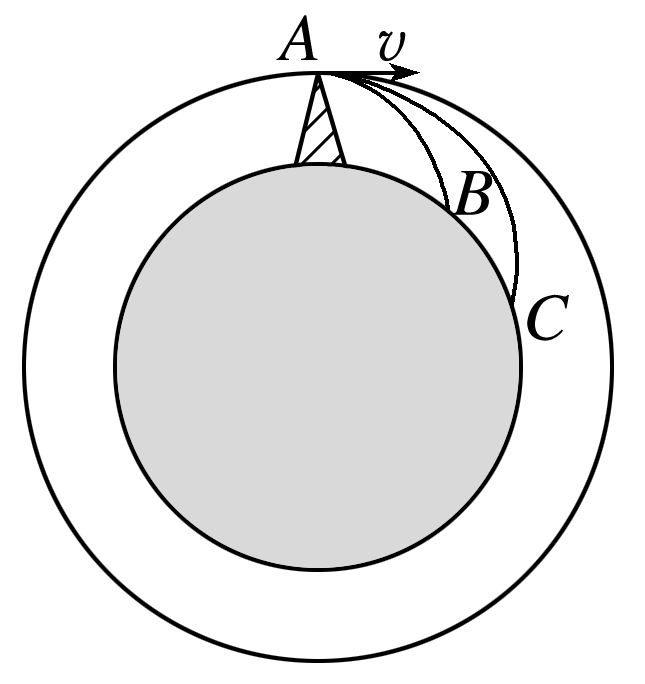
## 宇宙速度与人造地球卫星

## 知识点：宇宙航行

一、宇宙速度

1.牛顿的设想

如图所示，把物体从高山上水平抛出，如果速度足够大，物体就不再落回地面，它将绕地球运动，成为人造地球卫星.



图

2.第一宇宙速度的推导

(1)已知地球质量*m*地和半径*R*，物体绕地球的运动可视为匀速圆周运动，万有引力提供物体运动所需的向心力，即＝*m*，可得*v*＝.

(2)已知地面附近的重力加速度*g*和地球半径*R*，由*mg*＝*m*得：*v*＝.

(3)三个宇宙速度及含义

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 数值 | 意义 |
| 第一宇  宙速度 | 7.9 km/s | 物体在地面附近绕地球做匀速圆周运动的速度 |
| 第二宇  宙速度 | 11.2 km/s | 在地面附近发射飞行器使物体克服地球引力，永远离开地球的最小地面发射速度 |
| 第三宇  宙速度 | 16.7 km/s | 在地面附近发射飞行器使物体挣脱太阳引力束缚，飞到太阳系外的最小地面发射速度 |

二、人造地球卫星

1.1957年10月4日，世界上第一颗人造地球卫星发射成功.1970年4月24日，我国第一颗人造地球卫星“东方红1号”发射成功.为我国航天事业作出特殊贡献的科学家钱学森被誉为“中国航天之父”.

2.地球同步卫星的特点

地球同步卫星位于赤道上方高度约36 000 km处，因相对地面静止，也称静止卫星.地球同步卫星与地球以相同的角速度转动，周期与地球自转周期相同.

三、载人航天与太空探索

1.1961年苏联宇航员加加林进入东方一号载人飞船，铸就了人类首次进入太空的丰碑.

2.1969年，美国阿波罗11号飞船发射升空，拉开人类登月这一伟大历史事件的帷幕.

3.2003年10月15日9时，我国神舟五号宇宙飞船把中国第一位航天员杨利伟送入太空，截止到2017年底，我国已经将11名航天员送入太空，包括两名女航天员.

4.2013年6月，神舟十号分别完成与天宫一号空间站的手动和自动交会对接；2016年10月19日，神舟十一号完成与天宫二号空间站的自动交会对接.2017年4月20日，我国发射了货运飞船天舟一号，入轨后与天宫二号空间站进行自动交会对接、自主快速交会对接等3次交会对接及多项实验.

## 技巧点拨

一、三个宇宙速度

1.第一宇宙速度

(1)两个表达式

思路一：万有引力提供向心力，由*G*＝*m*得*v*＝

思路二：重力提供向心力，由*mg*＝*m*得*v*＝

(2)含义

①近地卫星的圆轨道运行速度，大小为7.9 km/s，也是卫星圆轨道的最大运行速度.

②人造卫星的最小发射速度，向高轨道发射卫星比向低轨道发射卫星困难，需要更多能量.

2.第二宇宙速度

在地面附近发射飞行器，使之能够克服地球的引力，永远离开地球所需的最小发射速度，其大小为11.2 km/s.当发射速度7.9 km/s<*v*0<11.2 km/s时，物体绕地球运行的轨迹是椭圆，且在轨道不同点速度大小一般不同.

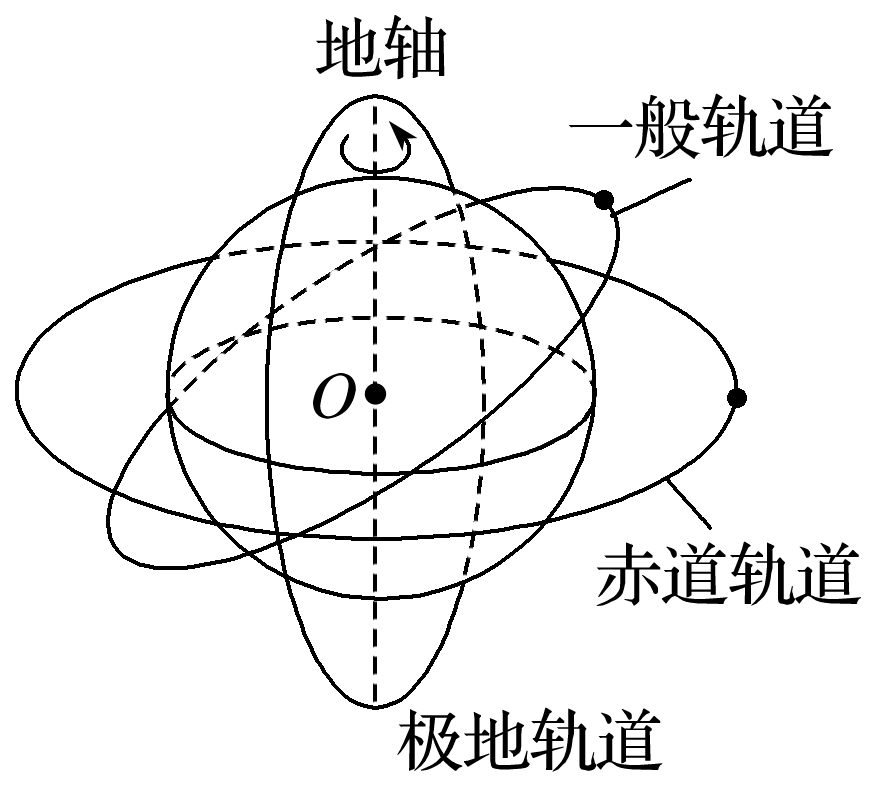
3.第三宇宙速度

在地面附近发射飞行器，使之能够挣脱太阳引力的束缚，飞到太阳系外的最小发射速度，其大小为16.7 km/s.

二、人造地球卫星

1.人造地球卫星

(1)卫星的轨道平面可以在赤道平面内(如同步轨道)，可以通过两极上空(极地轨道)，也可以和赤道平面成任意角度，如图所示.



图

(2)因为地球对卫星的万有引力提供了卫星绕地球做圆周运动的向心力，所以地心必定是卫星圆轨道的圆心.

2.近地卫星

(1)*v*1＝7.9 km/s；*T*＝≈85 min.

(2)7.9 km/s和85 min分别是人造地球卫星做匀速圆周运动的最大线速度和最小周期.

3.同步卫星

(1)“同步”的含义就是和地面保持相对静止，所以其周期等于地球自转周期.

(2)特点

①定周期：所有同步卫星周期均为*T*＝24 h.

②定轨道：同步卫星轨道必须在地球赤道的正上方，运转方向必须跟地球自转方向一致，即由西向东.

③定高度：由*G*()＝*m*(*R*＋*h*)可得，同步卫星离地面高度为*h*＝－*R*≈3.58×104 km≈6*R*.

④定速度：由于同步卫星高度确定，则其轨道半径确定，因此线速度、角速度大小均不变.

⑤定加速度：由于同步卫星高度确定，则其轨道半径确定，因此向心加速度大小也不变.

三、同步卫星、近地卫星、赤道上物体的比较

同步卫星、近地卫星、赤道上物体的比较

1.同步卫星和近地卫星都是万有引力提供向心力，即都满足＝*m*＝*mω*2*r*＝*mr*＝*ma*n.由上式比较各运动量的大小关系，即*r*越大，*v*、*ω*、*a*n越小，*T*越大.

2.同步卫星和赤道上物体都做周期和角速度相同的圆周运动.因此要通过*v*＝*ωr*，*a*n＝*ω*2*r*比较两者的线速度和向心加速度的大小.

## 例题精练

1．（肥东县校级模拟）2021年4月29日，“天和核心舱”成功进入预定轨道，标志着中国空间站在轨组装建造全面展开。未来空间站轨道高度约400km，运行轨道近似圆周，已知地球表面的重力加速度g＝10m/s2，地球半径约为R＝6.4×103km.假设空间站在赤道上空，则在空间站绕地球运行一周的过程中，宇航员看不到太阳的时间约为（　　）

A．24h B．12h C．45min D．5min

【分析】根据万有引力提供向心力结合向心力公式、万有引力和重力的关系求解周期，由此分析宇航员看不到太阳的时间。

【解答】解：中国空间站轨道近似为圆，中国空间站围绕地球做匀速圆周运动，设其周期为T，则有：菁优网-jyeoo＝m（R+h）菁优网-jyeoo

又因为GM＝R2g

解得：T＝菁优网-jyeoo

已知R＝6.4×103km＝6.4×106m，h＝400km＝4×105m

代入数据可得T＝5.5×103s＝92min，所以宇航员看不到太阳的时间约为46min，故C正确，ABD错误。

故选：C。

【点评】解决本题的关键知道天体运动靠万有引力提供向心力，然后选择合适的向心力公式即可，注意相对于地球半径来说，空间站离地距离很小，可视为近地卫星进行处理即可。

2．（和平区校级二模）2018年4月，中国首个空间实验室“天宫一号”坠入大气层焚毁。“天宫一号”是中国首个“目标飞行器”，其主要目的在于和神舟飞船（称“追踪飞行器”）配合完成交会对接飞行测试，为建设空间站积累经验。其在轨工作1630天，失联759天，在地球引力下轨道高度不断衰减，最终于4月2日早晨8点15分坠入大气层焚毁。据报道，该次坠落没有造成任何危险。“天宫一号”空间实验室于2011年9月在酒泉发射升空，设计寿命两年轨道平均高度约为350km。作为中国空间站的前身，在役期间，“天宫一号”先后与神舟八号、九号、十号飞船配合完成六次交会对接任务，共计接待6名航天员，完成多项科学实验。设“天宫一号”飞行器的轨道半径为r，地球表面重力加速度为g，地球半径为R，地球自转周期为T，对于“天宫一号”在服役运行过程中，下列说法正确的是（　　）

