

2016

挑战压轴题

高考物理

主编 杨继林

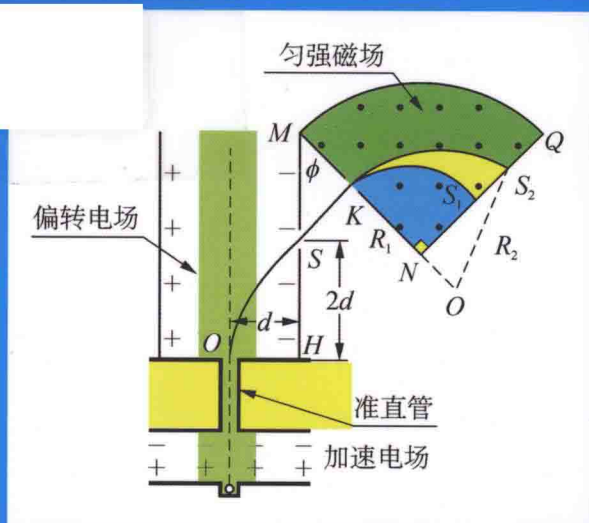
精讲解读篇

(第六版)

这里有一群学霸



微信号: tiaozhanyazhouti



华东师范大学出版社
全国百佳图书出版单位

挑战压轴题

高考物理

精讲解读篇

(第六版)

主 编	杨继林			
副主编	杨榕楠	徐亚平		
编 者	叶建勇	陈青华	贺佩霞	何 琰
	陈伟锋	邬志林	袁张瑾	张海军
	何博纳	张潞尹	庄 坚	夏宏祥
	孙 毅			
审 稿	姜水根	王家祥		

图书在版编目(CIP)数据

挑战压轴题. 高考物理. 精讲解读篇/杨继林主编.
—6版. —上海:华东师范大学出版社,2015.7
ISBN 978-7-5675-3982-2

I. ①挑… II. ①杨… III. ①中学物理课—高中—题
解—升学参考资料 IV. ①G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 184542 号

挑战压轴题·高考物理:精讲解读篇(第六版)

主 编 杨继林
总 策 划 倪 明
项目编辑 徐 平
组稿编辑 赵俊丽
特约审读 赵 迪
装帧设计 高 山
漫画设计 孙丽莹 胡 艺
责任发行 王 祥

出版发行 华东师范大学出版社
社 址 上海市中山北路 3663 号 邮编 200062
网 址 www.ecnupress.com.cn
电 话 021-60821666 行政传真 021-62572105
客服电话 021-62865537 门市(邮购)电话 021-62869887
地 址 上海市中山北路 3663 号华东师范大学校内先锋路口
网 店 <http://hdsdcbs.tmall.com>

印 刷 者 昆山市亭林彩印厂有限公司
开 本 787×1092 16 开
印 张 16
字 数 371 千字
版 次 2015 年 9 月第 6 版
印 次 2015 年 9 月第 1 次
印 数 23000
书 号 ISBN 978-7-5675-3982-2/G·8560
定 价 38.00 元(含光盘)

出 版 人 王 焰

(如发现本版图书有印订质量问题,请寄回本社客服中心调换或电话 021-62865537 联系)

致亲爱的读者

亲爱的读者朋友,看到本书封面上的二维码了吗?一定要扫一扫加“关注”哦!那是我们开通的《挑战压轴题》专属微信公众号(微信号:tiaozhanyazhouti)。关注了它,你不仅可以随时随地反馈图书的使用情况,还可以享受我们提供的一系列增值服务,比如说“学霸经验介绍”、“考试技巧与攻略”等等,并且可以与全国各地众多备考学子进行交流哦!

无论中考还是高考,能拉开差距的其实只有压轴题。

但压轴题有点难,如何攻关?

