## 万有引力定律

## 知识点一：万有引力定律

一、行星与太阳间的引力

行星绕太阳的运动可看作匀速圆周运动.设行星的质量为*m*，速度为*v*，行星到太阳的距离为*r*.

天文观测测得行星公转周期为*T*，则

向心力*F*＝*m*＝*mr*①

根据开普勒第三定律：＝*k*②

由①②得：*F*＝4π2*k*③

由③式可知太阳对行星的引力*F*∝

根据牛顿第三定律，行星对太阳的引力*F*′∝

则行星与太阳间的引力*F*∝

写成等式*F*＝*G*.

二、月—地检验

1.猜想：地球与月球之间的引力*F*＝*G*，根据牛顿第二定律*a*月＝＝*G*.

地面上苹果自由下落的加速度*a*苹＝＝*G*.

由于*r*＝60*R*，所以＝.

2.验证：(1)苹果自由落体加速度*a*苹＝*g*＝9.8 m/s2.

(2)月球中心距地球中心的距离*r*＝3.8×108 m.

月球公转周期*T*＝27.3 d≈2.36×106 s

则*a*月＝()2*r*＝2.7×10－3 m/s2(保留两位有效数字)

＝2.8×10－4(数值)≈(比例).

3.结论：地面物体所受地球的引力、月球所受地球的引力，与太阳、行星间的引力，遵从相同的规律.

三、万有引力定律

1.内容：自然界中任何两个物体都相互吸引，引力的方向在它们的连线上，引力的大小与物体的质量*m*1和*m*2的乘积成正比，与它们之间距离*r*的二次方成反比.

2.表达式：*F*＝*G*，其中*G*叫作引力常量.

四、引力常量

牛顿得出了万有引力与物体质量及它们之间距离的关系，但没有测出引力常量*G*.

英国物理学家卡文迪什通过实验推算出引力常量*G*的值.通常情况下取*G*＝6.67×10－11 N·m2/kg2.

## 技巧点拨

一、对太阳与行星间引力的理解

导学探究

1.是什么原因使行星绕太阳运动？

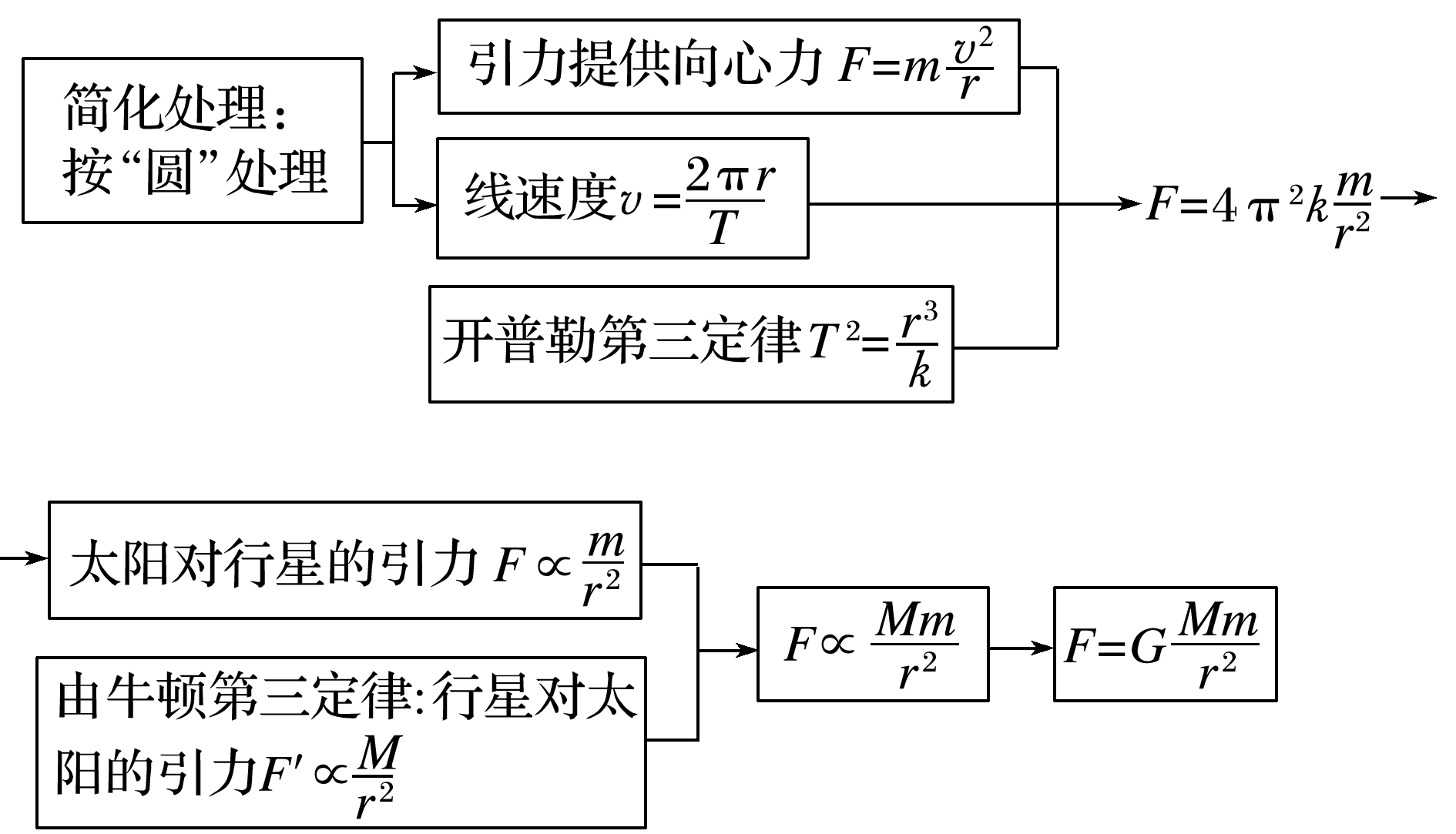
答案　太阳对行星的引力使行星绕太阳运动.

2.在推导太阳与行星间的引力时，我们对行星的运动怎么简化处理的？用了哪些知识？

答案　将行星绕太阳的椭圆运动看成匀速圆周运动.在推导过程中，用到了向心力公式、开普勒第三定律及牛顿运动定律.

知识深化

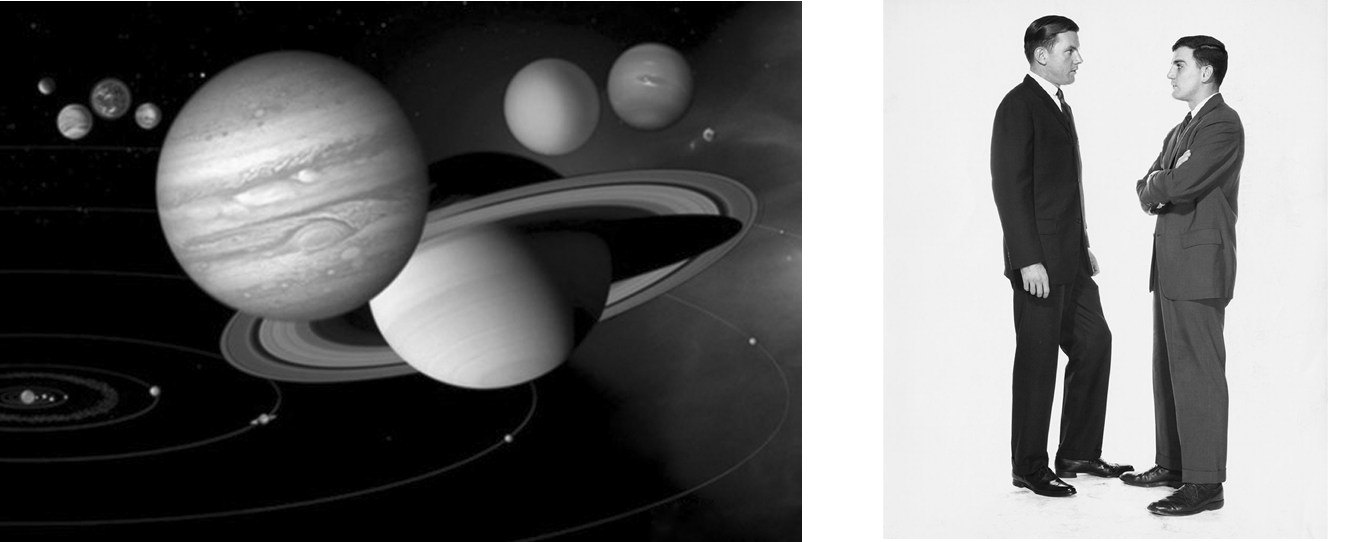
万有引力定律的得出过程



二、万有引力定律

导学探究

(1)通过月—地检验结果表明，地面物体所受地球的引力、月球所受地球的引力，与太阳、行星间的引力遵从相同的规律.一切物体都存在这样的引力，如图，那么，为什么通常两个人(假设两人可看成质点，质量均为100 kg，相距1 m)间的万有引力我们却感受不到？



图

(2)地球对人的万有引力与人对地球的万有引力大小相等吗？

答案　(1)两个人之间的万有引力大小为：*F*＝＝ N＝6.67×10－7 N，因引力很小，所以通常感受不到.

(2)相等.它们是一对相互作用力.

知识深化

1.万有引力定律表达式：*F*＝*G*，*G*＝6.67×10－11 N·m2/kg2.

2.万有引力定律公式适用的条件

(1)两个质点间的相互作用.

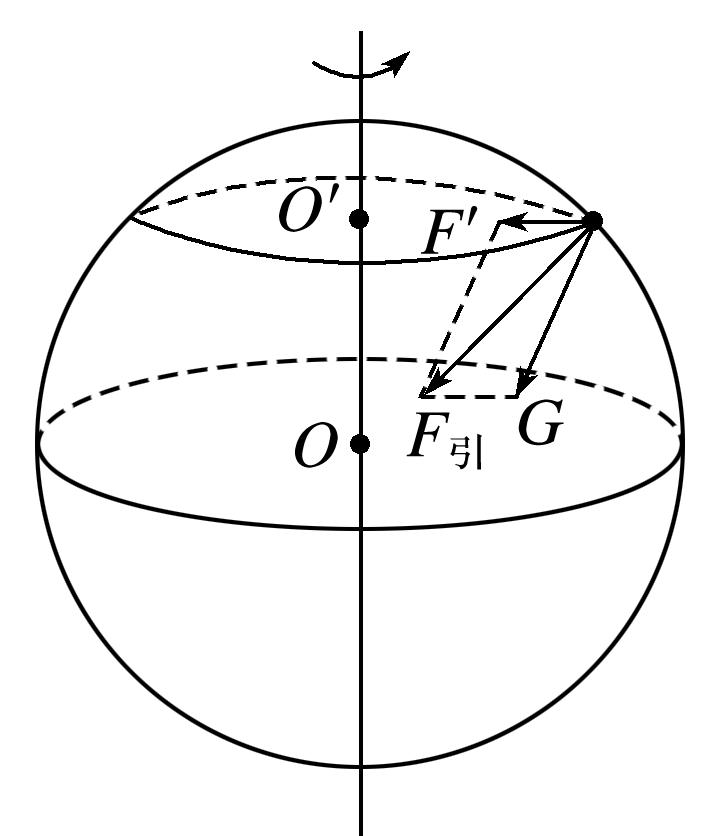
(2)一个均匀球体与球外一个质点间的相互作用，*r*为球心到质点的距离.