A．根据题中数据，可求出地球的质量菁优网-jyeoo，地球质量也可表达为菁优网-jyeoo

B．进行对接时，“神舟八号”飞船需要从自身所处的低轨道减速才能与处于高轨道的“天宫一号”完成对接

C．“天宫一号”飞行器运动的周期是菁优网-jyeoo

D．“天宫一号”的航天员在一天内可以看到日出的次数是菁优网-jyeoo

【分析】“天宫一号”的周期不等于地球自转周期，不能根据万有引力提供向心力，结合自转周期求出地球的质量。

根据变轨的原理判断如何实现对接。

根据万有引力提供向心力和万有引力等于重力求出“天宫一号”飞行器的周期。

根据自转周期和“天宫一号”的周期求出宇航员一天内看到日出的次数。

【解答】解：A、“天宫一号”的周期与地球自转周期不等，不能根据菁优网-jyeoo，求出地球质量M＝菁优网-jyeoo，故A错误。

B、“神舟八号”飞船与“天宫一号”进行对接时，“神舟八号”飞船需要从低轨道加速，使得万有引力小于向心力，做离心运动，实现对接，故B错误。

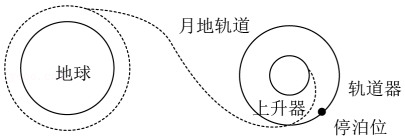
C、根据万有引力提供向心力可知，菁优网-jyeoo＝mr菁优网-jyeoo，GM＝gR2得，“天宫一号”飞行器运动的周期T0＝2菁优网-jyeoo，故C错误。

D、“天宫一号”在地球自转周期内，转动的圈数N＝菁优网-jyeoo，则天宫一号的航天员在一天内可以看到日出的次数是N＝菁优网-jyeoo，故D正确。

故选：D。

【点评】该题考查了人造卫星的相关知识，解决本题的关键掌握万有引力定律的两个重要理论：1、万有引力等于重力，2、万有引力提供向心力，并能灵活运用，难度中等。

## 随堂练习

1．（江苏模拟）2020年12月6日，嫦娥五号上升器成功与轨道器和返回器组合体交会对接，并将样品容器安全转移至返回器中．这是我国首次实现月球轨道交会对接．如图，上升器进入环月飞行轨道开始，通过远程导引和近程自主控制，轨道器和返回器组合体逐步靠近上升器，以抱抓的方式捕获上升器，5时42分，完成交会对接，并将样本转移至轨道器中后，上升器圆满完成使命与轨道器分离．为避免成为太空垃圾，影响国际社会后续月球探测任务，上升器受控离轨落月．已知地球的半径为R，地球表面的重力加速度为g，轨道器轨道半径为r，月球质量大约是地球的菁优网-jyeoo，月球半径大约是地球的菁优网-jyeoo．下列有关说法中正确的是（　　）

A．月球的第一宇宙速度约为1.68km/s

B．轨道器与地心的连线在单位时间内扫过的面积为菁优网-jyeoo

C．搭载月壤的上升器离开月球时一直是完全失重状态

D．返回舱取月壤后，重新在月球上起飞的过程中，机械能守恒

【分析】根据万有引力提供向心力求出月球的第一宇宙速度与地球的第一宇宙速度之比，从而求得月球的第一宇宙速度；根据万有引力提供向心力求出轨道器的线速度大小，再由运动学公式和几何知识相结合求轨道器与月心的连线在单位时间内扫过的面积；根据加速度方向判断上升器的运动状态；根据除重力以外的力做功情况，判断机械能是否守恒。

【解答】解：A、根据万有引力提供向心力得G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，得v＝菁优网-jyeoo，则月球的第一宇宙速度与地球的第一宇宙速度之比：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo≈0.21

故月球的第一宇宙速度为v月＝0.21v地＝0.213×7.9km/s≈1.68km/s，故A正确；

B、轨道器绕地球做匀速圆周运动，设线速度大小为v，根据G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo

在地球表面上，根据万有引力等于重力，得G菁优网-jyeoo＝m′g，联立以上两式得v＝菁优网-jyeoo

轨道器与地心的连线在单位时间内扫过的面积为S＝菁优网-jyeoor（v×1）＝菁优网-jyeoor菁优网-jyeoo，故B错误；

C、搭载月壤的上升器离开月球时向上加速，加速度竖直向上，处于超重状态，故C错误；

D、返回舱取月壤后，重新在月球上起飞的过程中，向上加速，升力对它做功，其机械能不守恒，故D错误。

故选：A。

【点评】本题考查人造卫星的相关知识，要明确万有引力提供向心力和万有引力等于重力这两条基本思路，理解第一宇宙速度的含义。

2．（海淀区校级三模）“天和一号”是中国载人航天工程中第一个空间站核心舱，已于2021年4月29日在海南文昌由长征五号B运载火箭发射升空，这是中国空间站建造的重要起点。入轨后，“天和一号”的航天员将在天内多次看到日出日落的神奇现象。则下列关于“天和一号”在轨飞行时的描述正确的是（　　）

A．离地面的高度大于地球同步卫星的高度

B．运行的向心加速度小于轨道所在处的引力加速度

C．运行速度小于第一宇宙速度

D．航天员可以利用天平测量物体的质量

【分析】根据开普勒第三定律分析周期与轨道半径的关系。

根据万有引力提供向心力分析。

根据第一宇宙速度的定义分析。

根据完全失重的规律分析。

【解答】解：A、“天和一号”的航天员将在一天内多次看到日出日落，说明核心舱的周期小于地球同步卫星的周期，根据开普勒第三定律可知，菁优网-jyeoo＝k，则核心舱的离地高度小于地球同步卫星的高度，故A错误；

B、核心舱运行过程中，万有引力提供向心力，则运行的向心加速度等于轨道处的引力加速度，故B错误；

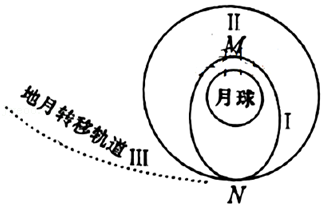
C、第一宇宙速度是近地卫星绕地球表面做圆周运动的运行速度，是圆周运动的最大运行速度，则核心舱的运行速度小于第一宇宙速度，故C正确；

D、核心舱在轨运行时，处于完全失重状态，与重力有关现象消失，不能用天平测量物体的质量，故D错误。

故选：C。

【点评】该题考查了人造卫星的相关知识，明确万有引力提供向心力，掌握第一宇宙速度的定义，以及完全失重的含义是解题的关键。

3．（浙江模拟）2020年人类面临前所未有的巨大挑战，在超难模式下，中国航天不断创造奇迹。其中嫦娥五号完美完成中国航天史上最复杂任务后于2020年12月17日成功返回，最终收获1731克样本。图中椭圆轨道Ⅰ、100公里环月轨道Ⅱ及月地转移轨道Ⅲ分别为嫦娥五号从月球返回地面过程中所经过的三个轨道示意图，下列关于嫦娥五号从月球返回过程中有关说法正确的是（　　）



A．在轨道Ⅱ上运行时的周期小于轨道上运行时的周期

B．在轨道Ⅰ运行时的加速度大小始终大于轨道Ⅱ上时的加速度大小

C．在N点时嫦娥五号经过点火加速才能从Ⅱ轨道进入Ⅲ轨道返回

D．在地月转移轨道上飞行的过程中可能存在不受万有引力的瞬间

【分析】根据开普勒第三定律分析。

同一位置，只受万有引力，加速度相等。

圆周运动的卫星加速后做离心运动，减速后做向心运动。

【解答】解：A、根据开普勒第三定律可知，菁优网-jyeoo＝k，嫦娥五号在轨道II上的半长轴大，则运行周期大于在轨道I上的运行周期，故A错误；

B、在N点时，轨道I和轨道II相交，此时运行的加速度大小相等，故B错误；

C、在N点，嫦娥五号要想做离心运动，从轨道II变轨到轨道III，需要加速离心，故C正确；

D、在地月转移轨道上飞行的过程中，嫦娥五号受到地球和月球的万有引力作用，故D错误。

故选：C。

【点评】该题考查了人造卫星的相关知识，解决本题的关键掌握万有引力定律的两个重要理论：1、万有引力等于重力，2、万有引力提供向心力，并能灵活运用。

4．（姜堰区模拟）2021年5月15日，我国首次火星探测任务“天问一号”探测器在火星表面预选着落区着落，迈出了我国星际探测征程的重要一步。后续，祝融号火星车将开展巡视探测。已知火星直径约为地球直径的50%，火星质量约为地球质量的10%，近地卫星的周期约1.5小时，下列说法正确的是（　　）

菁优网：http://www.jyeoo.com

A．“天问一号”在火星表面圆轨道上的环绕周期大于1小时

B．“天问一号”的发射速度大于7.9km/s小于11.2km/s

C．“天问一号”在火星表面圆轨道上的绕行速度大于7.9km/s

D．火星表面的重力加速度大于9.8m/s2

【分析】根据万有引力与重力的关系求解火星表面的重力加速度；

“天问一号”已经脱离地球的吸引，但没有挣脱太阳的吸引，由此分析发射速度大小；

由万有引力提供向心力得到线速度的表达式，由此分析“天问一号”在火星表面圆轨道上的绕行速度；

根据万有引力提供向心力结合向心力计算公式分析“天问一号”在火星表面圆轨道上的环绕周期。

【解答】解：A、根据万有引力提供向心力可得：菁优网-jyeoo＝mR菁优网-jyeoo，解得：T＝菁优网-jyeoo，设在地球表面圆轨道运行的卫星周期为T地，在火星表面圆轨道运行的卫星周期为T火

则：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，则“天问一号”绕火星表面转动的周期T火＝菁优网-jyeooT地，近地卫星周期约为1.5小时，所以T火≈95min＞1h，故A正确；

B、“天问一号”已经脱离地球的吸引，但没有挣脱太阳的吸引，所以其发射速度大于11.2km/s小于16.7km/s，故B错误；

C、由万有引力提供向心力有：菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，解得：v＝菁优网-jyeoo，则有：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，则v火＝菁优网-jyeoov地＜7.9km/s，故C错误；

D、根据万有引力与重力的关系可得：菁优网-jyeoo＝mg，解得星球表面的重力加速度为：g＝菁优网-jyeoo，所以菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝10%×菁优网-jyeoo＝0.4，所以火星表面的重力加速度g火＝0.4×9.8m/s2＜9.8m/s2，故D错误；

故选：A。

【点评】解决天体（卫星）运动问题的基本思路：（1）在地面附近万有引力近似等于物体的重力，F引＝mg，整理得GM＝gR2；（2）天体运动都可近似地看成匀速圆周运动，其向心力由万有引力提供，即F引＝F向，根据相应的向心力表达式进行分析。

# 综合练习

**一．选择题（共15小题）**

1．（临川区校级三模）2020年7月23日，中国“天问一号”探测器发射升空，开启了火星探测之旅。已知火星的直径约为地球的一半，质量约为地球的菁优网-jyeoo，自转轴倾角、自转周期与地球很接近，但公转周期是地球的两倍。由以上信息判断下列说法正确的是（　　）

A．火星的表面重力加速度约为地球的0.8倍

B．火星的第一宇宙速度约为3.7km/s

C．火星公转轨道的半长轴约为地球的2倍

D．火星的同步卫星轨道半径约为地球的菁优网-jyeoo

【分析】根据重力等于万有引力列式，得到星球表面重力加速度表达式，再求解火星表面与地球表面重力加速度之比；根据万有引力提供向心力，求火星的第一宇宙速度；根据开普勒第三定律求火星和地球公转半径关系；根据万有引力提供向心力求火星的同步卫星轨道半径与地球的同步卫星轨道半径关系。

【解答】解：A、设星球的质量为M，半径为R，星球表面重力加速度为g，根据重力等于万有引力得mg＝G菁优网-jyeoo，得g＝菁优网-jyeoo

则火星表面与地球表面重力加速度之比：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo×22＝菁优网-jyeoo≈0.44，则火星的表面重力加速度约为地球的0.44倍，故A错误；

B、根据mg＝m菁优网-jyeoo得星球的第一宇宙速度为v＝菁优网-jyeoo，则火星的第一宇宙速度与地球的第一宇宙速度之比：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo≈0.47，则火星的第一宇宙速度为v火＝0.47v地＝0.47×7.9km/s≈3.7km/s，故B正确；