为了帮助备考的莘莘学子攻克压轴题,圆名校梦。我们邀请了众多一线名师,打造了这套《挑战压轴题》丛书,深受考生欢迎。本丛书涉及中考、高考的数学、物理、化学三门学科,共计18种。

3步搞定压轴题

1. 轻松入门篇

- 适合初一、初二、高一、高二及中、高考第一轮复习使用;
- 难度由浅入深、层层推进。

↓
找思路

2. 精讲解读篇

- 有配套光盘,适合初三、高三复习使用;
- 主要以老师详细解析当年真题为主;
- 旨在帮助学生理解、消化。

↓
学诀窍

3. 强化训练篇

- 适合备考前3个月冲刺使用;
- 主要以练习题为主;
- 配详细的答案解析;
- 试题主要由真题、模拟题、创新题构成。

↓
练速度

如果你想搞定压轴题,不妨按照我们的“找思路→学诀窍→练速度”三步骤进行训练哦!

愿这套备考丛书能够帮助你顺利通过中高考升学考试,迈入新的理想校园。

挑战压轴题,轻松进名校!

编写说明

高考物理压轴题具有对阅读理解、综合分析、应用数学知识解决物理问题等多项能力的考查功能,在高考中担当着区分、选拔人才的角色。高考物理压轴题通常含有多个物理过程或具有多个研究对象,需要应用多个物理概念和规律进行求解,难度较大。本书整理了近 5 年的高考物理压轴题,将题目重新归类,学生通过这些压轴题的分析建立起自己解决问题的思维程序。

本书设置有五个栏目,“知识贮备”展示了压轴题所涉及的基础的物理学知识,“过程展示”将试题所提供的物理过程或物理情境分解为若干个简单的过程,光盘中配有课件,学生可以自主操作课件,观察各个过程。“思路点拨”重在引导学生将抽象的、隐蔽的过程转化为形象的、具体的图景,建立物理学模型;“满分解答”展示完整的解答过程,规范学生解题。“考点伸展”将本题补充或更改、变换一定的条件,再次设问,力图使学生对该题目有更深层次的理解。

抓住了过程分析就抓住了高考。对于高考压轴题的过程分析,并不是所有的学生都能想象完整、分析清楚,特别是过程比较复杂、研究对象个数较多的情况,学生遇到的困难更大。为了解决学生这一认知障碍,本书采用课件这一形式,动态解析,全过程展示。高考物理压轴题的过程分为三类。一类是题目中没有明确研究对象运动的过程,存在多种可能性,需要学生根据题目给出的条件作出判断。如:2012 年海南物理卷第 16 题。本书采用几何画板的形式分析该过程,学生有很大的自主性,可以随意改变入射时间 t_0 ,观察不同时刻入射后粒子轨迹的变化。第二类是研究对象的运动过程已经确定,需要学生把过程拆分成几个环节,并对其逐个作分析。如:2013 年四川理综卷第 11 题。本书采用 ppt 动画展示该过程。第三类是过程存在循环性,并且循环过程中存在一定的变化。如:2011 年福建理综卷第 22 题。这类题型统一采用仿真实验室的形式,通过这样一个动画的演示,学生就很容易攻破题目的难点。

因光盘容量所限,本书只针对部分题目有讲解,全书共 70 道题目,有 52 道配有讲解。本书适用于学生课外参考,教师课堂讲课演示。

目 录

第一部分 力学类综合问题

第一类 万有引力和天体运动	1
* 1.01 2014 年全国理综卷大纲版第 26 题	2
* 1.02 2015 年安徽理综卷第 24 题	5
第二类 物体的多个运动过程	9
1.03 2012 年全国理综卷大纲版第 26 题	10
1.04 2015 年海南物理卷第 14 题	13
* 1.05 2012 年重庆理综卷第 25 题	15
第三类 物体的碰撞模型	18
1.06 2011 年全国理综卷第 26 题	19
* 1.07 2013 年重庆理综卷第 9 题	22
1.08 2012 年北京理综卷第 24 题	26
1.09 2012 年安徽理综卷第 24 题	29
第四类 物体间的摩擦或通过弹簧、绳(杆)的相互作用	32
* 1.10 2013 年新课标 II 理综卷第 25 题	33
* 1.11 2015 年全国理综卷 I 第 25 题	36
* 1.12 2015 年新课标 II 理综卷第 25 题	39
* 1.13 2013 年安徽理综卷第 24 题	43
1.14 2011 年安徽理综卷第 24 题	45
* 1.15 2013 年四川理综卷第 10 题	48
* 1.16 2012 年广东理综卷第 36 题	51
* 1.17 2011 年广东理综卷第 36 题	54
* 1.18 2015 年广东理综卷第 36 题	57
* 1.19 2014 年江苏物理卷第 15 题	60
* 1.20 2014 年安徽理综卷第 24 题	65

