

36 届全国中学生物理竞赛预赛试卷 (北京赛区)

本卷共 15 题，时间 120 分钟，满分 200 分.

题号	1-6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	总分
分数											
复核											

得分	评卷

一、选择题（共 36 分）. 本题共 6 小题，每小题 6 分. 在每小题给出的 4 个选项中，有的小题只有一项符合题意，有的小题有多项符合题意. 把符合题意的选项前面的英文字母写在每小题后面的方括号内. 全部选对的 6 分，选对但不全得 3 分，有选错或不答的得 0 分.

- 2015 年诺贝尔奖颁发给了梶田隆章(Takaaki Kajita)和阿瑟·B·麦克唐纳(Arthur B. McDonald)，奖励他们分别身为各自团队中的核心研究者，和同事一起发现了中微子振荡，在粒子物理领域开辟了新的疆土. 一种常见的探测中微子的方法是在氢核（即质子）上俘获中微子，生成一个正电子和一个中子，称为反贝塔衰变反应（IBD）. 下面说法中正确的有 []
 - 反应方程式可以写为 $p + \bar{\nu}_e \rightarrow n + e^+$ ，其中 $\bar{\nu}_e$ 为反电子中微子
 - 中子和正电子的静质量之和大于质子静质量，中微子的静质量趋于 0
 - 自由的中子也可以进行衰变，产生中微子，反应方程式为 $n \rightarrow p + \bar{\nu}_e + e^-$
 - 如果被反应前质子是静止的，则产生的正电子和中子的动量之和不等于 0
- 5G 通信即将推广普及，我国自主研发设计的 5G 通信技术走在了世界的前列. 5G 信号的频率分为两种，一种是 6GHz 以下，这个和我们目前的 2/3/4G 差别不算太大，还有一种频率在 24GHz 以上，对于这样的信号，下面说法正确的有 []
 - 波长大约长 1cm
 - 波长越短准直性越好，绕射能力越弱
 - 频率越高可能加载的信息密度也越高
 - 这样频率的电磁波对人有致癌作用

3. 如图 1 所示, 一团理想气体经过了一个准静态过程的循环, $A \rightarrow B$ 是等温过程, $B \rightarrow C$ 是等容过程, $C \rightarrow A$ 是绝热过程. 下面说法正确的有 []

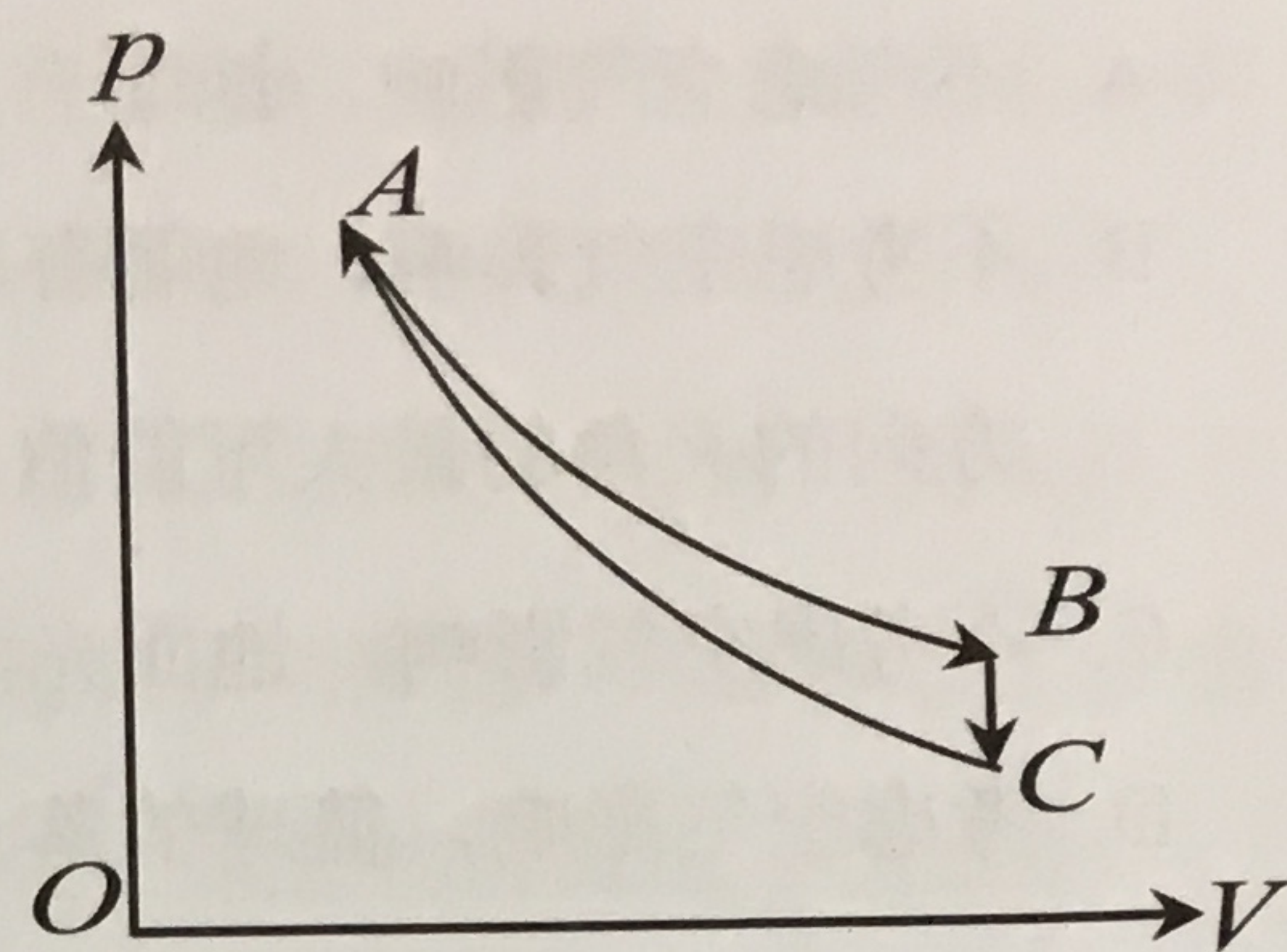


图 1

- A. AB 状态气体内能相等
- B. 整个循环过程外界对气体做功为正
- C. CA 过程体系内能增加, 外界对体系做功为正
- D. 若气体为单原子分子理想气体, 则 AC 过程满足 $pV^{7/5}$ 为常数

4. 如图 2 所示, 某同学经过一段时间练习, 掌握了利用在瓶中装不同高度的水, 在瓶口吹出不同频率声音, 以演奏乐曲的技巧. 以下说法中正确的有 []

