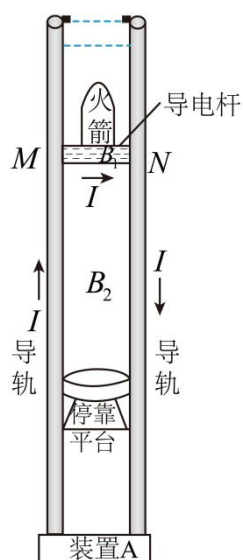


22. 某兴趣小组设计了一种火箭落停装置，简化原理如图所示，它由两根竖直导轨、承载火箭装置（简化为与火箭绝缘的导电杆 MN ）和装置 A 组成，并形成闭合回路。装置 A 能自动调节其输出电压确保回路电流 I 恒定，方向如图所示。导轨长度远大于导轨间距，不论导电杆运动到什么位置，电流 I 在导电杆以上空间产生的磁场近似为零，在导电杆所在处产生的磁场近似为匀强磁场，大小 $B_1 = kI$ （其中 k 为常量），方向垂直导轨平面向里；在导电杆以下的两导轨间产生的磁场近似为匀强磁场，大小 $B_2 = 2kI$ ，方向与 B_1 相同。火箭无动力下降到导轨顶端时与导电杆粘接，以速度 v_0 进入导轨，到达绝缘停靠平台时速度恰好为零，完成火箭落停。已知火箭与导电杆的总质量为 M ，导轨间距 $d = \frac{3Mg}{kI^2}$ ，导电杆电阻为 R 。导电杆与导轨保持良好接触滑行，不计空气阻力和摩擦力，不计导轨电阻和装置 A 的内阻。在火箭落停过程中，



- (1) 求导电杆所受安培力的大小 F 和运动的距离 L ；
- (2) 求回路感应电动势 E 与运动时间 t 的关系；
- (3) 求装置 A 输出电压 U 与运动时间 t 的关系和输出的能量 W ；
- (4) 若 R 的阻值视为 0 ，装置 A 用于回收能量，给出装置 A 可回收能量的来源和大小。