第二部分 带电粒子(带电体)的运动问题

第一类 带电粒子(带电体)在电场力作用下的运动	69
2.01 2011 年北京理综卷第 24 题	70
2.02 2011 年浙江理综卷第 25 题	72
第二类 带电粒子在匀强磁场中的运动	75
* 2.03 2012 年海南物理卷第 16 题	76

* 2.04	2014 年山东理综卷第 24 题	80
* 2.05	2011 年全国理综卷(新课标)第 25 题	84
* 2.06	2014 年重庆理综卷第 9 题	88
第三类	带电粒子分别在电场和磁场中的运动	92
2.07	2012 年全国理综卷(新课标)第 25 题	93
2.08	2012 年天津理综卷第 12 题	95
* 2.09	2014 年海南物理卷第 14 题	98
* 2.10	2013 年山东理综卷第 23 题	101
2.11	2012 年山东理综卷第 23 题	105
* 2.12	2014 年天津理综卷第 12 题	108
* 2.13	2015 年天津理综卷第 12 题	112
* 2.14	2011 年江苏物理卷第 15 题	116
* 2.15	2013 年江苏物理卷第 15 题	119
* 2.16	2015 年江苏物理卷第 15 题	123
* 2.17	2014 年浙江理综卷第 25 题	127
* 2.18	2011 年山东理综卷第 25 题	132
* 2.19	2015 年山东理综卷第 24 题	136
* 2.20	2015 年重庆理综卷第 9 题	140
第四类	带电粒子(带电体)在多种场并存的空间的无约束运动	143
* 2.21	2014 年广东物理卷第 36 题	144
* 2.22	2014 年新课标 I 理综卷第 25 题	147
* 2.23	2012 年江苏物理卷第 15 题	151
* 2.24	2013 年福建理综卷第 22 题	155
* 2.25	2011 年福建理综卷第 22 题	158
* 2.26	2011 年重庆理综卷第 25 题	161
* 2.27	2015 年浙江理综卷第 25 题	164
第五类	带电粒子(带电体)在多种场并存的空间且存在约束的运动	167
* 2.28	2011 年四川理综卷第 25 题	168
* 2.29	2013 年四川理综卷第 11 题	171
* 2.30	2015 年福建理综卷第 22 题	175

第三部分 力学与电磁感应、电路的综合问题

第一类	电磁感应与力学综合	179
* 3.01	2014 年新课标 II 理综卷第 25 题	180
* 3.02	2012 年上海物理卷第 33 题	183
* 3.03	2014 年上海物理卷第 33 题	186
* 3.04	2013 年上海物理卷第 33 题	189
* 3.05	2013 年广东理综卷第 36 题	192
3.06	2013 年新课标 I 理综卷第 25 题	195

第二类 力、电综合问题及技术应用	198
* 3.07 2012 年浙江理综卷第 25 题	199
* 3.08 2014 年四川理综卷第 11 题	202
3.09 2012 年四川理综卷第 25 题	205
* 3.10 2015 年四川理综卷第 11 题	208
* 3.11 2013 年浙江理综卷第 25 题	212
3.12 2014 年福建理综卷第 22 题	216
3.13 2011 年天津理综卷第 12 题	219
3.14 2013 年天津理综卷第 12 题	224
* 3.15 2012 年福建理综卷第 22 题	227
* 3.16 2011 年上海物理卷第 33 题	230
* 3.17 2015 年上海理综卷第 33 题	233
* 3.18 2013 年北京理综卷第 24 题	236
3.19 2014 年北京理综卷第 24 题	239
3.20 2015 年北京理综卷第 24 题	242

注:题目序号前标有“*”表示该题目在光盘中配讲解视频。

第一部分 力学类综合问题

第一类 万有引力和天体运动

对万有引力定律及天体运动规律的考查是各地高考压轴题的热点之一,考查内容涉及可见星与暗星组成的双星系统的运动,黑洞质量、半径与太阳质量、半径的倍数关系,两种不同形式的三星系统,绕月卫星发射的信号因月球遮挡而不能到达地球的时间以及石油勘探中的“重力加速度反常”现象等。