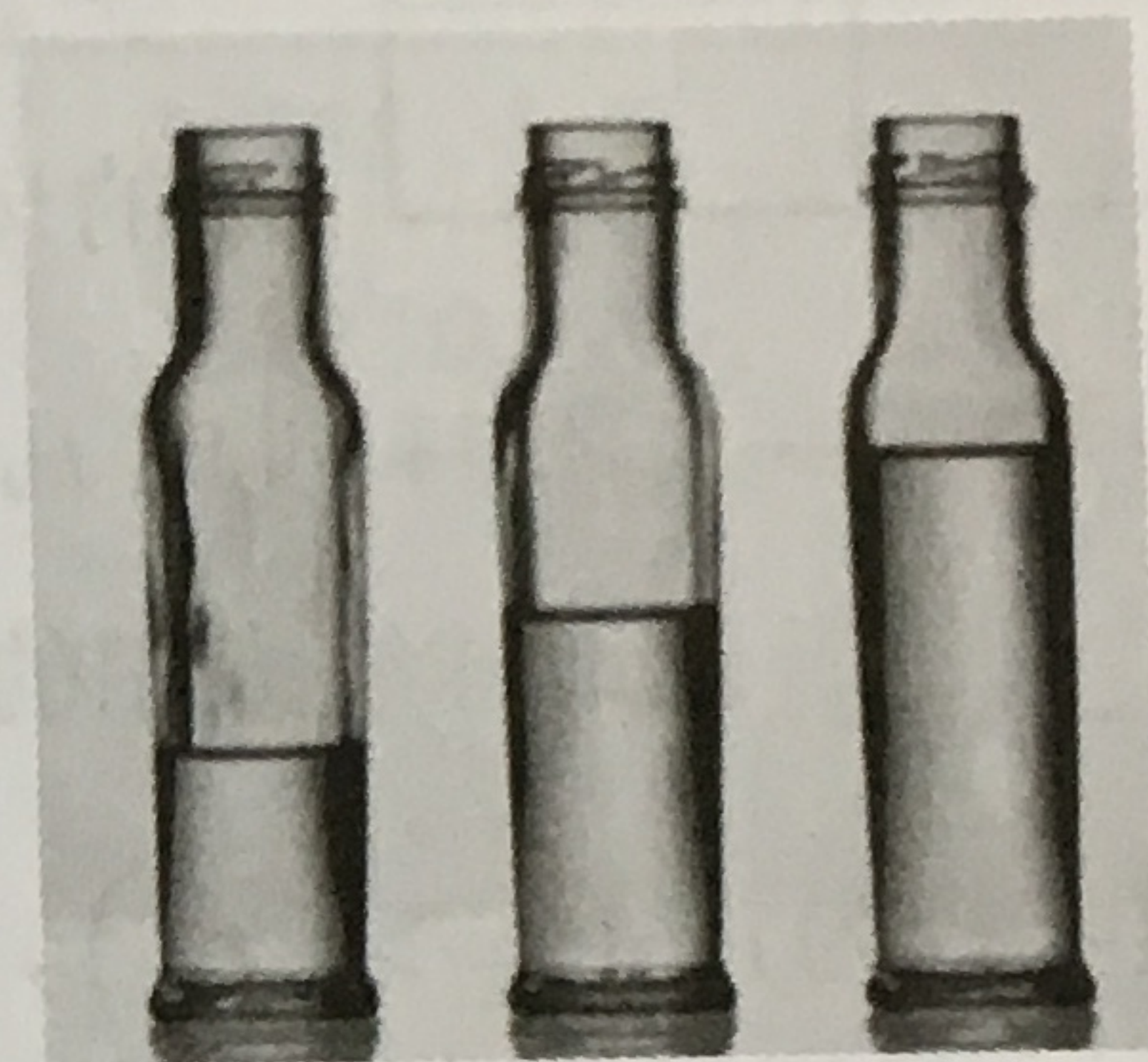


图 2

- A. 若瓶中水柱高度之比为 2:3:4, 则吹出来的声音频率之比也为 2:3:4
- B. 吹出来声音频率主要由在空气柱中声波形成的驻波频率来决定
- C. 空气驻波在水面附近是波节, 在瓶口附近是波腹
- D. 空气柱长度越长, 发出的声音频率越高

5. 如图 3 所示, 某同学经过一段时间练习, 掌握了跳高的技巧. 同学质量为 m , 重力加速度为 g . 在跳起的第一阶段, 脚没有离地, 经过一定时间, 重心上升 h_1 , 人质心获得速度 v_1 . 在第二阶段, 人躯干形态基本保持不变, 重心又上升了一段距离, 到达最高点. 以下说法中正确的有 []

