

物 理

构建结构化的知识体系

北京景山学校教师 朱亚平

如何通过高三复习让物理成绩有效提升?高三物理复习要关注哪些重点和难点?课程标准中明确规定,进入高等院校相关专业学习应达到以下水平:具有清晰的物理观念,能从物理学的视角正确描述和解释自然现象,能综合应用物理知识解决实际问题……能将实际问题中的对象和过程转换成物理模型,能对综合性问题进行分析 and 推理,获得结论并作出解释,能恰当使用证据证明结论……能用学过的物理术语、图表等交流科学探究的过程和结果……所以,高三考生要在复习中构建结构化的知识体系,掌握物理学解决问题的策略。

重点——建构主干知识体系

高考要求考查学生综合应用物理知识的能力,而综合应用的前提是物理知识  
的结构清晰、逻辑合理、体系完整。在高一高二,同学们是按照运动学、牛顿定律、机械能、电场、电路、磁场等单元或者主题进行学习的,而高三复习要从更高的维度重新梳理知识、整合成新的结构体系。这里介绍一种构建知识体系的方法:第一步,列表格(见表1),随着复习进度不断填充和丰富;第二步,根据表格梳理情境和规律,把相似的进行归类提炼,构建自己的知识体系。

表 1:建构知识体系过程表

| 具体情境            | 研究对象   | 力或运动特征                        | 遵循的规律                                                                                  | 备注                         |
|-----------------|--------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 自由落体运动          | 质点     | 只受重力, $a=g$<br>初速度为零的匀加速直线运动  | 匀加速运动规律、动能定理、机械能守恒                                                                     |                            |
| 竖直上抛运动          | 质点     | 只受重力, $a=g$<br>初速度向上的匀变速直线运动  | 上升过程匀减速、下降过程自由落体,动能定理、机械能守恒                                                            | 整个过程的 $v-t$ 图是斜率等于 $g$ 的直线 |
| 平抛运动            | 质点     | 只受重力,初速度方向水平, $a=g$ 的匀变速曲线运动  | 水平方向匀速、竖直方向匀加速运动规律、动能定理、机械能守恒                                                          | 分解成两个直线运动处理                |
| 匀速圆周运动          | 质点     | 合力提供向心力<br>速度、加速度大小不变化        | 圆周运动规律、 $F=m\frac{v^2}{r}$ 式中 $F$ 为质点所受合力、 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}=mr\omega^2$ | 火车拐弯<br>圆锥摆<br>卫星做匀速圆周运动…… |
|                 |        |                               |                                                                                        |                            |
|                 |        |                               |                                                                                        |                            |
| 竖直平面内的圆周运动      | 质点     | 沿半径方向的合力提供向心力                 | 半径方向合力 $F=m\frac{v^2}{r}$ , 没有阻力时机械能守恒                                                 | 竖直平面内的光滑圆轨道、水流星            |
| 弹簧振子            | 质点或者系统 | 回复力、加速度、速度按照正弦规律周期性变化         | 振动位移 $x=A\sin(\omega t)$<br>回复力 $F=-kx$<br>动能定理<br>系统机械能守恒                             | 振子机械能不守恒                   |
| 碰撞              | 质点或者系统 | 系统所受外力可不计,内力远大于外力             | 对质点:动量定理                                                                               |                            |
|                 |        |                               | 对系统:动量守恒、功能关系                                                                          |                            |
| 带电粒子在匀强电场中的偏转   | 质点     | 只受到静电力作用,初速度方向垂直电场线,匀变速曲线运动   | 平行板方向匀速、垂直板方向匀加速、动能定理、动能与电势能之和不变                                                       | 分解成两个直线运动处理                |
| 电子在匀强磁场中的匀速圆周运动 | 质点     | 只受到洛伦兹力作用,速度方向垂直磁感线,运动平面垂直磁感线 | $Bqv=m\frac{v^2}{r}$ 洛伦兹力不做功                                                           | 洛伦兹力演示仪                    |
| ……              | ……     | ……                            | ……                                                                                     | ……                         |