这类考题有三个鲜明的特点:一、联系生产实际、联系最新科技发展;二、材料的背景不拘泥于教材的范围,常出现课堂上没有学过的新知识、新概念,因而试题给人感觉情景新颖、时代气息浓厚;三、有的试题题干较长,信息众多,条件隐蔽。这就对同学们的阅读能力、审题能力、模型建构能力、分析推理能力、空间想象能力、几何作图能力等提出了较高的要求。

对待这类题,我们一般可通过以下步骤来进行求解:

(1) 仔细阅读提供的材料,现场学习新概念,根据提出的问题迅速剔除干扰信息,筛选提取有价值的信息。

(2) 将复杂的实际问题进行科学抽象,通过联想、迁移、类比等方法,将它和已学过的知识进行联系,建立合理的物理模型。

(3) 通过作图分析物体的受力情况和运动情况,理清不同物理量之间的关系。

(4) 选择恰当的公式灵活地应用相关规律解决问题。天体问题中,公式形式多样,计算过程中的中间公式也特别多,很容易混淆。如绕月卫星问题中相应的物理量有月球、地球自身的半径,月球绕地球的轨道半径、周期和卫星绕月球的轨道半径、周期,还有地球、月球各自的质量。这么多的物理量稍有不慎就会搞乱。这就需要我们根据不同的研究对象对有关物理量进行分类,抓住中心天体对环绕天体的万有引力提供向心力这根本性的一条,选择基本公式 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m\frac{4\pi^2}{T^2}r$ 和 $g_{表} = G\frac{M}{R^2}$ 的合适形式,就能推导出未知量和已知量的关系。

1.01 2014 年全国理综卷大纲版第 26 题

已知地球的自转周期和半径分别为 T 和 R , 地球同步卫星 A 的圆轨道半径为 h , 卫星 B 沿半径为 r ($r < h$) 的圆轨道在地球赤道的正上方运行, 其运行方向与地球自转方向相同。求:

- (1) 卫星 B 做圆周运动的周期;
- (2) 卫星 A 和 B 连续地不能直接通信的最长时间间隔(信号传输时间可忽略)。



知识储备

1. 万有引力定律: 自然界中任何两个物体都是相互吸引的, 引力的大小跟这两个物体的质量的乘积成正比, 跟它们的距离的二次方成反比, 即 $F = \frac{GMm}{r^2}$;
2. 天体做匀速圆周运动, 万有引力提供向心力, 即 $\frac{GMm}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r$;
3. 匀速圆周运动中, 圆心角与周期的关系: $\alpha = \omega t = \frac{2\pi}{T} t$ 。



过程展示 (本题附视频讲解)

打开文件“2014 年全国理综卷大纲版第 26 题. ppt”:

- (1) 卫星 A 、 B 绕地球做匀速圆周运动;
- (2) 若不考虑卫星 A 的公转, 卫星 A 发射的信号由于地球的遮挡在地球背面形成信号所不能到达的“影子”区域;
- (3) 因卫星 A 的公转, A 发射的信号在地球背面形成“影子”区域, 处于“影子”区域中的卫星 B 相对于地心做匀速圆周运动。



思路点拨

卫星 A 、 B 绕地球做匀速圆周运动, 根据万有引力提供向心力, 可求出卫星 B 做圆周运动的周期。

卫星 A 发射的信号沿直线向前传播时, 由于地球的遮挡, 在地球背面会出现“影子”区域; 当卫星 B 进入“影子”区域时, 两者便不能进行直接通信。据此先画出几何关系图, 再根据已知条件确定 B 在“影子”区域中相对于地心所转过的圆心角的大小, 从而便可求出卫星 B 与卫星 A 连续地不能直接通信的最长时间间隔。