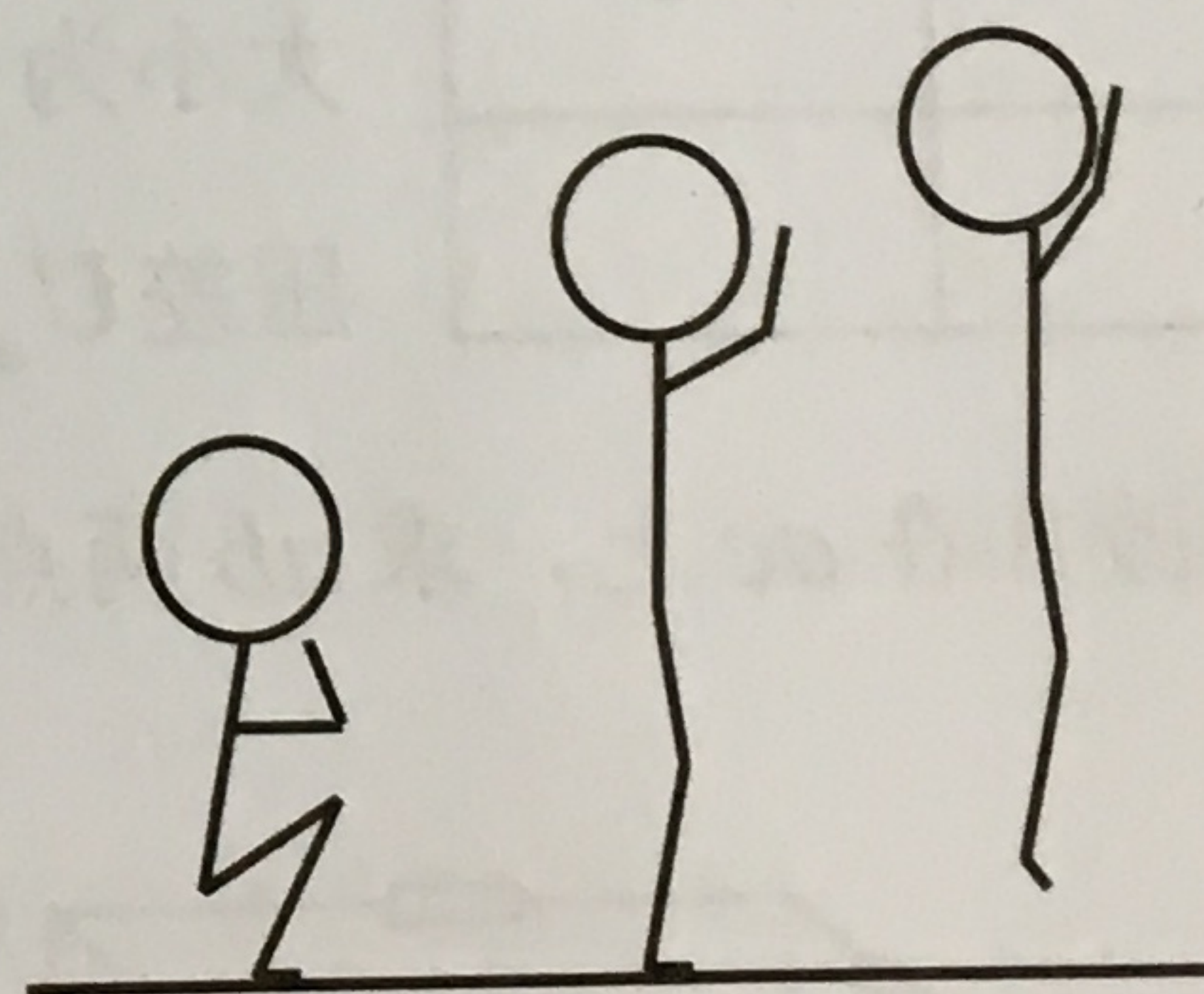


图 3

- A. 在第一阶段地面支持力给人的冲量为 mv_1
- B. 在第一阶段地面支持力对人做的功为 mgh_1
- C. 在整个过程中地面支持力对人做的总功为 0
- D. 在跳起的过程中存在人体肌肉中储存的化学能转化为机械能的过程

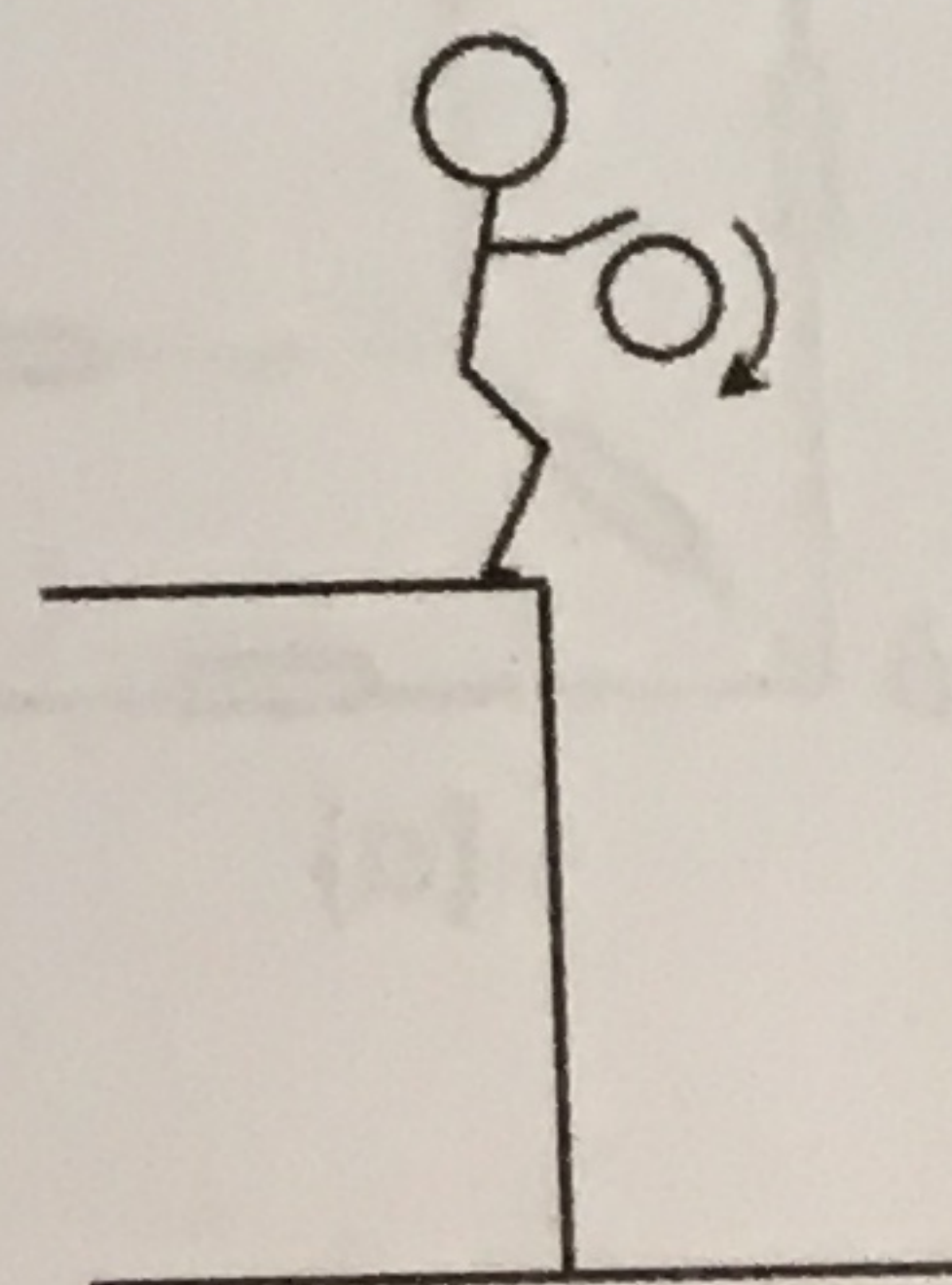


图 4

6. 某同学经过一段时间练习, 掌握了控制篮球的技巧. 如图 4 所示, 在距离地面一定高度的地方, 让其转动起来, 初速度为 0 释放, 和

地面发生弹性碰撞，即在竖直方向速度大小不变. 下面说法中正确的有 []

- A. 不考虑空气影响，地面有摩擦，则碰撞前后相比动能总量增加
- B. 不考虑空气影响，地面有摩擦，摩擦系数为 μ ，则篮球弹起瞬间，速度方向和竖直方向的夹角的最大可能值为 $\arctan \mu$
- C. 不考虑空气影响，地面光滑，则篮球一定竖直弹起
- D. 考虑空气影响，篮球的落点会比释放点偏右

二、填空题. 把答案填在题中的横线上. 只要给出结果，不需写出求得结果的过程.

得分	评卷

7. (12 分) 如图 5 所示，我们以太阳为参照系，地球绕太阳的运动周期为 T_1 ，以地球为参照系，月球绕地球的运动周期为 T_2 ，则相邻两次月球--地球--太阳排列成几乎一条直线的时间差约为

