0 < \mu < 0.175$ 1 分

考虑另一临界: 刚好到 C 点停下:

从 A 到 C: $mg2R - \mu mgL = 0 - \frac{1}{2}mv_A^2$ 1 分

得: $\mu = 0.625$, 故 $\mu > 0.625$ 1 分

21. (10 分)

(1) 在斜面上匀速时: $mg \sin \theta = BIL$ 1 分

$$I = \frac{BLv_0}{\frac{3R}{2}}$$
 1 分

得: $v_0 = \frac{3Rmg \sin \theta}{2B^2 L^2} = 6m/s$ 1 分

(2) ab 进入右段磁场, cd、ab 视为整体, 合外力为零, 动量守恒

$$mv_0 = mv_1 + mv_2$$
 1 分

得: $v_1 = 4m/s$ 1 分

(3) ab 进入右段磁场到发生碰撞, 回路焦耳热等于系统损耗的动能:

$$Q = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 = 0.8J$$
 1 分

$$Q_{ab} = \frac{1}{2}Q = 0.4J$$
 1 分

又 cd、ab 在磁场中向右运动时, $E = BLv_1 - BLv_2$

$$I = \frac{E}{2R}$$
 1 分

对 ab 棒: $-\sum BIL\Delta t = mv_1 - mv_0$

即: $-\sum \frac{B^2 l^2 (v_1 - v_2)}{2R} \Delta t = mv_1 - mv_0$ 1 分

其中: $x_0 = \sum (v_1 - v_2) \Delta t$

得: $x_0 = 2m$ 1 分

22. (10 分)

(1) 由已知, 轨迹半径等于磁场半径, $r = R$

$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

$$\text{得: } B = \frac{mv_0}{qR}$$

1 分

(2) 根据分析, 所有粒子从 O 点射出, 平行于 x 轴进入电场, 与 y 轴成左 53° 右 37° 的粒子能到达收集板, $N' = \frac{53+37}{180} N$

1 分

$$\text{电场中加速: } qEL_2 = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

1 分

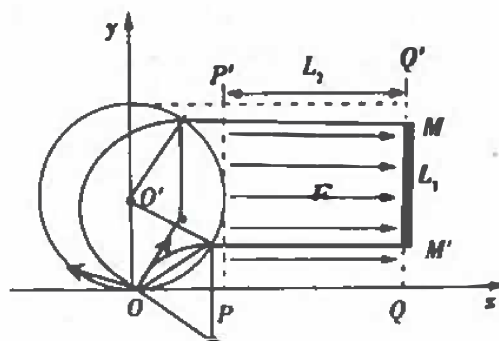
$$\text{对打在收集板上的粒子: } -F'\Delta t = 0 - N'mv$$

$$F = F'$$

1 分

$$\text{得: } F = \frac{\sqrt{21}Nmv_0}{6}$$

1 分



(3) 粒子经过磁场后以平行 x 轴方向进入电场, 做类平抛运动, 设离 x 轴为 y_1 的粒子恰好到达 Q 点, 有:

$$y_1 = \frac{1}{2}at^2$$

$$a = \frac{qE}{m}$$

$$L_2 = v_0 t$$

$$\text{得: } y_1 = \frac{2}{3}R$$

即从 QQ' 飞出的粒子中从 P 进入电场离开 Q 点最远为 $(2R - y_1) = \frac{4}{3}R$

1 分

从 P 点上方距离 P 点小于 $y_0 = \frac{2}{3}R$ 的粒子将从 PQ 边飞出, 再直线到达 QQ' 所在直线, 设与 QQ' 所在直线交点到 Q 距离为 y_2 , 考虑电场中偏转的特点:

$$y = \frac{1}{2}at^2$$

$$x = v_0 t$$

$$\frac{y_2}{L_2 - x} = \frac{y}{x}$$

$$\text{得: } y_2 = \frac{2}{3}v_0 t - \frac{v_0^2}{3R}t^2$$

1 分

$$\text{当 } t = \frac{R}{v_0} \text{ 时, } y_2 \text{ 有最大值: } y_2 = \frac{1}{3}R$$

2 分

故粒子打在 QQ' 所在竖直线上的区域长度为 $(2R - y_1) + y_2 = \frac{5}{3}R$

则收集板至少长为 $L_1 = (2R - y_1) + y_2 = \frac{5}{3}R$

1 分