满分解答

解: (1) 设卫星 B 绕地心转动的周期为 T' , 根据万有引力定律和圆周运动的规律有

$$G \frac{Mm}{h^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 h, \quad (1)$$

$$G \frac{Mm'}{r^2} = m' \left(\frac{2\pi}{T'} \right)^2 r. \quad (2)$$

式中, G 为万有引力常量, M 为地球质量, m 、 m' 分别为卫星 A、B 的质量。由①②式得

$$T' = \left(\frac{r}{h}\right)^{\frac{3}{2}} T. \quad (3)$$

(2) 由③式知, 当 $r < h$ 时, 卫星 B 比卫星 A 转得快, 在相等时间内卫星 A 比卫星 B 转过的角度小。如图 1 所示, 设卫星 A 和 B 连续地不能直接通信的最长时间间隔为 τ , 在此时间间隔 τ 内, 卫星 A 和卫星 B 绕地心转动的角度分别为 α 和 α' , 则

$$\alpha = \frac{2\pi}{T} \cdot \tau, \quad (4)$$

$$\alpha' = \frac{2\pi}{T'} \cdot \tau. \quad (5)$$

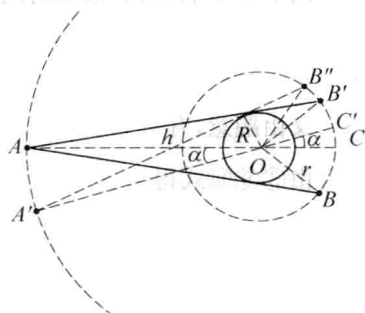


图 1

两卫星不能直接通信时, 卫星 B 的位置应在图 1 中 B 点和 B' 点之间。

由几何关系得

$$\angle BOB' = 2 \left(\arcsin \frac{R}{h} + \arcsin \frac{R}{r} \right), \quad (6)$$

$$\angle B'OC' = \arcsin \frac{R}{h} + \arcsin \frac{R}{r}.$$

而 $\angle AOA' = \alpha$, $\angle BOB'' = \alpha'$,

$$\text{故 } \alpha' - \alpha = \angle BOB'' - \angle COC' = \angle B'OC' + \angle BOC = \angle BOB'. \quad (7)$$

由③④⑤⑥⑦式得

$$\tau = \frac{r^{\frac{3}{2}}}{\pi(h^{\frac{3}{2}} - r^{\frac{3}{2}})} \left(\arcsin \frac{R}{h} + \arcsin \frac{R}{r} \right) \cdot T. \quad (8)$$

另解:

因为卫星 A 为同步卫星, 若以地面为参考系, 则卫星 A 是不动的, 因而只要卫星 B 进入由于地球的遮挡在地球背面形成信号所不能到达的“影子”区域, 就不能直接通信。如图 2 所示, 两卫星不能直接通信时, 卫星 B 的位置应在图 2 中 B 点和 B' 点之间。图中内圆表示地球的赤道。

设卫星 A 和卫星 B 绕地心转动的角速度分别为 ω 和 ω' , 以地面为参考系, 则卫星 B 转动的角速度大小为 $\omega' - \omega$ 。则

$$\angle BOB' = (\omega' - \omega)\tau = \left(\frac{2\pi}{T'} - \frac{2\pi}{T} \right) \tau,$$

把③⑥两式代入可得⑧式。



考点伸展

假设每当两卫星相距最近时, 卫星 B 就向同步卫星 A 发射信号, 然后再由同步卫星 A 将信号发送到地面接收站, 求从 A、B 卫星相距最远开始, 在一昼夜的时间 T 内, 接收站接收到信号

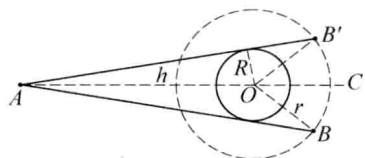


图 2

的次数。

解：设卫星 A、B 从相距最远到最近所需的时间为 t ，在一昼夜的时间内，接收站共接收到信号的次数为 n 。

因卫星 B 转得快，故在时间 t 内 B 绕地心转过的角度比卫星 A 的大 $(2n-1)\pi$ ，即

$$\frac{2\pi}{T'}t - \frac{2\pi}{T}t = (2n-1)\pi; \quad \textcircled{9}$$

又由题意，有

$$t \leq T. \quad \textcircled{10}$$

由③⑨⑩式得

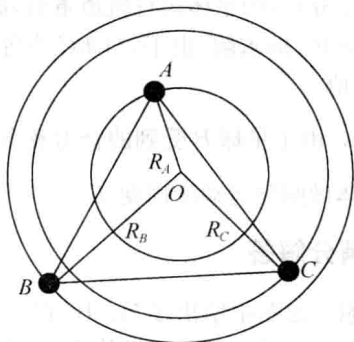
$$n \leq \left(\frac{h}{r}\right)^{\frac{3}{2}} - \frac{1}{2}.$$

