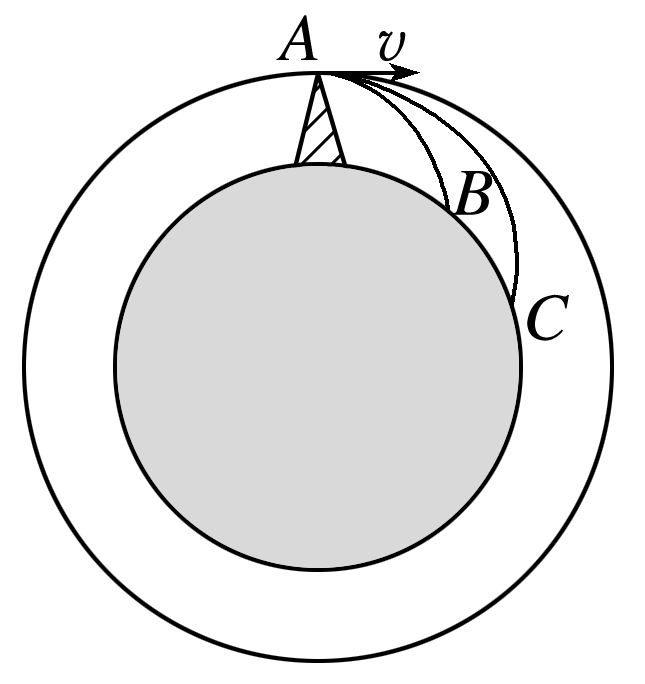
## 宇宙速度与人造地球卫星

## 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.

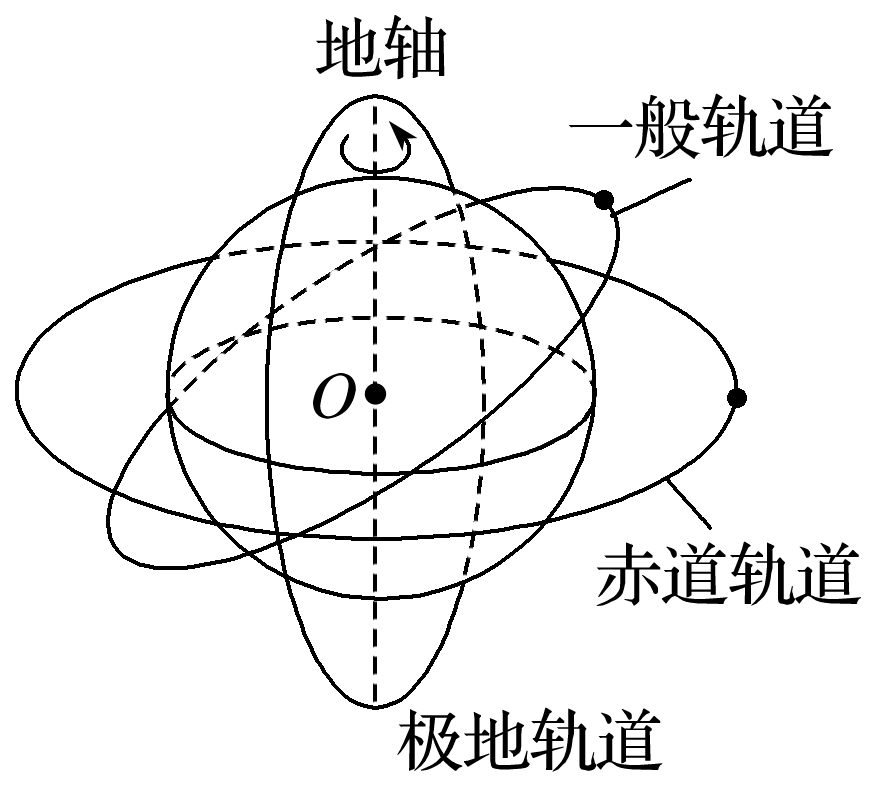
3.第三宇宙速度

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

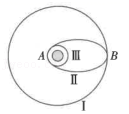
同步卫星、近地卫星、赤道上物体的比较

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．（五华区校级模拟）2021年2月5日“天问一号”火星探测器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。如图所示，其过程简化为探测器先进入绕火星圆轨道Ⅰ，经过与其相切的绕火星椭圆轨道Ⅱ再转移到绕火星圆轨道Ⅲ，A、B分别为椭圆轨道II上的近火点和远火点，探测器在变轨过程中质量视为不变，则下列说法正确的是（　　）



A．探测器在轨道Ⅰ上的机械能大于在轨道Ⅱ上的机械能

B．探测器在轨道Ⅱ上的运行周期大于在轨道Ⅰ上的运行周期

C．探测器在轨道Ⅱ上B点的加速度小于在轨道Ⅰ上的加速度

D．探测器在轨道Ⅱ上A点时的速率小于在轨道Ⅲ上的速率

【分析】根据变轨原理分析机械能的大小；根据开普勒第三定律分析周期大小；根据牛顿第二定律分析加速度大小；椭圆轨道近火点A相比于圆轨道Ⅲ做离心运动，由此分析线速度大小。

【解答】解：A、探测器在轨道Ⅱ上B点转移到轨道Ⅰ上需要加速做离心运动，所以探测器在轨道Ⅰ的机械能大于在轨道Ⅱ上的机械能，故A正确；

B、根据开普勒第三定律可得菁优网-jyeoo＝k，椭圆轨道半长轴小于圆轨道半径，探测器在轨道Ⅱ上的运行周期小于在轨道Ⅰ上的运行周期，故B错误；

C、根据牛顿第二定律可得菁优网-jyeoo＝ma，解得a＝菁优网-jyeoo，同一点相对于地心的距离r相等，所以探测器在轨道Ⅱ上B点的加速度大小等于在轨道Ⅰ上的加速度，故C错误；

D、椭圆轨道近火点A相比于圆轨道Ⅲ做离心运动，所以探测器在轨道Ⅱ上A点时的速率大于在轨道Ⅲ上的速率，故D错误。

故选：A。

【点评】本题主要是考查万有引力定律及其应用，解答本题的关键是能够根据万有引力提供向心力结合向心力公式进行分析，掌握开普勒第三定律的应用方法。

2．（5月份模拟）2020年12月17目凌晨，嫦娥五号返回器携带月球样品着陆地球，实现了中国首次月球无人采样返回，助力月球成因和演化历史等科学研究。如图所示，嫦娥五号在月球表面采集完样品后，先将其发射到月球表面的圆形轨道Ⅰ，到达轨道Ⅰ的A点时点火变轨进入椭圆轨道Ⅱ。已知月球半径为R，月球表面重力加速度为g′，不考虑其他星球的影响，则下列说法正确的是（　　）