(3)两个质量均匀的球体间的相互作用，*r*为两球心间的距离.

三、重力和万有引力的关系

1.物体在地球表面上所受引力与重力的关系：

除两极以外，地面上其他点的物体，都围绕地轴做圆周运动，这就需要一个垂直于地轴的向心力.地球对物体引力的一个分力*F*′提供向心力，另一个分力为重力*G*，如图所示.



图

(1)当物体在两极时：*G*＝*F*引，重力达到最大值*G*max＝*G*.

(2)当物体在赤道上时：

*F*′＝*mω*2*R*最大，此时重力最小

*G*min＝*G*－*mω*2*R*

(3)从赤道到两极：随着纬度增加，向心力*F*′＝*mω*2*R*′减小，*F*′与*F*引夹角增大，所以重力*G*在增大，重力加速度增大.

因为*F*′、*F*引、*G*不在一条直线上，重力*G*与万有引力*F*引方向有偏差，重力大小*mg*<*G*.

2.重力与高度的关系

若距离地面的高度为*h*，则*mg*′＝*G*()(*R*为地球半径，*g*′为离地面*h*高度处的重力加速度).在同一纬度，距地面越高，重力加速度越小.

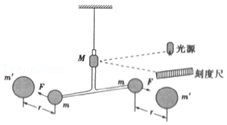
3.特别说明

(1)重力是物体由于地球吸引产生的，但重力并不是地球对物体的引力.

(2)在忽略地球自转的情况下，认为*mg*＝*G*.

## 例题精练

1．（菏泽期中）物理学领域中具有普适性的一些常量，对物理学的发展有很大作用，引力常量G就是其中之一。1798年，卡文迪许首次利用如图所示的装置，比较精确地测量出了引力常量。下列说法错误的是（　　）



A．引力常量不易测量的一个重要原因就是地面上普通物体间的引力太微小

B．月球上的引力常量等于地球上的引力常量

C．这个实验装置巧妙地利用放大原理，提高了测量精度

D．引力常量G的大小与两物体质量的乘积成反比，与两物体间距离的平方成正比

【分析】本题考查了物理学史，1687年牛顿发现了万有引力定律，1789年卡文迪许利用他所发明的扭秤得出引力常数G，从而能称出地球的质量。

【解答】解：A、地面上普通物体间的引力太微小，这个力无法测量，故无法通过万有引力公式直接计算G，故A正确；

BD、引力常量是一个常数，与所在的位置无关，即月球上的引力常量等于地球上的引力常量，故B正确，D错误；

C、地面上普通物体间的引力太微小，扭矩引起的形变很小，通过光的反射，反射光的移动明显，利用放大原理，提高了测量精度，故C正确。

本题选错误的，故选：D。

【点评】本题考查了学生对物理学史的掌握情况，对于重要物理定律、原理涉及的物理学史部，平时要加强记忆，以免送分题反而失分。

2．（南海区期末）牛顿在发现万有引力定律的过程中，没有用到的规律和结论是（　　）

A．卡文迪许通过扭秤实验得出的引力常数

B．牛顿第二定律

C．牛顿第三定律

D．开普勒的研究成果

【分析】牛顿发现万有引力定律过程是，首先根据开普勒三大定律和向心力公式推导出太阳对行星的引力，然后根据牛顿第三定律得出行星对太阳的引力关系式，最后总结出太阳与行星间的引力关系公式．

【解答】解：牛顿发现万有引力定律过程如下：

根据开普勒行星运动第一和第二定律，假设行星绕太阳做匀速圆周运动，太阳对行星的引力就是行星做匀速圆周运动的向心力。

F＝m菁优网-jyeoo

天文观测可以得到公转周期行星T，则：v＝菁优网-jyeoo

代入上式整理后得到：F＝菁优网-jyeoo

不同行星的公转周期不同，F与r关系的表达式中不应出现T，所以要消去T．为此把开普勒第三定律变形为T2＝菁优网-jyeoo代入F＝菁优网-jyeoo

从这个式子可以看到，等号右边处了m，r其他都是常量，对任何行星是相同的，可以说引力F与菁优网-jyeoo成正比，即太阳对行星的引力与行星的质量成正比，与他们之间的距离的二次方成反比。

就太阳对行星的引力来说，行星是受力星体，因而可以说上述引力与受力行星的质量成正比。

根据牛顿第三定律，太阳吸引行星，行星也吸引太阳，就行星吸引太阳的引力F'来说，太阳是受力星体。F'的大小与太阳质量M成正比，与行星，太阳距离的二次方成反比。F'正比于菁优网-jyeoo

由于F正比于菁优网-jyeoo，F'正比于菁优网-jyeoo，而F与F'的大小相等，所以我们可以概括的说，太阳与行星间引力的大小与太阳的质量和行星的质量的乘积成正比，与两者的距离的二次方成反比，即F正比于菁优网-jyeoo

写成等式就是F＝G菁优网-jyeoo，G是比例系数与太阳行星都没有关系；

从上述推导过程可以看出，用到的规律有：开普勒的研究成果、向心力公式、牛顿第二定律、牛顿第三定律；

卡文迪许通过扭秤实验得出的引力常数没有用到，故A没有用到、BCD全部用到。

本题选没有被用到的规律和结论，故选：A。

【点评】本题关键要掌握万有引力定律的发现过程，要能够熟悉万有引力定律的推导过程，同时要能灵活运用牛顿运动定律和向心力公式进行演算．

## 随堂练习

1．（海淀区校级三模）卡文迪许把自己的扭秤实验称为“称量地球的质量”，在测得万有引力常数G后，知道下列哪个选项中的物理量，就可算出地球质量（　　）

A．地球表面的重力加速度

B．地球表面的重力加速度和地球半径

C．绕地球表面做圆周运动的物体的运动周期

D．地球绕太阳运动的周期和运动半径

【分析】根据重力等于万有引力、万有引力提供向心力列出地球质量的表达式。

只能求出中心天体的质量。

【解答】解：AB、已知地球表面的重力加速度和地球半径，根据重力等于万有引力可知，菁优网-jyeoo，解得地球质量：M＝菁优网-jyeoo，故A错误，B正确；

C、根据万有引力提供向心力可知，菁优网-jyeoo，解得地球质量：M＝菁优网-jyeoo，已知绕地球表面做圆周运动的物体的运动周期和地球半径，可以求出地球质量，故C错误；

D、已知地球绕太阳运动的周期和运动半径，只能求出太阳的质量，故D错误。

故选：B。

【点评】该题考查了万有引力定律的相关知识，研究天体运动，运用万有引力提供向心力只能求出中心体的质量。

2．（株洲月考）万有引力理论的成就（或意义）不包括（　　）

A．测量引力常量 B．“称量”地球质量

C．发现未知天体 D．实现“天地”统一

【分析】根据万有引力理论的形成过程分析。

明确万有引力理论的成就。

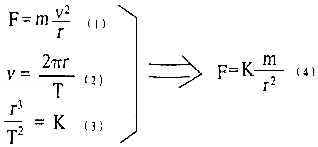
【解答】解：BCD、牛顿提出了万有引力理论，卡文迪许测出了引力常量，应用万有引力理论可以“称量”地球质量（测量天体的质量和密度）、发现未知天体（海王星的发现）、实现“天地”统一（万有引力定律的普适性），故BCD正确；

A、测量引力常量属于万有引力理论的组成部分，是建立万有引力理论的基础，不是成就，故A错误。

本题选错误的，故选：A。

【点评】此题考查了万有引力定律的发现和万有引力常量的测定，属于教材基本知识，明确海王星的发现验证了万有引力定律的正确性，显示了理论对实践的巨大指导作用。

3．（淇滨区校级月考）在探究太阳对行星的引力的规律时，我们以下边的三个等式（1）（2）（3）为根据，得出了右边的关系式（4）。下边的三个等式（1）（2）（3）有的可以在实验室中验证，有的则不能，这个无法在实验室中验证的太阳对行星的引力规律是牛顿通过合理推导得到的，则下面判断正确的（　　）



A．左边第一个式子（1）是无法在实验室中得到验证的

B．左边第一个式子（2）是无法在实验室中得到验证的

C．左边第三个式子（3）是可以在实验室中得到验证的

D．得到上面太阳对行星的引力后，牛顿又结合牛顿第三定律得到行星对太阳的引力F′与太阳的质量也成正比，所以太阳与行星间的引力大小菁优网-jyeoo

【分析】解答本题抓住：m、F、r、v、T都是可测量的量，F＝m菁优网-jyeoo、v＝菁优网-jyeoo可以用实验验证，而菁优网-jyeoo＝k是开普勒研究第谷行星观测记录发现的。

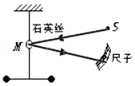
【解答】解：公式F＝m菁优网-jyeoo式中，m、F、v、r都是可以直接测量的量，所以此式可以在实验室中进行验证。v＝菁优网-jyeoo式中v、r、T都可以测量，因此用可以用实验验证。开普勒第三定律菁优网-jyeoo＝k是开普勒研究第谷的行星观测记录研究发现的，无法在实验室中验证。

得到上面太阳对行星的引力后，牛顿又结合牛顿第三定律得到行星对太阳的引力F′与太阳的质量也成正比，所以太阳与行星间的引力大小为G菁优网-jyeoo，故D正确，ABC错误。

故选：D。

【点评】本题的解题关键要知道开普勒第三定律菁优网-jyeoo＝k的发现过程，即可轻松作出正确的选择。

4．（黄州区校级模拟）卡文迪许扭秤是用来测定万有引力恒量的重要仪器，为了观察悬挂的石英丝发生的微小扭转形变，卡文迪许采用了光放大的原理，如图所示，图中悬挂在石英丝下端的T形架的竖直杆上装一块小平面镜M，M可将由光源S射来的光线反射到弧形的刻度尺上（圆弧的圆心即在M处）。已知尺子距离M为2m，若反射光斑在尺子上移动2πcm，则平面镜M转过的角度是（　　）



A．0.9° B．1.8° C．2.7° D．3.6°

【分析】（1）根据光的反射定律，若镜面转过的角度为θ，入射角变化角度为θ，反射角变化角度也为θ，则反射光线转过的角度为2θ；

（2）角度θ＝菁优网-jyeoo菁优网-jyeoo。

【解答】解：△l＝2π cm＝0.02π m，r＝2m

由数学关系，反射光线转过的角度为：

θ＝菁优网-jyeoo菁优网-jyeoo＝1.8°

根据光的反射定律，入射光线不变，镜面转过的角度为1.8°×菁优网-jyeoo＝0.9°，故A正确，BCD错误。

故选：A。

【点评】本题涉及到光的反射、反射定律、卡文迪许扭秤等知识点，考查理解能力和推理能力，体现了考试大纲中对“理解物理概念、物理规律”的确切含义，本题要注意隐含的条件：平面镜转过θ角，反射光线转过2θ角。

## 知识点二：万有引力定律的成就

一、“称量”地球的质量

1.思路：地球表面的物体，若不考虑地球自转的影响，物体的重力等于地球对物体的引力.