所以在一昼夜的时间 T 内，接收站接收到信号的次数为 $\left(\frac{h}{r}\right)^{\frac{3}{2}} - \frac{1}{2}$ 。

1.02 2015 年安徽理综卷第 24 题

由三颗星体构成的系统,忽略其他星体对它们的作用,存在着一种运动形式:三颗星体在相互之间的万有引力作用下,分别位于等边三角形的三个顶点上,绕某一共同的圆心 O 在三角形所在的平面内做角速度相同的圆周运动(图示为 A 、 B 、 C 三颗星体质量不相同的一般情况)。若 A 星体质量为 $2m$, B 、 C 两星体的质量均为 m , 三角形的边长为 a , 求:

- (1) A 星体所受合力大小 F_A ;
- (2) B 星体所受合力大小 F_B ;
- (3) C 星体的轨道半径 R_C ;
- (4) 三星体做圆周运动的周期 T 。



第 24 题图



知识储备

1. 两个质量分别为 m_1 、 m_2 的物体相距为 a 时,它们之间的万有引力大小为 $F = G \frac{m_1 m_2}{a^2}$, 方向沿两物体的连线方向并指向另一个物体。
2. 做匀速圆周运动的物体,合力指向圆心。
3. 做匀速圆周运动的物体,合力提供向心力,即 $F_{\text{合}} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r$, 可得物体做圆周运动的周期 $T = 2\pi \sqrt{\frac{mr}{F_{\text{合}}}}$ 。



过程展示 (本题附视频讲解)

打开文件“2015 年安徽理综卷第 24 题. ppt”:

- (1) 点击显示双星轨道运行特征;
- (2) 点击显示三星运行在三条轨道上且三星体之间保持相对静止;
- (3) 点击显示 B 、 C 在同一轨道上时三星相对静止运行特征;
- (4) 点击显示三星所受的力及合力:
 - ① 从 B 、 C 两星体对 A 星体的万有引力,计算 A 星体受到的合力 F_A 的大小;
 - ② 从 A 、 C 两星体对 B 星体的万有引力,计算 B 星体受到的合力 F_B 的大小;
- (5) ppt 显示等腰 $\triangle OBC$;列式求解 R_C 的大小;列式求解三星体做匀速圆周运动的周期 T 。



思路点拨

1. 由于 A 、 B 、 C 三颗星体绕共同的圆心 O 做匀速圆周运动,故 A 、 B 、 C 受到的合力均指向圆心 O ,即 A 、 B 、 C 受到的万有引力在沿垂直于半径方向的合力为零。对 A 研究,由于 B 对 A 的万有引力 F_{BA} 与 C 对 A 的万有引力 F_{CA} 大小相等,故两力与半径 AO 方向的夹角相等,均为 30° ;对 B 研究, C 对 B 的万有引力 F_{CB} 与 A 对 B 的万有引力 F_{AB} 大小不等,故将两力分解,两力

沿垂直于半径 BO 方向的分力等大反向,即垂直于半径 BO 方向的合力为零,据此求出 F_{AB} 与 BO 方向的夹角 θ ,从而求出 B 受到的合力 F_B 。

2. 本题中 B 、 C 两星体的质量相等,则 B 、 C 两星体的受力特征和运动规律完全相同,根据对称性分析,两星体运行轨道重合,即两星体的轨道半径相等, $R_B = R_C$,从而将对 R_C 的求解转化成对 R_B 的求解。由于 $\triangle OBC$ 为等腰三角形,由几何关系列式: $2R_B \cos(60^\circ - \theta) = a$,即可求得 R_B 的值。

3. 由于星球 B 受到的合力及半径 R_B 已求得,可根据牛顿第二定律列式 $F_B = m \frac{4\pi^2}{T^2} R_B$ 求出三星体做圆周运动的周期 T 。



满分解答

解: 题图中给出了 A 、 B 、 C 三颗星体质量不相同的一般情况, A 、 B 、 C 三颗星体在不同的轨道上绕共同的中心 O 做匀速圆周运动。若 A 星体质量为 $2m$, B 、 C 两星体的质量均为 m , B 、 C 两星体的受力特征和运动规律完全相同,根据对称性分析, B 、 C 两星体运行轨道重合,如图 1 所示。