A．嫦娥五号在月球表面的发射速度最小为菁优网-jyeoo

B．嫦娥五号在轨道Ⅰ上的运行周期大于轨道Ⅱ上的运行周期

C．嫦娥五号由轨道Ⅰ变到轨道Ⅱ时。需要在A点对嫦蛾五号点火使其减速

D．嫦娥五号在轨道Ⅱ上运行到A点时，月球对嫦娥五号的万有引力等于嫦娥五号运行所需向心力

【分析】嫦娥五号在月球表面的发射的最小速度v等于其绕月球表面飞行的线速度大小，根据万有引力提供向心力结合万有引力与重力的关系进行解答；根据开普勒第三定律分析运行周期；根据变轨原理结合离心运动、向心运动分析CD选项。

【解答】解：A、嫦娥五号在月球表面的发射的最小速度v等于其绕月球表面飞行的线速度大小，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，根据万有引力与重力的关系可得：菁优网-jyeoo＝mg′，解得：v＝菁优网-jyeoo，故A正确；

B、根据开普勒第三定律可得菁优网-jyeoo＝k，嫦娥五号在轨道Ⅰ上的圆半径小于轨道Ⅱ上椭圆半长轴，故嫦娥五号在轨道Ⅰ上的运行周期小于轨道Ⅱ上的运行周期，故B错误；

C、嫦娥五号由轨道Ⅰ变到轨道Ⅱ时需要做离心运动，所以在A点需要对嫦蛾五号点火使其加速，故C错误；

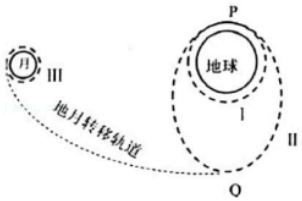
D、嫦娥五号在轨道Ⅱ上运行到A点时，嫦娥五号做向心运动，所以月球对嫦娥五号的万有引力大于嫦娥五号运行所需向心力，故D错误。

故选：A。

【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，万有引力等于重力；二是根据万有引力提供向心力列方程进行解答。

## 随堂练习

1．（临海市二模）2020年11月24日4时30分，长征五号遥五运载火箭在中国海南文昌航天发射场成功发射，飞行约2200秒后，顺利将探月工程嫦娥五号探测器送入预定轨道，开启中国首次地外天体采样返回之旅。嫦娥五号飞行轨迹可以简化为如图所示，首先进入圆轨道Ⅰ，在P点进入椭圆轨道Ⅱ，到达远地点Q后进入地月转移轨道，到达月球附近后进入环月轨道Ⅱ。圆轨道Ⅰ的半径为r1，周期为T1，椭圆轨道Ⅱ的半长轴为a，周期为T2，环月轨道Ⅱ的半径为r3，周期为T3，地球半径为R，地球表面重力加速度为g。忽略地球自转和太阳引力的影响。下列说法正确的是（　　）



A．菁优网-jyeoo

B．嫦娥五号在轨道Ⅰ运行速度等于菁优网-jyeoo

C．嫦娥五号在轨道Ⅰ的P点和椭圆轨道Ⅱ的P点加速度相同

D．嫦娥五号在椭圆轨道Ⅱ的Q点运行速度大于在圆轨道Ⅰ的运行速度

【分析】根据开普勒第三定律仅适用于围绕同一中心天体的运动，可判断A选项是否正确；根据万有引力提供向心力，分别在地球表面和轨道Ⅰ处列方程，解方程组，即可求在轨道Ⅰ上的运行速度；根据沿不同轨道运动到同一点时的加速度相等，可判断在轨道Ⅰ上P点的加速度与在轨道Ⅱ上P点的加速度的关系；根据万有引力提供向心力结合向心力公式分析线速度大小关系。

【解答】解：A、对卫星在Ⅰ、Ⅱ两轨道上绕地球运转，根据开普勒第三定律得：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

因为开普勒第三定律仅适用于围绕同一中心天体的运动，而菁优网-jyeoo对应的中心天体是月球，故A错误；

B、对“嫦娥五号”在轨道I上，根据万有引力提供向心力得：菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo

在地球表面，根据万有引力等于重力得：菁优网-jyeoo＝mg

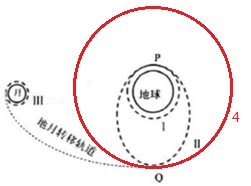
联立解得：v＝菁优网-jyeoo，故B错误；

C、根据牛顿第二定律可得菁优网-jyeoo＝ma，解得a＝菁优网-jyeoo，即沿不同轨道运动到同一点时的加速度相等。故“嫦娥五号”在轨道Ⅰ上P点的加速度等于在轨道Ⅱ上P点的加速度，故C正确；

D、通过Q点构建圆轨道4，如图所示，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，所以卫星在4轨道运行的线速度小于卫星在Ⅰ轨道上运行的线速度；

而Ⅱ轨道的Q点相对于4轨道做向心运动，所以Ⅱ轨道Q点的速度小于4轨道的速度，所以嫦娥五号在椭圆轨道Ⅱ的Q点运行速度小于在圆轨道Ⅰ的运行速度，故D错误。

故选：C。



【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。

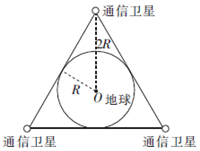
2．（河北模拟）无线通信早已进入大众的日常生活，可是海上或深山中由于无法建立基站而通信困难，利用三颗对称分布的地球同步卫星，基本上可使地球上除两极附近外的任意两点之间实现实时通信。正常情况下地球同步卫星的轨道距地球表面的高度为地球半径的5.6倍，若降低通信卫星的高度，只要任意两颗卫星之间的连线不通过地球而直接连接就能实现实时通信，即通信卫星距地面的高度等于地球半径时，通信卫星的周期最小，取菁优网-jyeoo＝0.55，则通信卫星的最小周期约为（　　）

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。

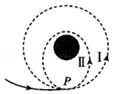
【解答】解：由题意：，如图所示：设地球的半径为R，则通信卫星的轨道半径为r′＝2R，同步卫星的轨道半径为r＝6.6R，同步卫星的周期T＝24h，由开普勒第三定律：菁优网-jyeoo，可得：T′＝T菁优网-jyeoo＝T菁优网-jyeoo＝24×菁优网-jyeooh＝菁优网-jyeooh＝4h，故B正确，ACD错误。

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。

3．（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。

4．（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。

# 综合练习

**一．选择题（共15小题）**

1．（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。

2．（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

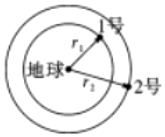
解得g＝菁优网-jyeoo

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。

3．（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。

4．（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；

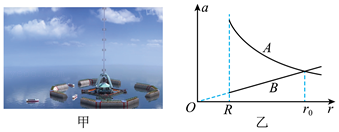
C、菁优网-jyeoo，半径越大，加速度越小，则高轨道的“高分十三号”卫星的加速度小，故C正确；