2.关系式：*mg*＝*G*.

3.结果：*m*地＝，只要知道*g*、*R*、*G*的值，就可计算出地球的质量.

4.推广：若知道其他某星球表面的重力加速度和星球半径，可计算出该星球的质量.

二、计算天体的质量

1.思路：质量为*m*的行星绕太阳做匀速圆周运动时，行星与太阳间的万有引力充当向心力.

2.关系式：＝*mr*.

3.结论：*m*太＝，只要再知道引力常量*G*，行星绕太阳运动的周期*T*和轨道半径*r*就可以计算出太阳的质量.

4.推广：若已知引力常量*G*，卫星绕行星运动的周期和卫星与行星之间的距离，可计算出行星的质量.

三、发现未知天体

1.海王星的发现：英国剑桥大学的学生亚当斯和法国年轻的天文学家勒维耶根据天王星的观测资料，利用万有引力定律计算出天王星外“新”行星的轨道.1846年9月23日，德国的伽勒在勒维耶预言的位置附近发现了这颗行星——海王星.

2.其他天体的发现：海王星之外残存着太阳系形成初期遗留的物质.近100年来，人们在海王星的轨道之外又发现了冥王星、阋神星等几个较大的天体.

四、预言哈雷彗星回归

英国天文学家哈雷计算了1531年、1607年和1682年出现的三颗彗星的轨道，他大胆预言这三颗彗星是同一颗星，周期约为76年，并预言了这颗彗星再次回归的时间.1759年3月这颗彗星如期通过了近日点，它最近一次回归是1986年，它的下次回归将在2061年左右.

## 技巧点拨

一、天体质量和密度的计算

导学探究

1.卡文迪什在实验室测出了引力常量*G*的值，他称自己是“可以称量地球质量的人”.

(1)他“称量”的依据是什么？

(2)若已知地球表面重力加速度*g*，地球半径*R*，引力常量*G*，求地球的质量和密度.

答案　(1)若忽略地球自转的影响，在地球表面上物体受到的重力等于地球对物体的万有引力；

(2)由*mg*＝*G*得，*M*＝，*ρ*＝＝＝.

2.如果知道地球绕太阳的公转周期*T*和它与太阳的距离*r*，能求出太阳的质量吗？若要求太阳的密度，还需要哪些量？

答案　由＝*m*地*r*知*m*太＝，可以求出太阳的质量；由密度公式*ρ*＝可知，若要求太阳的密度，还需要知道太阳的半径.

知识深化

天体质量和密度的计算方法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 重力加速度法 | 环绕法 |
| 情景 | 已知天体的半径*R*和天体表面的重力加速度*g* | 行星或卫星绕中心天体做匀速圆周运动 |
| 思路 | 物体在天体表面的重力近似等于天体与物体间的万有引力：*mg*＝*G* | 行星或卫星受到的万有引力充当向心力：*G*＝*m*()2*r*(以*T*为例) |
| 天体  质量 | 天体质量：*M*＝ | 中心天体质量：*M*＝ |
| 天体  密度 | *ρ*＝＝ | *ρ*＝＝ |
| 说明 | *g*为天体表面重力加速度，未知星球表面重力加速度通常利用实验测出，例如让小球做自由落体、平抛、上抛等运动 | 这种方法只能求中心天体质量，不能求环绕星体质量  *T*为公转周期  *r*为轨道半径  *R*为中心天体半径 |

二、天体运动的分析与计算

1.一般行星(或卫星)的运动可看做匀速圆周运动，所需向心力由中心天体对它的万有引力提供.

基本公式：*G*＝*ma*n＝*m*＝*mω*2*r*＝*mr*.

2.忽略自转时，*mg*＝*G*，整理可得：*GM*＝*gR*2.在引力常量*G*和中心天体质量*M*未知时，可用*gR*2替换*GM*，*GM*＝*gR*2被称为“黄金代换式”.

3.天体运动的物理量与轨道半径的关系

(1)由*G*＝*m*得*v*＝.

(2)由*G*＝*mω*2*r*得*ω*＝.

(3)由*G*＝*m*2*r*得*T*＝2π.

(4)由*G*＝*ma*n得*a*n＝.

由以上关系式可知：①卫星的轨道半径*r*确定后，其相对应的线速度大小、角速度、周期和向心加速度大小是唯一的，与卫星的质量无关，即同一轨道上的不同卫星具有相同的周期、线速度大小、角速度和向心加速度大小.

②卫星的轨道半径*r*越大，*v*、*ω*、*a*n越小，*T*越大，即越远越慢.

## 例题精练

1．（邢台月考）已知太阳系某行星绕太阳的运动可以看成是匀速圆周运动，运行的周期为T，线速度为v，引力常量为G，则太阳的质量可表示为（　　）

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

【分析】行星绕太阳做匀速圆周运动，由太阳的万有引力提供向心力，由牛顿第二定律列式求解太阳的质量。

【解答】解：行星绕太阳做匀速圆周运动，设其轨道半径为r，则v＝菁优网-jyeoo，得r＝菁优网-jyeoo

根据万有引力提供向心力，得：G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo

联立解得太阳的质量M＝菁优网-jyeoo，故B正确，ACD错误。

故选：B。

【点评】解决本题的关键要掌握万有引力提供向心力这一思路，知道线速度与周期、轨道半径的关系，并能熟练运用。

2．（文山市校级月考）地球质量大约是月球质量的81倍，一个飞行器在地球与月球之间。当地球对它的引力和月球对它的引力大小相等时，该飞行器距地心的距离与距月心的距离之比为（　　）

A．9：1 B．1：9 C．81：1 D．27：1

【分析】利用万有引力定律求得地球及月球分别对飞行器的万有引力，利用平衡求得距离之比。

【解答】解：利用万有引力定律，地球对飞行器的引力F＝G菁优网-jyeoo，月球对飞行器的引力F′＝G菁优网-jyeoo，地球对它的引力和月球对它的引力大小相等，即：G菁优网-jyeoo＝G菁优网-jyeoo，

化简可知：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，则菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故A正确，BCD错误。

故选：A。

【点评】本题考查万有引力定律的应用，要掌握万有引力的表达式，会利用数学分析比例关系。

## 随堂练习

1．（七星区校级模拟）“天问一号”探测器负责执行中国第一次自主火星探测任务，于2020年7月23日在文昌航天发射场发射升空，2021年2月24日6时29分，成功实施近火制动，进入火星停泊轨道。假设“天问一号”在火星停泊轨道上做匀速圆周运动，轨道半径为r，运行周期为T。已知火星的半径为R，自转周期为T0，引力常量为G。则火星的（　　）

A．极地表面的重力加速度为菁优网-jyeoo

B．密度为菁优网-jyeoo

C．同步卫星的轨道半径为菁优网-jyeoo

D．第一宇宙速度为菁优网-jyeoo

【分析】对“天问一号”做匀速圆周运动，根据万有引力提供向心力，对火星在极地表面，根据万有引力等于重力，分别列方程，可求极地表面的重力加速度以及火星的质量；根据密度公式，可求火星的密度；对同步卫星根据万有引力提供向心力可求同步卫星的轨道半径；在火星表面，根据万有引力等于重力可求第一宇宙速度。

【解答】解：A、“天问一号”在火星停泊轨道上做匀速圆周运动，设“天问一号”的质量为m、轨道半径为r、火星质量为M，根据万有引力提供向心力得：

G菁优网-jyeoo＝m（菁优网-jyeoo）2r

对火星在极地表面，根据万有引力等于重力得：

菁优网-jyeoo＝mg火

联立解得：g火＝菁优网-jyeoo，故A正确。

B、对“天问一号”在火星停泊轨道上做匀速圆周运动，根据万有引力提供向心力得：

G菁优网-jyeoo＝m（菁优网-jyeoo）2r ①

火星的体积为V＝菁优网-jyeoo

火星的密度为：菁优网-jyeoo

联立解得：ρ＝菁优网-jyeoo，故B错误。

C、同步卫星的周期等于火星自转周期T0，对同步卫星根据万有引力提供向心力得：

菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo②

联立①②解得：r同＝菁优网-jyeoo，故C错误。

D、火星的第一宇宙速度是卫星在火星表面附近环绕火星做匀速圆周运动时具有的速度，在火星表面，根据万有引力等于重力得：

菁优网-jyeoo③

联立①③解得：v＝菁优网-jyeoo，故D错误。

故选：A。

【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。

2．（潍坊三模）天体物理学家为寻找适合人类生存的星球（简称类地行星）一直进行着探索，中国“天眼”射电望远镜在2016年启用以来，在该领域也取得了重大进展。类地行星除了具有生命赖以生存的水和空气之外，还应有适宜的温度，为此，行星正对恒星部分单位面积上接受到的热辐射功率应和地球接受到太阳的辐射功率相当。已知行星单位面积接受到恒星的辐射功率与其到恒星距离的平方成反比。假设在银河系的某处有一颗恒星，其质量为太阳的500倍，热辐射总功率为太阳的25倍，则其类地行星的公转周期与地球的公转周期之比为（　　）

A．0.25 B．0.5 C．1 D．2

【分析】根据热辐射总功率与太阳总功率的关系及行星单位面积接受到的辐射功率与其到恒星距离的平方成反比，可以求得类地行星距恒星的距离是地球距太阳距离的关系，再根据恒星的质量关系求得公转周期关系。

【解答】解：据行星单位面积接受到恒星的辐射功率与其到恒星距离的平方成反比，若某一恒星的热辐射功率是太阳的25倍，若该行星为类地行星，则可知，该行星距恒星的距离为太阳与地球距离的5倍。则令太阳质量为M，则此恒星的质量为500M，地球到太阳的距离为r，则行星与恒星的距离为5r，据万有引力提供圆周运动向心力有：

菁优网-jyeoo

地球的公转周期为：T＝菁优网-jyeoo

则该类地行星的周期为：菁优网-jyeoo

故B正确，ACD错误。

故选：B。

【点评】本题关键是能根据恒星辐射总功率与接受到恒星辐射功率与其到恒星距离的关系，由类地行星的要求得出行星与恒星距离是太阳与地球距离的数值关系，再根据周期公式计算公转周期。关键能根据物理情境中提取出有用信息并进行相关计算。

3．（桃城区校级三模）2021年2月5日，我国首颗火星任务探测器“天问一号”在地火转移轨道飞行约七个月后传回火星高清图像，“水手峡谷”“斯基亚帕雷利坑”等标志性地貌清晰可见，2月10号通过“刹车”完成火星捕获进入环火轨道（视为圆轨道），并择机开展着陆、巡视等任务，进行火星科学探测。已知地球质量为M1，半径为R1，地球表面的重力加速度为g；火星质量为M2，半径为R2，二者均可视为质量分布均匀的球体，忽略两者的自转（引力常量为G），下列说法正确的是（　　）