(1) 取 A 星体为研究对象, A 星体分别受到 B 、 C 星体对它的万有引力作用,方向分别指向 B 、 C 星体,如图 1 所示。因为 B 、 C 两星体的质量均为 m ,由万有引力定律可得:

$$F_{BA} = F_{CA} = G \frac{2m^2}{a^2} \quad ①$$

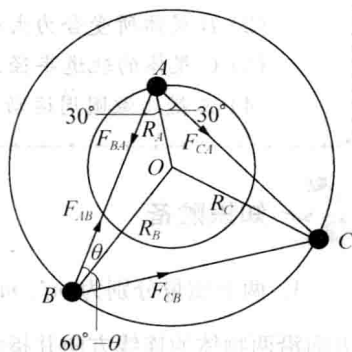


图 1

由于 A 、 B 、 C 三颗星体绕共同的圆心 O 在等边三角形所在的平面内做匀速圆周运动,故 A 受到的合力指向圆心 O ,即 F_{BA} 与 F_{CA} 两力与半径 AO 所成的角度相等,均为 30° ,因此 A 星体所受合力大小为:

$$F_A = F_{BA} \cos 30^\circ + F_{CA} \cos 30^\circ = 2\sqrt{3} \frac{Gm^2}{a^2} \quad ②$$

(2) 取 B 星体为研究对象, B 星体分别受到 A 、 C 星体对它的万有引力作用,方向分别指向 A 、 C 星体,如图 1 所示。由万有引力定律可得:

$$F_{AB} = G \frac{2m^2}{a^2} \quad ③$$

$$F_{CB} = G \frac{m^2}{a^2} \quad ④$$

设 F_{AB} 与半径 BO 方向所成的角度为 θ ,根据几何关系可知 F_{CB} 与半径 BO 方向所成的角度为 $(60^\circ - \theta)$ 。依题意, B 受到的合力也指向圆心 O ,即在垂直 BO 方向的合力为 0,可列式:

$$F_{AB} \sin \theta = F_{CB} \sin(60^\circ - \theta) \quad ⑤$$

$$\text{由 } ③④⑤ \text{ 解得: } \tan \theta = \frac{\sqrt{3}}{5}, \sin \theta = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{7}}, \cos \theta = \frac{5}{2\sqrt{7}}.$$

因此 B 星体所受合力大小为:

$$F_B = F_{AB} \cos \theta + F_{CB} \cos(60^\circ - \theta) = \sqrt{7} \frac{Gm^2}{a^2} \quad (6)$$

(3) 由于 B 、 C 两星体的质量相等, 根据对称性分析, B 、 C 两星体运行轨道重合, 如图 1 所示, B 、 C 两星体运动的轨道半径相等, 即 $R_B = R_C$ 。在等腰 $\triangle OBC$ 中, 由几何关系得:

$$2R_B \cos(60^\circ - \theta) = a, \quad (7)$$

即可得:

$$R_B = R_C = \frac{a}{2\cos(60^\circ - \theta)} = \frac{\sqrt{7}}{4} a. \quad (8)$$

(4) 三星体做圆周运动的周期相等, 对 B 星体研究, 由牛顿第二定律可得:

$$F_B = m \frac{4\pi^2}{T^2} R_B. \quad (9)$$

由⑥⑧⑨解得:

$$T = \pi \sqrt{\frac{a^3}{Gm}}. \quad (10)$$



考点伸展

(1) 如原题, 求 A 星体的轨道半径 R_A ;

(2) 如原题条件, 是否有可能在圆心 O 处还存在一个星体, A 、 B 、 C 三颗星体在相互之间的万有引力作用及圆心 O 处的星体对它的万有引力的共同作用下, 绕共同的圆心 O 做角速度相同的圆周运动。如果存在, 求圆心 O 处星体的质量 M ; 如果不存在, 请说明理由。