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。

5．（烟台三模）如图甲所示，是由教育部深空探测联合研究中心组织，重庆大学等高校合作的“多段式多功能载运月球天梯概念研究”的“天梯”项目海基平台效果图，该项目是在赤道上建造重直于水平面的“太空电梯”，宇航员乘坐太空舱通过“太空电梯”直通地球空间站。图乙中r为宇航员到地心的距离，R为地球半径，曲线A为地球引力对宇航员产生的加速度大小与r的关系；直线B为宇航员由于地球自转而产生的向心加速度大小与r的关系，关于相对地面静止在不同高度的宇航员，下列说法正确的有（　　）



A．宇航员的线速度随着r的增大而减小

B．图乙中r0为地球同步卫星的轨道半径

C．宇航员在r＝R处的线速度等于第一宇宙速度

D．宇航员感受到的“重力”随着r的增大而增大

【分析】太空天梯与地球的自转角速度相同，根据v＝rω判断线速度变化情况；引力加速度正好等于宇航员做圆周运动的向心加速度，即万有引力提供做圆周运动的向心力；根据重力和万有引力关系判断。

【解答】解：A.相对地面静止在不同高度的宇航员，角速度相同都等于地球的自转角速度，宇航员的线速度v＝rω，随着r增大线速度v增大，故A错误；

B.当r＝r0时，引力加速度正好等于宇航员做圆周运动的向心加速度，即万有引力提供做圆周运动的向心力，所以宇航员相当于卫星，此时宇航员的角速度跟地球的自转角速度一致，可以看做是地球的同步卫星，即r0为地球同步卫星的轨道半径，故B正确；

C.宇航员在r＝R处是在地面上，除了受到万有引力还受到地面的支持力，线速度远小于第一宇宙速度，故C错误；

D.宇航员乘坐太空舱在“太空电梯”的某位置时，由牛顿第二定律可得：

菁优网-jyeoo﹣FN＝mω2r，其中FN为太空舱对宇航员的支持力，

宇航员感受的“重力”为：FN＝菁优网-jyeoo﹣mω2r＝ma引﹣ma向＝m（a引﹣a向），

其中：a引为地球引力对宇航员产生的加速度大小，m向为地球自转而产生的向心加速度大小，

由图可知：在R≤r≤r0时，（a引﹣a向）随着r增大而减小，宇航员感受的“重力”随r的增大而减小；

在r＞r0时，（a引﹣a向）随着r增大而反向增大，宇航员感受的“重力”随r的增大而增大，故D错误。

故选：B。

【点评】本题考查随地球自转物体和近地卫星的区别，根据万有引力提供向心力来解决问题的方向。

6．（重庆模拟）2021年2月24日，我国首次火星探测任务“天问一号”探测器进行第三次调整，成功进入近火点280千米、远火点5.9万千米、周期为2个火星日（1个火星日即火星自转一周的时间，为24小时37分钟）的火星停泊轨道；2月26日起，“天问一号”在停泊轨道开展科学探测。已知火星半径约为地球半径的一半，火星表面重力加速度约为地球表面重力加速度的0.38倍。下列说法正确的是（　　）

A．探测器从远火点向近火点运动的过程中，探测器的速率不断减小

B．如果探测器在火星表面附近做近火环绕，其运行周期约为1个火星日

C．火星同步卫星的周期小于地球同步卫星的周期

D．火星的第一宇宙速度小于地球的第一宇宙速度

【分析】人造地球卫星绕地球做匀速圆周运动，根据人造卫星的万有引力等于向心力，列式求出线速度、角速度、周期和向心力的表达式，再结合地球表面重力加速度的公式进行解答即可．

【解答】解：A、探测器从远火点向近火点运动过程中，万有引力做正功，由动能定理W＝△Ek可知，探测器动能增加，速率增大，故A错误；

B、在火星表面附近做近火环绕时有菁优网-jyeoo；解得菁优网-jyeoo；其中菁优网-jyeoo，g火＝0.38g地；联立解得T火≈1.2T地；卫星在地球表面圆周运动时菁优网-jyeoo,求得菁优网-jyeoo；则有T火＝1.20×83.7min≈100.4min；故运行周期不为1个火星日，故B错误；

C、同步卫星周期等于自转周期，所以火星同步卫星的周期为24小时37分钟大于地球同步卫星的周期，故C错误；

D、根据菁优网-jyeoo；可得菁优网-jyeoo；则有菁优网-jyeoo；解得v地＝2.29v火，故D正确。

故选：D。

【点评】本题关键根据人造卫星的万有引力等于向心力，以及地球表面重力等于万有引力列方程求解，．

7．（浙江模拟）中国北斗卫星导航系统（BeiDouNavigationSatelliteSystem，BDS）是继美国全球定位系统（GPS）、俄罗斯格洛纳斯卫星导航系统（GLONASS）之后第三个成熟的卫星导航系统．北斗导航系统中有几颗卫星是地球同步卫星，GPS导航系统是由周期约为12h的卫星群组成．则北斗导航系统的同步卫星与GPS导航卫星相比（　　）

A．GPS导航卫星的线速度大

B．GPS导航卫星的向心加速度小

C．北斗导航系统的同步卫星的角速度大

D．北斗导航系统的同步卫星的轨道半径小

【分析】卫星环绕地球做匀速圆周运动，根据万有引力提供向心力，可求得线速度、角速度、加速度、周期之间的关系，根据关系式即可判断。

【解答】解：

根据卫星所受万有引力提供向心力有

菁优网-jyeoo＝man

变形可得：

菁优网-jyeoo；菁优网-jyeoo；菁优网-jyeoo；an＝菁优网-jyeoo

由于GPS的周期小于同步卫星周期，可知GPS的轨道半径小，同时线速度、角速度、向心加速度大，故A正确，BCD错误。

故选：A。

【点评】本题关键根据人造卫星的万有引力等于向心力，根据向心力不同的表达式即可求解．

8．（重庆模拟）2020年7月23日，中国首个火星探测器“天问一号”从海南文航天发射场升空，2021年春节前后进入环火轨道，将依次完成“绕、着、巡”三大任务。若“天问一号”进行“火星环绕”时的某阶段可视为匀速圆周运动，其轨道半径与地球同步卫星的轨道半径相等，已知火星质量是地球质量的1/9，则该阶段“天问一号”的绕行周期为（　　）

A．72h B．27h C．24h D．8h

【分析】地球同步卫星绕地球做匀速圆周运动，周期为24h，根据人造卫星的万有引力等于向心力，列式求出周期的表达式，再结合“天问一号”的轨道半径相等求解．

【解答】解：由题意

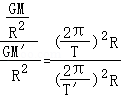
设地球质量M，同步卫星轨道半径R，周期T,则活性质量M′＝菁优网-jyeoo，“天问一号”的周期为T′，由牛顿第二定律