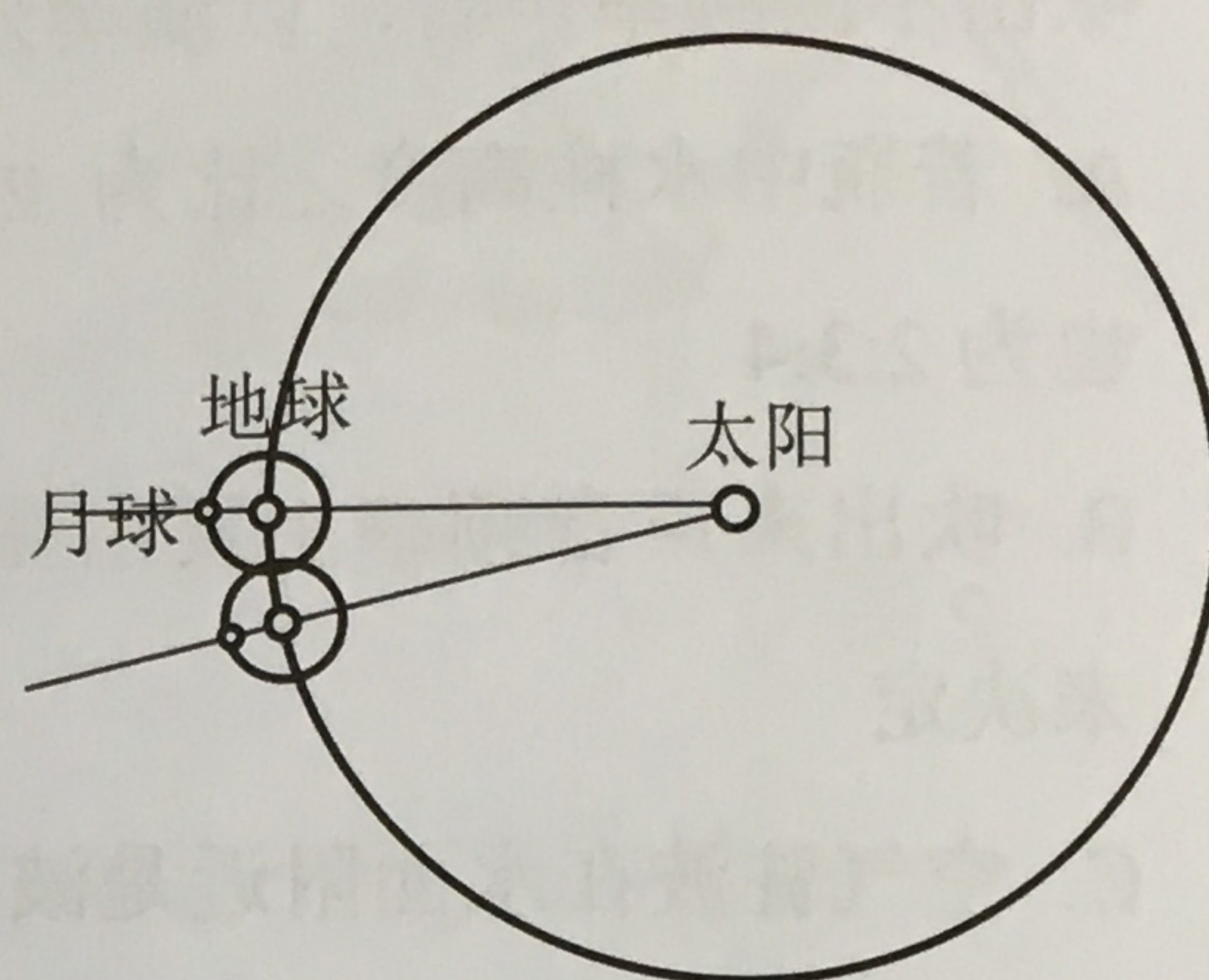


图 5

_____. 记地球绕太阳的轨道半径为 r_E ，月球绕地球的轨道半径为 r_M ($r_E \gg r_M$)，以太阳为参照系，月球运动过程，加速度的最小值和最大值的大小比例为_____.

得分	评卷

8. (12 分) 如图 6 (a) 所示，在一个立方体的网格中，每边上有一个大小为 1Ω 的电阻，在 ab 和 cd 边上还有 $1V$ 的电池，求 ab 两点的电压差 $U_a - U_b =$ _____.

调整一下连接方式如图 6(b) 所示，把一个电池改加在 ae 上，求 ab 两点的电压差 $U_a' - U_b' =$ _____.