解: (1) 如图 2 所示, 在 $\triangle AOB$ 中, 由正弦定理有:

$$\frac{R_A}{\sin \theta} = \frac{R_B}{\sin 30^\circ},$$

可得:

$$R_A = \frac{\sqrt{3}}{4} a.$$

(2) 对 A 星体研究, A 星体分别受到 B 、 C 及 O 处星体对它的万有引力作用, 方向分别指向 B 、 C 及 O , 如图 2 所示。

原题中已求得 B 、 C 星体对 A 星体的万有引力的合力:

$$F_A = 2\sqrt{3} \frac{Gm^2}{a^2}, \text{ 方向指向 } O;$$

由万有引力定律可得 O 处星体对 A 星体的万有引力: $F_{OA} = G \frac{2m \cdot M}{R_A^2}$, 方向指向 O ;

故 A 星体受到的合力为:

$$F_{A合} = 2\sqrt{3} \frac{Gm^2}{a^2} + \frac{2Gm \cdot M}{R_A^2}, \text{ 方向指向 } O;$$

设三星体做圆周运动的周期为 T' , 由牛顿第二定律可得:

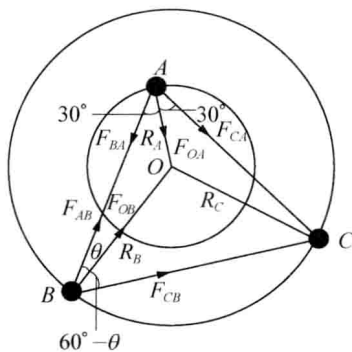


图 2

$$2\sqrt{3} \frac{Gm^2}{a^2} + \frac{2Gm \cdot M}{R_A^2} = 2m \frac{4\pi^2}{T^2} R_A;$$

同理:对 B 星体研究,可得:

$$\sqrt{7} \frac{Gm^2}{a^2} + \frac{Gm \cdot M}{R_B^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} R_B;$$

上两式相比可得:

$$\frac{2\sqrt{3} \frac{m}{a^2} + \frac{2M}{R_A^2}}{\sqrt{7} \frac{m}{a^2} + \frac{M}{R_B^2}} = \frac{2R_A}{R_B},$$

将 R_A 、 R_B 代入上式,可得:

$$\frac{1}{3\sqrt{3}} M = \frac{1}{7\sqrt{7}} M,$$

要使上式成立,必须

$$M = 0.$$

综上分析,不可能在圆心 O 处还存在一个星体。

第二类 物体的多个运动过程

考查单个物体的多个运动过程是高考理综卷压轴题中的一个常见内容,大致可以分为两种情况:一种是短暂的作用过程,在这种瞬间作用过程中直接接触的物体会发生力、速度、加速度、动量、动能等物理量的变化,如2012年重庆理综卷第25题在球拍倾角瞬间变化的过程中,乒乓球的加速度也随之变化。另一种过程的作用时间比较长,是持续作用过程。物体先沿某一轨道运动,接着进入另一个轨道,不同阶段的运动是按时间的顺序依次发生的。有的还会循环往复,受力情况、运动规律具有一定的重复性。

不管物体的运动是多么的复杂多变,其运动过程总是具有阶段性的。过程的各个阶段相对于总过程来说,通常要简单得多。因此,我们可以采用“拆”的方法,按照物理事件发生的时间顺序,用“慢镜头”的方式,将单体的复杂运动拆成若干个简单的子过程,分析在这些子过程中物体受到哪些力?分别做什么性质的运动?再针对不同的运动形式考虑应用不同的解题方法,只要掌握了物体每阶段运动过程的特点,按程序一步步地列出相关式子,就可以把问题加以简化,使之逐步得到解决。

在拆分运动过程的操作中,还应注意一个临界极值问题。当物体的运动从一种形式或性质转变为另一种形式或性质时,往往存在着一种状态向另一种状态过渡的转折点(时刻或位置),这时的状态常称为临界状态。物体运动的性质特点在达到临界状态时将发生转变,因而使一些物理量的值可能取得极大或极小。临界问题也可大致分为两种情况,即“显性临界”和“隐性临界”。前者相对来说较为明显,同学们经过思考是应该能够想到的,如2012年全国理综卷大纲版第26题求探险队员水平跳出,落到坡面时的最小动能。而后者则较有难度,其临界条件非常隐蔽,常需要同学们挖掘隐含条件,利用数学知识仔细求解。