菁优网-jyeoo

对“天问一号”：

菁优网-jyeoo

联立两式可得：



解得

T：T′＝1：3

地球同步卫星T＝24h

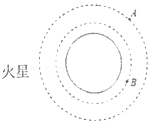
则T′＝72h

故A正确，BCD错误

故选：A。

【点评】本题关键根据地球同步卫星和天问一号的万有引力等于向心力，以及同步卫星的周期为24h，联立等式后求解．

9．（和平区一模）“遂古之初，谁传道之？上下未形，何由考之？”2021年3月4日国家航天局发布了探测飞船“天问一号”在近火轨道拍摄的高清火星影像图，预计2021年5月“天问一号”将完成落“火”的壮举！如图所示，我们近似认为“天问一号”由远火圆周轨道A变轨后进入近火圆周轨道B，用r、T、a、Ek、F分别表示“天问一号”的轨道半径、周期、向心加速度、动能和所受的万有引力。则探测器在A、B两个轨道上（　　）



A．菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo B．菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

C．菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo D．菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

【分析】根据万有引力定律求解万有引力之比；根据牛顿第二定律求解向心加速度之比；根据万有引力提供向心力结合动能的计算公式求解动能之比；根据开普勒第三定律求解周期之比。

【解答】解：A、根据万有引力定律可得：F＝菁优网-jyeoo，则万有引力之比为：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故A错误；

B、根据牛顿第二定律可得：菁优网-jyeoo＝ma，则向心加速度之比为：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，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Ek＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，则动能之比为：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故C正确；

D、根据开普勒第三定律可得菁优网-jyeoo＝k，则菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故D错误。

故选：C。

【点评】本题主要是考查万有引力定律及其应用，解答本题的关键是能够根据万有引力提供向心力结合向心力公式进行分析，掌握开普勒第三定律的应用方法。

10．（梅州二模）2020年7月23日，我国在海南文昌发射中心成功发射了“天问一号”火星探测器。假设“天问一号”绕火星做匀速圆周运动，除了引力常量G外，至少还需要两个物理量才能计算出火星的质量，这两个物理量可以是（　　）

A．“天问一号”的质量和轨道半径

B．“天问一号”的运行周期和轨道半径

C．“天问一号”的质量和角速度

D．“天问一号”的质量和线速度

【分析】因为“天问一号“的质量在计算时可以直接约掉，所以火星的质量计算与“天问一号“的质量无关；根据万有引力提供向心力列方程，写出火星质量的表达式，即可判断计算火星质量需要的物理量。

【解答】解：ACD、因为“天问一号“的质量在计算时可以直接约掉，所以火星的质量计算与“天问一号“的质量无关，故ACD错误。

B、设“天问一号”的运行周期和轨道半径分别为T，r火星的质量为M，根据万有引力提供向心力得：

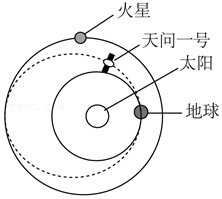
菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo

解得：M＝菁优网-jyeoo，故已知“天问一号”的运行周期和轨道半径即可求火星的质量，故B正确。

故选：B。

【点评】本题考查了万有引力定律及开普勒第三定律，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。

11．（宁德模拟）早在2300多年前，中国伟大诗人屈原就发出了“送古之初，谁传道之？上下未形，何由考之？”的著名“天问”。2020年7月23日，我国探测飞船“天问一号”飞向火星。图中虚线为“天问一号”的“地﹣火”转移轨道，则“天问一号”在该轨道运行的（　　）



A．动量不变

B．动能不变

C．速度大于地球绕太阳的公转速度

D．加速度不小于火星绕太阳的加速度

【分析】根据万有引力提供向心力分析求解，当速度增大时做离心运动，速度减小后做向心运动，卫星在轨道上运行时，只受到万有引力作用。

【解答】解：AB、动量是矢量，方向与运动速度方向相同，卫星在远离地球的过程中在轨道上速度方向和大小不断变化，故动量、动能也不断变化，故AB错误；

C、根据万有引力做为向心力菁优网-jyeoo，可知在近日点“天问一号”的速度大于地球的速度，在远日点“天问一号”的速度小于地球的速度，故C错误；

D、根据菁优网-jyeoo，可知a＝菁优网-jyeoo轨道半径越大，加速度越小，其与火星轨道相切位置加速度与火星绕太阳的加速度相同，所以a＞a火，故D正确。

故选：D。

【点评】注意动量是矢量，动能是标量，当物体速度增大时做离心运动，速度减小后做向心运动。

12．（仓山区校级期中）2020年6月23日，我国北斗三号最后一颗全球组网卫星发射成功，至此北斗三号全球卫星导航系统星座部署全面完成（如图所示）。这颗卫星是地球静止轨道卫星，其轨道半径约为地球半径的7倍。与近地轨道卫星相比，地球静止轨道卫星（　　）



A．周期大 B．线速度大 C．角速度大 D．加速度大

【分析】根据万有引力提供卫星绕地球做匀速圆周运动的向心力，得出各个量的表达式分析即可；

【解答】解：地球对卫星的万有引力提供卫星绕地球做匀速圆周运动的向心力，

有菁优网-jyeoo，

解得：菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo

由表达式可知，半径越大，运行的周期越大，线速度、角速度、向心加速度越小；地球静止轨道卫星的运行半径大于近地轨道卫星的运行半径，故与近地轨道卫星相比，地球静止轨道卫星的周期大，线速度、角速度、向心加速度都小，故A正确，BCD错误。

故选：A。

【点评】本题的关键是根据万有引力提供卫星绕地球做匀速圆周运动的向心力得出周期、线速度、角速度、向心加速度与半径的关系；

13．（仓山区校级期中）我国是世界上能够发射地球同步卫星的少数国家之一。关于同步卫星，下列说法正确的是（　　）

A．质量不同的地球同步卫星轨道高度也不同

B．同步卫星轨道平面与赤道平面重合

C．地球同步卫星运动周期为12小时

D．同步卫星的速度大于7.9km/s

【分析】同步卫星的特点是：定位置（赤道的上方）、定周期（24h）、定速率、定高度。

【解答】解：A、对于同步卫星的质量，不一定相同，故A错误；

B、同步卫星与地球保持相对静止，可知同步卫星必须位于赤道的上方，故B正确；

C、同步卫星的周期一定，与地球的自转周期相等，等于24h，故C错误；

D、根据万有引力提供向心力菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo知，半径越大，线速度越小，同步卫星的速度小于第一宇宙速度，故D错误；

故选：B。

【点评】本题主要考查了万有引力定律的应用，解决本题的关键知道同步卫星的特点，即定位置（赤道的上方）、定周期（24h）、定速率、定高度。

14．（未央区校级模拟）“玉兔号”登月车在月球表面成功登陆，实现了中国人“奔月”的伟大梦想，“玉兔号”登月车在月球表面做了一个自由下落实验，测得物体从静止自由下落h高度的时间为t，已知月球半径为R，自转周期为T，引力常量为G，则下列说法中不正确的是（　　）

