# 第4章 万有引力定律及航天 章末练习

## 科学认知

1．若在太阳系外发现了首颗“宜居”行星，其质量约为地球质量的 6.4 倍，一个在地球表面重量为 600 N 的人在这个行星表面的重量将变为 960 N。由此可推知，该行星的半径与地球半径之比约为

A．0.5 B．2 C．3.2 D．4

【答案】B

2．我国“嫦娥二号”可视为在月球表面附近做圆周运动。已知引力常量，要测定月球的密度，仅仅需要

A．测定飞船的运行周期 B．测定飞船的环绕半径

C．测定月球的体积 D．测定飞船的运行速度

【答案】A

3．2012 年 1 月 9 日，我国成功发射了“资源三号”卫星，同年又成功发射了“中星 2A”通信广播地球同步卫星。在某次实验中，近似做圆周运动的“资源三号”卫星环绕地球飞行 24 圈用时 38 h。请比较两颗卫星的周期、速率、加速度和离地面高度这四个物理量的大小。

【答案】小于，大于，大于，小于

4．如图所示，海王星绕太阳沿椭圆轨道运动，P 为近日点，Q 为远日点，M、N 为轨道短轴的两个端点，运行的周期为 *T*0。若只考虑海王星和太阳之间的相互作用，则海王星在从 P 经 M、Q 到 N 的运动过程中



太阳

P

Q

M

N

海王星

A．从 P 到 M 所用的时间等于

B．从 Q 到 N 阶段，机械能逐渐变大

C．从 P 到 Q 阶段，速率逐渐变小

D．从 M 到 N 阶段，万有引力对它先做负功后做正功

【答案】CD

5．已知同步卫星与地心的距离为 *r*，运行速率为 *v*1，向心加速度为 *a*1；地球赤道上的物体随地球自转的向心加速度为 *a*2；第一宇宙速度为 *v*2，地球半径为 *R*。下列关系式正确的是

A．= B．= C．= D．=

【答案】AD

6．荡秋千是深受大家喜爱的一项娱乐活动。随着科学技术的发展，将来我们也许会在其他星球上享受荡秋千的乐趣。假设你所在星球的质量是 *M*、半径为 *R*，可将人视为质点，秋千质量不计，摆长不变，摆角小于 90°，引力常量为 *G*。

（1）求该星球表面附近的重力加速度 *g*星。

（2）若你在荡秋千中能上升的最大高度为 *H*，则经过最低点时速度为多大？

【答案】（1）*g*星 =

（2）*v* =

O

A

B

7．如图所示，A 是地球的同步卫星，另一卫星 B 的圆形轨道位于赤道平面内，离地面高度为 *h*。已知地球半径为 *R*，地球自转角速度为 *ω*，地球表面的重力加速度为 *g*，O 为地球中心。

（1）求卫星 B 的运行周期。

（2）若卫星 B 绕行方向与地球自转方向相同，某时刻 A、B 两卫星相距最近，则至少经过多长时间，它们再一次相距最近？

【答案】（1）*T*B =

（2）*t* =

## 科学辨析

8．已知引力常量 *G*、地球半径 *R*、月球和地球之间的距离 *r*、同步卫星距地面的高度 *h*、月球绕地球的运转周期 *T*1、地球的自转周期 *T*2、地球表面的重力加速度 *g*。某同学根据以上条件，提出一种估算地球质量 *M* 的方法：因同步卫星绕地球做圆周运动，可由 *G*= *mh* 得 *M* = 。

（1）请判断上面的结果是否正确，并说明理由。若不正确，请给出正确的解法和结果。

（2）请根据已知条件再提出两种估算地球质量的方法，并解出结果。

【答案】（1）错误，同步卫星的轨道半径不是 *h*，而是*R* + *h*。

*M* =

（2）方法1：*M* =

方法2：*M* =

\*9．“嫦娥工程”正在循序渐进地实现中国的航天梦。若“嫦娥一号”和“嫦娥二号”绕月做圆周轨道运行时，距月球表面的高度分别为 *h*1 和 *h*2，周期分别为 *T*1 和 *T*2，请你推导出月球的质量和半径，并用必要的方程说明你的理由。若“嫦娥三号”探测器的质量为 *M*，请结合前面计算的信息，推导出探测器在月球表面附近悬停时其发动机提供的推力大小。如果未来对从月球返回地球的探测器进行回收，上述发动机是否依然能胜任同质量探测器在地球表面的悬停任务？请用证据谈谈你的看法。

【答案】分析：“嫦娥一号”和“嫦娥二号”绕月做圆周运动的向心力由月球对它们的万有引力提供，两探测器的半径、周期不同，应分别根据牛顿第二定律建立关系式。

解答：设月球质量为 *M*月，半径为 *R*，由万有引力提供向心力可得

*G*= *m*(*R* + *h*1)

*G*= *m*(*R* + *h*2)