A．“天问一号”探测器绕火星匀速飞行时，其内部仪器处于受力平衡状态

B．“天问一号”探测器的发射速度要大于第三宇宙速度

C．火星表面的重力加速度大小为菁优网-jyeoo

D．“天问一号”探测器到达火星附近时，要点火加速，做向心运动

【分析】根据运动性质分析受力是否平衡；

根据宇宙速度的含义分析是否大于第三宇宙速度

忽略星球自转的情况下，星球表面的重力与万有引力相等，据此由重力加速度分析火星表面的重力加速度

根据探测器的运动特征分析是点火加速还是减速。

【解答】解：A、探测器绕火星做匀速圆周运动，所受合力提供圆周运动向心力，故其内部仪器所受合力提供其随探测器圆周运动的向心力，故受力不平衡，故A错误；

B、第三宇宙速度是发射逃离太阳系天体的最小发射速度，而火星探测器仍在太阳系中，故其发射速度小于第三宇宙速度，故B错误；

C、忽略星球自转的情况下，星球表面的重力与万有引力相等，故对于地球有：菁优网-jyeoo，对于火星有菁优网-jyeoo联列两式，消去G可得：火星表面重力加速度菁优网-jyeoo，故C正确；

D、“天问一号”探测器到达火星附近时要做向心运动，故探测器要点火减速，才能做向心运动，故D错误。

故选：C。

【点评】本题关键考查卫星问题，知道卫星做匀速运动时所受合力提供圆周运动向心力，理解宇宙速度的物理意义，以及重力与万有引力的关系，还有就是卫星变轨是通过加速做离心运动减速做向心运动实现轨道变大和变小，本题总体难度不大，但考查知识点较多易发生错误。

4．（山东）从“玉兔”登月到“祝融”探火，我国星际探测事业实现了由地月系到行星际的跨越。已知火星质量约为月球的9倍，半径约为月球的2倍，“祝融”火星车的质量约为“玉兔”月球车的2倍。在着陆前，“祝融”和“玉兔”都会经历一个由着陆平台支撑的悬停过程。悬停时，“祝融”与“玉兔”所受着陆平台的作用力大小之比为（　　）



A．9：1 B．9：2 C．36：1 D．72：1

【分析】在星球表面，物体所受的万有引力等于重力，可求火星表面的重力加速度与月球表面重力加速度之间的关系；悬停时，两车均受力平衡，根据平衡条件可求“祝融”与“玉兔”所受着陆平台的作用力大小之比。

【解答】解：在星球表面，根据物体所受的万有引力等于重力得：

菁优网-jyeoo＝mg

解得：g＝菁优网-jyeoo

故菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝9×菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

悬停时，两车均受力平衡，即F＝mg

菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故B正确，ACD错误。

故选：B。

【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。

# **综合练习**

**一．选择题（共15小题）**

1．（东城区二模）地球半径约为6400km，地球表面的大气随海拔高度增加而变薄，大气压强也随之减小到零，海拔100km的高度被定义为卡门线，为大气层与太空的分界线。有人设想给太空飞船安装“太阳帆”，用太阳光的“光子流”为飞船提供动力来实现星际旅行。已知在卡门线附近，一个正对太阳光、面积为1.0×106m2的平整光亮表面，受到光的压力约为9N；力虽小，但假设以同样材料做成面积为1.0×104m2的“帆”安装在飞船上，若只在光压作用下，从卡门线附近出发，一个月后飞船的速度可达到2倍声速。设想实际中有一艘安装了“帆”（面积为1.0×104m2）的飞船，在卡门线上正对太阳光，下列说法正确的是（　　）

A．飞船无需其他动力，即可不断远离太阳

B．一年后，飞船的速度将达到24倍声速

C．与太阳中心的距离为日地间距离2倍时，“帆”上的压力约为2.25×10﹣2N

D．与太阳中心的距离为日地间距离2倍时，飞船的加速度为出发时的菁优网-jyeoo

【分析】根据对飞船受力分析情况判断飞船运动状态，即比较飞船收到的万有引力及飞船上“太阳帆”的光压力大小；根据飞船受力对飞船运动状况进行判断，从而分析出一年后的飞船速度；根据“帆”上的压力与距离的关系进行求解；根据飞船受力结合牛顿第二定律分析加速度。

【解答】解：A、设太阳帆距太阳的距离为r，太阳单位时间发出的光子数为N，一个光子对太阳帆的作用力为F0，则光压F＝菁优网-jyeoo，因为当S＝1.0×106m2的时候，光压F＝9N，则当面积是S′＝1.0×104m2的时候，光压F′，则存在菁优网-jyeoo，解得F′＝9×10﹣2N；因为当S＝1.0×104m2的帆能远离太阳运动，说明光压大于万有引力，即菁优网-jyeoo＞菁优网-jyeoo，两边约掉r2，说明当r增大时光压仍大于太阳对它的万有引力，但是太阳帆在远离太阳的过程中，可能还会遇到其他的星体，所以还可能受到其他星体的作用力从而不能不断远离太阳，故A错误；

B、由于太阳帆在远离太阳的过程中，其光压是随距离的平方减小的，所以太阳帆做的是加速度减小的加速运动，如果是匀加速直线运动，则一个月后飞船的速度可达到2倍声速，那么12个月（一年）后的速度将达到：2倍声速×12＝24倍声速，故一年后，飞船的速度将达不到24倍声速，故B错误；

C、根据F与r2成反比可知，当与太阳中心的距离为日地间距离2倍时，“帆”上的压力变为原来的菁优网-jyeoo，即9×10﹣2N×菁优网-jyeoo＝2.25×10﹣2N，故C正确；

D、如果只考虑太阳对太阳帆的作用力，根据F＝ma，由于力减小为原来的菁优网-jyeoo，则飞船的加速度也会变为原来的菁优网-jyeoo，但飞船在飞行的过程中还会遇到其他的星体，所以加速度不一定是原来的菁优网-jyeoo，故D错误。

故选：C。

【点评】本题题目综合程度较高，题目考查背景比较新颖，解题关键是需要明确太阳帆上受力情况，综合应用万有引力定律及牛顿运动定律。

2．（宜城市模拟）太阳系各行星几乎在同一平面内沿同一方向绕太阳做圆周运动。当地球恰好运行到某地外行星和太阳之间，且三者几乎排成一条直线时，天文学称这种现象为“行星冲日”。已知2020年7月21日土星冲日，土星绕太阳运动的轨道半径约为地球绕太阳运动的轨道半径的9.5倍，则下一次土星冲日的时间约为（　　）

A．2021年8月 B．2022年7月 C．2023年8月 D．2024年7月

【分析】行星围绕太阳做匀速圆周运动，根据开普勒第三定律，其轨道半径的三次方与周期T的平方的比值都相等求出土星的周期；抓住地球转动的角度比土星转动的角度多2π，求出下一次土星冲日会发生的时间．

【解答】解：根据开普勒第三定律，有：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，解得：T土＝菁优网-jyeoo年≈29.28年

如果两次行星冲日时间间隔为t年，则地球多转动一周，即

菁优网-jyeoot﹣菁优网-jyeoot＝2π

解得土星相邻两次冲日的时间间隔为：t≈1.04年

2020年7月21日土星冲日，即经过1.04年再一次出现土星冲日，可知下一次土星冲日在2021年8月。故A正确，BCD错误。

故选：A。

【点评】本题关键是结合开普勒第三定律分析（也可以运用万有引力等于向心力列式推导出），知道相邻的两次行星冲日的时间中地球多转动一周．

3．（北仑区校级期中）2020年诺贝尔物理学奖授予黑洞研究。黑洞是宇宙空间内存在的一种密度极大而体积较小的天体，黑洞的引力很大，连光都无法逃逸。在两个黑洞合并过程中，由于彼此间的强大引力作用，会形成短时间的双星系统。如图所示，黑洞A、B可视为质点，不考虑其他天体的影响，两者围绕连线上O点做匀速圆周运动，O点离黑洞B更近，黑洞A质量为m1，黑洞B质量为m2，AB间距离为L。下列说法正确的是（　　）

菁优网：http://www.jyeoo.com

A．黑洞A与B绕行的向心加速度大小相等

B．黑洞A的质量m1大于黑洞B的质量m2

C．若两黑洞质量保持不变，在两黑洞间距L减小后，两黑洞的绕行周期变小

D．若两黑洞质量保持不变，在两黑洞间距L减小后，两黑洞的向心加速度变小

【分析】万有引力的双星问题，连线始终在同一条直线上，所以角速度相同，再根据万有引力提供向心力列公式进行分析。

【解答】解：A：A和B连线始终在同一条直线上，所以角速度相同，根据a＝菁优网-jyeoo＝ω2r，当角速度大小相同时，r越大，a越大，故A错误，

B：对A和B来说万有引力大小相同，所以F＝G菁优网-jyeoo＝m1ω2r1＝m2ω2r2，即半径与质量成反比，半径大的质量小，所以B错误，

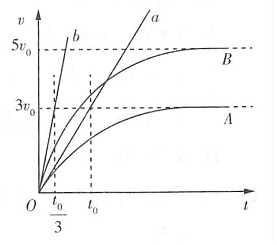
C：F＝G菁优网-jyeoo＝m1ω2r1＝m2ω2r2，r2+r1＝L，联立可得：T＝2π菁优网-jyeoo，若两黑洞质量保持不变，在两黑洞间距L减小后，两黑洞的绕行周期变小，故C正确，

D：由C可得：T＝2π菁优网-jyeoo，若两黑洞质量保持不变，在两黑洞间距L减小后，两黑洞的绕行周期变小，所以角速度增大，向心加速度增大，故D错误，

故选：C。

【点评】万有引力的双星问题，需要注意两个天体的角速度相同。

4．（十五模拟）我国的航空航天事业取得了举世瞩目的成就。设想2070年我国宇航员先后在两颗星球P、Q上登陆，在P、Q星球表面上分别将A、B两个物体从足够高的地方由静止释放，得到两个物体的速度﹣时间关系图象如图所示，a、b为两图线在原点处的切线，已知P、Q两个星球上空气阻力都与物体速度成正比，且比例系数之比为1：3，宇航员在飞离两个星球的过程中与球心距离相同时，看两个星球P、Q的最大视角分别为120°和60°，下列说法正确的是（　　）



A．P、Q两个星球表面的重力加速度之比为3：1

B．A、B两个物体质量之比为3：5

C．P、Q两个星球半径之比为2：1

D．P、Q两个星球质量之比为1：9

【分析】根据自由落体运动的规律分析星球表面的重力加速度之比。

物体最后做匀速直线运动，根据受力平衡分析。

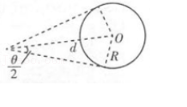
根据几何关系分析半径之比。

根据重力等于万有引力分析质量之比。

【解答】解：A、由静止刚释放时的物体只受重力，此时的加速度即重力加速度，由图可知，菁优网-jyeoo，同理，gQ＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，解得gP：gQ＝1：3，故A错误；

