

第十九届全国中学生物理竞赛
复赛试卷

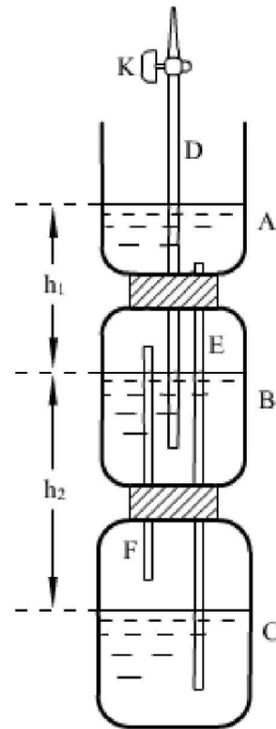
题号	一	二	三	四	五	六	七	总计

全卷共七题，总分为 140 分。

得分

一、(20 分) 某甲设计了一个如图复 19-1 所示的“自动喷泉”装置，其中 A、B、C 为三个容器，D、E、F 为三根细管。管栓 K 是关闭的。A、B、C 及细管均盛有水，容器水面的高度差分别为 h_1 和 h_2 ，如图所示。A、B、C 的截面半径为 12cm，D 的半径为 0.2cm。甲向同伴乙说：“我若拧开管栓 K，会有水从细管口喷出。”乙认为不可能。理由是：“低处的水自动走向高处，能量从哪儿来？”甲当即拧开 K，果然见到有水喷出，乙哑口无言，但不能明白自己的错误何在。甲又进一步演示。在拧开管栓 K 前，先将喷管 D 的上端加长到足够长，然后拧开 K，管中水面即上升，最后水面静止于某个高度。

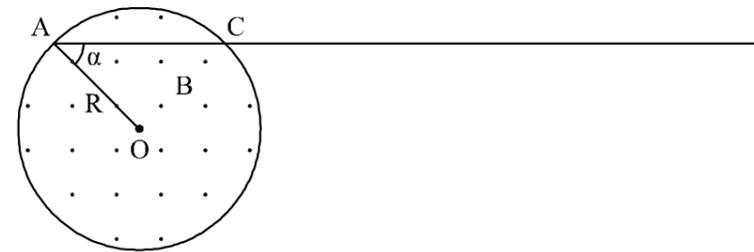
1. 论拧开 K 后水柱上升的原因。
2. 当 D 管上端足够长时，求拧开 K 后 D 中静止水面与 A 中水面的高度差。
3. 论证水柱上升所需的能量来源。



图复 19-1

得分

二、(18 分) 在图复 19-2 中，半径为 R 的圆柱形区域内有匀强磁场，磁场方向垂直图面指向纸外，磁感强度 B 随时间均匀变化，变化率 $\Delta B/\Delta t = K$ (K 为一正值常数)。圆柱形区域外空间中没有磁场。沿图中 AC 弦的方向画一直线，并向外延长，弦 AC 与半径 OA 的夹角 $\alpha = \pi/4$ 。直线上有一任意点，设该点与 A 点的距离为 x ，求从 A 沿直线到该点的电动势大小。



图复 19-2

地、市

学校

姓名

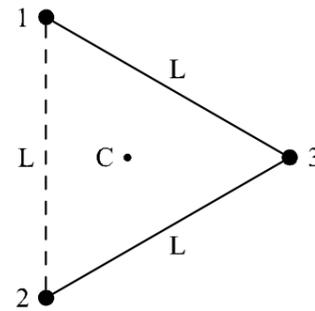
性别

现读年级

准考证号

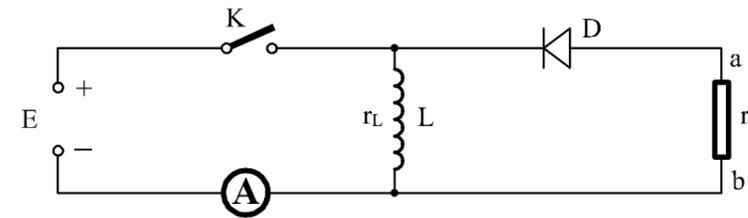
得分

三、(18分) 如图复 19-3 所示，在水平光滑的绝缘桌面上，有三个带正电的质点 1、2、3，位于边长为 L 的等边三角形的三个顶点处， C 为三角形的中心。三个质点的质量皆为 m ，带电量皆为 q 。质点 1、3 之间和 2、3 之间用绝缘的轻而细的刚性杆相连，在 3 的连接处为无摩擦的铰链。已知开始时三个质点的速度为零，在此后运动过程中，当质点 3 运动到 C 处时，其速度为多少？

