

“圆周运动”和“万有引力与宇宙航行”板块备考

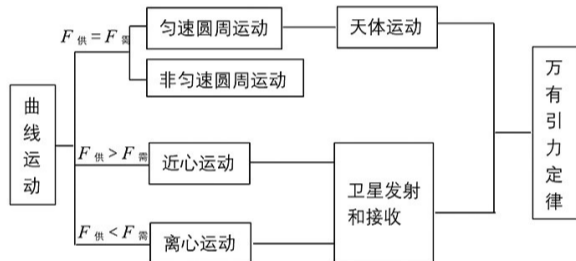
北京交通大学附属中学教师 王春梅

2023年是北京使用新教材后的第二年高考。高三物理的复习,既要适应新高考,更要适当调整备考策略,在适量做题的基础上,提炼解题的思路、方法和解决问题的策略。本文对“圆周运动”和“万有引力与宇宙航行”部分内容的高三一轮复习提出一些复习建议。

学习内容分析

新版教材对“圆周运动”和“万有引力与宇宙航行”做了部分内容的调整。在“圆周运动”中,“用圆锥摆粗略验证向心力的表达式”实验,调整为“探究向心力大小的表达式”,并增加了学生的探究实验——“探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系”,更加注重向心力表达式的得出过程,突出概念的建立过程;对向心加速度公式的得出,设为拓展学习的内容;在推导向心加速度公式的过程中,涉及了微元法和极限法等物理思想方法的应用。教材中的变化有可能作为命题的素材背景,在备考过程中需要引起重视。

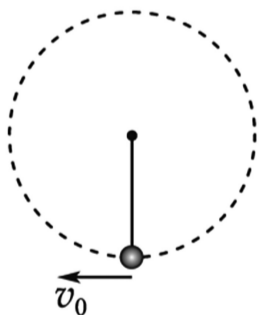
单元知识结构图:



本章内容在高考中考查特点分析

1. 考查主干知识、重点模型

【例1】我国航天员在“天宫课堂”中演示了多种有趣的实验,提高了青少年科学探索的兴趣。某同学设计了如下实验:细绳一端固定,另一端系一小球,给小球一初速度使其在竖直平面内做圆周运动。无论在“天宫”还是在地面做此实验,()



- A. 小球的速度大小均发生变化
B. 小球的向心加速度大小均发生变化
C. 细绳的拉力对小球均不做功
D. 细绳的拉力大小均发生变化

试题分析:该问题的考查,以天宫课堂为背景,考查运用牛顿运动定律和功能关系,分析竖直圆周运动中的受力和运动情况。对该问题的分析,首先要求能对竖直面圆周运动模型,进行熟练受力和运动分析,并能多角度求解有关力做功的问题。其次了解牛顿力学体系的适用范围,进而分析得出正确答案。

近两年高考中分别涉及了圆周运动中的两个重点模型——竖直面圆周运动和水平面圆周运动。突出对主干知识的考查,涉及圆周运动的基本物理量:线速度、角速度和向心加速度等基本概念。

分析近年高考题,还涉及带电粒子在匀强磁场中的匀速圆周运动的考查,但仍注重对主干知识和重点模型进行设问。

2. 突出对思想方法和关键能力的考查

【例2】利用物理模型对问题进行分析,是重要的科学思维方法。

(1)某质量为 m 的行星绕太阳运动的轨迹为椭圆,在近日点速度为 v_1 ,在远日点速度为 v_2 。求从近日点到远日点过程中太阳对行星所做的功 W 。

(2)设行星与恒星的距离为 r ,请根据开普勒第三定律($\frac{r^3}{T^2}=k$)及向心力相关知识,证明恒星对行星的作用力 F 与 r 的平方成反比。

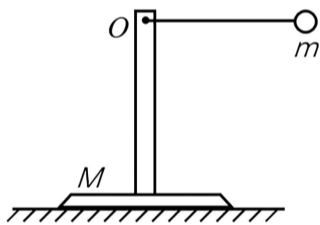
(3)宇宙中某恒星质量是太阳质量的2倍,单位时间内向外辐射的能量是太阳的16倍。设想地球“流浪”后绕此恒星公转,且在新公转轨道上的温度与“流浪”前一样。地球绕太阳公转的周期为 T_1 ,绕此恒星公转的周期为 T_2 ,求 $\frac{T_2}{T_1}$ 。

试题分析:本题以科幻电影“流浪地球”为背景,考查了建构“球辐射”模型的能力。准确建构物理模型和清晰的物理图景,是解决问题的关键。考生要在建立球辐射模型基础上,结合圆面积公式和能量分布关系,应用万有引力提供向心力的动力学关系进一步求解。

上述问题,突出考查科学思维的模型建构能力以及基本规律的应用,其难度在整张试卷中偏高,但均基于简单的问题情景,对基本规律和基本方法进行考查。

典型问题分析

【例3】如图所示,支架的质量为 M ,转轴 O 处用长为 L 的轻绳悬挂一质量为 m 的小球。若小球在竖直平面内做圆周运动,到达最高点时,恰好支架对地面无压力。设 $M=3m$ 。



求:(1)小球在最高点时的速度大小是多少?

(2)支架对地面的最大压力是多少?

(3)若小球做圆周运动刚好能通过最高点,则小球运动到最高点的速度是否能为零?

(4)若小球运动到最高点时绳子突然断了,则小球将做什么运动?