B、A物体最后做匀速直线运动，mAgP＝k1×3v0，同理有mBgQ＝k2×5v0，解得mA：mB＝3：5，故B正确；

C、如图所示：



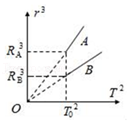
由几何关系可知，R＝dsin菁优网-jyeoo，解得RP：RQ＝菁优网-jyeoo，故C错误；

D、根据菁优网-jyeoo＝mg，解得M＝菁优网-jyeoo，即MP：MQ＝1：1，故D错误。

故选：B。

【点评】该题考查了万有引力定律及其应用的相关知识，涉及到学生理解能力、综合分析能力的考查，解题的关键是利用万有引力定律、天体质量估算的相关知识求解。

5．（海曙区校级期中）假设宇宙中有两颗相距无限远的行星A和B，自身球体半径分别为RA和RB。两颗行星各自周围的卫星的轨道半径的三次方（r3）与运行公转周期的平方（T2）的关系如图所示，T0为卫星环绕各自行星表面运行的周期。则（　　）



A．行星A的质量小于行星B的质量

B．行星A的密度小于行星B的密度

C．行星A的第一宇宙速度大于行星B的第一宇宙速度

D．当两行星周围的卫星的运动轨道半径相同时，行星A的卫星的向心加速度小于行星B的卫星的向心加速度

【分析】根据万有引力提供向心力，得出卫星的周期与行星的质量、半径之间的关系，然后进行比较。

结合万有引力提供向心力，分别写出第一宇宙速度的表达式，然后比较它们的大小关系。

【解答】解：A、根据万有引力提供向心力，有：菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，解得：T＝菁优网-jyeoo，对于环绕行星A表面运行的卫星，有：菁优网-jyeoo，对于环绕行星B表面运行的卫星，有：T0＝菁优网-jyeoo，联立解得：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，由图知，RA＞RB，所以MA＞MB，故A错误；

B、A行星质量为：MA＝ρA菁优网-jyeoo，B行星的质量为：MB＝菁优网-jyeoo，解得：＝，解得：ρA＝ρB，故B错误；

C、行星的近地卫星的线速度即第一宇宙速度，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＝菁优网-jyeoo∝R，因为RA＞RB，所以vA＞vB，故C正确；

D、根据菁优网-jyeoo＝ma可知，a＝菁优网-jyeoo，由于MA＞MB，行星运动的轨道半径相等，则行星A的卫星的向心加速度大于行星B的卫星的向心加速度，故D错误。

故选：C。

【点评】该题考查了考生从图象获取信息的能力，万有引力提供圆周运动向心力，掌握万有引力和向心力的表达式并能灵活运用是正确解题的关键。

6．（蜀山区校级期中）如图所示，地球绕太阳做匀速圆周运动，地球处于运动轨道b位置时，地球和太阳连线上的a位置、c与d位置均关于太阳对称，当一无动力的探测器处在a或c位置时，它仅在太阳和地球引力的共同作用下，与地球一起以相同的角速度绕太阳做圆周运动，下列说法正确的是（　　）



A．该探测器在a位置受太阳、地球引力的合力等于在c位置受到太阳、地球引力的合力

B．该探测器在a位置受太阳、地球引力的合力大于在c位置受到太阳、地球引力的合力

C．若地球和该探测器分别在b、d位置，它们也能以相同的角速度绕太阳运动

D．若地球和该探测器分别在b、e位置，它们也能以相同的角速度绕太阳运动

【分析】由题意知，探测器在a、c两位置，能与地球同步绕太阳运动，其绕太阳运行的周期、角速度等于地球绕太阳运行的周期、角速度。

探测器在其他位置，绕太阳做匀速圆周运动，结合万有引力提供向心力分析即可。

【解答】解：AB、探测器与地球具有相同的角速度，根据向心力公式可知，F＝mω2r，a位置离太阳远，该探测器在a位置受太阳、地球引力的合力大于在c位置受到太阳、地球引力的合力，故A错误，B正确；

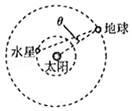
C、若地球和该探测器分别在b、d位置，则地球和探测器均绕太阳做匀速圆周运动，根据万有引力提供向心力，菁优网-jyeoo，可知转动的半径不同，则它们不能以相同的角速度绕太阳运动，故C错误；

D、同理，若地球和该探测器分别在b、e位置，它们也不能以相同的角速度绕太阳运动，故D错误。

故选：B。

【点评】此题考查了万有引力定律及其应用，解题的关键是明确在a、c位置属于同轴转动的物理模型，在其他位置，根据万有引力提供向心力分析求解。

7．（辽宁模拟）2019年11月11日出现了难得一见的“水星凌日”现象。水星轨道在地球轨道内侧，某些特殊时刻，地球、水星、太阳会在一条直线上，这时从地球上可以看到水星就像一个小黑点一样在太阳表面缓慢移动，天文学称之为“水星凌日”。在地球上每经过N年就会看到“水星凌日”现象。通过位于贵州的“中国天眼”FAST（目前世界上口径最大的单天线射电望远镜）观测水星与太阳的视角（观察者分别与水星、太阳的连线所夹的角）θ，则sinθ的最大值为（　　）



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

【分析】根据题意知道当行星处于最大视角处时，地球和行星的连线应与行星轨道相切，运用几何关系求解问题。

地球与某行星围绕太阳做匀速圆周运动，根据开普勒第三定律及角速度公式列出等式，表示出周期，然后去进行求解。

【解答】解：地球绕太阳运行周期为菁优网-jyeoo＝1年，设水星绕太阳运行周期为T火，在地球上每经过N年就会看到“水星凌日”现象，

2π＝（菁优网-jyeoo）N

解得火星周期T火＝菁优网-jyeoo，

最大视角的定义，即此时观察者与水星的连线应与水星轨迹相切，由三角函数可得：

sinθ＝菁优网-jyeoo

根据开普勒第三定律可知，菁优网-jyeoo

联立解得，sinθ＝菁优网-jyeoo，故A正确，BCD错误。

故选：A。

【点评】本题考查了万有引力定律及其应用，解题的关键是根据题干信息确定火星的运行周期，根据几何关系确定最大视角。

8．（深圳期末）“嫦娥二号”月球探测器升空后，先在地球表面附近以速率v环绕地球飞行，再调整速度进入地月转移轨道，最后以速率v′在月球表面附近环绕月球飞行，若认为地球和月球都是质量分布均匀的球体，已知月球与地球的半径之比为1：4，密度之比为64：81．设月球与地球表面的重力加速度分别为g′和g，下列结论正确的是（　　）

A．g′：g＝菁优网-jyeoo B．g′：g＝菁优网-jyeoo C．v′：v＝菁优网-jyeoo D．v′：v＝菁优网-jyeoo

【分析】在星球表面的物体受到的重力等于万有引力菁优网-jyeoo＝mg，根据质量与密度的关系，代入化简可得出重力加速度与密度和半径的关系，进一步计算重力加速度之比。

根据万有引力提供向心力求解线速度关系。

【解答】解：AB、在星球表面的物体受到的重力等于万有引力，菁优网-jyeoo＝mg，所以g＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，

已知月球与地球的半径之比为1：4，密度之比为64：81，月球与地球表面的重力加速度之比：g′：g＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故AB错误。

CD、探测器绕地球表面运行和绕月球表面运行都是由万有引力充当向心力，

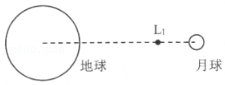
根据牛顿第二定律有：菁优网-jyeoo，得v＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，

所以探测器绕地球表面运行和绕月球表面运行线速度大小之比为：v′：v＝菁优网-jyeoo，故C正确，D错误。

故选：C。

【点评】解决本题的关键掌重力等于万有引力这个关系，求一个物理量，我们应该把这个物理量先用已知的物理量表示出来，再根据表达式进行比较求解。

9．（武汉月考）如图，地月拉格朗日点L1位于地球和月球的连线上，处在该点的物体在地球和月球引力的共同作用下，可与月球一起以相同的周期绕地球做匀速圆周运动。已知地球质量与月球质量之比为81：1，假设地球球心到点L1的距离为月球球心到点L1的距离的k倍，则最接近k的数值是（　　）



A．6.5 B．8 C．9 D．10.5

【分析】物体受到地球和月球引力的合力提供向心力，月球受到地球的万有引力提供向心力，周期相同，两个向心力方程相比即可求解。

【解答】解：设位于拉格朗日点的物体质量为m，地球质量为M，月球质量为M′

物体到月球的距离为x，则物体到地心的距离为kx，月球到地心距离为（k+1）x

由万有引力等于向心力，对物体：菁优网-jyeoo﹣菁优网-jyeoo＝mkxω2

物体质量小，对月球的引力产生加速度可略去即只考虑地球对月球的吸引力得：菁优网-jyeoo＝M'（k+1）xω2

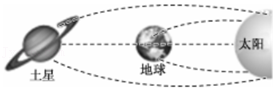
其中M＝81M'

联立解得：k＝6.5，故A正确，BCD错误。

故选：A。

【点评】该题考查了万有引力定律及其应用，是一道创新题，有一定的难度，关键是搞清月球和位于拉格朗日点的物体做匀速圆周运动的向心力来源，知道它们的周期相等，选择含有周期的向心力公式求解。

10．（河南月考）如图所示，土星冲日是指土星、地球和太阳几乎排列成一线，地球位于太阳与土星之间。2019年7月9日曾发生这一现象。已知地球和土星绕太阳公转的方向相同，轨迹都可近似为圆，地球一年绕太阳一周，土星约30年绕太阳一周。则（　　）



A．土星的运行速度比地球的运行速度大

B．土星的运行半径与地球的运行半径之比为30：1

C．2020年一定会出现土星冲日的现象

D．土星的质量与地球的质量之比为30：1

【分析】根据万有引力提供向心力，得到周期、线速度与轨道半径的关系。

根据根据卫星追及原理可知，（菁优网-jyeoo）t＝2π，求解每隔多长时间时间出现一次土星冲日现象。

【解答】解：AB、行星绕太阳做匀速圆周运动，根据万有引力提供向心力，菁优网-jyeoo，解得周期：T＝2菁优网-jyeoo，地球一年绕太阳一周，土星约30年绕太阳一周，则地球的公转轨道半径与土星轨道半径之比为1：菁优网-jyeoo，根据万有引力提供向心力可知，菁优网-jyeoo，轨道半径越大的，运行速度越小，则土星的运行速度比地球的小，故AB错误；