C、根据开普勒第三定律菁优网-jyeoo＝k得火星公转轨道的半长轴与地球公转轨道的半长轴之比：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，即火星公转轨道的半长轴为地球的菁优网-jyeoo倍，故C错误；

D、星球同步卫星的运行周期等于星球的自转周期，根据万有引力提供向心力，得G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoor，得星球同步卫星的轨道半径：r＝菁优网-jyeoo，因为火星的自转周期与地球接近，则火星的同步卫星轨道半径与地球的同步卫星轨道半径之比：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故D错误。

故选：B。

【点评】解答本题时，要建立运动模型，抓住万有引力提供向心力和万有引力等于重力这两条思路进行处理。要熟练运用比例法进行解答。

2．（梅州模拟）2020年10月1日，天问一号在太空传回“自拍照”为祖国母亲庆生，让五星红旗飘扬于太空，据公开资料显示，天问一号是我国首个火星探测器，其传回照片的时候离地球表面高度约等于4倍地球半径，预计于2021年6月登陆离太阳更远的目的地火星。根据以上信息判断，下列说法正确的是（　　）

A．“自拍”时天问一号所受地球引力约为在地球表面时所受引力的十六分之一

B．天问一号发射时的速度需大于第三宇宙速度

C．火星的公转速度比地球公转速度大

D．火星的公转周期比地球公转周期大

【分析】A、用万有引力定律解答；B、由宇宙速度物理含义解答；C、D、用万有引力定律和牛顿第二定律推导v、T与轨道半径的关系即可解答。

【解答】解：A、设地球半径为R，质量为M，天问一号质量为m，自拍时受万有引力F＝G菁优网-jyeoo，在地球表面受万有引力F′＝G菁优网-jyeoo，则菁优网-jyeoo，故A错误；

B、天问一号是火星探测器，没有脱离太阳的束缚，发射速度小于第三宇宙速度，故B错误；

C、设太阳质量我M′，行星质量为m′由万有引力定律：G菁优网-jyeoo＝m′菁优网-jyeoo，得：v＝菁优网-jyeoo，因为r火＞r地，所以：v火＜v地，故C错误；

D、由万有引力定律：G菁优网-jyeoo＝m′菁优网-jyeoo，得：T＝2π菁优网-jyeoo，因为r火＞r地，所以：T火＞T地，故D正确。

故选：D。

【点评】本题重点要会推导卫星参数v、ω、T与轨道半径的关系，最好熟记。

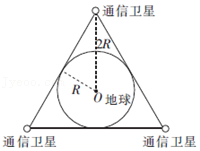
3．（河北模拟）无线通信早已进入大众的日常生活，可是海上或深山中由于无法建立基站而通信困难，利用三颗对称分布的地球同步卫星，基本上可使地球上除两极附近外的任意两点之间实现实时通信。正常情况下地球同步卫星的轨道距地球表面的高度为地球半径的5.6倍，若降低通信卫星的高度，只要任意两颗卫星之间的连线不通过地球而直接连接就能实现实时通信，即通信卫星距地面的高度等于地球半径时，通信卫星的周期最小，取菁优网-jyeoo＝0.55，则通信卫星的最小周期约为（　　）

A．1h B．4h C．8h D．16h

【分析】根据任意两颗卫星之间的连线不通过地球而直接连接就能实现实时通信，通信卫星的周期最小，画出轨道图，由开普勒第三定律解答。

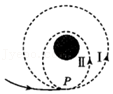
【解答】解：由题意：，如图所示：设地球的半径为R，则通信卫星的轨道半径为r′＝2R，同步卫星的轨道半径为r＝6.6R，同步卫星的周期T＝24h，由开普勒第三定律：菁优网-jyeoo，可得：T′＝T菁优网-jyeoo＝T菁优网-jyeoo＝24×菁优网-jyeooh＝菁优网-jyeooh＝4h，故B正确，ACD错误。

故选：B。



【点评】本题重点画出通信卫星的轨道分布图，关键题干：任意两颗卫星之间的连线不通过地球而直接连接就能实现实时通信，且周期最小，即任意两颗卫星之间的连线与地球相切。

4．（河南模拟）宇宙星辰浩瀚璀璨，中国航天风正帆悬。我国于2020年7月23日成功发射的“天问一号”火星探测器经过多次变轨，预计将于2021年5月份在火星着陆。如图所示，为“天问一号”火星探测器经过多次变轨后登陆火星的轨迹图，轨道I为圆形轨道，轨道Ⅱ为椭圆轨道，两轨道相切于P点，下列说法正确的是（　　）



A．“天问一号”在轨道Ⅰ运动的周期小于在轨道Ⅱ运动的周期

B．若已知“天问一号”在轨道Ⅰ运动的半径、运动周期和引力常量，可算出火星的密度

C．“天问一号”减速下降登陆火星的过程中处于超重状态

D．“天问一号”在轨道Ⅰ上P点运行的速度一定小于在轨道Ⅱ上P点运行的速度

【分析】A、由开普勒第三定律解答；B、由牛顿第二定律和万有引力定律解答；C、根据超重失重含义解答；D、先判断高轨变低轨还是低轨变高轨，再分析解答。

【解答】解：A、“天问一号”在轨道I运行的轨道半径大于在轨道Ⅱ运行的轨道半长轴，根据开普勒第三定律：菁优网-jyeoo，可知，“天问一号”在轨道I运动的周期大于在轨道Ⅱ运动的周期，故A错误；

B、由牛顿第二定律和万有引力定律：G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，解得：M＝菁优网-jyeoo，若已知“天问一号”在轨道Ⅰ运动的半径、运动周期和引力常量，可以得出火星的质量M，但由于不知道火星的半径R，故不能得出火星的密度，故B错误；

C、“天问一号”减速下降登陆火星的过程中具有向上的加速度，处于超重状态，故C正确；

D、从高轨道变轨到低轨道时，需要点火减速，做近心运动到低轨道，所以在轨道I上P点运行的速度大于在轨道Ⅱ上P点运行的速度，故D错误。

故选：C。

【点评】万有引力定律在天体运动中的应用：计算天体质量及密度是重点，变轨问题要注意高轨变低轨还是低轨变高轨。

5．（南充模拟）2020年6月23日，我国北斗三号全球卫星导航系统最后一颗组网卫星在西昌卫星发射中心点火升空，该卫星A最终在地球同步轨道运行。另一颗相同质量的卫星B也绕地球做圆周运动，A的轨道半径是B的4倍。下列说法正确的是（　　）

A．由v＝菁优网-jyeoo可知，A的线速度是B的2倍

B．由a＝ω2r可知，A的向心加速度是B的4倍

C．由F＝G菁优网-jyeoo可知，A的向心力是B的16倍

D．由菁优网-jyeoo＝k可知，A的周期是B的8倍

【分析】A、B、由牛顿第二定律和万有引力定律推导v、a与轨道半径的关系，再求比值；C、由万有引力定律解答；D、由开普勒第三定律解答。

【解答】解：A、设A、B质量为m，地球质量为M，卫星B的轨道半径为r，则A的轨道半径为4r，由牛顿第二定律和万有引力定律得：G菁优网-jyeoo，得：vA＝菁优网-jyeoo，同理可得：vB＝菁优网-jyeoo，所以：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故A错误；（v＝菁优网-jyeoo一般适宜在地表附近）

B、由牛顿第二定律和万有引力定律得：G菁优网-jyeoo，得：aA＝菁优网-jyeoo，同理可得：aB＝菁优网-jyeoo，所以：菁优网-jyeoo，故B错误；

C、由万有引力定律得：FA＝G菁优网-jyeoo，FB＝G菁优网-jyeoo，所以：菁优网-jyeoo，故C错误；

D、由开普勒第三定律：菁优网-jyeoo，可得：菁优网-jyeoo＝8倍，故D正确。

故选：D。

【点评】本题考查v、a与轨道半径的关系，应熟练掌握公式变换，用开普勒第三定律前提是围绕同一个中心天体运转。

6．（鼓楼区校级模拟）北京时间4月29日，长征五号B遥二运载火箭搭载中国空间站天和核心舱从海南文昌航天发射场升空并成功入轨．此次发射成功不仅标志着中国载人航天工程“三步走”成功迈出第三步，也宣告中国开启空间站任务的新时代．天和核心舱目前运行在距离地面约400km～450km、倾角约42°的近地轨道。下列说法正确的是（　　）

A．天和核心舱每天只能经过赤道正上方两次

B．仅凭文中数据和万有引力常量G，就可以大致估算出地球质量

C．将天和核心舱的轨道近似看成圆，其加速度一定大于地球赤道上某建筑的加速度

D．将天和核心舱的轨道近似看成椭圆，其在近地点时的机械能大于远地点时的机械能

【分析】计算核心舱T，可知道经过赤道的次数；根据核心舱与同步卫星的比较可知核心舱与赤道建筑物的加速度关系；核心舱在稳定轨道上机械能守恒。

【解答】解：A、根据万有引力提供向心力，即菁优网-jyeoo，解得核心舱的周期约为85min，每天经过赤道的次数大于2次，故A错误；

B、由于并不知道地球半径R，即核心舱的轨道半径，所以无法求得地球质量，故B错误；

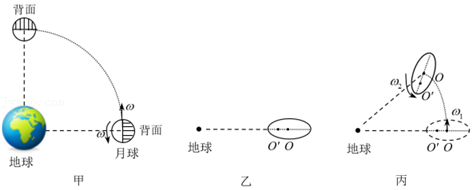
C、地球某建筑物的ω与同步卫星相等，由a＝rω2，可知地球某建筑物的加速度小于同步卫星的加速度，根据菁优网-jyeoo，可知核心舱的加速度大于同步卫星，所以核心舱加速度一定大于地球赤道上某建筑的加速度，故C正确；

D、核心舱在稳定轨道上机械能守恒，故D错误。

故选：C。

【点评】考查人造卫星相关的知识，解题的关键是明确核心舱的轨道半径，根据周期的计算可判断。

7．（海淀区模拟）卫星绕地球做圆周运动，由于卫星的转动，通常情况下在地球上的人们利用天文望远镜将有机会观察到卫星的各个表面。由于月球的自转角速度和绕地球公转的角速度大小相等，地球上的人们将无法观察到月球的背面。如图甲所示，当月球绕地球公转一定角度时（比如90°），月球也恰好自转相同的角度（90°），所以月球朝向地球的一面始终是相同的，这种现象叫做“潮汐锁定”。潮汐锁定现象可简略的解释为：由于万有引力与距离的平方成反比，月球上相同的质量在靠近地球的一侧受到的引力略大于背离地球的一侧，因而月球将会被拉长，产生轻微形变，如图乙所示（图中已把形变效果放大），引力“等效的作用点”也将会偏离O点，而变为更靠近地球一侧的O′点；如图丙所示，若月球的自转比公转快，地球对月球的万有引力将会阻碍月球自转，这个过程也会导致月球内部岩石的弯折、挤压和摩擦等，因而月球的自转角速度会变慢，直到月球自转角速度和绕地球公转的角速度大小相等为止。结合以上信息，下列说法中错误的是（　　）



