

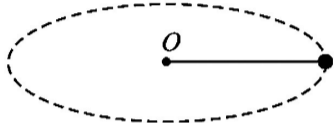
物理真题解析

2023年北京高中学业水平等级考 物理卷典型试题评析(二)

北辰

(续1737期第10版)

【2023年高考物理原题10】在太空实验室中可以利用匀速圆周运动测量小球质量。如图所示,不可伸长的轻绳一端固定于O点,另一端系一待测小球,使其绕O做匀速圆周运动。用力传感器测得绳上的拉力为F,用秒表测得小球转过n圈所用的时间为t,用刻度尺测得O点到球心的距离为圆周运动的半径R。下列说法正确的是



- A. 圆周运动轨道可处于任意平面内
- B. 小球的质量为 $\frac{FRt^2}{4\pi^2 n^2}$
- C. 若误将n-1圈记作n圈,则所得质量偏大
- D. 若测R时未计入小球半径,则所得质量偏小

【答案】 A

【分析】 本题侧重对学生核心素养的考查。如果将本题比作一场演出的话,本题的“舞台”就是太空实验室,“主角”就是牛顿第二定律,“情境”就是匀速圆周运动,“结果”就是获得小球的质量。从物理学学科核心素养的角度来看,本题主要涉及“物理观念”中运动与相互作用观、“科学思维”中科学推理和科学论证、“科学探究”中过程和结果进行交流等核心素养要素。

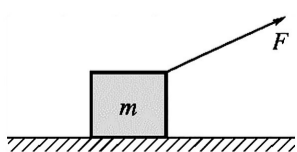
本题素材来源于教材而又高于教材。教材在必修第一册第四章第3节的“科学漫步”中介绍了我国航天员在天宫一号空间实验室中测质量的方法。主要的测量步骤是:航天员把自己固定在支架的一端→另一航天员将支架拉到指定的位置→松手后,支架拉着航天员从静止返回到舱壁→测出支架提供的恒定的拉力F,以及通过航天员的运动情况计算得出其加速度大小a,应用F=ma即可求出航天员的质量m。本题虽然也是用动力学方法测质量,但情境却是相对于直线运动而言更为复杂的圆周运动,还涉及太空中完全失重、误差分析等方面的考查,更侧重于应用物理规律解决实际问题的考查。

在太空实验室中,小球处于完全失重状态,小球做匀速圆周运动的向心力仅由绳的拉力提供,所以小球做圆周运动轨道可处于任意平面内,A选项正确;由绳的拉力提供向心力得F=mω²R,将ω=2πn/t代入,解得小球的质量m= $\frac{FRt^2}{4\pi^2 n^2 R}$,根据上述表达式可知将n-1圈记作n圈,即多记了一圈,所得质量m偏小,测R时未计入小球半径,所得质量m偏大,所以BCD选项错误。

本题意在引导教学回归教材,关注教材中各栏目,充分发挥教材的育人主体作用。本题不仅是采用动力学测质量的方法源于教材,而且为减小误差,一些物理量的测量方法也来源于教材。教材在选择性必修第一册第二章第5节中“实验:用单摆测重力加速度”中,涉及摆长的测量和周期的测量。本题采用了和该实验相同的操作方法,即“通过测小球转过n圈所用的总时间来较精确地获得小球圆周运动的周期”和“用刻度尺测得O点到球心的距离作为圆周运动的半径”。所以,本题能很好地引导中学教学深挖教材、跳出题海。

【2023年高考物理原

题11】如图所示,一物体在力F作用下沿水平桌面做匀加速直线运动。已知物体质量为m,加速度大小为a,物体和桌面之间的动摩擦因数为μ,重力加速度为g。在物体移动距离为x的过程中



- A. 摩擦力做功大小与F方向无关

- B. 合力做功大小与F方向有关
- C. F为水平方向时,F做功为μmgx
- D. F做功的最小值为max

【答案】 D

【分析】 能量的概念贯穿于整个物理学科,功是能量转化的量度,功能关系贯穿整个物理学始终。本题意在在对功的概念和涉及到功的规律进行考查。从能力考查方面,考查了考生的理解、推理和应用能力。从物理学学科核心素养考查角度,主要涉及“物理观念”核心素养中运动与相互作用观和能量观念、“科学思维”核心素养中的模型构建、科学推理等要素的考查。

本题通过简单的常见模型考查力学的主干知识。物体在拉力的作用下在水平面上做匀变速直线运动是学生常见的情境,不仅与教材必修第二册第八章第1节中的功和功率开篇提到的马拉雪橇的情境相似,而且在平时的练习中学生也常常遇见相同的模型。通过对该模型的挖掘,考查了受力分析、力与运动的关系、力做功的概念、动能定理等力学的主干知识,检验学生力学的基本功。

对于该题,难点在于题目中给出的物理量哪个是已知量、哪个是变量。从题干第一句话可知拉力F以及拉力的方向未知,第二句话开头明确说明“已知”,也就是说本题要求无论怎么改变拉力F的大小和方向,但要始终保证物块在水平面上做加速度大小为a的匀加速直线运动,且讨论的是在保持这种运动发生位移为x的过程中的几种情况。设拉力斜向上,与水平方向的夹角为θ,摩擦力大小为f,正压力大小为N,摩擦力做功的大小为W_f=-fx=-μNx=-μ(mg-Fsinθ)x

又因为物体做匀加速直线运动,所以

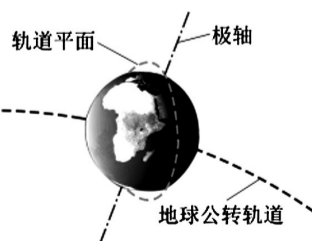
$$F \cos \theta - \mu(mg - F \sin \theta) = ma$$