A．月球的第一宇宙速度为菁优网-jyeoo

B．月球质量为菁优网-jyeoo

C．月球球体密度为菁优网-jyeoo

D．月球同步卫星离月球表面的高度为菁优网-jyeoo

【分析】根据自由落体运动的规律求出月球表面的重力加速度g；根据重力提供向心力计算月球的第一宇宙速度；根据月球表面的物体受到的重力等于万有引力计算月球的质量；月球同步卫星绕月球做匀速圆周运动，根据万有引力提供向心力求解月球同步卫星离月球表面高度h。

【解答】解：A、由自由落体运动规律有：h＝菁优网-jyeoogt2，所以有：g＝菁优网-jyeoo，月球的第一宇宙速度为近月卫星的运行速度，根据重力提供向心力：mg＝m菁优网-jyeoo，所以v＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故A正确；

B、在月球表面的物体受到的重力等于万有引力mg＝G菁优网-jyeoo，所以M＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故B正确；

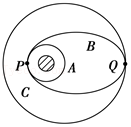
C、依据密度公式菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故C正确；

D、月球同步卫星绕月球做匀速圆周运动，根据万有引力提供向心力G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo（R+h），解得：h＝菁优网-jyeoo﹣R，故D错误。

故选：D。

【点评】解决本题的关键掌握万有引力提供向心力和万有引力等于重力这两个理论，并能灵活运用。本题重点是利用好月球表面的自由落体运动，这种以在星球表面自由落体，或平抛物体，或竖直上抛物体给星球表面重力加速度的方式是比较常见的。

15．（南京月考）如图所示，飞船在地面指挥控制中心的控制下，由近地点圆形轨道A，经椭圆轨道B转变到远地点的圆轨道C。轨道A与轨道B相切于P点，轨道B与轨道C相切于Q点，以下说法错误的是（　　）



A．卫星在轨道B上由P向Q运动的过程中速率越来越小

B．卫星在圆轨道C上的速率大于在圆轨道A上的速率

C．卫星在轨道B上经过P点的加速度与在轨道A上经过P点的加速度是相等的

D．卫星在轨道B上经过Q点时受到地球的引力小于经过P点时受到地球的引力

【分析】根据万有引力做功情况判断卫星在椭圆B上的速度大小变化情况。

根据万有引力提供向心力，分析轨道半径与速度的关系。

在同一地点万有引力相等，产生的加速度相同。

根据万有引力公式分析卫星在不同点的万有引力大小。

【解答】解：A、卫星在轨道B上由P向Q运动时，离地球越来越远，万有引力做负功，卫星的动能越来越小，即速率越来越小，故A正确；

B、卫星在轨道A和C上均做匀速圆周运动，根据万有引力提供向心力菁优网-jyeoo，解得线速度：v＝菁优网-jyeoo，

轨道C离地球距离远，故卫星在轨道C上的速率小于在轨道A上的速率，故B错误；

C、万有引力产生加速度，在同一点，万有引力是相同的，产生的加速度相同，即卫星在轨道B上经过P点的加速度与在轨道A上经过P点的加速度是相等的，故C正确；

D、根据万有引力公式：F＝菁优网-jyeoo，可知卫星在Q点时半径大于在P点时的半径，所以卫星在Q点时受到的引力小于经过P点时受到的地球引力，故D正确。

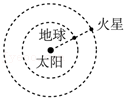
本题让选错误的，

故选：B。

【点评】此题考查了人造卫星的相关知识，明确万有引力提供卫星圆周运动的向心力，分析轨道半径大小的对速度的影响，卫星在椭圆轨道上运动时引力做功情况及速度变化情况。

**二．多选题（共15小题）**

16．（文山市校级月考）假设火星和地球绕太阳公转的运动均可视为匀速圆周运动。某一时刻，火星会运动到日地连线的延长线上，如图所示。下列选项正确的是（　　）



A．火星的向心加速度大于地球的向心加速度

B．火星的环绕速度小于地球的环绕速度

C．火星的公转周期大于地球的公转周期

D．从图示时刻再经过半年的时间，太阳、地球、火星再次共线

【分析】根据万有引力提供向心力列关于速度、周期、加速度的方程，分别写出其表达式，根据火星和地球的环绕半径间的关系，从而确定二者之间的向心加速度、线速度、周期之间的关系；从图示再经过半年的时间，地球刚好转过半周，火星还转不到半周，故三者不会共线。

【解答】解：ABC、根据万有引力提供向心力得：

菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoor＝ma

解得：v＝菁优网-jyeoo，T＝2π菁优网-jyeoo，a＝菁优网-jyeoo

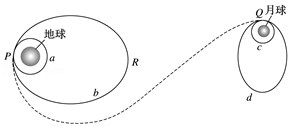
因为火星的轨道半径较大，故向心加速度较小，线速度较小，周期较大，故BC正确，A错误。

D、从图示再经过半年的时间，地球刚好转过半周，火星还转不到半周，故三者不会共线，故D错误。

故选：BC。

【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。

17．（襄城县校级月考）“嫦娥三号”卫星从地球发射到月球过程的路线示意图如图所示。关于“嫦娥三号”的说法正确的是（　　）



A．在P点由a轨道转变到b轨道时，速度必须变小

B．在Q点由d轨道转变到c轨道时，要加速才能实现（不计“嫦娥三号”的质量变化）

C．在b轨道上，卫星在P点的速度比在R点的速度大

D．“嫦娥三号”在a、b轨道上正常运行时，通过同一点P时，加速度相等

【分析】卫星变轨时，如果做离心运动，需点火加速，发动机做正功，动能增加；如果做向心运动，需点火减速，发动机做负功，动能减少；在b轨道上，卫星从P运动到R，重力做负功，动能减少；对卫星根据牛顿第二定律列方程写出加速度的表达式，即可求出不同轨道的同一位置处加速度的关系。

【解答】解：A、卫星在轨道a上的P点进入轨道b，要做离心运动，故需点火加速，发动机做正功，动能增加，故A错误；

B、在Q点由d轨道转移到c轨道时，要做向心运动，故需点火减速，发动机做负功，动能减少，故B错误；

C、在b轨道上，卫星从P运动到R，重力做负功，动能减少，故卫星在P点的速度比在R点的速度大，故C正确；

D、对卫星根据牛顿第二定律得：

菁优网-jyeoo＝ma

解得：a＝菁优网-jyeoo，故在a、b轨道上正常运行时，通过同一点P时r相等，故加速度相等，故D正确。

故选：CD。

【点评】本题考查了万有引力定律及其应用，注意卫星变轨时，首先确定卫星是做向心运动还是离心运动，然后才能确定是点火加速还是点火减速。

18．（安徽月考）已知地球的第一宇宙速度为7.9km/s，第二宇宙速度为11.2km/s，第三宇宙速度为16.7km/s。下列叙述正确的是（　　）

A．第一宇宙速度是物体在地面附近绕地球做匀速圆周运动的速度

B．第二宇宙速度是成为地球卫星的最小发射速度

C．所有地球卫星环绕地球的运行速度都介于7.9km/s和11.2km/s之间

D．要发射土星探测器速度要大于第二宇宙速度

【分析】第一宇宙速度是物体在地面附近绕地球做匀速圆周运动的速度，所有地球卫星环绕地球的运行速度都小于等于第一宇宙速度，即7.9km/s。第二宇宙速度是卫星挣脱地球引力束缚的最小发射速度。第三宇宙速度是卫星挣脱太阳引力束缚的最小发射速度。