A．如果月亮只有公转而没有自转，地球上的人们将可能观察到月球的背面

B．月球内部岩石的弯折、挤压和摩擦会产生热能，月球的自转动能将会减少

C．若月球的自转比公转慢，地球对月球的万有引力将会加速月球的自转

D．地球的自转周期将不会受到地月间万有引力的影响，因而地球的自转周期不变

【分析】分析题意，根据月球的自转和公转规律分析。

月球内部岩石的弯折、挤压和摩擦等，导致月球的自转角速度会变慢，线速度变小。

根据潮汐锁定现象分析。

【解答】解：A、如果月亮只有公转而没有自转，则地球上的人们可以看到月球的背面，故A正确；

B、分析题意可知，月球内部岩石的弯折、挤压和摩擦等，导致月球的自转角速度会变慢，根据线速度与角速度关系可知，v＝ωR，线速度变小，自转动能减少，故B正确；

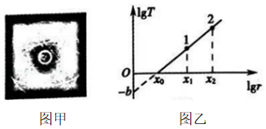
C、若月球的自转比公转快，地球对月球的万有引力将会阻碍月球自转，若月球的自转比公转慢，地球对月球的万有引力将会加速月球的自转，故C正确；

D、地球的自转周期将会受到地月间万有引力的影响，当发生潮汐锁定现象时，地月间的万有引力变大，影响地球的自转周期，故D错误。

本题选错误的，故选：D。

【点评】该题考查了万有引力定律的相关知识，属于信息题，明确题干信息，并应用万有引力相关规律求解是关键。

8．（聊城二模）2020年7月31日，北斗闪耀，泽沐八方。北斗三号全球卫星导航系统（如图甲所示）建成暨开通仪式在北京举行。如图乙所示为55颗卫星绕地球在不同轨道上运动的lgT﹣lgr图像，其中T为卫星的周期，r为卫星的轨道半径，1和2对应其中的两颗卫星。已知引力常量为G，下列说法正确的是（　　）



A．地球的半径为x0

B．地球质量为菁优网-jyeoo

C．卫星1和2运动的线速度大小之比为10x2：10x1

D．卫星1和2向心加速度大小之比为10x2：10x1

【分析】A、万有引力提供向心力，表达出图像中纵轴和横轴物理量之间的函数关系式，结合图像横轴截距解答；B、用图像纵轴截距解答；C、由万有引力提供向心力，表达v求比值；D、由万有引力提供向心力，表达a求比值.

【解答】解：A、设地球质量为M，卫星质量为m，由万有引力提供向心力：G菁优网-jyeoo，可得：T2＝菁优网-jyeoo，两边取常用对数：2lgT＝3lgr﹣lg菁优网-jyeoo，即lgT＝菁优网-jyeoo

由图乙知：当lgT＝0时，lgr＝x0，即：3x0＝lg菁优网-jyeoo，即10菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，所以：x0不代表地球半径，故A错误；

B、由图乙知：lgr＝0时，lgT＝b，即b＝﹣菁优网-jyeoo，整理：102b＝菁优网-jyeoo，得M＝菁优网-jyeoo，故B正确；

C、由G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo得v＝菁优网-jyeoo，所以菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故C错误；

D、由G菁优网-jyeoo＝ma，得a＝菁优网-jyeoo，所以菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故D错误。

故选：B。

【点评】本题主要在于推导v、T、a与轨道半径的关系，利用图像结合数学知识进行求解。

9．（南通四模）2021年4月29日，我国天宫空间站的“天和”核心舱发射成功，核心舱的运行轨道距地面高度为340～450km，则核心舱（　　）



A．运行速度大于第一宇宙速度

B．发射速度大于第一宇宙速度

C．运行周期大于地球自转周期

D．运行加速度大于地面的重力加速度

【分析】根据万有引力提供向心力，得到周期、线速度、角速度和向心加速度的表达式，结合轨道半径关系分析。

【解答】解：设核心舱的运行速度、运行周期和运行加速度分别为v、T和a，则根据万有引力提供向心力有

G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo＝mr菁优网-jyeoo＝ma

A、根据G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，核心舱的运行轨道距地面高度为340～450km，即轨道半径大于地球半径，运行速度小于第一宇宙速度，故A错误；

B.物体在地面附近绕地球做匀速圆周运动的速度叫做第一宇宙速度，在地面附近发射飞行器，如果速度等于7.9km/s，飞行器恰好做匀速圆周运动。而发射越高，克服地球引力做功越大，需要的初动能也越大，故发射速度大于第一宇宙速度，故B正确；

C.根据G菁优网-jyeoo＝mr菁优网-jyeoo，解得菁优网-jyeoo核心舱的运行轨道距地面高度为340～450km，即轨道半径小于地球同步卫星的轨道半径，运行周期小于地球同步卫星，同步星的周期和地球自转周期相等，运行周期小于地球自转周期，故C错误；

D.根据

G菁优网-jyeoo＝ma

解得a＝菁优网-jyeoo

地面上的物体

G菁优网-jyeoo＝mg

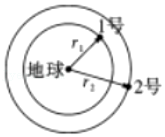
解得g＝菁优网-jyeoo

核心舱的运行轨道距地面高度为340～450km，即轨道半径大于地球半径，运行加速度小于地面的重力加速度，故D错误。

故选：B。

【点评】解决本题的关键要明确飞船绕地球做匀速圆周运动时，由地球的万有引力提供向心力，通过列式进行定性分析。

10．（沙坪坝区校级模拟）如图所示，北斗导航系统中两颗绕地球做匀速圆周运动的卫星1号和卫星2号，其轨道半径分别为r1、r2，且r1：r2＝3：4，不计两卫星间的引力作用和其他星体的影响，则卫星1号和2号分别与地球的连线在单位时间内扫过的面积之比为（　　）



A．菁优网-jyeoo：2 B．2：菁优网-jyeoo C．3：4 D．4：3

【分析】根据面积公式和万有引力提供向心力，得出扫过面积和半径r的关系，再代入已知量即可。

【解答】解：取△t时间，则该段时间内扫过的面积S＝菁优网-jyeoov△t＝菁优网-jyeooωr2，

卫星绕地球做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，有菁优网-jyeoo＝mrω2，

整理可得ω＝菁优网-jyeoo

故S∝菁优网-jyeoo，所以菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故A正确，BCD错误。

故选：A。

【点评】在处理天体运动问题时，要牢记万有引力提供向心力的各种表达式，比如菁优网-jyeoo＝mrω2＝mr菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo。

11．（宝鸡模拟）2020年10月12日和26日，我国在西昌卫星发射中心分别将“高分十三号”和“天启星座06”两颗地球卫星成功送入预定轨道。“高分十三号”是一颗高轨道光学遥感卫星，“天启星座06”是一颗低轨道卫星，若两卫星均绕地球做匀速圆周运动，则由以上信息可知（　　）

A．“高分十三号”绕地球运动的周期小于“天启星座06”的周期

B．“高分十三号”绕地球运动的动能小于“天启星座06”的动能

C．“高分十三号”绕地球运动的加速度小于“天启星座06”的加速度

D．“高分十三号”绕地球运动的角速度大于“天启星座06”的角速度

【分析】根据万有引力提供向心力，分别变形后得出各物理量与轨道半径的关系可判断。

【解答】解：根据万有引力提供向心力，可知菁优网-jyeoo，则

A.T＝菁优网-jyeoo，半径越大，周期越大，则高轨道的“高分十三号”卫星的周期大，故A错误；

B.结合 Ek＝菁优网-jyeoo，得Ek＝菁优网-jyeoo，由于两颗卫星质量未知，则动能大小不能确定，故B错误；

C、菁优网-jyeoo，半径越大，加速度越小，则高轨道的“高分十三号”卫星的加速度小，故C正确；

D、菁优网-jyeoo，则半径越大，角速度越小，则高轨道的“高分十三号”卫星的角速度小，故D错误。

故选：C。

【点评】本题考查万有引力提供向心力，熟练掌握公式即可判断，较简单。

12．（宝鸡模拟）2020年6月23日，我国在西昌卫星发射中心用长征三号乙运载火箭，成功发射北斗系统第五十五颗导航卫星，暨北斗三号最后一颗全球组网卫星，至此北斗三号全球卫星导航系统星座部署比原计划提前半年完成该卫星为地球同步卫星，关于这颗卫星，下列说法正确的是（　　）

A．它可以绕地球自转轴上任意一点转动，但轨道半径是一定的

B．它可以在地面上任一点的正上方但离地心的距离是一定的

C．它只能在赤道的正上方，但离地心的距离可按需要选择不同值

D．它只能在赤道的正上方，且离地心的距离是一定的

【分析】根据卫星的运行规律分析。

地球同步卫星的运行周期等于地球自转周期，由万有引力提供向心力列式，可求出轨道离地高度。

【解答】解：根据卫星运行规律，万有引力提供向心力，则卫星必须以地心为圆心，

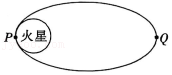
同步卫星的周期为24h，根据万有引力提供向心力可知，菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，解得R+h＝菁优网-jyeoo，

同步卫星必须在赤道的正上方，否则无法实现与地球自转的同步，故D正确，ABC错误。

故选：D。

【点评】该题考查了同步卫星的相关规律，理解同步卫星的运行周期等于地球自转周期，能根据万有引力提供向心力求卫星的高度。

13．（沙坪坝区校级模拟）2021年2月24日，中国首次火星探测任务—天问一号探测器成功实施第三次近火制动，进入火星停泊轨道。探测器将在停泊轨道上运行约3个月进行科学探测，为5月至6月着陆火星做好准备。如图所示，停泊轨道的近地点为P，远地点为Q。下列说法正确的是（　　）



A．探测器在P点的动能小于在Q点的动能

B．探测器周期大于近火卫星周期

C．探测器在P点的加速度等于在Q点的加速度

D．探测器机械能小于近火卫星机械能

【分析】根据开普勒第二定律分析近火点和远火点的速度关系。

根据开普勒第三定律确定周期间的关系。

根据万有引力提供向心力分析加速度。

探测器和近火卫星的质量未知，无法比较机械能。

【解答】解：A、在停泊轨道上从P点到Q点的过程中，根据开普勒第二定律可知，近火点的速度大，故P点的速度大，动能大，故A错误；

B、根据开普勒第三定律可知，菁优网-jyeoo＝k，探测器的轨道半长轴大于近火卫星的半径，则探测器周期大于近火卫星的周期，故B正确；

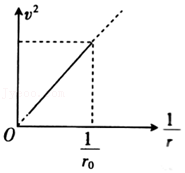
C、根据万有引力提供向心力可知，菁优网-jyeoo＝ma，解得a＝菁优网-jyeoo，探测器在P点的加速度大于在Q点的加速度，故C错误；

D、探测器和近火卫星的质量未知，无法比较机械能，故D错误。

故选：B。

【点评】此题考查了万有引力定律及其应用，要熟记万有引力的公式和圆周运动的一些关系变换式，注意只有围绕同一中心天体运动时，才能用开普勒第三定律解题。

14．（泰安模拟）宇航员驾驶宇宙飞船绕一星球做匀速圆周运动，测得飞船线速度大小的二次方与轨道半径的倒数的关系图像如图中实线所示，该图线（直线）的斜率为k，图中r0（该星球的半径）为已知量。引力常量为G，下列说法正确的是（　　）



A．该星球的密度为菁优网-jyeoo

B．该星球自转的周期为菁优网-jyeoo

C．该星球表面的重力加速度大小为菁优网-jyeoo

D．该星球的第一宇宙速度为菁优网-jyeoo

【分析】根据万有引力提供向心力列关于速度、加速度的方程可分别求出密度、表面的加速度、及第一宇宙速度。

【解答】解：根据万有引力提供向心力得：G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，解得：v2＝菁优网-jyeoo，由题意k＝GM

A、分析图象可知，宇宙飞船的轨道半径最小为r0，所以星球的半径为r0

根据ρ＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故A正确；

B、根据万有引力提供向心力知只能求环绕星球的周期，无法求星球自转的周期，故B错误；

C、根据万有引力提供向心力得：菁优网-jyeoo＝mg，解得：g＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故C错误；

D、根据万有引力提供向心力得：菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，解得：v0＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故D错误。