CD、已知：T地＝1年，T土＝30年，根据卫星追及原理可知，（菁优网-jyeoo）t＝2π，距下一次土星冲日所需时间：t＝≈1.03年，故C正确，D错误。

故选：C。

【点评】此题考查了万有引力定律及其应用，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。

11．（拉萨期末）下面说法中正确的是（　　）

A．速度变化的运动必定是曲线运动

B．做匀速圆周运动的物体在运动过程中，线速度是不发生变化的

C．平抛运动的速度方向与恒力方向的夹角保持不变

D．万有引力定律是由牛顿发现的，而万有引力恒量是由卡文迪许测定的

【分析】匀变速直线运动是直线运动；线速度是矢量；结合平抛运动的特点分析；万有引力恒量是由卡文迪许测定的。

【解答】解：A、速度变化的运动不一定是曲线运动，如匀变速直线运动是直线运动；故A错误；

B、线速度是矢量，匀速圆周运动的物体在运动过程中，线速度的方向不断发生变化的。故B错误；

C、根据平抛运动的特点可知，平抛运动的速度方向与重力方向之间的夹角逐渐减小。故C错误；

D、根据物理学史可知，牛顿发现了万有引力定律，而卡文迪许测出来万有引力常量。故D正确

故选：D。

【点评】解决本题的关键知道平抛运动、匀速圆周运动的特点，知道平抛运动在水平方向上做匀速直线运动，在竖直方向上做自由落体运动。

12．（咸阳三模）下列说法正确的是（　　）

A．在探究太阳对行星的引力规律时，我们引用了公式菁优网-jyeoo＝k，这个关系式是开普勒第三定律，是可以在实验室中得到证明的

B．在探究太阳对行星的引力规律时，我们引用了公式菁优网-jyeoo，这个关系式实际上是牛顿第二定律，是可以在实验室中得到验证的

C．在探究太阳对行星的引力规律时，我们引用了公式菁优网-jyeoo，这个关系式实际上是匀速圆周运动的速度定义式

D．在探究太阳对行星的引力规律时，使用的三个公式，都是可以在实验室中得到证明的

【分析】万有引力公式的推导是通过太阳对行星的引力提供向心力，结合开普勒第三定律和线速度与周期的关系公式推导得出。

【解答】解：A、在探究太阳对行星的引力规律时，我们引用了公式菁优网-jyeoo＝k，这个关系式是开普勒第三定律，是通过研究行星的运动数据推理出的，不能在实验室中得到证明，故A错误；

B、在探究太阳对行星的引力规律时，我们引用了公式菁优网-jyeoo，这个关系式是向心力公式，实际上是牛顿第二定律，是可以在实验室中得到验证的，故B正确；

C、在探究太阳对行星的引力规律时，我们引用了公式菁优网-jyeoo，这个关系式不是匀速圆周运动的速度定义式，匀速圆周运动的速度定义式为v＝菁优网-jyeoo，故C错误；

D、通过ABC的分析可知D错误；

故选：B。

【点评】解决本题的关键掌握万有引力公式的推论过程，知道行星绕太阳做圆周运动靠引力提供向心力，掌握开普勒第三定律，并能灵活运用。

13．（汇川区校级期中）下列说法正确的是（　　）

A．开普勒行星运动定律只适用于行星绕太阳的运动，不适用于卫星绕行星的运动

B．牛顿提出了万有引力定律，并测定了引力常量的数值

C．万有引力是一种强相互作用

D．将一般曲线运动分割为很多小段，质点在每一小段的运动可以看成圆周运动的一部分，是一种近似处理

【分析】开普勒行星运动定律适用于天体的运动。

卡文迪许测定了引力常量的数值。

自然界存在四种相互作用，引力相互作用、电磁相互作用、强相互作用、弱相互作用。

处理一般的曲线运动，可以将每一小段看成圆周运动的一部分。

【解答】解：A、开普勒行星运动定律不仅适用于行星绕太阳的运动，也适用于卫星绕行星的运动，故A错误；

B、牛顿提出了万有引力定律，卡文迪许测定了引力常量的数值，故B错误；

C、强相互作用存在于原子核内，作用范围在1.5×10﹣15m之内，万有引力不是强相互作用，故C错误；

D、利用极限的思想，将一般曲线运动分割为很多小段，质点在每一小段的运动可以看成圆周运动的一部分，故D正确。

故选：D。

【点评】此题考查了万有引力常量、开普勒定律等相关知识，解决本题的关键掌握物理问题的处理方法，知道曲线分割成许多的小段，质点在每一小段运动可以看成圆周运动的一部分。

14．（华宁县校级期中）关于太阳对行星的引力，下列说法正确的是（　　）

A．行星对太阳的引力提供了行星做匀速圆周运动的向心力

B．行星对太阳的引力大小与行星的质量成正比，与行星和太阳间的距离成反比

C．太阳对行星的引力公式是由实验得出的

D．太阳对行星的引力公式是由开普勒定律和行星绕太阳做匀速圆周运动的规律推导出来的

【分析】向心力是根据效果命名的，可以由一个力提供，也可以由几个力的合力提供、也可以由一个力的分力提供。

太阳对行星的万有引力提供行星做圆周运动的向心力，万有引力的大小与行星到太阳的距离的平方成反比。

【解答】解：A、行星做匀速圆周运动的向心力由太阳对行星的引力提供，故A错误。

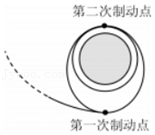
B、太阳对行星的引力大小与行星的质量成正比，与行星和太阳间的距离二次方成反比，故B错误。

CD、太阳对行星的引力公式不是由实验得到的，是由开普勒定律和行星绕太阳做匀速圆周运动的规律推导出来的，故C错误，D正确。

故选：D。

【点评】解决本题的点关键知道万有引力提供行星做圆周运动的向心力。万有引力的大小与行星到太阳的距离的平方成反比。

15．（武昌区校级模拟）2020年11月28日20时58分，嫦娥五号探测器经过112小时奔月飞行，在距月面约400km处成功实施第一次近月制动，顺利进入环月椭圆轨道。一天后，探测器又成功实施第二次近月制动，进入200km高度的近月圆轨道，其运动过程简化为如图所示。已知月球表面重力加速度约为地球表面重力加速度的菁优网-jyeoo，月球半径约为地球半径的菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo≈4.9。下列说法正确的是（　　）



A．第一次制动刚结束时嫦娥五号绕月球运行的速度大于月球的第一宇宙速度

B．嫦娥五号在环月椭圆轨道的运动周期小于在近月圆轨道的运动周期

C．嫦娥五号在环月椭圆轨道的机械能小于在近月圆轨道的机械能

D．由题设条件可估算出月球的第一宇宙速度约为1.6km/s

【分析】根据v＝菁优网-jyeoo分析嫦娥五号绕月球做匀速圆周运动的线速度与第一宇宙速度的关系，根据变轨原理分析第一次制动刚结束时嫦娥五号绕月球运行的速度与月球的第一宇宙速度的关系；根据开普勒第三定律判断周期关系；根据变轨原理分析机械能关系。根据重力提供向心力，求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。

【解答】解：A、根据卫星线速度公式据v＝菁优网-jyeoo分析可知，嫦娥五号绕月球在第一次近月制动处所在圆轨道做匀速圆周运动的速度小于月球的第一宇宙速度，根据变轨原理知

第一次制动刚结束时嫦娥五号绕月球运行的速度小于嫦娥五号绕月球在第一次近月制动处所在圆轨道做匀速圆周运动的速度，故第一次制动后速度小于月球的第一宇宙速度，故A错误；

B、根据题意可知环月椭圆轨道的半长轴大于最终环月圆轨道的半长轴（半径），根据开普勒第三定律菁优网-jyeoo＝k知嫦娥五号探测器在环月椭圆轨道的运动周期大于在最终环月圆轨道的运动周期，故B错误；

C、嫦娥五号探测器在环月椭圆轨道上做近月制动进入最终环月圆轨道，机械能减少，即嫦娥五号探测器在环月椭圆轨道的机械能大于在最终环月圆轨道的机械能，故C错误；

D、根据重力提供向心力，得mg＝m菁优网-jyeoo，得第一宇宙速度菁优网-jyeoo，则得v月：v地＝菁优网-jyeoo：菁优网-jyeoo＝l：菁优网-jyeoo，代入v地＝7.9km/s得月球的第一宇宙速度v≈1.6km/s，故D正确。

故选：D。

【点评】解答本题时，要掌握卫星的变轨原理，知道卫星做近心运动时，需要制动减速，使卫星需要的向心力小于万有引力。

**二．多选题（共15小题）**

16．（青岛期末）太阳系中的第二大行星是土星，它的卫星众多，目前已发现的卫星达数十颗。根据下表所列土卫五和土卫六两颗卫星的相关参数，可以比较（　　）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 土星的卫星 | 距离土星距离/km | 半径/km | 发现者 | 发现年份 |
| 土卫五 | 527000 | 765 | 卡西尼 | 1672 |
| 土卫六 | 1 222 000 | 2575 | 惠更斯 | 1655 |

A．这两颗卫星公转的周期大小

B．这两颗卫星公转的速度大小

C．这两颗卫星表面的重力加速度大小

D．这两颗卫星公转的向心加速度大小

【分析】由开普勒第三定律分析公转周期的大小。由万有引力提供向心力，比较线速度的大小和的大小向心加速度的大小。

【解答】解：设土星的质量为M，

A、由开普勒第三定律菁优网-jyeoo，半径越大，周期越大，所以土卫五的公转周期小。故A正确。

B、由卫星速度公式v＝菁优网-jyeoo，公转半径R越大，卫星的线速度越小，则土卫六的公转线速度小。故B正确。

C、不知道二者的质量关系，不能比较它们表面的重力加速度的大小关系。故C错误。

D、这两颗卫星公转的向心加速度都是万有引力提供，则：a＝菁优网-jyeoo，公转半径R越大，卫星的向心加速度越小，则土卫六的公转向心加速度小。故D正确。

故选：ABD。

【点评】本题是卫星类型，在建立物理模型的基础上，运用万有引力定律和圆周运动知识结合研究，难度适中。

17．（太原期中）将行星的轨道当作圆来处理，追寻牛顿的足迹，用自己的手和脑重新“发现”万有引力定律的都分过程如下，其中正确的是（　　）

A．根据牛顿运动定律，行星绕太阳的向心力与行星的速度成正比

B．用天文观测的行星周期，可推知行星的向心力与其周期的平方成反比

C．根据开普勒第三定律和推理可知，太阳对行星的引力与行星质量成反比

D．从行星与太阳的作用看，两者地位相等，故它们间的引力与两者质量的乘积成正比

【分析】明确万有引力定律的发现历程，根据向心力公式以及万有引力定律基本内容分析向心力和线速度、角速度、周期之间的关系。

【解答】解：A、根据牛顿第二定律可知，F＝m菁优网-jyeoo可知，行星绕太阳的向心力与行星的速度不成正比，故A错误；

B、根据F＝m菁优网-jyeoo可知，行星的向心力与其周期的平方成反比，故B正确；

C、根据开普勒第三定律和推理可知，太阳对行星的引力与行星质量成正比，故C错误；

D、从行星与太阳的作用看，两者地位相等，故它们间的引力与两者质量的乘积成正比，故D正确。

故选：BD。

【点评】本题考查万有引力定律的发现历程，要注意明确牛顿发现万有引力定律的基本思路和方法，并能自己进行推导。

18．（迎江区校级三模）2021年4月24日是我国第六个“中国航天日”，预计五月中下旬，首辆被命名为“祝融号”火星车即将与天问一号着陆器一起登陆火星，实现火星表面的巡视探测。假设火星极地处表面的重力加速度为g0，火星赤道处表面的重力加速度为g1，火星的半径为R。已知物体在火星的引力场中引力势能是Ep＝﹣GMm/r，G为引力常数，M为火星的质量，m为物体的质量，r为两者质心的距离。某同学有一个大胆的想法，在火星赤道平面沿着火星半径挖深度为R/2的深井，已知质量分布均匀的球壳对壳内物体的引力为零，则下列结论正确的是（　　）