【解答】解：AC、第一宇宙速度是物体在地面附近绕地球做匀速圆周运动的速度，是近地卫星的环绕速度，同时也是所有卫星的最大环绕速度，所有地球卫星环绕地球的运行速度都小于等于第一宇宙速度，即7.9km/s，故A正确，C错误；

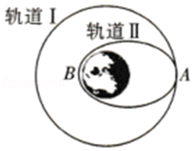
B、第二宇宙速度是卫星挣脱地球引力束缚的最小发射速度，故B错误；

D、第三宇宙速度是卫星挣脱太阳引力束缚的最小发射速度，故要发射土星探测器速度要大于第二宇宙速度、小于第三宇宙速度，故D正确。

故选：AD。

【点评】本题考查三个宇宙速度的知识，要掌握三个宇宙速度的大小，理解三个宇宙速度的不同点。

19．（文山市校级月考）卫星在A点从圆形轨道I进入椭圆轨道II，B为轨道II上的一点，如图所示，关于卫星的运动，下列说法中正确的是（　　）



A．卫星在圆形轨道I上过A点时加速可能进入椭圆轨道II

B．在轨道II上经过A的速度小于在轨道I上经过A的速度

C．在轨道II上运动的周期小于在轨道I上运动的周期

D．在轨道II上经过A的加速度小于在轨道I上经过A的加速度

【分析】在轨道Ⅱ上经过A需要点火加速进入轨道Ⅰ，发动机做正功，动能增加；根据开普勒第三定律表达式，结合图可判断在轨道Ⅱ上运动的周期与在轨道Ⅰ上运动的周期间的关系；对卫星根据万有引力提供向心力，写出加速度表达式，可判断在轨道II上经过A的加速度与在轨道I上经过A的加速度间的关系。

【解答】解：A、卫星在圆形轨道Ⅰ上过A点时进入椭圆轨道Ⅱ，要做向心运动，故需点火减速，故A错误；

B、在轨道Ⅱ上经过A需要点火加速进入轨道Ⅰ，发动机做正功，动能增加，因此在轨道Ⅱ上经过A的速度小于在轨道I上经过A的速度，故B正确；

C、设Ⅱ轨道的半长轴为a，Ⅰ轨道半径为R，根据开普勒第三定律得：

菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

由图可知，R＞a，故T1＞T2，即在轨道Ⅱ上运动的周期小于在轨道Ⅰ上运动的周期，故C正确；

D、对卫星根据万有引力提供向心力得：

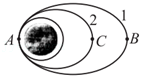
菁优网-jyeoo＝ma

解得：a＝菁优网-jyeoo，可知同一位置加速度相同，故D错误。

故选：BC。

【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。

20．（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；

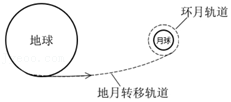
C、根据开普勒第二定律，在同一轨道上单位时间内扫过的面积相等，不同的轨道上单位时间内扫过的面积不等，故C项错误；

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。

21．（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。

22．（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

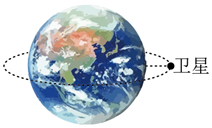
G菁优网-jyeoo

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。

23．（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

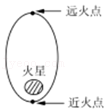
t＝1.6h

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.

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；

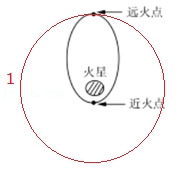
C、因为火星的直径约为地球直径的一半，质量约为地球质量的10%

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；

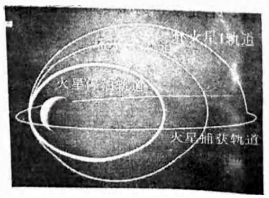
D、由于不知道火星的半径大小，故不能估算出火星的密度，故D错误。

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．（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。

26．（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；

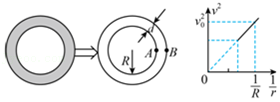
CD、由菁优网-jyeoo可得卫星的线速度菁优网-jyeoo，

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。

27．（蔡甸区校级模拟）行星外围有一圈厚度为d的发光带（发光的物质），简化为如图所示模型，R为该行星除发光带以外的半径。现不知发光带是该行星的组成部分还是环绕该行星的卫星群，某科学家做了精确的观测，发现发光带绕行星中心的运行速度与到行星中心的距离r的关系如图所示（图中所标v0为已知），则下列说法正确的是（　　）



A．发光带是该行星的组成部分

B．该行星的质量菁优网-jyeoo

C．行星表面的重力加速度菁优网-jyeoo

D．该行星的平均密度为菁优网-jyeoo

【分析】若光带是该行星的组成部分，则其角速度与行星自转角速度相同．若光带是环绕该行星的卫星群，由万有引力提供向心力，由此列式分析．

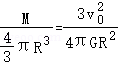
【解答】解：A、若光带是该行星的组成部分，则其角速度与行星自转角速度相同，应有v＝ωr，v与r应成正比，与图不符，因此该光带不是该行星的组成部分，故A错误；

B、光带是环绕该行星的卫星群，由万有引力提供向心力，则有：菁优网-jyeoo

得该行星的质量为：菁优网-jyeoo

由图知，r＝R时，v＝v0，则有：菁优网-jyeoo，故B正确；

C、当r＝R时有，mg＝m菁优网-jyeoo，解得行星表面的重力加速度g＝菁优网-jyeoo，故C正确。

D、该行星的平均密度为 ρ＝，故D错误。

故选：BC。

【点评】本题运用试探法分析，关键要知道光带是该行星的组成部分时，其角速度与行星自转角速度相同．光带是环绕该行星的卫星群时，由万有引力提供向心力．

28．（滨海新区校级三模）我国“北斗”卫星导航定位系统将由5颗静止轨道卫星（同步卫星）和30颗非静止轨道卫星组成，30颗非静止轨道卫星中有27颗是中轨道卫星，中轨道卫星轨道高度约为2.15×104km，静止轨道卫星的高度约为3.60×104km。下列说法正确的是（　　）

A．中轨道卫星的线速度大于7.9km/s

B．静止轨道卫星的线速度小于中轨道卫星的线速度

C．静止轨道卫星的向心加速度大于中轨道卫星的向心加速度

D．静止轨道卫星的运行周期大于中轨道卫星的运行周期

【分析】7.9km/s是地球的第一宇宙速度，是卫星绕地球做匀速圆周运动最大的运行速度；卫星绕地球做匀速圆周运动时，由地球的万有引力提供向心力，由此列式分析卫星的线速度、向心加速度和周期的关系。