故选：A。

【点评】此题考查了万有引力定律及其应用，要熟记万有引力的公式和圆周运动的一些关系变换式，解题依据为万有引力提供向心力。

15．（重庆模拟）某行星因为自转的原因，物体在该行星两极的重力大小是其在赤道处重力大小的n倍（n＞1）。若该行星可视为质量分布均匀的球体，且其自转轴在其两极连线上，已知该行星赤道正上方的近地卫星角速度大小为ω0，则该行星自转的角速度大小为（　　）

A．菁优网-jyeoo B．菁优网-jyeoo C．菁优网-jyeoo D．菁优网-jyeoo

【分析】两极地区重力与万有引力相等，赤道上重力与随行星自转的向心力之和与万有引力相等。

据此由两极处重力为赤道上n倍计算出自转的角速度即可。

【解答】解：在两极处，物体的重力与万有引力相等有：

菁优网-jyeoo＝mg

在赤道处，万有引力与重力的差值提供物体随星球自转的向心力有：

菁优网-jyeoo

由题意知：mg＝nmg′

近地卫星运行时，万有引力提供向心力，菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo

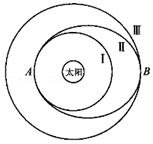
联立解得：ω＝菁优网-jyeoo，故B正确，ACD错误。

故选：B。

【点评】星球表面重力等于万有引力是在忽略星球自转的情况下相等的，若考虑星球自转，在星球两极处重力与万有引力相等，在赤道处重力最小，万有引力一部分提供随星球自转的向心力，一部分显示为物体的重力。

**二．多选题（共15小题）**

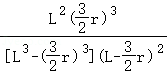
16．（湖南模拟）随着地球气候变暖的加剧，某物理兴趣小组设想通过模拟卫星变轨的方法，将地球加速变轨到火星的绕日运转轨道，借此移居的计划给地球“降温”.经查阅资料，他们发现火星的绕日半径是地球绕日半径的菁优网-jyeoo倍，而火星的质量是地球质量的菁优网-jyeoo，假设太阳的质量为M，地球的质量为m，地日距离为r，如图所示，计划将地球从自身轨道Ⅰ，经椭圆轨道Ⅱ进入火星轨道Ⅲ，A、B为两轨道的切点，则下列说法正确的是（　　）



A．移居前，地球和火星受到太阳的万有引力之比为4：81

B．如果成功转移地球轨道，地球的一年将变成3π菁优网-jyeoo

C．假设距太阳r处，地球产生的引力势能为Ep＝﹣菁优网-jyeoo，则地球在移居计划前后需通过外力给地球做的功为菁优网-jyeoo

D．若移居成功，为了更好地监视火星的运动状态，兴趣小组设想在火星轨道的外侧安置一颗人造卫星，使其仅在火星和太阳的引力作用下实现与火星做同步绕太阳的圆周运动，若卫星与太阳的距离为L，则太阳和火星的质量之比为

【分析】根据万有引力定律分析。

根据万有引力提供向心力分析。

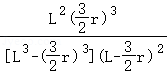
机械能由动能和引力势能组成，根据能量守恒定律分析。

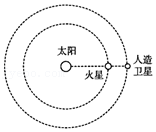
画出火星、太阳和人造卫星的相对位置分析。

【解答】解：A、由万有引力定律可知，F＝菁优网-jyeoo，可求出地球和火星受到太阳的万有引力之比为81：4，故A错误；

B、由题意可知，此时地球的绕日半径变为菁优网-jyeoo，各模块万有引力提供向心力可知，菁优网-jyeoo，解得T＝3菁优网-jyeoo，故B错误；

C、在轨道Ⅰ，由万有引力定律提供向心力有菁优网-jyeoo，可知动能菁优网-jyeoo，又由题意可知，此时的引力势能菁优网-jyeoo，故在轨道Ⅰ的总机械能为E1＝Ek+Ep＝﹣菁优网-jyeoo，同理可得，在轨道Ⅲ的总机械能E2＝菁优网-jyeoo，由能量守恒定律可知，外力需要做的功W＝E2﹣E1＝菁优网-jyeoo，故C正确；

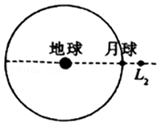
D、由题意可知，火星、太阳和人造卫星的相对位置如图，由万有引力定律提供向心力，对火星有：菁优网-jyeoo，对人造卫星，有菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，解得菁优网-jyeoo，故D正确.



故选：CD。

【点评】该题考查了万有引力定律的综合应用，解题的关键是明确万有引力通过向心力，画出火星、太阳和人造卫星的相对位置是解题的关键。

17．（辽宁模拟）2018年6月14日11时06分，探月工程嫦娥四号任务“鹊桥”中继星成为世界首颗成功进入地月拉格朗日L2点的Halo使命轨道的卫星，为地月信息联通搭建“天桥”。如图所示，该L2点位于地球与月球连线的延长线上，“鹊桥”位于该点，在几乎不消耗燃料的情况下与月球同步绕地球做圆周运动．已知地球、月球和“鹊桥”的质量分别为Me、Mm、m，地球和月球之间的平均距离为R，L2点离月球的距离为x，不计“鹊桥”对月球的影响，则（　　）



A．“鹊桥”的线速度大于月球的线速度

B．“鹊桥”的向心加速度小于月球的向心加速度

C．x满足菁优网-jyeoo

D．x满足菁优网-jyeoo

【分析】“鹊桥”星绕地球做圆周运动的轨道周期与月球绕地球做圆周运动的轨道周期相同，其受到地球和月球的引力，二者合力提供向心力，根据牛顿第二定律列式分析。

【解答】解：A、根据题意可知，“鹊桥”与月球运动的角速度相等，“鹊桥”中继星绕地球转动的半径比月球绕地球转动的半径大，根据线速度υ＝ωr可知，“鹊桥”中继星绕地球转动的线速度比月球绕地球转动的线速度大，故A正确；

B、根据向心加速度a＝ω2r可知，“鹊桥”中继星绕地球转动的向心加速度比月球绕地球转动的向心加速度大，故B错误；

CD、中继卫星的向心力由月球和地球引力的合力提供，则有菁优网-jyeoo

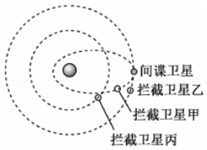
对月球而言，则有菁优网-jyeoo

两式联立可解得菁优网-jyeoo。故C正确，D错误。

故选：AC。

【点评】解决本题的关键知道物体做圆周运动，靠地球和月球引力的合力提供向心力。不能认为靠地球的万有引力提供向心力进行分析求解，另外还要仅仅抓住：中继卫星在地月引力作用下绕地球转动的周期与月球绕地球转动的周期相同。

18．（菏泽二模）拦截卫星，是指用于攻击敌方卫星的人造卫星。具有变轨能力，装备有跟踪识别装置和杀伤武器。拦截卫星接近攻击目标卫星的方式有三种：一是送入长椭圆轨道后，以极高速度接近并到达目标附近区域，如拦截卫星甲；二是送入与目标卫星相同的轨道，在目标卫星附近攻击目标，如拦截卫星乙；三是由低轨道直接加速，以直接上升方式接近目标卫星，如拦截卫星丙。下列说法正确的是（　　）



A．拦截卫星甲接近目标时，可以起爆炸药装置击毁间谍卫星

B．拦截卫星乙可以向前加速冲撞攻击间谍卫星

C．拦截卫星丙可以向前加速冲撞攻击间谍卫星

D．拦截卫星甲远离地球时，机械能增加

【分析】根据卫星变轨的原理分析，拦截卫星向前加速，做离心运动，轨道半径变大。

拦截卫星甲远离地球的过程中，只受万有引力作用，机械能不变。

【解答】解：A、拦截卫星甲靠近目标，起爆炸药装置可以击毁间谍卫星，故A正确；

B、拦截卫星乙向前加速，做离心运动，轨道半径变大，不能冲撞攻击间谍卫星，故B错误；

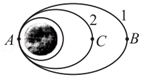
C、拦截卫星丙向前加速，做离心运动，轨道半径变大，可以到达间谍卫星轨道上，进行冲撞攻击，故C正确；

D、拦截卫星甲远离地球的过程中，只受万有引力作用，机械能不变，故D错误。

故选：AC。

【点评】该题考查了人造卫星的相关知识，解决本题的关键理清物理情景，拦截卫星追赶目标卫星，应在较低轨道上追赶，且落后于目标卫星。

19．（安徽模拟）2021年2月5日20时，“天问一号”探测器发动机点火工作，顺利完成地火转移段第四次轨道中途修正，以确保按计划实施火星捕获。若“天问一号”被火星捕获后，经过多次调整，进入预设的环火圆轨道做匀速圆周运动。如图所示的椭圆轨道1、2为两次调整轨道，A是两椭圆轨道的近火点，B、C分别是椭圆轨道1、2的远火点，若A、B间的距离为d1、A、C间的距离为d2；“天问一号”在轨道1、2上的运动周期分别为T1、T2；椭圆1、2的面积分别为S1、S2；“天问一号”在轨道1、2上的A点加速度分别为a1、a2。则（　　）



A．T1＝T2

B．a1＝a2

C．菁优网-jyeoo

D．菁优网-jyeoo

【分析】根据开普勒第三定律可知，半长轴越长，周期越大；且菁优网-jyeoo，根据开普勒第二定律，在同一轨道上单位时间内扫过的面积相等，不同的轨道上单位时间内扫过的面积不等。

【解答】解：A、根据开普勒第三定律可知，半长轴越长，周期越大，因此T1＞T2，故A错误；

B、根据牛顿第二定律，G菁优网-jyeoo可知，“天问一号”在A点的加速度相同，故B项正确；

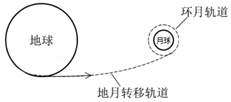
C、根据开普勒第二定律，在同一轨道上单位时间内扫过的面积相等，不同的轨道上单位时间内扫过的面积不等，故C项错误；

D、由开普勒第三定律可知，故D项正确。

故选：BD。

【点评】本题考查开普勒第二定律、开普勒第三定律，关键是掌握两个定律所表达的含义。

20．（南平二模）2020年11月24日，长征五号遥五运载火箭托举嫦娥五号向着月球飞驰而去。12月17日，在闯过月面着陆、自动采样、月面起飞、月轨交会对接、再入返回等多个难关后，历经重重考验的嫦娥五号返回器携带月球样品，成功返回地面。如图为“嫦娥五号”发射到达环月轨道的行程示意图，下列说法正确的是（　　）



A．在地月转移轨道上无动力奔月时，动能不断减小

B．接近环月轨道时，需要减速才能进入环月轨道

C．“嫦娥五号”在地月转移轨道上运动的最大速度小于11.2km/s

D．“嫦娥五号”在地球表面加速升空过程中地球引力越来越小，处于失重状态

【分析】在地面发射飞行器，如果速度大于7.9km/s，而小于11.2kms，它绕地球运行的轨迹就不是圆，而是椭圆，当物体的速度等于或大于11.2km/s时，它就会克服地球的引力，永远离开地球，受到太阳的引力，故刚进入地月转移轨道时，速度大于7.9km/s小于11.2km/s；在地月转移轨道上无动力奔月时受到地球引力和月球引力的作用，动能的变化看合力做功，快要到达月球时，需要减速，重新在月球上起飞的过程中，需要加速。

【解答】解：A.在地月转移轨道上无动力奔月时，先克服地球引力做功，动能减小，然后靠近月球时，月球引力做正功，动能增大，故A错误；

B.接近环月轨道时，需要减速，使需要的向心力减小，才能进入环月轨道，故B正确；

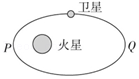
C.“嫦娥五号”在地月转移轨道上运动的最大速度小于11.2km/s，否则会脱离地球束缚，故C正确；