通过以上两式可见摩擦力做功大小与F方向有关,所以A选项错误;合力做功大小等于合力乘以合力方向的位移,即W_合=F_合x=max,可见合力做功大小与F方向无关,B选项错误;当F为水平方向时,F=ma+μmg,F做功为W_f=Fx=(ma+μmg)x,可见C选项错误;当摩擦力做功为零时,F做功最小,等于合力做功,即W_{fmin}=max,所以D选项正确。何时摩擦力对物体做功为零?当拉力F在竖直方向的分力等于重力,F在水平方向的分力提供了物体的加速度a,即Fsinθ=mg,Fcosθ=ma。此时物体与水平桌面间的弹力为零,物体所受摩擦力为零。

本题意在引导教学重视常规模型。物理学源于生活而又高于生活,生活中的实际问题常常过于复杂,这就需要我们抓住主要因素忽略次要因素,建立合适的物理模型。匀变速直线运动就是物理学建立的一种常见模型,可以从力与运动的关系角度认识该模型,也可以从功能关系的角度讨论该模型,还可以从动量与冲量的角度探究该模型。教学中应引导学生从物理学的视角观察和思考身边的物理现象,抽象出合理的物理模型,在真实问题解决中促进学生物理学学科核心素养的达成。

【2023年高考物理

原题12】2022年10月9日,我国综合性太阳探测卫星“夸父一号”成功发射,实现了对太阳探测的跨越式突破。“夸父一号”卫星绕地球做匀速圆周运动,距地面高度约为720km,运行一圈所用时间约为100分钟。如图所示,为了随时跟踪和观测太阳的活动,“夸父一号”在随地球绕太阳公转的过程中,需要其轨道平面始终与太阳保持固定的取向,使太阳光能照射到“夸父一



号”。下列说法正确的是

- A. “夸父一号”的运行轨道平面平均每天转动的角度约为1°
- B. “夸父一号”绕地球做圆周运动的速度大于7.9 km/s
- C. “夸父一号”绕地球做圆周运动的向心加速度大于地球表面的重力加速度
- D. 由题干信息,根据开普勒第三定律,可求出日地间平均距离

【答案】 A

【分析】 神话故事里的“夸父逐日”,如今随着一颗科学卫星的升空来到了现实。2022年10月9日7时43分,长征二号丁型运载火箭伴着朝阳从酒泉卫星发射中心腾空而起,将我国综合性太阳探测专用卫星——先进天基太阳天文台“夸父一号”,送入距离地球720公里、周期99分钟的太阳同步晨昏轨道。“夸父一号”卫星运行的太阳同步晨昏轨道,全年只有约3个月存在较短地影,其他时间是全日照,可以连续长时间不间断进行太阳观测。

太阳同步轨道,是因为卫星飞行时受到非均匀的地球引力,轨道平面会缓缓转动。从宇宙中看,它一方面围绕地球飞行且跟随着地球绕太阳公转;另一方面轨道平面也围绕太阳转动,保持其平面一直朝向太阳。“夸父一号”卫星所处的轨道平面更是沿着地球晨昏线,这使得它几乎一年到头都可以晒到太阳,只有在每年的5月中旬到8月共约2.5个月的时间存在阴影,每天最长阴影时间为18分钟。因此,它几乎一直能观测到太阳。

题目首先介绍了我国综合性太阳探测卫星“夸父一号”的成功发射,然后又对“夸父一号”卫星的运动规律、运动轨道以及轨道平面等进行了简单介绍。考生阅读题干时,能够应用所学过的万有引力定律、开普勒第三定律以及匀速圆周运动的知识解释有关“夸父一号”卫星的一些实际运动规律。题目充分考查了考生对所学物理学知识的综合理解,考查了考生获取新信息、解决实际问题的能力,以及理解、应用和探究能力。从物理学学科核心素养角度,主要涉及“物理观念”核心素养以及“科学思维”核心素养中的模型构建和科学推理等要素的考查。

选项A,要求考生根据题目中给出的“夸父一号”在随地球绕太阳公转的过程中,需要其轨道平面始终与太阳保持固定的取向,使太阳光能照射到“夸父一号”的信息判断:“夸父一号”的运行轨道平面转动周期与地球绕太阳的公转周期一致,为365天,所以轨道平面365天转动360°,因此轨道平面平均每天转动的角度约为1°,所以选项A正确。

根据考生们熟知的绕地卫星发射的第一宇宙速度为7.9km/s,考生们知道地球卫星沿地球表面作圆周运动时的最大速度为7.9km/s,当距离地面高度增加时,地球卫星运行速度减小,因此“夸父一号”卫星作圆周运动的速度小于7.9km/s,所以选项B不正确。

R为地球半径,h为卫星距离地面的高度,根据万有引力提供向心力得: $G \frac{Mm}{(R+h)^2} = ma$,地球表面附近的物体, $G \frac{Mm}{R^2} = mg$ 。可得“夸父一号”卫星做圆周运动的向心加速度小于地球表面的重力加速度,所以选项C不正确。

根据开普勒第三定律,“所有行星轨道的半长轴的三次方跟它的公转周期的二次方的比值都相等”,可知当所有星体都绕同一个中心天体运动时,开普勒第三定律才成立。题干虽然给出了“夸父一号”绕地球做圆周运动的半径和周期,考生们也熟知地球绕太阳运行的周期为365天,但“夸父一号”绕地球运动,地球绕太阳运动,“夸父一号”和地球绕行的中心天体不一致,所以不能应用开普勒第三定律,因此不能求出日地间平均距离,所以选项D不正确。

(未完待续)