

【高二物理 典题训练 06】

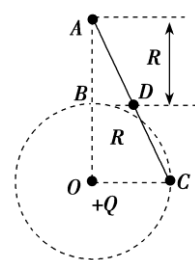
复合场与类单摆问题

【题型 1】静电场中的复合场问题

对于既考虑重力又存在电场力的复合场问题，其处理方法一般有以下几种：

- (1)运动学角度：分方向受力分析，建立牛顿第二定律方程与运动学方程进行求解；
- (2)能量的角度：选取某一过程，列出动能定理进行求解；或根据能量守恒列出相关方程。
- (3)等效场角度：若静电场为匀强电场，则在两个均匀力学作用场的叠加作用下，可等效为一个新的重力场，并满足矢量叠加性。

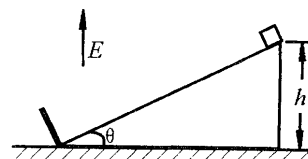
【典例 1】如图所示，在重力加速度为 g 的空间，有一个带电荷量为 $+Q$ 的场源电荷置于 O 点， B 、 C 为以 O 为圆心，半径为 R 的竖直圆周上的两点， A 、 B 、 O 在同一竖直直线上， $AB=R$ ， O 、 C 在同一水平线上。现在有一质量为 m ，电荷量为 $-q$ 的有孔小球，沿光滑绝缘细杆 AC 从 A 点由静止开始滑下，滑至 C 点时速度的大小为 $\sqrt{5gR}$ ，下列说法正确的是（ ）



- A. 从 A 到 C 小球做匀加速运动
- B. 从 A 到 C 小球的机械能守恒
- C. B 、 A 两点间的电势差为 $mgR/2q$
- D. 若从 A 点自由释放，则下落到与 B 点在同一水平面的位置时的速度大小为 $\sqrt{3gR}$

【典例 2】如图所示，在倾角 $\theta = 37^\circ$ 的绝缘斜面所在空间存在着竖直向上的匀强电场，场强 $E = 4.0 \times 10^3 \text{ N/C}$ ，在斜面底端有一与斜面垂直的绝缘弹性挡板。质量 $m = 0.20 \text{ kg}$ 的带电滑块从斜面顶端由静止开始滑下，滑到斜面底端以与挡板相碰前的速率返回。已知斜面的高度 $h = 0.24 \text{ m}$ ，滑块与斜面间的动摩擦因数 $\mu = 0.30$ ，滑块带电荷 $q = -5.0 \times 10^{-4} \text{ C}$ ，取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ， $\sin 37^\circ = 0.60$ ， $\cos 37^\circ = 0.80$ 。求：

- (1)滑块从斜面最高点滑到斜面底端时的速度大小；
- (2)滑块在斜面上运动的总路程 s 和系统产生的热量 Q 。



【题型 2】复合场中的类单摆问题

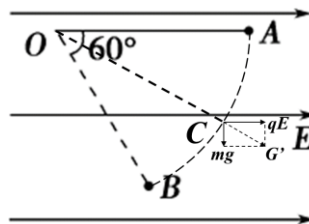
如图，电场水平向右，细线上端固定，下端拴一质量为 m 、带正电 q 的小球，小球静止 A 开始，运动的最底点为 B，角 BOA 为 θ ，则有以下结论：

(1)由等效场角度可知，由于物体所受重力 mg 、电场力 qE 为恒力，故可等效于小球只受二者的合力 G' ，且三者满足矢量叠加原理，即大小满足 $G' = (mg^2 + qE^2)^{1/2}$ ， G' 与 qE 的夹角 α 满足 $\tan \alpha = mg/qE$ 。

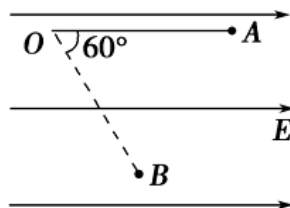
(2)这种小球在等效重力场下的单摆运动，称为类单摆运动。系统的势能可看作电势能与重力势能之和。

(3)根据最小势能原理：当系统的势能最小时为最稳定位置，即平衡位置。故类单摆的等效平衡位置 C 点在角 BOA 的角平分线上。小球在 C 点的回复力为 0，势能最小，动能最大。

(4)由结论 1 与 3，以及单摆运动的对称性可知， G' 与 qE 的夹角 α 与 θ 实际上满足 $\alpha = 1/2 \theta$ 。



[典例 3]一长为 L 的细线，上端固定，下端拴一质量为 m 、带电荷量为 q 的小球，处于如图所示的水平向右的匀强电场中，开始时，将线与小球拉成水平，然后释放，小球由静止开始向下摆动，当细线转过 60° 角时，小球到达 B 点速度恰好为零。试求：(1)AB 两点的电势差 U_{AB} ；(2)匀强电场的场强大小；(3)小球到达 B 点时，细线对小球的拉力大小。



[典例 4]如图所示，在水平向右、场强为 E 的匀强电场中，两个带电量均为 $+q$ 的小球 A、B 通过两根长度均为 L 的绝缘细线悬挂。A 球质量为 B 球质量的 5 倍，两球静止时，两细线与竖直方向的夹角分别为 30° 、 60° 。以悬挂点 O 作为零电势和零重力势能面。(1)画出 B 球的受力示意图，并求 B 球的质量 m_B ；(2)用一个外力作用在 A 球上，把 A 球缓慢拉到最低点 A'，两球电势能改变了多少？(3)根据最小势能原理，当一个系统的势能最小时，系统会处于稳定平衡状态。撤去(2)问中的外力，直至两球在空气阻力作用下再次静止，此过程中，A、B 两球最小势能（包括电势能和重力势能）为多大？（本小题忽略两电荷之间的电势能）