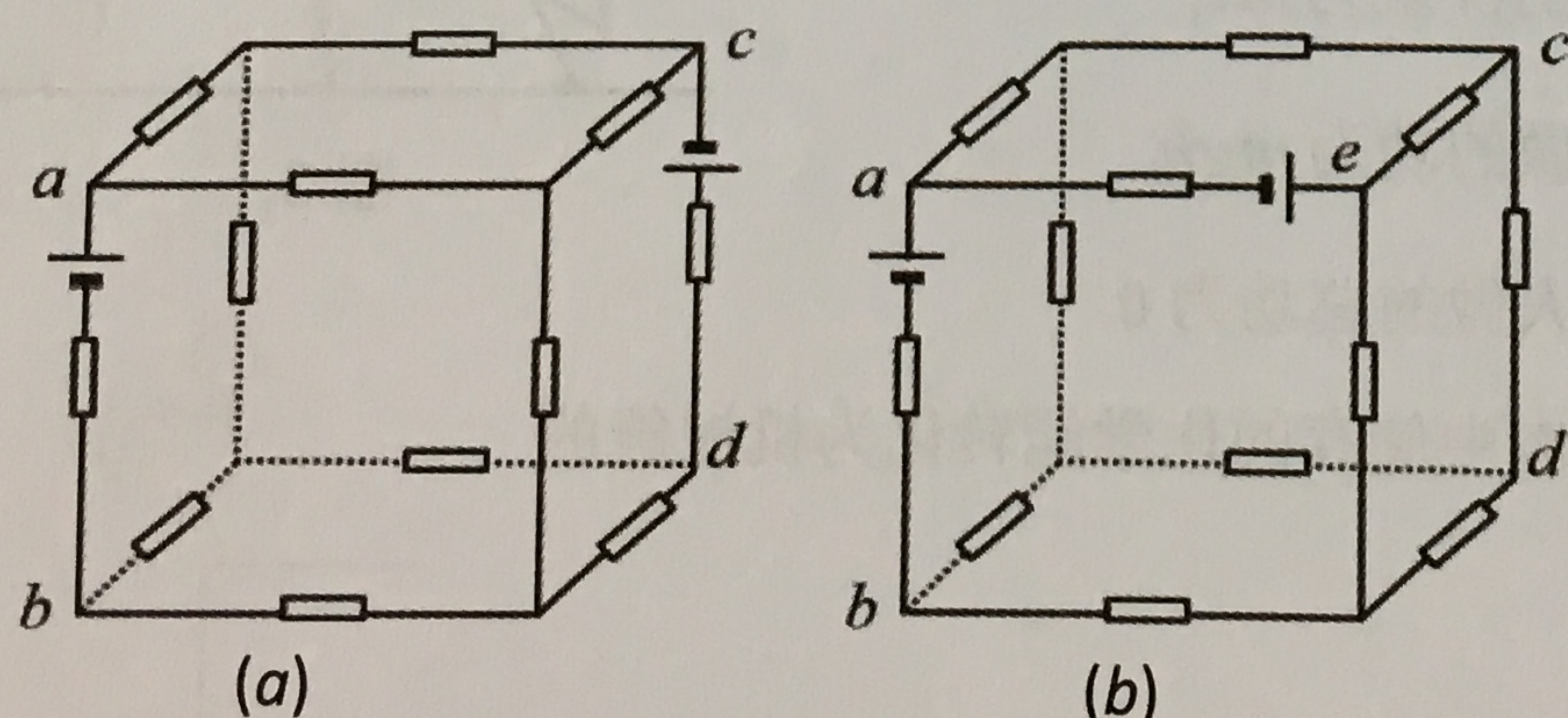


图 6

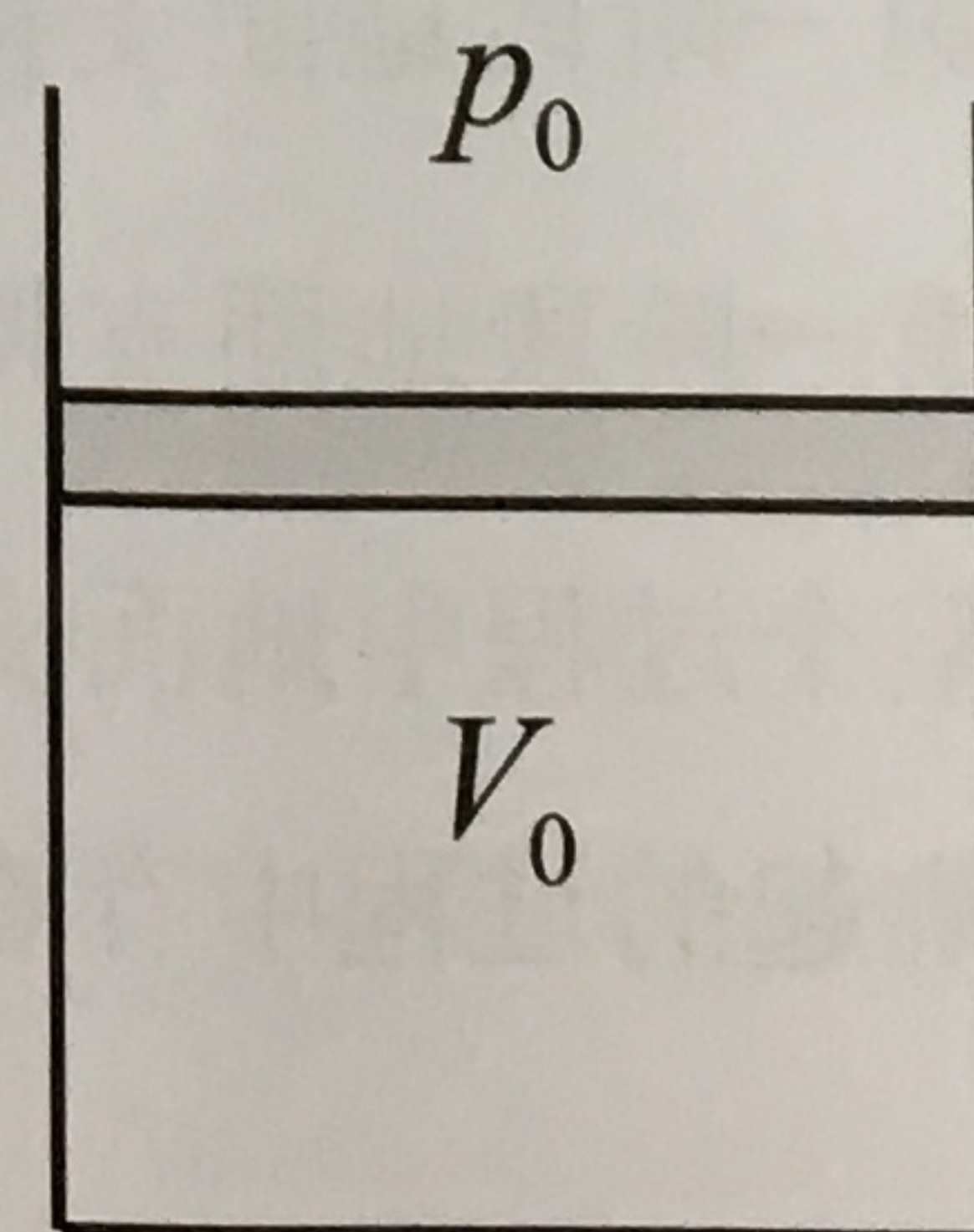


图 7

得分	评卷

9. (12 分) 如图 7 所示, 有一个竖直放置的导热气缸, 用一个轻质活塞密封, 活塞可以自由上下移动, 面积为 S_0 . 初态气缸内封有体积为 V_0 , 压强等于大气压 p_0 , 温度和环境温度相同的单原子理想气体. 缓慢在活塞上面堆放细沙 (每次堆上的细沙都放在活塞所在位置), 结果活塞下降, 使得密封的气体体积变小到 xV_0 , 重力加速度为 g . 求出细沙的质量 $m_0 =$ _____. 把导热气缸换成绝热气缸, 其他条件不变, 求出这个过程中活塞对体系做功 $W_0 =$ _____.

普适气体常量为 R , 单原子理想气体的定体摩尔热容量为 $C_V = \frac{3}{2}R$.

得分	评卷

10. (12 分) 两个点电荷电量分别为 $\pm q$, 质量均为 m , 间距为 l , 在静电作用下, 绕着共同的质心以相同的角速度做匀速圆周运动. 静电常量为 K , 不考虑相对论和电磁辐射, 求绕质心运动的角速度 $\omega_0 =$ _____. 若 l 变为原来的两倍, 仍然保持匀速圆周运动, 则两个电荷在质心处产生的磁场大小变为原来的 _____ 倍.

得分	评卷

11. (12 分) 如图 8 所示, 在水平面内有一个光滑匀质圆环, 圆环总电阻为 R_0 , 半径为 r , 质量为 m , 初速度 v_0 向右. 右半空间有均匀的稳定的垂直于面的磁场, 大小为 B . 结果圆环进入磁场后恰好静止. 整个过程中圆环中通过的电量大小 $Q_0 =$ _____. 如果保持圆环单位长度的质量和电阻大小不变, 但是把半径变为原来两倍, 为了使得圆环进入磁场后仍然恰好静止, 则 v_0 应当变为原来 _____ 倍.