A．火星的第一宇宙速度v1＝菁优网-jyeoo

B．火星的第二宇宙速度v2＝2菁优网-jyeoo

C．火星深井底部的重力加速度为菁优网-jyeoog1

D．火星的自转周期T＝π菁优网-jyeoo

【分析】物体在火星附近绕火星做匀速圆周运动的速度，叫作火星的第一宇宙速度，据此分析计算即可；

火星的第二宇宙速度是逃逸火星束缚的最小发射速度，根据能量关系分析计算即可

星球表面重力加速等于万有引力加速度，根据万有引力表达式和星球质量计算式进行计算分析即可

根据极地和赤道重力加速度之差分析质量为m的物体在赤道处所受向心力的大小，据此计算火星的自转周期。

【解答】解：A、物体在火星附近绕火星做匀速圆周运动的速度，叫作火星的第一宇宙速度，在火星两极万有引力与重力相等，故据万有引力提供圆周运动向心力有：菁优网-jyeoo，可得火星的第一宇宙速度菁优网-jyeoo，故A正确；

B、火星的第二宇宙速度是逃离火星束缚的最小发射速度，若以此发射速度发射航天器至离火星无穷远处，则据重力做功与重力势能变化关系有：WG＝EpR﹣Ep∞，在此过种只有重力做功，根据动能定理有：WG＝Ek∞﹣EkR联列两式可得：航天器的发射时的动能EkR＝Ek∞﹣EpR+Ep∞，由题意可知：菁优网-jyeoo，EP∞＝0，代入发射时的动能可得：菁优网-jyeoo，当Ek∞取零时，发射时的动能有最小值菁优网-jyeoo，又据菁优网-jyeoo可以计算得出火星的第二宇宙速度菁优网-jyeoo，代入菁优网-jyeoo可得菁优网-jyeoo，故C错误；

C、星球表面的重力加速度等于星球对物体表面的万有引力，令星球的密度为ρ，则半径为R的星球质量为M＝菁优网-jyeoo，据万有引力等于重力可得菁优网-jyeoo可得星球表面的重力加速度g＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，即密度相同的情况下，星球表面的重力加速度与星球的半径R成正比，故火星深井底部的重力加速度与火星表面的重力加速度之比等于半径比，即火星深井底部的重力加速度等于火星表面重力加速度的一半，即菁优网-jyeoo，故C正确；

D、火星表面受到的万有引力等于mg0，在火星赤道，万有引力＝重力+自转运动的向心力，即菁优网-jyeoo，由此可解得火星的自转周期T＝2π菁优网-jyeoo，故D错误。

故选：AC。

【点评】本题综合性较强，难度较大。知道重力与万有引力的关系，理解赤道重力与两极重力的关系，能根据第二宇宙速度的物理意义，根据能量关系推导第二宇宙速度。综合掌握万有引力的应用是解决问题的关键。难度较大

19．（吉林模拟）如图所示，天文学家观测到某行星和地球在同一轨道平面内绕太阳做匀速圆周运动，且行星的轨道半径比地球的轨道半径小，地球和太阳中心的连线与地球和行星的连线所夹的角叫做地球对该行星的观察视角（简称视角）。已知该行星的最大视角为θ，则地球与行星绕太阳转动的（　　）



A．角速度比值为菁优网-jyeoo B．线速度比值为菁优网-jyeoo

C．向心加速度比值为sinθ D．向心力比值为sin2θ

【分析】根据题意知道当行星处于最大视角处时，地球和行星的连线应与行星轨道相切，运用几何关系求解轨道半径。

根据开普勒第三定律比较周期与轨道半径的关系。

根据角速度、线速度、向心加速度的公式分析。

行星和地球的质量未知，向心力无法比较。

【解答】解：由题图可知，当行星处于最大视角处时，地球和行星的连线应与行星轨道相切。

根据几何关系有R行＝R地sinθ

根据开普勒第三定律有：菁优网-jyeoo

A、角速度比值：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故A正确；

B、线速度比值：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故B正确；

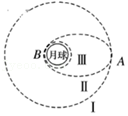
C、向心加速度比值：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝sin2θ，故C错误；

D、行星和地球的质量未知，则向心力无法比较，故D错误。

故选：AB。

【点评】此题考查了万有引力定律及其应用，解题的关键是能根据题目给出的信息分析视角最大时的半径特征，在圆周运动中涉及几何关系求半径是基本功。

20．（湖北月考）如图所示，设月球半径为R，假设“嫦娥四号”探测器在距月球表面高度为3R的圆形轨道Ⅰ上做匀速圆周运动，运行周期为T，到达轨道的A点时点火变轨进入椭圆轨道Ⅱ，到达轨道的近月点B时，再次点火进入近月轨道Ⅲ绕月做匀速圆周运动，引力常量为G，不考虑其他星球的影响，则下列说法正确的是（　　）



A．月球的质量可表示为菁优网-jyeoo

B．探测器在轨道Ⅱ上B点的速率大于在探测器轨道Ⅰ的速率

C．探测器在轨道I上经过A点时的加速度等于轨道II上经过A点时的加速度

D．探测器在A点和B点变轨时都需要加速

【分析】根据万有引力提供向心力即可求出月球的质量以及加速度。

根据向心运动与离心运动的条件与特点进行分析。

【解答】解：A、探测器在距月球表面高度为3R的圆形轨道运动，则轨道半径为4R；在轨道I上运动过程中，万有引力充当向心力，故有：菁优网-jyeoo

解得月球质量：菁优网-jyeoo，故A正确；

B、由于探测器从椭圆轨道B点进入圆轨道做近心运动，所以应减速，则探测器在轨道Ⅱ上B点的速率大于在近月轨道Ⅲ上速率，由公式：菁优网-jyeoo，得：菁优网-jyeoo，所以探测器在近月轨道Ⅲ上的速率大于在探测器轨道Ⅰ的速率，则探测器在轨道Ⅱ上B点的速率大于在探测器轨道Ⅰ的速率，故B正确；

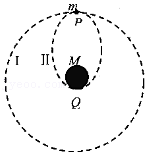
C、由公式：菁优网-jyeoo，得：菁优网-jyeoo，所以探测器在轨道I上经过A点时的加速度等于轨道II上经过A点时的加速度，故C正确；

D、探测器在A点和B点都做近心运动，所以应减速，故D错误。

故选：ABC。

【点评】此题考查了万有引力定律的应用，知道万有引力提供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。

21．（日照一模）2019年1月3号“嫦娥4号”探测器实现人类首次月球背面着陆，并开展巡视探测。因月球没有大气，无法通过降落伞减速着陆，必须通过引擎喷射来实现减速。如图所示为“嫦娥4号”探测器降落月球表面过程的简化模型。质量m的探测器沿半径为r的圆轨道I绕月运动。为使探测器安全着陆，首先在P点沿轨道切线方向向前以速度u喷射质量为△m的物体，从而使探测器由P点沿椭圆轨道II转至Q点（椭圆轨道与月球在Q点相切）时恰好到达月球表面附近，再次向前喷射减速着陆。已知月球质量为M、半径为R．万有引力常量为G．则下列说法正确的是（　　）



A．探测器喷射物体前在圆周轨道I上运行时的周期为2π菁优网-jyeoo

B．在P点探测器喷射物体后速度大小变为菁优网-jyeoo

C．减速降落过程，从P点沿轨道II运行到月球表面所经历的时间为菁优网-jyeoo菁优网-jyeoo

D．月球表面重力加速度的大小为菁优网-jyeoo

【分析】根据万有引力提供向心力，得到轨道半径与周期的关系。

在P点探测器喷射物体的过程中，动量守恒。

根据开普勒第三定律分析周期和轨道半径的关系。

根据月球表面的重力等于万有引力，分析表面重力加速度。

【解答】解：A、探测器绕月球做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，解得探测器喷射物体前在圆周轨道I上运行时的周期：T＝2π菁优网-jyeoo，故A正确；

B、在P点探测器喷射物体的过程中，设喷射前的速度为v，根据动量守恒可知，mv＝△mu+（m﹣△m）v'，解得喷射后探测器的速度：v'＝菁优网-jyeoo≠菁优网-jyeoo，故B错误；

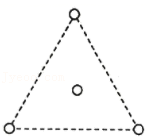
C、探测器在轨道II上做椭圆运动，半长轴：a＝菁优网-jyeoo，根据开普勒第三定律可知，菁优网-jyeoo，解得：TII＝菁优网-jyeoo，故C错误；

D、月球表面的重力等于万有引力，mg＝菁优网-jyeoo，解得月球表面重力加速度的大小g＝菁优网-jyeoo，故D正确。

故选：AD。

【点评】此题考查了万有引力定律及其应用，解题的关键是明确万有引力提供探测器圆周运动的向心力，掌握在P点探测器喷射物体的过程中，动量守恒。

22．（湖北期中）宇宙中存在着上四颗星组成的孤立星系。如图所示，一颗母星处在正三角形的中心，三角形的顶点各有一个质量相等的小星围绕母星做圆周运动。如果两颗小星间的万有引力为F，母星与任意一颗小星间的万有引力为12F。则（　　）



A．每颗小星受到的万有引力为（菁优网-jyeoo+12）F

B．每颗小星受到的万有引力（菁优网-jyeoo+12）F

C．母星的质量是每颗小星质量的4倍

D．母星的质量是每颗小星质量的9菁优网-jyeoo倍

【分析】根据万有引力定律分别列出小星之间的万有引力和母星与小星之间的万有引力，根据题目提供的数据比较母星和小星的质量关系。

明确研究对象，对研究对象受力分析，任一颗小星受的其余两颗小星的引力和一颗母星的引力，其合力指向圆心即母星以提供向心力，根据力的合成法则计算小星受的引力。

【解答】解：CD、假设每颗小星的质量为m，母星的质量为M，等边三角形的边长为a，则小星绕母星运动轨道半径为：r＝菁优网-jyeooa。

根据万有引力定律，两颗小星间的万有引力为：F＝菁优网-jyeoo

母星与任意一颗小星间的万有引力为：12F＝菁优网-jyeoo。

联立得：M＝4m，故C正确、D错误。

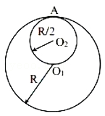
AB、根据受力分析可知，每颗小星受到其余两颗小星和一颗母星的引力，其合力指向母星以提供向心力，即每颗小星受到的万有引力为：