【解答】解：A、7.9km/s是地球的第一宇宙速度，是卫星绕地球做匀速圆周运动最大的运行速度，可知中轨道卫星的线速度小于7.9km/s，故A错误；

BCD、设地球的质量为M，卫星的质量为m，轨道半径为r，卫星绕地球做匀速圆周运动时，根据万有引力提供向心力，得

G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoor＝ma，解得v＝菁优网-jyeoo，a＝菁优网-jyeoo，T＝2π菁优网-jyeoo

静止轨道卫星的轨道半径大于中轨道卫星的轨道半径，根据v＝菁优网-jyeoo，知静止轨道卫星的线速度小于中轨道卫星的线速度；根据a＝菁优网-jyeoo，知静止轨道卫星的向心加速度小于中轨道卫星的向心加速度；根据T＝2π菁优网-jyeoo，知静止轨道卫星的运行周期大于中轨道卫星的运行周期，故BD正确，C错误。

故选：BD。

【点评】解答本题时，要搞清卫星向心力的来源，掌握万有引力提供向心力这一思路，通过列式分析。

29．（湖北模拟）嫦娥五号探测器在月球着陆前，沿不同的轨道绕月球做匀速圆周运动并在距离月球表面H处有一次悬停，对障碍物和坡度进行识别，自主避障.选定相对平坦的区域后，开始缓速垂直下降。如果引力常量G已知，不考虑月球的自转，则（　　）

A．嫦娥五号探测器在从H处开始着陆过程中可以视作做自由落体运动

B．嫦娥五号探测器在环月圆轨道上绕月运行的速度小于月球第一宇宙速度

C．嫦娥五号探测器沿不同的圆轨道绕月球运动时，轨道半径越大绕行线速度越大

D．嫦娥五号探测器贴近月球表面做匀速圆周运动时，若已知探测器的运行周期，即可估算月球密度

【分析】根据万有引力提供向心力，写出线速度表达式结合半径关系可以比较线速度大小。根据万有引力提供向心力写出质量表达式，再结合密度公式分析求解。

【解答】解：A、嫦娥五号探测器在最后H处开始着陆过程中缓速垂直下降，加速度小于g，则不可以视作做自由落体运动，故A错误；

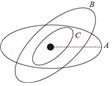
BC、根据万有引力做向心力可得：菁优网-jyeoo，所以菁优网-jyeoo，轨道半径越大绕行线速度越小，环月速度小于月球第一宇宙速度，故B正确，C错误；

D、根据万有引力提供向心力可得菁优网-jyeoo，所以月球质量菁优网-jyeoo，月球体积V＝菁优网-jyeoo，则密度菁优网-jyeoo，故D正确.

故选：BD。

【点评】在处理人造卫星问题时，要熟记万有引力提供向心力，注意此时向心力有多种表达式。

30．（湖南模拟）2020年7月31日，北斗三号全球卫星导航系统正式建成开通。如图是北斗卫星导航系统中三个卫星的圆轨道示意图，其中A为地球赤道同步轨道；轨道B为倾斜同步轨道，轨道半径与地球赤道同步轨道半径相同；轨道C为一颗中地球轨道。则下列说法中正确的是（　　）



A．在轨道A、B、C上运动的卫星的线速度大小关系为vA＝vB＜vC

B．在轨道A、B上运动的卫星需要的向心力大小一定相等

C．在轨道A、C上运动的卫星周期关系为TA＜TC

D．在轨道A、B、C上运动的卫星周期的平方和轨道半径三次方的比值相等

【分析】根据万有引力提供向心力，写出线速度、周期表达式结合半径关系可以比较线速度、周期大小。卫星A、B的质量未知，故向心力无法比较大小。根据开普勒第三定律可知三个轨道上运动的卫星周期的平方和轨道半径三次方的比值相同。

【解答】解：A、根据万有引力提供向心力菁优网-jyeoo，在轨道运动的卫星的线速度大小v＝菁优网-jyeoo，在轨道A、B、C上运动的卫星半径rA＝rB＞rC，所以有vA＝vB＜vC，故A正确；

B、在轨道A、B上运动的卫星，轨道半径相同，根据菁优网-jyeoo，可知向心加速度a相同，而向心力F＝ma，由于在轨道A、B上运动的卫星的质量未知，则在轨道A、B上运动的卫星需要的向心力大小不一定相等，故B错误；

C、根据万有引力提供向心力菁优网-jyeoo，在轨道运动的卫星周期T＝2π菁优网-jyeoo由于rA＞rC，所以在轨道A、C上运动的卫星周期关系为TA＞TC，故C错误；

D、三个卫星均为地球的卫星，根据开普勒第三定律，可知卫星周期的平方和轨道半径三次方的比值相等，故D正确。

故选：AD。

【点评】在解决人造卫星围绕地球做圆周运动问题时，要熟记万有引力提供向心力，注意此时向心力有多种表达式。

**三．填空题（共10小题）**

31．（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。

32．（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。

33．（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。

34．（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。

35．（宝坻区校级月考）2020年，我国将首次发射火星探测器并在火星着陆，这将是我国航天事业的又一大突破。已知地球与火星的质量之比约为10：1，半径之比约为2：1，设甲乙两卫星分别在地球和火星表面做匀速圆周运动，则地球与火星的第一宇宙之比为　菁优网-jyeoo　；地球与火星表面的自由落体加速度之比为　5：2　；甲乙两卫星的向心加速度之比为　5：2　。

【分析】根据万有引力提供向心力求解第一宇宙速度之比和向心加速度之比；根据“黄金代换”求解地球与火星表面的自由落体加速度之比。

【解答】解：根据万有引力提供向心力可得第一宇宙速度v＝菁优网-jyeoo，则地球与火星的第一宇宙之比菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo；

根据“黄金代换”可得g＝菁优网-jyeoo，则地球与火星表面的自由落体加速度之比为菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo×菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo；

根据万有引力提供向心力可得：菁优网-jyeoo＝ma＝mg，故甲、乙两卫星的向心加速度之比为等于重力加速度之比，即为5：2。

故答案为：菁优网-jyeoo，5：2，5：2。

【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。

36．（湘潭月考）已知某球状行星的半径为R，距行星表面h高处有一颗卫星绕该行星做匀速圆周运动，周期为T，万有引力常量为G，则卫星绕行星做匀速圆周运动的线速度为　菁优网-jyeoo　，该行星的质量为　菁优网-jyeoo　。