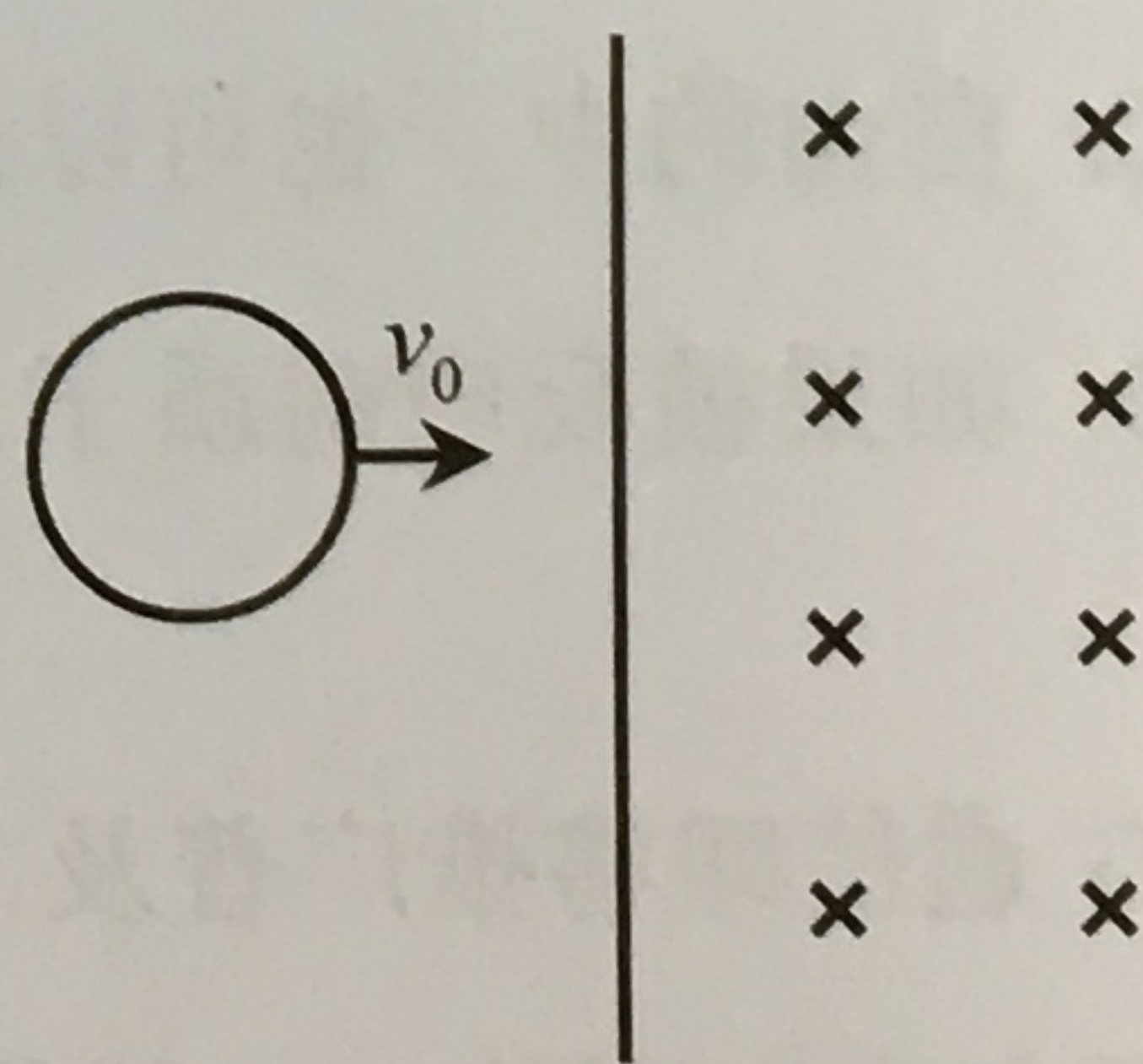


图 8

密 封 线 内 不 要 答 题

三、计算题. 解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤, 只写出最后结果的不
能得分. 有数值计算的, 答案中必须明确写出数值和单位.

得分	评卷

12. (26 分) 某同学特别喜爱造桥游戏, 如图 9 所示, 用 10 根一样的轻杆搭了一座桥, 杆长 l , 所有连接的地方均为铰接. 在 B 点挂了一个重物, 重力大小为 P . AG 在同一水平高度.

- (1) 求地面对 AG 点作用力的竖直分量大小 N_L , N_R ;
- (2) 如果每根杆能承受的最大压力或张力均为 F , 则为了保证桥不塌 P 最大为多少?

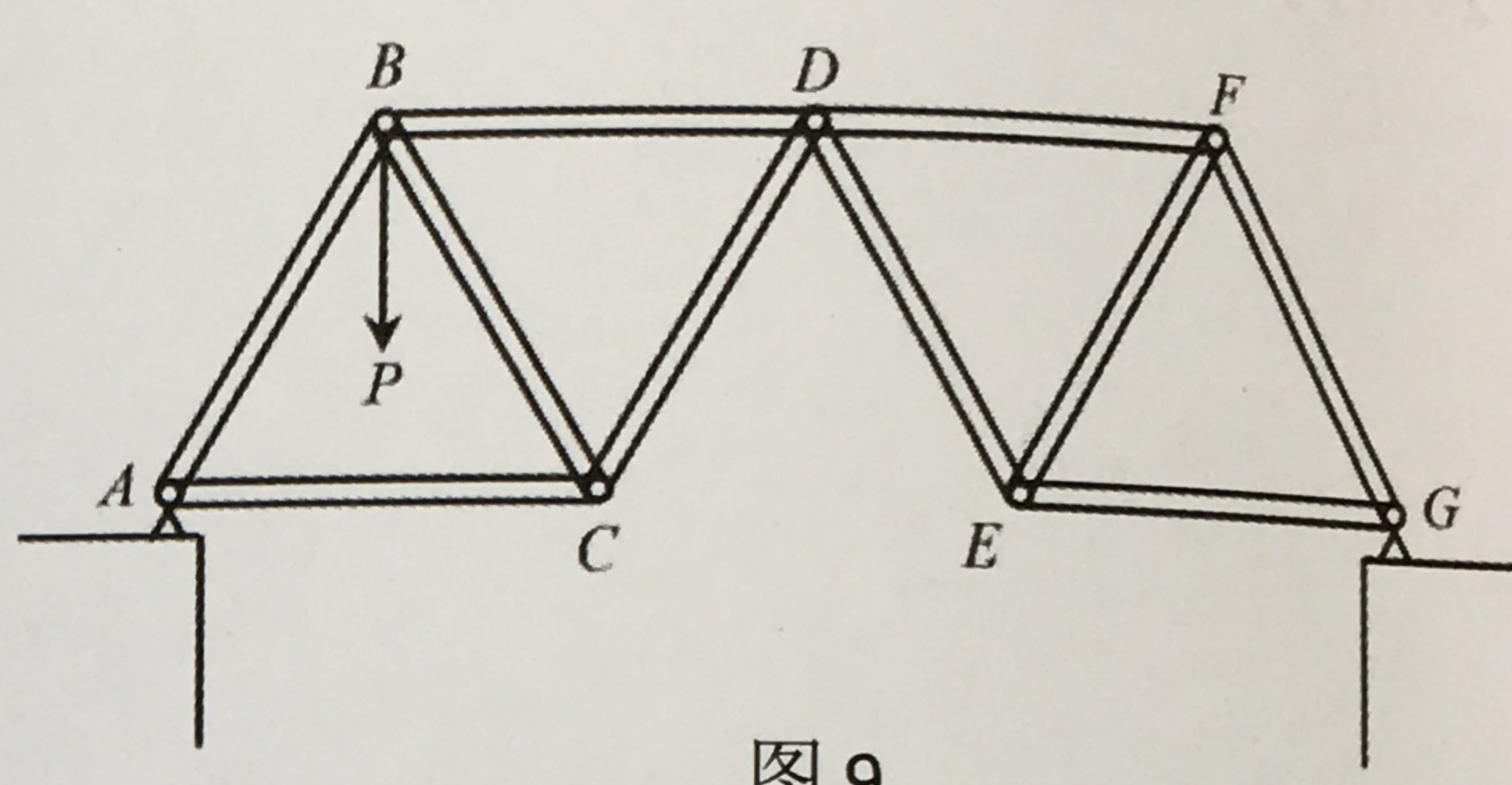


图 9

得分	评卷

13. (26 分) 如图 10 所示, 在 O 点有一个物屏, 上面有一个发光小物体. 垂直于物屏有光轴, 共轴放置一个焦距为 f 的透镜, 光心为 C , 在距离 O 点 L 处共轴摆放一个平面镜. 当 OC 距离为 x_1 时, 发现经过透镜透射, 平面镜反射, 再经过透镜透射, 发光物体在物屏处成了清晰像. 向右移动 C 点到 x_2 处, 再次在物屏处成了清晰像, 继续向右移动 C 点到 x_3 处, 又在物屏处成了清晰像.