D.“嫦娥五号”在地球表面加速升空过程中地球引力越来越小，但是有向上的加速度，处于超重状态，故D错误。

故选：BC。

【点评】本题考查了第一宇宙速度和第二宇宙速度的概念，另外要区分快要到达月球和重新在月球上起飞两个过程，发动机分别做负功和正功，故机械能要发生变化。

21．（江西模拟）2021年2月10日，我国首次火星探测任务“天问一号”火星探测卫星顺利实施近火制动，完成火星捕获，正式踏入环绕火星轨道．假设火星可视为半径为R的均匀球体，探测卫星沿椭圆轨道绕火星运动，如图所示．椭圆轨道的“近火点”P离火星表面的距离为2R，“远火点”Q离火星表面的距离为4R，万有引力常量为G．下列说法正确的是（　　）



A．若已知探测卫星在椭圆轨道运行的周期为T，可以计算得出火星的质量

B．若已知探测卫星在椭圆轨道运行的周期为T，可以计算得出火星的第一宇宙速度

C．探测卫星在“近火点”P和“远火点”Q的速率之比为2：1

D．探测卫星在“近火点”P和“远火点”Q的加速度大小之比为25：9

【分析】根据万有引力提供向心力可计算火星质量和卫星加速度之比，根据开普勒第二定律求得“近火点”P和“远火点”Q的速率之比。

【解答】解：AB.已知探测卫星在椭圆轨道运行的周期为T，可根据开普勒第三定律，计算近地卫星周期



第一宇宙速度

v1＝菁优网-jyeoo

根据

G菁优网-jyeoo

可以计算火星质量M，故AB正确；

C.根据开普勒第二定律

vP•3R•△t＝vQ•5R﹣△t

探测卫星在“近火点”P和“远火点”Q的速率之比为5：3，故C错误；

D.根据

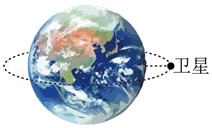
G菁优网-jyeoo

卫星在“近火点”P和“远火点”Q的加速度大小之比为25：9，故D正确；

本题选择错误的，故选：ABD。

【点评】本题考查开普勒第二定律与万有引力提供向心力，需注意向心加速度与轨道半径平方成反比。

22．（张家口三模）一卫星在赤道上空绕地球表面做匀速圆周运动，其运动周期T＝1.5h。某时刻该卫星位于赤道上一建筑物的正上方，如图所示。从卫星第一次出现在建筑物的正上方开始计时，下列说法正确的是（　　）



A．地球自转角速度大于此卫星的角速度

B．建筑物随地球运动的线速度小于此卫星运动的线速度

C．从计时开始经过1.6h，此卫星再次出现在该建筑物的正上方

D．从计时开始经过1.5h，此卫星再次出现在该建筑物的正上方

【分析】A、根据万有引力提供向心力，结合该卫星和地球同步卫星的轨道半径可以判断角速度关系；

B、根据线速度和轨道半径及角速度的关系，可以判断该卫星和建筑物的线速度大小；

CD、相等的时间卫星比地球多转一圈，可求得时间。

【解答】解：A.地球同步卫星的角速度、周期等于地球自转角速度、周期，根据

菁优网-jyeoo

可知该卫星的角速度大于同步卫星角速度，此卫星的角速度大于地球自转角速度，故A错误；

B.地球同步卫星的角速度、周期等于地球自转角速度、周期，根据

v＝rω

可知地球同步卫星的线速度大于地球自转的线速度，根据可知该卫星的线速度大于同步卫星线速度，建筑物随地球运动的线速度小于此卫星运动的线速度，故B正确；

CD.根据

菁优网-jyeoo，有

菁优网-jyeoo

可得

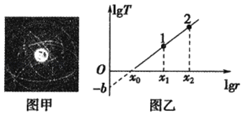
t＝1.6h

故D错误C正确。

故选：BC。

【点评】本题考查万有引力定律及其应用，对于地球同步卫星问题要熟记其特点：定周期、定轨道、定高度。其中定周期指的是同步卫星周期等于地球自转周期，即24h.

23．（市中区校级二模）2020年7月31日，北斗闪耀，泽沐八方。北斗三号全球卫星导航系统（如图甲所示）建成暨开通仪式在北京举行。如图乙所示为55颗卫星绕地球在不同轨道上运动的lgT﹣lgr图像，其中T为卫星的周期，r为卫星的轨道半径，1和2为其中的两颗卫星所对应的数据。已知引力常量为G，下列说法正确的是（　　）



A．卫星1的周期比卫星2的周期小

B．卫星1的周期比卫星2的周期大

C．卫星1和2向心加速度大小之比为菁优网-jyeoo

D．卫星1和2向心加速度大小之比为菁优网-jyeoo

【分析】卫星绕地球做匀速圆周运动，根据万有引力提供向心力列式，结合数学知识得到lgT与lgr的关系式。

根据图像的斜率、截距表示的物理意义，利用向心加速度与半径的关系进行解答。

【解答】解：卫星绕地球做匀速圆周运动，由万有引力提供向心力可得：菁优网-jyeoo，解得：T2＝菁优网-jyeoo

两边取对数，可得：2lgT＝3lgr+lg菁优网-jyeoo，则lgT＝菁优网-jyeoolgr+菁优网-jyeoolg菁优网-jyeoo

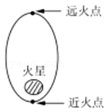
AB、卫星半径大的，周期大，故卫星1的周期小于卫星2的周期，故A正确，B错误；

CD、由于lgr1＝x1，解得r1＝菁优网-jyeoo，lgr2＝x2，解得：r2＝菁优网-jyeoo。根据牛顿第二定律得菁优网-jyeoo＝ma，解得卫星的向心加速度为a＝菁优网-jyeoo，则卫星1和2向心加速度大小之比为a1：a2＝r22：r12＝102x2：102x1，故C错误，D正确。

故选：AD。

【点评】该题关键是能够根据万有引力提供向心力，运用对数知识得到lgT与lgr的关系，要有运用数学知识解决物理问题的能力。

24．（济南三模）2021年2月10日19时52分，中国首次火星探测任务“天问一号”探测器实施近火捕获制动，探测器顺利进入近火点高度约400千米，周期约10个地球日的环火椭圆轨道，轨道如图所示，“天问一号”成为我国第一颗人造火星卫星。已知火星的直径约为地球直径的一半，质量约为地球质量的10%，自转周期约为一个地球日，关于火星和天问一号的下列说法正确的是（　　）



A．天问一号在近火点的速度比远火点速度大

B．天问一号在远火点的速度比火星的第一宇宙速度大

C．火星表面的重力加速度小于地球表面的重力加速度

D．根据以上信息可以估算出火星的密度

【分析】由开普勒第二定律可分析在近火点与远火点速度大小；根据万有引力提供向心力结合变轨原理分析天问一号在远火点的速度与火星的第一宇宙速度大小关系；由万有引力和重力的关系分析重力加速度大小关系；不知道火星的半径大小，判断能否求解火星密度。

【解答】解：A、由开普勒第二定律可知，天问一号在近火点的速度比远火点速度大，故A正确；

B、通过远火点建立圆轨道1，如图所示，远火点的速度小于圆轨道1上的速度，根据万有引力提供向心力有：菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，解得：v＝菁优网-jyeoo，则轨道1上的速度小于贴近火星表面轨道的速度，所以天问一号在远火点的速度比火星的第一宇宙速度小，故B错误；

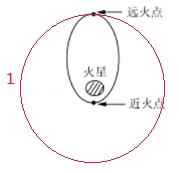
C、因为火星的直径约为地球直径的一半，质量约为地球质量的10%

由万有引力和重力的关系可得：菁优网-jyeoo＝mg，解得：g＝菁优网-jyeoo，所以有：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝10%×22＝0.4，

所以火星表面的重力加速度小于地球表面的重力加速度，故C正确；

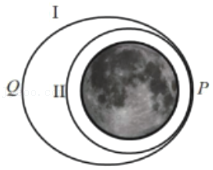
D、由于不知道火星的半径大小，故不能估算出火星的密度，故D错误。

故选：AC。



【点评】解决天体（卫星）运动问题的基本思路：（1）在地面附近万有引力近似等于物体的重力，F引＝mg，整理得GM＝gR2；（2）天体运动都可近似地看成匀速圆周运动，其向心力由万有引力提供，即F引＝F向，根据相应的向心力表达式进行分析。

25．（山东模拟）2007年10月24日第一颗月球探测卫星“嫦娥一号”发射，2020年12月17日，“嫦娥五号”返回器携带月球样品着陆地球，嫦娥工程完成阶段性目标。嫦娥五号近月变轨过程可简化如图，从地球飞抵月球距离月球表面100km的P点制动变轨为椭圆轨道I，再次经过P点时制动变轨为周期为118min的近月圆轨道II，轨道II的半径r＝1840km，下列说法正确的是（　　）



A．嫦娥五号在轨道II上运行的速度约为1.6km/s

B．嫦娥五号在轨道I上Q点的速度大于在轨道II上的速度

C．嫦娥五号在轨道I上机械能大于在轨道II上的机械能

D．嫦娥五号在轨道I上P点和轨道II上P点的加速度相等

【分析】根据线速度的定义找到嫦娥五号的路程、时间，就可以求出线速度。嫦娥五号在该轨道Ⅰ上的速度小于其在轨道II上的速度，在轨道I上Q点的速度又小于在假设轨道上的速度。嫦娥五号从轨道I变轨轨道II，需要刹车制动，故在轨道I上机械能大于在轨道II上的机械能。嫦娥五号在轨道I上P点和轨道II上P点受到的万有引力相等，所以加速度相等

【解答】解：A、嫦娥五号在轨道II上运行的速度：v2＝菁优网-jyeoo，r＝1840km＝1840000m，T＝118min＝7080s，代入数据可解得速度是1.63km/s，故A正确。

B、假设在Q高处有一个环月圆轨道，嫦娥五号在该轨道Ⅰ上的速度小于其在轨道II上的速度，在轨道I上Q点的速度又小于在假设轨道上的速度，故嫦娥五号在轨道I上Q点的速度大于在轨道II上的速度，故B正确。

C、嫦娥五号从轨道I变轨轨道II，需要刹车制动，故在轨道I上机械能大于在轨道II上的机械能，故C正确。

D、嫦娥五号在轨道I上P点和轨道II上P点受到的万有引力相等，所以加速度相等，故D正确。

故选：ACD。

【点评】本题考查万有引力定律的知识，解题的关键是万有引力提供向心力的灵活运用，注意卫星变轨的原理。

26．（重庆三模）2021年4月29日，我国空间站“天和核心舱”在海南文昌发射场成功发射。下一步，天和核心舱将按既定飞行程序，展开各项动作，开展在轨工作，并等待货运飞船和载人飞船的到来。在全面完成空间站关键技术验证后，与问天实验舱、梦天实验舱实施交会对接，完成空间站三舱组合体在轨组装建造。以下说法不正确的是（　　）

A．“天和核心舱”的发射速度要大于第二宇宙速度

B．宇航员可以在空间站中用弹簧测力计测物体重力

C．只需知道空间站的公转周期就可以算出地球的质量

D．载人飞船在较低轨道上加速后追上核心舱实施对接

【分析】从地球发射地球卫星需要让卫星的发射速度大于第一宇宙速度，小于第二宇宙速度。在空间站，所有物体都是完全失重状态。利用万有引力提供向心力可求得中心天体质量。载人飞船在较低轨道上想要到更高的轨道上实施变轨，需要加速，离心运动，才能追上核心舱实施对接。

【解答】解：A、从地球发射地球卫星需要让卫星的发射速度大于第一宇宙速度，小于第二宇宙速度，故A错误；

B、在空间站，所有物体都是完全失重状态，故不能用弹簧测力计测物体的重力，故B错误；

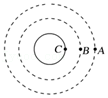
C、利用万有引力提供向心力可知，G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，可得：M＝菁优网-jyeoo，可知需要知道引力常量、空间站到地球的距离、空间站的公转周期，故C错误；