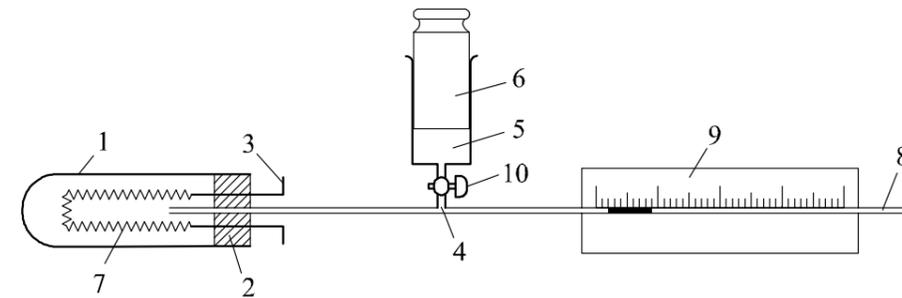


图复 19-3

毛细管 8 的内直径为 d 。



图复 19-4-1



图复 19-4-2

1. 试管 2. 橡皮塞 3. 铜导线 4. 三通管 5. 注射器筒 6. 活塞 7. 电阻丝 8. 水平放置的毛细管，内有一段有色液柱，其右端与大气相通，左端与试管相通 9. 画有刻度尺的底板 10. 阀门

已知在压强不变的条件下每摩尔试管中的气体温度升高 1K 时，需要吸收热量为 C_p ，大气压强为 p 。设试管、三通管、注射器和毛细管皆为绝热的，电阻丝的热容不计。当接通电键 K 后，线圈 L 中将产生磁场，已知线圈中储存的磁场能量 $W = \frac{1}{2}LI^2$ ， I 为通过线圈的电流，其值可通过电流表 A 测量。现利用此装置及合理的步骤测量线圈的自感系数 L 。

1. 简要写出此实验的步骤。
2. 用题中所给出的各已知量 (r 、 r_L 、 C_p 、 p 、 d 等) 及直接测量的量导出 L 的表达式。

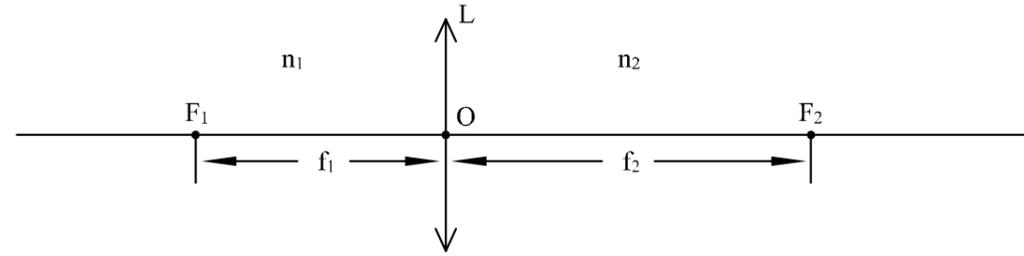
得分

四、(18分) 有人设计了下述装置用以测量线圈的自感系数。在图复 19-4-1 中， E 为可调的直流电源， K 为电键， L 为待测线圈的自感系数， r_L 为线圈的直流电阻， D 为理想二极管， r 为用电阻丝做成的电阻器， A 为电流表。将图复 19-4-1 中 a 、 b 之间的电阻丝装进图复 19-4-2 中，其它装置见图下说明。其中注射器筒 5 和试管 1 组成的密闭容器内装有某种气体（可视为理想气体），通过活塞 6 的上下移动可调节毛细管 8 中有色液柱的初始位置，调节后将阀门 10 关闭，使两边气体隔开。