(1) 求出 x_1, x_2, x_3 ;

(2) 当透镜位于 x_1 处时, 向上移动物点距离 Δh , 则在物屏上的像向什么方向移动了多少距离.

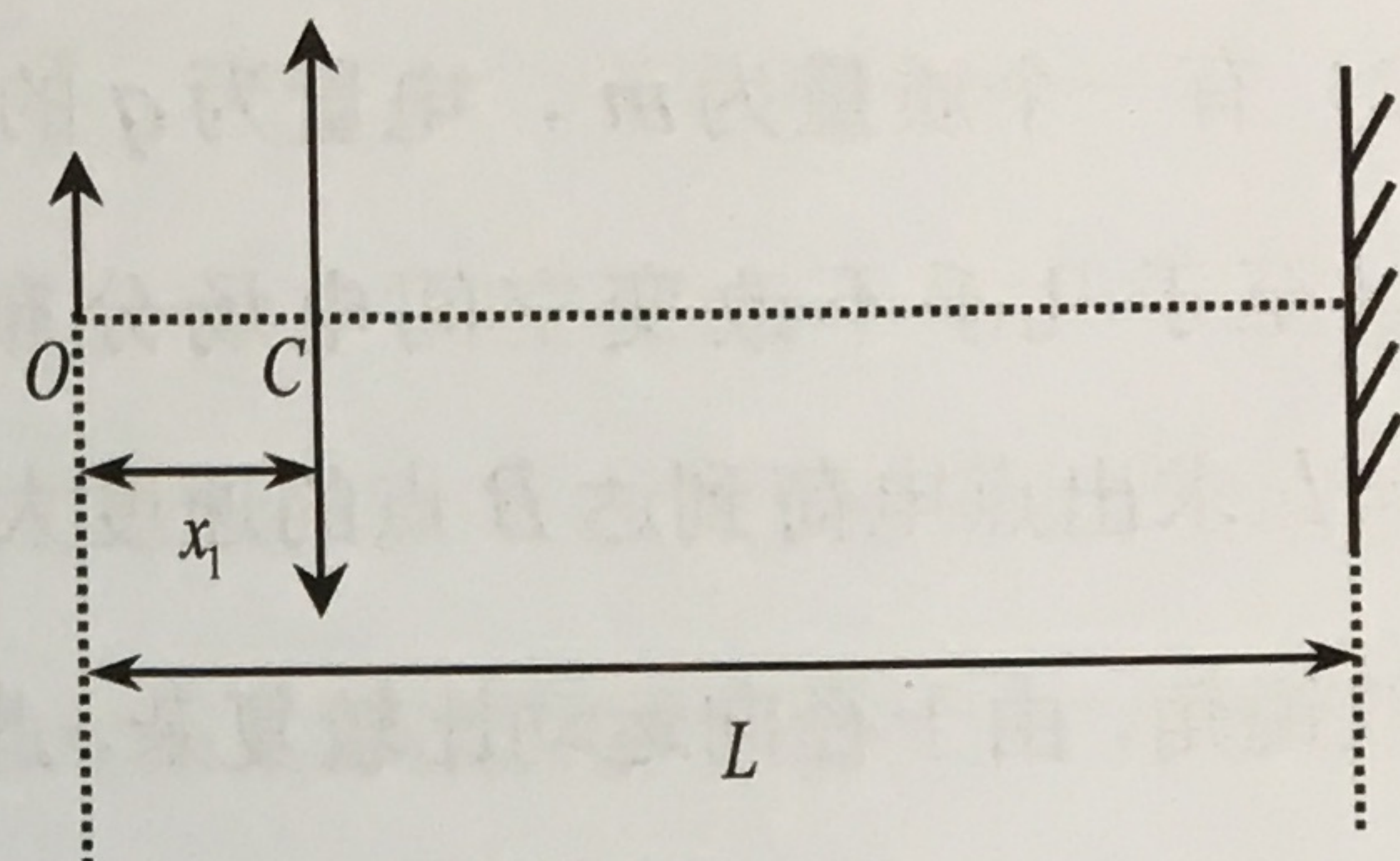


图 10

得分	评卷

14. (26 分) 找到两块很大的金属平面, 如图 11 所示摆成 $\theta_0 = \frac{\pi}{6}$ 角,

角的顶点为 O 点, 两块板之间接有电压大小为 V_0 的电源. 金属板和 O 点比较靠近, 以至于在角内的电场线几乎为圆弧. A 位于角内, $|OA| = \rho$, OA 和下面的平面夹角为 θ .

(1) 计算 A 的电场和电势大小;

(2) 有一个质量为 m , 电量为 q 的小电荷开始在很靠近下平面的某点静止释放, 电荷很小以至于几乎不改变空间电场分布. 经过时间 t 后电荷运动到了上平面上的 B 点. $|OB| = l$. 求出点电荷到达 B 点的速度大小 v_B , 以及此时速度方向和上平面之间的夹角 θ_B .

(θ_B 取锐角, 由于径向运动比较复杂, 此题中只考虑角动量定理和能量守恒, 不考虑重力)