D、载人飞船在较低轨道上想要到更高的轨道变轨，需要加速，离心运动，才能追上核心舱实施对接，故D正确。

本题选不正确的，故选：ABC。

【点评】本题考查万有引力定律的应用，要掌握第一宇宙速度的知识点、知道在太空是失重状态。

27．（南开区校级模拟）导航系统是一种利用人造卫星对物体进行定位测速的工具，目前世界上比较完善的导航系统有美国的GPS系统，中国的北斗系统，欧洲的伽利略导航系统以及俄罗斯的GLONASS系统，其中美国的GPS系统采用的是运行周期为12小时的人造卫星，中国的北斗系统一部分采用了同步卫星，现有一颗北斗同步卫星A和一颗赤道平面上方的GPS卫星B，某时刻两者刚好均处在地面某点C的正上方，如图所示，下列说法正确的是（　　）



A．A的速度比B的小

B．若两者质量相等，则发射A需要更多的能量

C．此时刻B处在A、C连线的中点

D．从此时刻起，经过12小时，两者相距最远

【分析】根据卫星线速度公式v＝菁优网-jyeoo分析两卫星的速度大小关系；根据能量守恒定律分析发射需要的能量关系；根据开普勒第三定律分析两卫星轨道半径关系，确定B处的位置；当B转过的角度比A的大π时，两者相距最远。

【解答】解：A、根据万有引力提供向心力得：

G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo

解得：v＝菁优网-jyeoo，因为A的轨道半径比B的大，所以A的速度比B的小，故A正确。

B、若两者质量相等，A发射的高度更大，则A在发射过程中克服引力做功多，所需发射速度大，则发射A需要更多的能量，故B正确。

C、GPS卫星B周期为TB＝12h，北斗同步卫星A的周期为TA＝24h，根据开普勒第三定律得菁优网-jyeoo＝k得：

菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

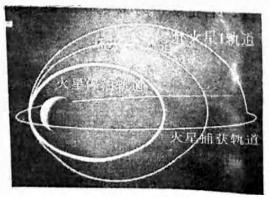
由于无法确定两卫星与地面C点的距离，故无法确定B处是否在A、C连线的中点，故C错误。

D、经过12h，A运动半周，而B运动一周，两卫星刚好位于地球两侧与地心共线，则此时相距最远，故D正确。

故选：ABD。

【点评】本题考查了万有引力定律及其应用，要熟记万有引力的公式和圆周运动的一些关系变换式，解题依据为万有引力提供向心力，另外注意开普勒第三定律的适用条件。

28．（福建模拟）2021年2月15日17时，天问一号火星探测器在“火星捕获轨道”的远火点成功实施平面机动，进入两极上空的“环火星1轨道”，之后多次在近火点实施制动，进入运行周期为火星自转周期2倍的“火星停泊轨道”。载荷的高分辨率相机、光谱仪等仪器将对预选着陆区地形地貌、沙尘天气等进行详查，为择机着陆火星做好准备，则天问一号（　　）



A．在“火星停泊轨道”的运行周期大于它在“环火星2轨道”的运行周期

B．在“火星停泊轨道”从近火点向远火点运动过程机械能守恒

C．在“火星停泊轨道”每次经过近火点时，都在火星上同一个位置的正上空

D．在“火星捕获轨道“的远火点要沿捕获轨道的速度反方向点火进入“环火星1轨道”

【分析】火星探测器在椭圆轨道上运动，根据开普勒第三定律，机械能守恒定律，卫星运行和变轨的相关知识即可进行求解。

【解答】解：A、在“火星停泊轨道”的半长轴小于“环火星2轨道”的半长轴，根据开普勒第三定律可知，在“火星停泊轨道”的周期小于在“环火星2轨道”的运行周期，故A错误；

B、在“火星停泊轨道”从近火点到远火点运动过程，只有火星的引力做功，则机械能守恒，故B正确；

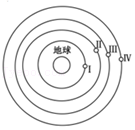
C、在“火星停泊轨道”上的周期等于火星自转周期的2倍，火星自转两周，在“火星停泊轨道”的探测器公转一周，则在“火星停泊轨道”每次经过近火点时，都在火星上同一位置的正上空，故C正确；

D、在“火星捕获轨道”的远火点沿捕获轨道的速度相同方向或相反方向点火，会使速度减小或增加，做近心运动或离心运动。若想到达“环火星1轨道”，需要改变速度的方向，在远火点速度方向同向或者反向，喷气点火均不能改变速度方向，故D错误；

故选：BC。

【点评】本题重点是通过探测器在轨道上的周期和火星自转的关系，判断探测器能否经过火星同一位置的正上空。

29．（郑州期末）我国卫星发射进入快车道，2021年将进行40余次航天发射。小明同学根据相关资料画出了某次一箭多星发射的四颗卫星Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ的轨道示意图，下列说法正确的是（　　）



A．四颗卫星受到地球的引力大小从大到小依次是Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ

B．四颗卫星绕地球做匀速圆周运动的角速度大小从大到小依次是Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ

C．四颗卫星绕地球做匀速圆周运动的周期从大到小依次是Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ

D．四颗卫星绕地球做匀速圆周运动的向心加速度从大到小依次是Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ

【分析】根据万有引力提供圆周运动向心力，列出角速度、周期、向心加速度的表达式。

卫星的质量关系未知，受到地球的引力大小未知。

【解答】解：由题意知，根据万有引力提供圆周运动向心力有：

菁优网-jyeoo＝mω2r＝m菁优网-jyeoo＝ma

A、四颗卫星的质量未知，无法比较受到的地球引力的大小关系，故A错误；

B、卫星的角速度：菁优网-jyeoo，半径大的，角速度小，故四颗卫星绕地球做匀速圆周运动的角速度大小从大到小依次是Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ，故B正确；

C、卫星运动的周期：T＝2菁优网-jyeoo，半径大的，周期大，四颗卫星绕地球做匀速圆周运动的周期从小到大依次是Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ，故C错误；

D、卫星运动的加速度：a＝菁优网-jyeoo，半径大的，加速度小，四颗卫星绕地球做匀速圆周运动的向心加速度从大到小依次是Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ，故D正确。

故选：BD。

【点评】该题中万有引力提供圆周运动向心力，熟悉掌握万有引力及向心力的不同表达式是正确解题的关键。

30．（让胡路区校级一模）2020年6月23日上午，北斗三号最后一颗全球组网卫星成功发射。北斗三号共有三种卫星，中圆轨道卫星、地球静止轨道卫星和倾斜同步轨道卫星，中圆轨道卫星的轨道半径比地球静止轨道卫星的轨道半径小，若将卫星绕轨道运行近似看作匀速圆周运动，则中圆轨道卫星比地球静止轨道卫星（　　）

A．速度变化更快

B．速度变化更慢

C．与地心连线在单位时间内扫过的面积更大

D．与地心连线在单位时间内扫过的面积更小

【分析】根据万有引力提供向心力可得卫星的加速度表达式，即可进行判断；

根据万有引力提供向心力可得卫星的线速度表达式，再结合扇形面积表达式可以求出扫过面积的关系。

【解答】解：AB、由菁优网-jyeoo可知，轨道半径越大，加速度越小，速度变化越慢，故A正确，B错误；

CD、由菁优网-jyeoo可得卫星的线速度菁优网-jyeoo，

卫星与行星中心的连线在单位时间内扫过的面积菁优网-jyeoo，则轨道半径越小，与地心连线在单位时间内扫过的面积越小，故C错误，D正确。

故选：AD。

【点评】本题主要考查了万有引力定律对应的加速度和线速度表达式，同时考查了扇形面积的计算，难度适中。

**三．填空题（共10小题）**

31．（思明区校级模拟）地球静止同步卫星A和轨道平面与赤道面重合做匀速圆周运动的卫星B的轨道半径之比为4：1，两卫星的公转方向相同。则A、B两颗卫星运行周期之比为　8：1　；卫星B每隔　菁优网-jyeooh　小时经过卫星A正下方。

【分析】根据万有引力提供向心力即可比较A、B两卫星的周期之比。

根据A、B再次相距最近时，B比A多转一周，即可求解时间间隔。

【解答】解：两卫星都绕中心天体做匀速圆周运动，万有引力提供向心力。

由菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，得T＝2菁优网-jyeoo，则TA：TB＝8：1。

设卫星B两次经过卫星A正下方时间间隔为t，则（菁优网-jyeoo）t＝2π，

A为同步卫星，则TA＝24h，B的周期为TB＝3h，联立解得t＝菁优网-jyeooh。

故答案为：8：1；菁优网-jyeooh。

【点评】该题考查人造地球卫星问题，及天体的追及相遇问题。注意掌握解决天体追及相遇问题的方法。

32．（运城期中）一人造地球卫星绕地球做匀速圆周运动，假如该卫星变轨后仍做匀速圆周运动，速度减小为原来的菁优网-jyeoo，不考虑卫星质量的变化，则变轨前后卫星的轨道半径之比为　1：4　，向心加速度之比为　16：1　，角速度之比为　8：1　。

【分析】根据万有引力提供向心力，列出万有引力关于速度、向心加速度、角速度的方程，通过速度的变化确定半径的变化，再根据半径的变化，确定向心加速度及角速度的变化情况。

【解答】解：根据万有引力提供向心力得：

G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo＝ma＝mω2r

解得：v＝菁优网-jyeoo，即v∝菁优网-jyeoo

a＝菁优网-jyeoo，即a∝菁优网-jyeoo

ω＝菁优网-jyeoo，即ω∝菁优网-jyeoo

根据v∝菁优网-jyeoo，速度减小为原来的菁优网-jyeoo，则半径变为原来的4倍，故半径之比为1：4。

根据a∝菁优网-jyeoo，半径变为原来的4倍，则加速度变为原来的菁优网-jyeoo倍，故向心加速度之比为16：1。

根据ω∝菁优网-jyeoo，半径变为原来的4倍，则角速度变为原来的菁优网-jyeoo倍，故角速度之比为8：1。

故答案为：1：4； 16：1； 8：1

【点评】此题考查了万有引力定律及其应用，要熟记万有引力的公式和圆周运动的一些关系变换式，解题依据为万有引力提供向心力。

33．（奉贤区二模）某行星有甲、乙两颗卫星，设它们绕该行星运行的轨道均为圆形，甲的轨道半径为R1，乙的轨道半径为R2，R1＞R2，根据以上信息可知甲和乙的线速度之比为　菁优网-jyeoo；　，甲的向心加速度　小于　乙的向心加速度（选填“大于”、“等于”或“小于”）。

【分析】万有引力提供向心力，根据万有引力定律和牛顿第二定律列式比较线速度、向心加速度的大小。

【解答】解：由万有引力提供向心力G菁优网-jyeoo，可得v＝菁优网-jyeoo，所以甲和乙的线速度之比为半径的平方根的反比，即菁优网-jyeoo；

根据G菁优网-jyeoo＝ma可知，半径越大，向心加速度越小，所以甲的向心加速度小于乙的向心加速度。

故答案为：菁优网-jyeoo；小于

【点评】本题考查万有引力定律的应用，解题的关键是要掌握万有引力提供向心力这一理论，并能根据题意结合向心力的几种不同的表达形式，选择恰当的向心力的表达式。

34．（泉州模拟）我国“天宫二号”空间站已在轨运行四年多，设其离地面的高度不变，运行周期为T。已知地球半径为R、质量为M，引力常量为G，则“天宫二号”的运行速度　小于　7.9km/s（选填“大于”“等于”或“小于”），离地面的高度为　菁优网-jyeoo　。