得分

五、(20分) 薄凸透镜放在空气中，两侧焦点和透镜中心的距离相等。如果此薄透镜两侧的介质不同，其折射率分别为 n_1 和 n_2 ，则透镜两侧仍各有一焦点（设为 F_1 和 F_2 ），但 F_1 、 F_2 和透镜中心的距离不相等，其值分别为 f_1 和 f_2 。现有一薄透镜 L ，已知此凸透镜对平行光束起会聚作用，在其左右两侧介质和折射率及焦点的位置如图复 19-5 所示。

1. 试求出此时物距 u 、像距 v 、焦距 f_1 、 f_2 四者之间的关系式。
2. 若有一傍轴光线射向透镜中心，已知它与透镜主轴的夹角为 θ_1 ，则与之相应的出射线与主轴的夹角 θ_2 为多大？
3. f_1 、 f_2 、 n_1 、 n_2 四者之间有何关系？



图复 19-5

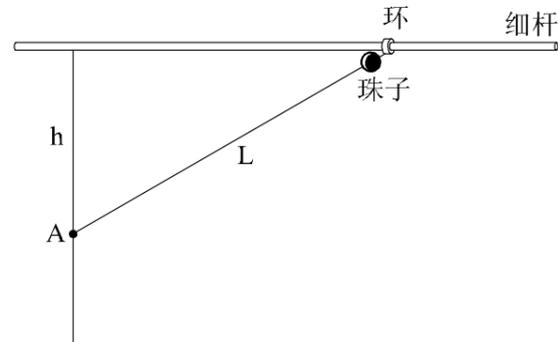
得分

六、(20分) 在相对于实验室静止的平面直角坐标系 S 中，有一个光子，沿 x 轴正方向射向一个静止于坐标原点 O 的电子。在 y 轴方向探测到一个散射光子。已知电子的静止质量为 m_0 ，光速为 c ，入射光子的能量有散射光子的能量之差等于电子静止能量的 $1/10$ 。

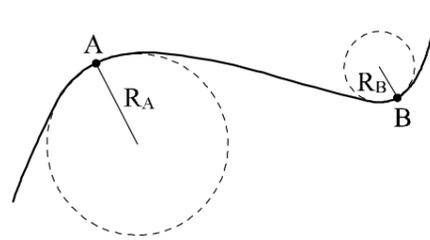
1. 试求电子运动速度大小 v ；电子运动的方向与 x 轴的夹角 θ ；电子运动到离原点距离为 L_0 （作为已知量）的 A 点所经历的时间 Δt 。
2. 在电子以 1 中的速度 v 开始运动时，一观察者 S' 相对于坐标系 S 也以速度 v 沿 S 中电子运动的方向运动（即 S' 相对于电子静止），试求 S' 测出的 OA 的长度。

得分

七、(26分) 一根不可伸长的细轻绳，穿上一粒质量为 m 的珠子(视为质点)，绳的下端固定在 A 点，上端系在轻质小环上，小环可沿固定的水平细杆滑动(小环的质量及与细杆摩擦皆可忽略不计)。细杆与 A 在同一竖直平面内。开始时，珠子紧靠小环，绳被拉直，如图复 19-7-1 所示。已知：绳长为 L ， A 点到杆的距离为 h ，绳能承受的最大张力为 T_d ，珠子下滑过程中到达最低点前绳子被拉断。求细绳被拉直时珠子的位置和速度的大小(珠子与绳子之间无摩擦)。



图复 19-7-1



图复 19-7-2

注：质点在平面内做曲线运动时，它在任一点的加速度沿该点轨道法线方向的分量称为法向加速度 a_n ，可以证明， $a_n = v^2/R$ ， v 为质点在该点的速度大小， R 为轨道曲线在该点的“曲率半径”。所谓平面曲线上某点的曲率半径，就是在曲线上取包含该点在内的一段弧线，当这段弧极小时，可以把它看做是某个“圆”的弧，则此圆的半径就是曲线在该点的曲率半径。如图复 19-7-2 中，曲线在 A 点的曲率半径为 R_A ，在 B 点的曲率半径为 R_B 。