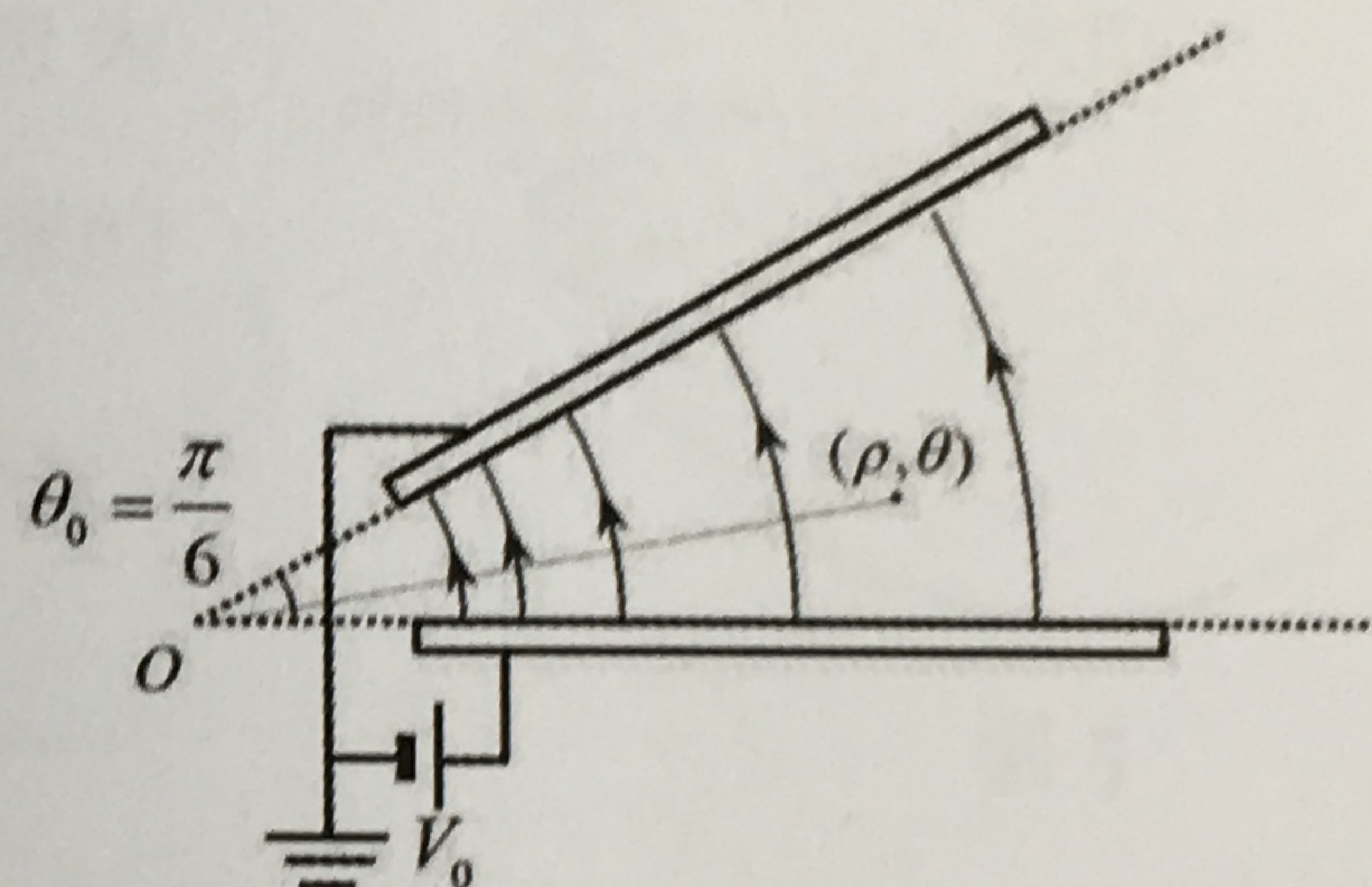


图 11

得分	评卷

15. (26 分) 如图 12 所示, 有一辆左右对称的光滑小车, 质量为 M , 放在光滑水平面上, 不考虑轮子质量. 重力加速度为 g . 将一个质点 $m = \sqrt{2}M$ 如图放置. 初态质点和小车都静止, 然后自由

释放. 小球下降 r 之后进入半径为 r 的圆弧, 经过圆心角为 $\theta = \frac{3\pi}{4}$ 后腾空一段距离 l 后恰好相对小车沿切线进入右侧圆弧, 最终上升到右侧与初态相同高度的点.

- (1) 求出质点刚开始腾空时, 小车的速度大小;
- (2) 为了使得质点恰好进入右侧圆弧, l 应当为多少.

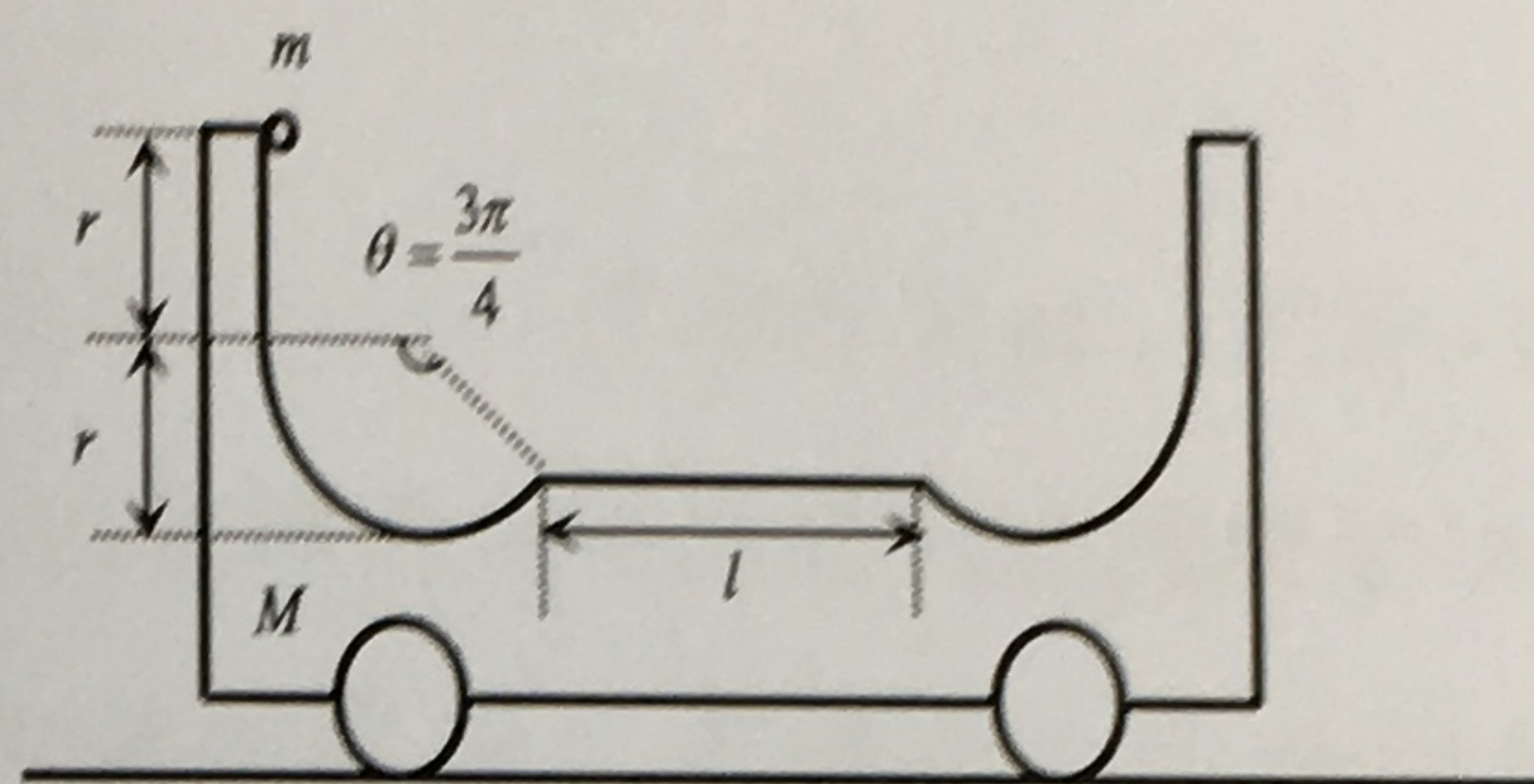


图 12