【分析】根据万有引力提供向心力求天宫二号绕地球的运动的线速度大小；根据万有引力提供向心力求天宫二号绕地球的运动周期。

【解答】解：设天宫二号质量为m，离地面的高度为h，根据万有引力提供向心力可知：菁优网-jyeoo

解得：v＝菁优网-jyeoo①

7.9km/s是第一宇宙速度，即轨道半径为地球半径R的卫星的线速度，结合公式①可知，“天宫二号”的线速度一定小于第一宇宙速度7.9km/s；

根据万有引力提供向心力可知：菁优网-jyeoo

解得离地面的高度：h＝菁优网-jyeoo

故答案为：小于，菁优网-jyeoo

【点评】此题考查了人造卫星的相关计算，解决卫星运行规律问题的核心原理是万有引力提供向心力，通过选择不同的向心力公式，来研究不同的物理量与轨道半径的关系。

35．（石首市校级月考）有两颗人造地球卫星，质量之比是m1：m2＝2：1，运行速度之比是v1：v2＝2：1

①它们周期之比T1：T2＝　1：8　；

②所受向心力之比F1：F2＝　32：1　。

【分析】根据人造卫星的万有引力等于向心力和圆周运动知识，列式求出线速度、周期和向心力的表达式进行讨论即可。

【解答】解：根据万有引力提供向心力有：F＝菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，

解得运行速度：v＝菁优网-jyeoo，运行速度之比，v1：v2＝2：1，则轨道半径之比，r1：r2＝1：4。

①解得周期：T＝2菁优网-jyeoo，其中轨道半径之比，r1：r2＝1：4，则周期之比，T1：T2＝1：8。

②质量之比是m1：m2＝2：1，轨道半径之比，r1：r2＝1：4，所以向心力大小之比为：F1：F2＝32：1。

故答案为：①1：8；②32：1。

【点评】此题考查了人造卫星的相关知识，解题的关键是抓住万有引力提供向心力，列式求解出线速度、角速度、周期和向心力的表达式，再进行讨论。

36．（朝阳区校级期中）有两颗人造地球卫星A和B，分别在不同的轨道上绕地球做匀速圆周运动，两卫星的轨道半径分别为rA和rB，且rA＞rB，则两卫星的线速度关系为vA　＜　vB；两卫星的角速度关系为ωA　＜　ωB、两卫星的周期关系为TA　＞　TB．（填“＞”、“＜”或“＝”）

【分析】根据万有引力提供向心力得出线速度、角速度、周期与轨道半径的关系式，从而进行比较．

【解答】解：根据菁优网-jyeoo得，v＝菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo，T＝菁优网-jyeoo，

因为rA＞rB，则vA＜vB，ωA＜ωB，TA＞TB．

故答案为：＜，＜，＞．

【点评】解决本题的关键掌握万有引力提供向心力这一重要理论，并能灵活运用，知道线速度、角速度、周期与轨道半径的关系．

37．（兴庆区校级期中）我国先后发射的“风云一号”和“风云二号”气象卫星，运行轨道不同，前者采用“极地圆形轨道”，轨道平面与赤道平面垂直，通过地球两极，每12小时巡视地球一周，每天只能对同一地区进行两次观测；后者采用“地球同步轨道”，轨道平面在赤道平面内，能对同一地区进行连续观测。两种不同轨道的气象卫星在运行与观测时，“风云一号”卫星的轨道半径　小于　（填“大于”、“小于”或“等于”）“风云二号”卫星的轨道半径，“风云一号”卫星运行的向心加速度　大于　（填“大于”、“小于”或“等于”）“风云二号”卫星运行的向心加速度。

【分析】地球同步卫星的周期是24h，根据已知条件可知，“风云一号”的周期是12h，“风云二号”的周期是24h，然后利用万有引力提供向心力，比较轨道半径大小，比较向心加速度大小。

【解答】解：由题意可知，“风云一号”的周期小于“风云二号”的周期，根据万有引力提供向心力有：G菁优网-jyeoo＝m（菁优网-jyeoo）2r＝man，解得：周期是T＝菁优网-jyeoo，向心加速度an＝菁优网-jyeoo。“风云一号”的轨道半径小于“风云二号”的轨道半径。“风云一号”的向心加速度大于“风云二号”的向心加速度。

故答案为：小于，大于。

【点评】掌握地球同步卫星的运行周期，能根据万有引力提供向心力分析周期向心加速度的关系。

38．（长安区校级期中）设人造地球卫星绕地球做匀速圆周运动，卫星离地面越低，则卫星的环绕速度越　大　；周期越　小　。（填“大”或“小”）

【分析】人造地球卫星绕地球做匀速圆周运动，由地球的万有引力提供向心力，根据牛顿第二定律，分析线速度大小，根据周期公式分析周期与半径的关系。

【解答】解：根据万有引力提供圆周运动向心力有：菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，解得：v＝菁优网-jyeoo，卫星离地面越低，轨道半径越小，则卫星的环绕速度越大；

根据周期公式可得：T＝菁优网-jyeoo，卫星离地面越低，轨道半径越小，线速度越大，则卫星的周期越小。

故答案为：大；小。

【点评】解决天体（卫星）运动问题的基本思路：（1）在地面附近万有引力近似等于物体的重力，F引＝mg，即G菁优网-jyeoo＝mg，整理得GM＝gR2；（2）天体运动都可近似地看成匀速圆周运动，其向心力由万有引力提供，即F引＝F向，一般有以下几种表述形式：①G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo；②G菁优网-jyeoo＝mω2r；③G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoor。

39．（大武口区校级月考）已知地球的质量为M，平均半径为R，引力常量为G，某卫星在离地面高为h的圆形轨道上绕地球做匀速圆周运动。则高为h处的重力加速度大小为g＝　菁优网-jyeoo　，卫星的速率大小v＝　菁优网-jyeoo　，卫星的角速度大小为ω＝　菁优网-jyeoo　。

【分析】根据万有引力提供向心力求卫星绕地球的运动的线速度大小；

根据万有引力提供向心力求卫星绕地球的运动角速度。

根据万有引力等于重力，得到h高处的重力加速度。

【解答】解：设卫星质量为m，根据万有引力定律和牛顿第二定律

万有引力提供向心力，菁优网-jyeoo，解得卫星的速率大小：v＝菁优网-jyeoo；

根据角速度公式：菁优网-jyeoo＝mω2（R+h），解得角速度为：ω＝菁优网-jyeoo。

高为h处，万有引力等于重力，菁优网-jyeoo＝mg，解得高为h处的重力加速度：g＝菁优网-jyeoo。

故答案为：菁优网-jyeoo；菁优网-jyeoo；菁优网-jyeoo。

【点评】该题考查了人造卫星的相关知识，本题要掌握万有引力提供向心力这个核心原理，同时要能够根据题意选择恰当的向心力的表达式。

40．（重庆期末）两行星A和B是两个均匀球体，行星A的卫星a沿圆轨道运行的周期为Ta；行星B的卫星b沿圆轨道运行的周期为Tb，设两卫星均为各自中心星体的近地卫星，而且Ta：Tb＝1：4，行星A和行星B的半径之比为RA：RB＝1：2，两行星的质量之比MA：MB＝　2：1　则行星A和行星B的密度之比ρA：ρB＝　16：1　，行星表面的重力加速度之比gA：gB＝　8：1　。

【分析】研究卫星绕行星匀速圆周运动，根据万有引力提供向心力，列出等式求解。

忽略行星自转的影响，根据万有引力等于重力列出等式。

【解答】解：人造地球卫星的万有引力充当向心力，有：菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo

解得行星质量：M＝菁优网-jyeoo

两卫星均为各自中心星体的近地卫星，有：Ta：Tb＝1：4，行星A和行星B的半径之比为：RA：RB＝1：2，则两行星的质量之比为：MA：MB＝2：1

根据密度公式可知：ρ＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故AB密度之比为：ρA：ρB＝1：16；

忽略行星自转的影响，根据万有引力等于重力，有：菁优网-jyeoo＝mg

解得行星表面重力加速度为：g＝菁优网-jyeoo

行星表面的重力加速度之比为：gA：gB＝8：1

故答案为：2：1，16：1，8：1

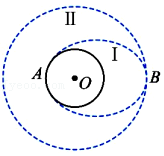
【点评】此题考查了人造卫星的相关知识，知道万有引力提供卫星做圆周运动的向心力是解题的前提与关键，应用万有引力公式与牛顿第二定律即可解题。

**四．计算题（共2小题）**

41．（城关区校级期中）天宫一号和神舟八号分别于2011年9月29日和11月1日成功发射，并在空间完成交会对接，实现中国载人航天工程的一个新的跨越。天宫一号由长征运载火箭将其送入近地点为A，远地点为B的椭圆轨道上，实施变轨后，进入预定圆轨道，其简化的模拟轨道如图所示。假设近地点A距地面高度为h，飞船在预定圆轨道上飞行n圈所用的时间为t，地球表面的重力加速度为g，地球半径R，试求：

（1）天宫一号在近地点A的加速度aA大小；

（2）天宫一号在预定圆轨道上飞行的速度v的大小。



【分析】（1）地球表面重力与万有引力相等，卫星绕地球圆周运动万有引力提供圆周运动向心力，据此求解A处的加速度；

（2）根据万有引力提供圆周运动向心力结合卫星的周期求得速度．

【解答】解：（1）设地球质量为M，飞船质量为m．

飞船在A点，根据牛顿第二定律可得：菁优网-jyeoo＝maA

对地面上质量为m0的物体，根据万有引力和重力的关系可得：菁优网-jyeoo＝m0g

解得：aA＝菁优网-jyeoo；

（2）飞船在预定圆轨道上飞行的周期：T＝菁优网-jyeoo

设预定圆轨道半径为r，则有：菁优网-jyeoo＝mr菁优网-jyeoo

又v＝菁优网-jyeoo

联立解得：v＝菁优网-jyeoo。

答：（1）天宫一号在近地点A的加速度aA大小为菁优网-jyeoo；

（2）天宫一号在预定圆轨道上飞行的速度v的大小为菁优网-jyeoo。

【点评】本题主要是考查了万有引力定律及其应用；解答此类题目一般要把握两条线：一是在星球表面，忽略星球自转的情况下，万有引力近似等于重力；二是根据万有引力提供向心力列方程进行解答。

42．（城关区校级期中）一卫星绕地球做匀速圆周运动，其轨道半径为r，引力常量为G。求：

（1）若已知地球质量为M，则卫星绕地球做匀速圆周运动的线速度v是多大？

（2）若已知地球质量为M，则卫星绕地球做匀速圆周运动的角速度ω是各多大？

（3）若已知地球的半径为R，地球表面的重力加速度为g，求地球的第一宇宙速度v1。

【分析】（1、2）由万有引力提供向心力结合向心力的计算公式求解；

（3）根据万有引力和重力的关系结合万有引力提供向心力求解。

【解答】解：（1）由万有引力提供向心力有：菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，

解得：v＝菁优网-jyeoo；

（2）由万有引力提供向心力有：菁优网-jyeoo＝mrω2，

解得：ω＝菁优网-jyeoo；

（3）根据万有引力和重力的关系可得菁优网-jyeoo＝mg

由万有引力提供向心力有：菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，

解得：v1＝菁优网-jyeoo。

答：（1）卫星绕地球做匀速圆周运动的线速度v是菁优网-jyeoo；

（2）卫星绕地球做匀速圆周运动的角速度ω是菁优网-jyeoo；

（3）地球的第一宇宙速度为菁优网-jyeoo。

【点评】本题主要是考查了万有引力定律及其应用；解答此类题目一般要把握两条线：一是在星球表面，忽略星球自转的情况下，万有引力近似等于重力；二是根据万有引力提供向心力列方程进行解答。