分析表格发现,平抛运动和带电粒子在匀强电场中的偏转,两个情境遵循的动力学规律完全相同,都是匀变速曲线运动,处理方法也均分解为两个直线运动,区别在于加速度的具体数值和方向。电子在匀强磁场中的圆周运动、天体运动、火车拐弯的动力学本质都是匀速圆周,区别在于向心力的具体表达式不同。

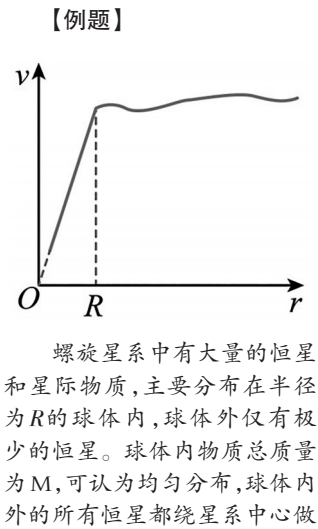
分析表中“遵循的规律”一栏,同学们可以发现中学物理中所涉及的规律非常有限,对质点使用的规律无非就是匀变速运动规律、牛顿第二定律、动能定理、动量定理;对系统使用的规律包括动量守恒、机械能守恒、功能关系。经历上述分析的过程,就是考生建构并逐步形成高中物理的动力学知识体系(动力学模型及规律结构)的过程。

当然,有了结构化的体系后,同学们还需要通过一定量的练习、应用,确保熟练掌握具体规律的内容、表达式中各字母的含义、规律适用的范围等具体知识。

难点——形成问题解决策略

物理评分标准的赋分点基本都对应物理学的规律方程——运动学规律、牛顿第二定律、动能定理、机械能守恒、动量定理和关键文字说明,这是因为解决不同物理问题的策略是相似的。

首先,考生要明确问题,尽量明确到求解哪个物理量;其次,要明确研究对象,是质点还是系统;再次,要识别物理问题对应的物理模型,对于绝大多数试题,实际问题对应的模型是非常清晰的,很容易识别;最后,要选用恰当的过程和规律,列方程求解。



高三复习的过程中,同学们要有意识地将遇到的真实问题情境进行归类,分析情境中研究对象、力学特征、运动学特征、遵循的规律;解决问题时,要有意识地想一下试题包括哪几个物理过程(物理模型),每个过程遵循什么物理规律,选用哪个规律最简洁等问题,对于完善知识结构形成有效问题解决策略、提升解决问题能力很有帮助。

匀速圆周运动,恒星到星系中心的距离为  $r$ , 引力常量为  $G$ 。科学家根据实测数据,得到此螺旋星系中不同位置的恒星做匀速圆周运动的速度大小  $v$  随  $r$  的变化关系图像,如图所示,根据在  $r>R$  范围内的恒星速度大小几乎不变,科学家预言螺旋星系周围( $r>R$ )存在一种特殊物质,称之为暗物质。暗物质与通常的物质有引力相互作用,并遵循万有引力定律,求  $r=nR$  内暗物质的质量  $M'$ 。

【分析】

试题情境非常清楚,各恒星均做匀速圆周运动;问题非常明确,求暗物质的质量,即求解中心天体的质量;研究对象是做圆周运动的恒星;选用的规律是万有引力提供向心力。

【解答】

对处于  $R$  球体边缘的恒星  $m_1$ ,  $G\frac{Mm_1}{R^2}=m_1\frac{v_0^2}{R}$ ; 对处于  $r=nR$  处的恒星  $m_1$ ,  $G=\frac{(M+M')m_2}{(nR)^2}=m_2\frac{v_0^2}{nR}$ ; 解得  $M'=(n-1)M$ 。

当我们识别出试题对应的物理模型,选对规律后,问题就迎刃而解了。