【分析】根据周期公式求解线速度；根据万有引力提供向心力求解该行星的质量。

【解答】解：卫星的轨道半径为r＝R+h，根据周期公式T＝菁优网-jyeoo

解得：v＝菁优网-jyeoo

根据万有引力提供向心力可得：菁优网-jyeoo＝mr菁优网-jyeoo

解得该行星的质量为：M＝菁优网-jyeoo

故答案为：菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo

【点评】解决本题的关键掌握向心加速度与轨道半径和周期的关系，以及掌握万有引力提供向心力这一理论。

37．（吴忠期末）人造地球同步卫星的运行周期与地球的自转周期　相同　（填“相同”或“不同”），它的线速度　小于　第一宇宙速度（填“大于”、“等于”或“小于”）．

【分析】了解同步卫星的含义，即同步卫星的周期必须与地球自转周期相同．

物体做匀速圆周运动，它所受的合力提供向心力，也就是合力要指向轨道平面的中心．

第一宇宙速度是近地卫星的环绕速度，也是最大的圆周运动的环绕速度．

【解答】解：同步卫星相对地面静止不动，同步卫星的周期必须与地球自转周期相同，

第一宇宙速度是近地卫星的环绕速度，也是最大的圆周运动的环绕速度．而同步卫星的轨道半径要大于近地卫星的轨道半径，

根据v＝菁优网-jyeoo 可以发现，同步卫星运行的线速度一定小于第一宇宙速度，

故答案为：相同，小于．

【点评】地球质量一定、自转速度一定，同步卫星要与地球的自转实现同步，就必须要角速度与地球自转角速度相等，这就决定了它的轨道高度和线速度．

38．（天河区期末）已知地球半径为R，地球表面的重力加速度为g，地球自转的周期为T，万有引力常量G，则地球的平均密度为　菁优网-jyeoo　；地球同步卫星的轨道半径为　菁优网-jyeoo　。

【分析】由地球表面物体重力等于万有引力求得地球质量，再由平均密度定义求得密度；根据同步卫星运行，万有引力等于向心力求解。

【解答】解：设一质量为m的物体放在地球表面，由地球表面物体重力等于万有引力可得：菁优网-jyeoo＝mg

所以，地球质量为：M＝菁优网-jyeoo，地球的体积为：V＝菁优网-jyeoo

那么，地球的密度为：ρ＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo；

设同步卫星质量为m0，同步卫星做圆周运动，万有引力等于向心力，又有同步卫星周期等于地球自转周期，故有：

菁优网-jyeoo＝m0（菁优网-jyeoo）2r

由于GM＝R2g

所以有：r＝菁优网-jyeoo

故答案为：菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo

【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。

39．（西城区校级期末）人造地球卫星A和B的质量之比为1：2，轨道半径之比为2：1，它们受到地球的引力之比为　1：8　，它们运行的线速度之比为　1：菁优网-jyeoo　，它们运行的周期之比为　菁优网-jyeoo　。

【分析】人造地球卫星的向心力由万有引力提供，则由公式可得出各量的表达式，则可得出各量间的比值。

【解答】解：人造地球卫星的万有引力充当向心力，即菁优网-jyeoo。

解得：菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo。

根据F＝菁优网-jyeoo，引力之比1：8；由菁优网-jyeoo，线速度之比为1：菁优网-jyeoo；由菁优网-jyeoo，周期之比为菁优网-jyeoo。

故答案为：1：8，1：菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo

【点评】本题考查万有引力在天体运动中的应用，注意本题中的质量为中心天体地球的质量。

40．（城区校级期中）2018年12月8日我国成功发射“嫦娥四号”探测器，在探测器由地球飞向月球的过程中，地球对探测器的引力越来越　小　，月球对探测器的引力越来越　大　，（填“大”或“小”）；当探测器运动到地心与月心连线的中点时，所受引力的合力方向指向　地球　。（填“地球”或“月球”）

【分析】根据万有引力定律结合距离的变化可分析引力的变化。

【解答】解：在探测器由地球飞向月球的过程中，距离地球越来越远，离月球越来越近，根据菁优网-jyeoo可知，地球对探测器的引力越来越小，月球对探测器的引力越来越大；当探测器运动到地心与月心连线的中点时，由于地球的质量大于月球的质量，则地球的引力大于月球的引力，则所受引力的合力方向指向地球。

故答案为：小；大；地球。

【点评】本题考查了万有引力定律在天体运动中的应用，解题的关键是理解万有引力定律的公式。

**四．计算题（共2小题）**

41．（青羊区校级月考）高空遥感探测卫星在距地球表面高为R处绕地球做圆周运动，已知该卫星的质量为m，地球半径为R，地球表面重力加速度大小为g，万有引力常量为G。求：

（1）这颗卫星运行的运行速度大小v；

（2）这颗卫星绕地球做圆周运动的周期T；

【分析】根据地球表面上的物体受到的万有引力等于重力，以及对卫星根据万有引力提供向心力分别列方程，联立即可求这颗卫星运行速度的大小；根据周期的表达式可求这颗卫星绕地球做圆周运动的周期T。

【解答】解：（1）设地球的质量为M，根据地球表面上的物体受到的万有引力等于重力得：

菁优网-jyeoo＝mg

对卫星，根据万有引力提供向心力得：

菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo

联立解得：v＝菁优网-jyeoo

（2）卫星绕地球做圆周运动的周期为

T＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

答：（1）这颗卫星运行的运行速度大小为菁优网-jyeoo。

（2）这颗卫星绕地球做圆周运动的周期T为菁优网-jyeoo。

【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。

42．（荔湾区校级期中）一颗在赤道上空运行的人造地球卫星，离地高度为h＝3R（R为地球半径），已知同步卫星的离地高度大于h，地球表面重力加速度为g，则

（1）该卫星绕地球运行周期是多大；

（2）卫星的运动方向与地球自转方向相同，已知地球自转周期为T0，某一时刻卫星通过赤道上某建筑物的正上方，再经过多长时间它又一次出现在该建筑物正上方？

【分析】（1）对于卫星万有引力定律提供向心力结合“黄金代换”关系求解；

（2）卫星连续两次经过赤道上某固定目标正上方的时间里，地球赤道上某固定目标绕地心转过的圈数比卫星绕地心转过的圈数少一圈，由此列方程求解。

【解答】解：（1）对于卫星环绕地心的匀速圆周运动，由万有引力定律及牛顿第二定律有：菁优网-jyeoo

对地面上的物体由“黄金代换”关系有：GM＝R2g，

解得：菁优网-jyeoo；

（2）由于卫星轨道半径4R小于地球同步卫星轨道（约等于地球半径的6.6倍），卫星的运动周期大于地球自转周期，卫星连续两次经过赤道上某固定目标正上方的时间里，地球赤道上某固定目标绕地心转过的圈数比卫星绕地心转过的圈数少一圈，故有：菁优网-jyeoo

解得：菁优网-jyeoo。

答：（1）该卫星绕地球运行周期是菁优网-jyeoo；

（2）某一时刻卫星通过赤道上某建筑物的正上方，再经过菁优网-jyeoo时间它又一次出现在该建筑物正上方。

【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，万有引力等于重力；二是根据万有引力提供向心力列方程进行解答。