解析:(1)设当小球运动到最高点时,其运动速度为 v_1 ,绳对小球的拉力为 T_1 ,则

$$\therefore T_1 + mg = m \frac{v_1^2}{L} \quad T_1 = Mg = 3mg$$

$$\therefore \text{小球在最高点时的速度大小 } v = 2\sqrt{gL}$$

(2)设当小球运动到最低点时,其速度大小为 v_2 ,绳对小球的拉力为 T_2 ,此时地面对支架的支持力大小为 N_m ,则根据牛顿第二定律,

$$\text{对小球: } T_2 - mg = m \frac{v_2^2}{L};$$

$$\text{对支架: } N_m = Mg + T_2 = 3mg + T_2;$$

$$\text{又依据机械能守恒定律知: } \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + mg \cdot 2L$$

$$\therefore N_m = 12mg$$

依据牛顿第三定律可知:支架对地面的最大压力为 $12mg$ 。

(3)当小球运动至最高点时,小球所受合力 $T + mg = m \frac{v^2}{L}$ 若速度为零,则该处 $T + mg = 0$,而绳子无法提供支撑力,因此最高点速度不能为零。

(4)当绳子断时,最高点小球只受重力,绳子拉力为零,而支架只受重力和地面支持力,且满足 $F_{支} = Mg = 3mg$ 。

试题分析:该问题为竖直面圆周运动模型,是对圆周运动重点模型的考查。在对小球进行受力和运动分析时,涉及对牛顿运动定律和机械能守恒定律等知识的应用

考查,其综合性较强。同时,问题还涉及关于竖直面圆周运动临界问题的讨论分析,考查较为全面。在复习中,考生要建构知识间的联系,熟练掌握应用牛顿运动定律和功能关系等分析问题的思路和方法。

【例4】已知地月距离 $r=60R$ (R 为地球半径),计算月球绕地球公转的向心加速度 a_0 (g 取 9.8m/s^2)

解析:设月球质量为 m ,地球质量为 M ,则由万有引力定律和向心加速度公式有

$$G \frac{Mm}{r^2} = ma \quad \text{①}$$

对于地球表面上质量为 m_0 的物体,在忽略地球自转影响的情况下,重力等于地球对它的万有引力,即

$$G \frac{Mm_0}{R^2} = m_0g \quad \text{②}$$

联立①、②两式可解得

$$a = \frac{GM}{r^2} = \frac{gR^2}{(60R)^2} = \frac{9.8}{3600} \text{m/s}^2 = 2.72 \times 10^{-3} \text{m/s}^2$$

试题分析:这道题考查了应用基本规律求解向心加速度问题,同时考查计算能力。在得出计算结果的基础上,考生要进一步认识月球运行的向心加速度与地球上物体自由下落加速度间的关系。在此基础上,回顾复习“月地检验”的思路。在对月球绕地球转动和地面上物体的受力和运动分析中,建构月球绕地球做匀速圆周运动的模型。对地球上物体的受力分析,要忽略地球自转的影响,基于此,梳理重力与万有引力之间的关系。

在分析解决上述两道题过程中,要学会进行知识间的关联整合,梳理并建构知识结构体系,既充分发挥了例题复习巩固的价值,同时也有利于实现全面高效的复习。

一轮复习备考建议

1. 回归教材,梳理概念、模型

近年高考考查的试题素材,大多选自教材的原型,在此基础上,从多角度设问进行考查。在备考过程中,考生要重视教材的再使用,关注教材中概念、规律建构过程,关注教材中的演示实验和拓展学习的内容,以及课后的章节练习。在一轮复习中,建议考生进行概念、规律建立过程的梳理,如线速度、角速度、向心加速度等。建议考生对高中阶段所学习的各种物理模型进行梳理,如对象模型、运动模型等。对运动模型的梳理,从力与运动和动量、能量的角度,归纳总结解题思路、方法,提炼解题策略,并以不同知识模块为背景,建构知识结构,综合复习。

2. 精做高考题,熟悉考查方式

基于近年高考试题考查的特点,考生要尽量完整做完近三年北京卷高考物理题,熟悉高考试题考查的方式,并做好题中出现问题的梳理,再结合课上的复习内容和各部分的练习题,进行有针对性地突破练习,实现高效复习。

近年高考题大都以简单、熟悉的情境为考查背景,不涉及偏、难、怪等试题,复习过程中,要大胆有所取舍。在解决简单问题过程中,考生要深化对物理概念和物理规律的认识和理解,熟化应用基本概念、基本规律解决问题的思路和方法。

近年高考考查的重点侧重物理学科本质和学科思想方法,在复习过程中,考生要基于这类高考题的完成情况,做好自我梳理和总结,同时通过相应习题,加以巩固落实。近年中,涉及的物理思想方法以建模、类比、守恒、等效等考查居多,复习中应重视。

3. 做好知识、方法梳理,关联整合

在圆周运动中,考生要重点关注水平面圆周运动和竖直面圆周运动两类模型的梳理。考生要结合生活实际,熟化应用物理模型解决实际问题的思路和方法。在万有引力定律内容的复习中,不只是要关注开普勒定律和万有引力定律得出过程的推理论证,还要结合当下社会热点和科技前沿的内容拓宽知识面,同时掌握应用万有引力定律和牛顿运动定律解决问题的方法。此外,还要能熟练解决有关卫星发射过程中的相关物理问题,如变轨、空间站对接等问题。