两式联立解得

*M*月 = ，*R* =

当探测器在月球表面附近悬停时受力平衡，推力大小为

*F* = *Mg*月

其中 *g*月 = *G*，

所以 *F* =

因为 *g*地 = 6*g*月，所以为月球设计的发动机无法胜任地球表面的悬停。

## 温故知新

10．如图所示，一内壁光滑的细管弯成半径 *R* = 0.4 m 的半圆形轨道 BC，将其竖直放置并将 B 点与一水平轨道相连。置于水平轨道上的弹簧左端与竖直墙壁相连，B 至墙壁的距离为弹簧的自然长度。将一个质量 *m* = 0.8 kg 的小滑块放在弹簧的右侧，向左推滑块，压缩弹簧使弹簧右端至 A 处，然后将滑块由静止释放，滑块进入半圆轨道继续滑行（不计滑块与轨道的碰撞）。已知滑块运动到 B 处刚刚进入半圆轨道时对轨道的压力 *F*1 = 58 N，水平轨道 AB 长度 *l* = 0.3 m，滑块与轨道的动摩擦因数 *μ* = 0.5，取重力加速度 *g* = 10 m/s2，求：



C



B

A

（1）弹簧压缩到 A 处时的弹性势能；

（2）小滑块运动到轨道最高处 C 点时对轨道的压力大小。

【答案】（1）*E*p = 11.2 J

（2）10 N

11．请根据第 4 章（万有引力定律及航天）的内容，结合你的理解，画出概念图。

# 单元自我检测

### 一、选择题（本题共5小题。在每小题给出的四个选项中，第1～3题只有一项符合题目要求，第4、5题有多项符合题目要求）

1．要使两物体（可视为质点）间万有引力减小到原来的 ，可采取的方法是

A．使两物体间的距离变为原来的 2 倍，其中一个物体的质量变为原来的

B．使两物体的质量各减少 ，距离保持不变

C．使其中一个物体的质量变为原来的 ，距离保持不变

D．使两物体的质量及它们之间的距离都变为原来的

【答案】A

2．已知水星绕太阳公转的周期为 88 个地球日，水星与地球绕太阳的公转均可视为匀速圆周运动。可判定

A．水星的质量大于地球的质量

B．水星的轨道半径大于地球的轨道半径

C．水星公转的线速度大于地球公转的线速度

D．水星的向心加速度小于地球的向心加速度

【答案】C

3．太空技术的飞速发展使人类登陆其他星球成为可能。假设未来的某一天，宇航员登上某一行星后，测得该星球表面的重力加速度是地球表面重力加速度的 2 倍，而该星球的平均密度与地球的差不多，则该星球质量大约是地球质量的

A． B．2 倍 C．4 倍 D．8 倍

【答案】D

4．地球同步卫星常用于通信、气象观测、导弹预警、数据中继等方面。地球同步卫星相对地面静止不动，犹如悬在空中一样，以实现对同一地区的连续监测。下列说法正确的有

A．同步卫星处于平衡状态

B．同步卫星绕地心的角速度与地球自转的角速度相同

C．同步卫星只能位于赤道上方，且高度和速率是唯一确定的

D．同步卫星的速率一定大于 7.9 km/s

【答案】BC

5．2016 年 10 月 19 日，“神舟十一号”飞船与“天宫二号”空间实验室成功交会对接。在“神舟十一号”飞船返回地面的过程中，有一个阶段可视为绕地球做圆周运动，其轨道半径为 *r*1，线速度大小为 *v*1，周期为 *T*1。此时“天宫二号”的运行轨道也可视为圆形轨道，对应的轨道半径为 *r*2，线速度大小为 *v*2，周期为 *T*2。下列关系式正确的是

A．= B．= C．= D．=

【答案】BD

### 二、非选择题

6．如图所示，“好奇号”火星探测器于 2012 年成功登陆火星表面。在登陆火星前，“好奇号”在距火星表面高度为 *h* 的轨道上绕火星做匀速圆周运动，周期为 *T*。已知火星的半径为 *R*，引力常量为 *G*，忽略其他天体对探测器的引力作用，求：

（1）探测器绕火星做匀速圆周运动的线速度大小；

（2）火星的质量。

【答案】（1）*v* =

（2）*M* =

7．利用宇宙飞船，宇航员可以到太空维修出现故障的人造地球卫星。一颗人造地球卫星在离地高度一定的圆轨道上运行，飞船接近这颗卫星并与它运行情况基本相同时，速度为 6.0 km/s。已知地球质量 *M* = 6.0×1024 kg，半径 *R* = 6 400 km，引力常量 *G* = 6.7×10−11 N·m2/kg2，求这颗卫星离地面的高度。

【答案】*h* = 4.77×106 m

8．从地球上发射两颗人造地球卫星 A 和 B，它们绕地球做匀速圆周运动的半径之比 *R*A ：*R*B = 4∶1，求它们的线速度大小之比。下面是某同学的一种解法，请判断其是否正确。若是正确的，请你作出评价；若是错误的，请分析其出错的原因并给出正确的解答方法。

解：卫星绕地球做匀速圆周运动所需的向心力 *F*向= *mg* = *m*

设 A、B 两颗卫星的质量分别为 *m*A、*m*B，则

*m*A*g* = *m*A （1）

*m*B*g* = *m*B （2）

由（1） （2）得 =

所以 = = =

【答案】错误。该同学错误地把卫星在地面的重力当作向心力。

正确的方法是：

由 *G* = *m*，可得 *v* = ，因此 = = =

## 单元自我评价

回顾本单元的学业要求和所学内容，结合本次单元自我检测和平时学习情况进行自我评价，写一篇“单元自我评价”报告。说说你学会了什么、存在什么问题及今后努力的方向等。