F′＝2G菁优网-jyeoocos30°+菁优网-jyeoo＝（菁优网-jyeoo+12）F，故A错误，B正确。

故选：BC。

【点评】该题考查了万有引力定律及其应用，知道在四颗星组成的四星系统中，其中任意一颗星受到其它三颗星对它的合力提供圆周运动的向心力．万有引力定律和牛顿第二定律是力学的重点，关键在于进行正确受力分析。

23．（南岗区校级月考）已知物体放在质量分布均匀的球壳内部的时候受到球壳的万有引力为零，假想有一个质量分布均匀的球心为O1半径为R的星球，若将球内部挖掉一个半径为菁优网-jyeoo的圆心为O2的小球（A为两球切点），如图所示，在不考虑星球自转的情况下，若将一可视作质点的小物体从O2点由静止释放，则小物体将（　　）



A．由O2向A运动 B．由O2向O1运动

C．匀加速直线运动 D．变加速直线运动

【分析】根据对称性分析星球的剩余部分对小物体吸引力的方向。

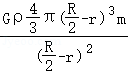
分析题干信息，物体放在质量分布均匀的球壳内部的时候受到球壳的万有引力为零，利用填补法分析未挖去小球前，小物体在距球心O1距离为r处受到的引力。

同理计算剩余部分对小物体的吸引力，据此分析。

【解答】解：AB、根据对称性可知，星球的剩余部分对小物体的吸引力方向由O2指向O1，则小物体从O2点由静止释放，小物体将由O2向O1运动，故A错误，B正确；

CD、已知物体放在质量分布均匀的球壳内部的时候受到球壳的万有引力为零，设星球的密度为ρ，小物体的质量为m，未挖去小球前，小物体在距球心O1距离为r处受到的引力为：

F＝菁优网-jyeoo＝Gρ•菁优网-jyeoo，方向指向O1，

设小物体在O2O1连线上距O1距离为r处，星球挖去部分对小物体的引力为：F1＝＝Gρ•菁优网-jyeoo，方向指向O2

则剩余部分对小物体的吸引力为F2＝F+F1＝菁优网-jyeoo，方向指向O1

根据牛顿第二定律可知，物体的加速度：a＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故C正确，D错误。

故选：BC。

【点评】此题考查了万有引力定律及其应用，属于信息题，明确物体放在质量分布均匀的球壳内部的时候受到球壳的万有引力为零，这一信息是解题的关键。

24．（南阳期末）嫦娥四号月球探测器已于2018年12月8日在西昌卫星发射中心由长征三号乙运载火箭发射成功。嫦娥四号将经历地月转移、月制动、环月飞行，最终实现人类首次月球背面软着陆和巡视勘察。已知地球质量为M1，半径为R1，表面的重力加速度为g；月球质量为M2，半径为R2，两者均可视为质量分布均匀的球体。则下列说法正确的是（　　）



A．月球表面的重力加速度为菁优网-jyeoo（菁优网-jyeoo）2

B．探测器的发射速度大于11.2km/s

C．月球的第一宇宙速度为R1菁优网-jyeoo

D．嫦娥四号环月飞行的最小周期为菁优网-jyeoo菁优网-jyeoo

【分析】根据万有引力等于重力，求解月球表面的重力加速度。

11.2km/s是脱离速度，是卫星脱离地球引力束缚的最小发射速度。

根据重力提供向心力，求解月球的第一宇宙速度。

根据线速度与周期关系，分析最小周期。

【解答】解：A、在地球表面，根据万有引力和重力的关系可得：mg＝菁优网-jyeoo

在月球表面，根据万有引力和重力的关系可得：mg月＝菁优网-jyeoo

联立解得：g月＝菁优网-jyeoo，故A错误；

B、11.2km/s是脱离速度，是卫星脱离地球引力束缚的最小发射速度，探测器在月面行走时，仍受到地球引力束缚，故发射速度小于11.2km/s，故B错误；

C、近月卫星绕月球做匀速圆周运动的运行速度即月球的第一宇宙速度，根据重力提供向心力可知，菁优网-jyeoo

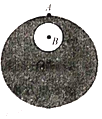
解得月球的第一宇宙速度：v＝R1菁优网-jyeoo，故C正确；

D、嫦娥四号环月飞行时按第一宇宙速度运行时周期最小，环月飞行的最小周期：T＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo菁优网-jyeoo，故D正确。

故选：CD。

【点评】此题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。

25．（上高县校级期末）地球表面重力加速度的测量在军事及资源探测中具有重要的战略意义，已知地球质量m地，地球半径R，引力常量G，以下说法正确的是（　　）



A．若地球自转角速度为ω，地球赤道处重力加速度的大小为菁优网-jyeoo﹣ω2R

B．若地球自转角速度为ω，地球两极处重力加速度的大小为菁优网-jyeoo

C．若忽略地球的自转，以地球表面A点正下方h处的B点为球心、r（＜h）为半径挖一个球形的防空洞，则A处重力加速度变化量的大小为△g＝G菁优网-jyeoo

D．若忽略地球的自转，以地球表面A点正下方h处的B点为球心，r（r＜h）为半径挖一个球形的防空洞，则A处重力加速度变化量的大小为△g＝G菁优网-jyeoo

【分析】地球赤道处万有加速度和重力加速度的合加速度提供向心加速度。

地球两极处万有引力等于重力。

挖去部分对A处物体产生的万有引力等于重力的变化量。

【解答】解：A、若地球自转角速度为ω，地球赤道处万有加速度和重力加速度的合加速度提供向心加速度，菁优网-jyeoo﹣g＝ω2R，解得赤道处重力加速度大小：g＝菁优网-jyeoo﹣ω2R，故A正确；

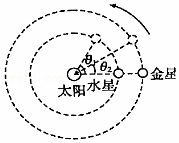
B、若地球自转角速度为ω，地球两极处万有引力等于重力，则重力加速度大小：g＝菁优网-jyeoo，故B正确；

CD、设地球的密度为ρ，挖去部分对A处物体产生的万有引力等于重力的变化量，即为：菁优网-jyeoo＝m△g，地球质量：菁优网-jyeoo，联立解得：△g＝G菁优网-jyeoo，故C错误，D正确。

故选：ABD。

【点评】此题考查了万有引力定律及其应用，解题的关键是明确物体在地球赤道处、两极处的受力情况。

26．（新余期末）如果把水星和金星绕太阳的运动视为匀速圆周运动，从水星与金星在一条直线上开始计时，如图所示。若天文学家测得在相同时间内水星转过的角度为θ1，金星转过的角度为θ2（θ1、θ2均为锐角），则由此条件可求得（　　）



A．水星和金星绕太阳运动的周期之比

B．水星和金星到太阳的距离之比

C．太阳的密度

D．水星与金星再次相距最近所用的时间

【分析】根据相同时间内转过的角度之比求出角速度之比，从而得出周期之比。

根据万有引力提供向心力得出轨道半径和周期的关系，结合周期之比求出轨道半径之比。

根据卫星变轨原理分析。

【解答】解：A、相同时间内水星转过的角度为θ1；金星转过的角度为θ2，可知它们的角速度之比为θ1：θ2．周期T＝菁优网-jyeoo，则周期比为θ2：θ1．故A正确；

B、根据万有引力提供向心力，菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，解得轨道半径：r＝菁优网-jyeoo，周期之比可以得出，则可以得出水星和金星到太阳的距离之比，故B正确；

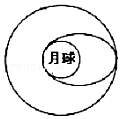
C、太阳体积未知，故太阳的密度不可求，故C错误；

D、根据卫星的追及原理可知，（菁优网-jyeoo）t＝2π，只知道水星和金星绕太阳运动的周期之比，无法求出水星与金星再次相距最近所用的时间t，故D错误。

故选：AB。

【点评】此题考查了万有引力定律及其应用，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，知道运用该理论只能求解中心天体质量，不能求解环绕天体质量。

27．（皇姑区校级期中）如图所示，宇航员完成了对月球表面的科学考察任务后，乘坐返回舱返回围绕月球做圆周运动的轨道舱。为了安全，返回舱与轨道舱对接时，必须具有相同的速度。已知返回舱与人的总质量为m，月球质量为M，月球的半径为R，月球表面的重力加速度为g，轨道舱到月球中心的距离为r，不计月球自转的影响。卫星绕月过程中具有的机械能由引力势能和动能组成。已知当它们相距无穷远时引力势能为零，它们距离为r时，引力势能为Ep＝﹣菁优网-jyeoo，则（　　）



A．返回舱返回时，在月球表面的最大发射速度为v＝菁优网-jyeoo

B．返回舱在返回过程中克服引力做的功是W＝mgR（1﹣菁优网-jyeoo）

C．返回舱与轨道舱对接时应具有的动能为Ek＝菁优网-jyeoo

D．宇航员乘坐的返回舱至少需要获得E＝mgR（1﹣菁优网-jyeoo）能量才能返回轨道舱

【分析】月球表面，重力向心力，计算发射月球卫星的最小发射速度，分析A选项。

根据题干信息，由功能关系分析克服引力做功。

先根据万有引力等于向心力，求出返回舱在距离月球中心距离为r的轨道处运行速率，分析动能。

根据功能关系分析返回舱发动机做的功，即获得的能量。

【解答】解：A、返回舱在月球表面飞行时，重力充当向心力，菁优网-jyeoo，解得v＝菁优网-jyeoo，已知轨道舱离月球表面具有一定的高度，故返回舱要想返回轨道舱，在月球表面的发射速度一定大于菁优网-jyeoo，故A错误；

B、返回舱在月球表面时，具有的引力势能为﹣菁优网-jyeoo，在轨道舱位置具有的引力势能为﹣菁优网-jyeoo，根据功能关系可知，引力做功引起引力势能的变化，结合黄金代换式可知GM＝gR2，返回舱在返回过程中克服引力做的功是W＝mgR（1﹣菁优网-jyeoo），故B正确；

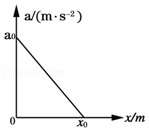
C、返回舱与轨道舱对接时，具有相同的速度，根据万有引力提供向心力可知，菁优网-jyeoo，解得动能：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故C正确；

D、返回舱返回轨道舱，根据功能关系可知，发动机做功，增加了引力势能和动能，mgR（1﹣菁优网-jyeoo）+菁优网-jyeoo＝mgR﹣菁优网-jyeoo，即宇航员乘坐的返回舱至少需要获得mgR﹣菁优网-jyeoo的能量才能返回轨道舱，故D错误。

故选：BC。

【点评】此题考查了人造卫星的相关知识，对卫星问题，一般通过万有引力做向心力得到半径和周期、速度、角速度的关系，然后通过比较半径来求解，若是变轨问题则由动能定理或能量守恒来求解。

28．（遂宁模拟）宇航员飞到一个被稠密气体包围的某行星上进行科学探索，他站在该行星表面，从静止释放一个质量为m的物体，由于气体阻力，其加速度a随下落位移x变化的关系图象如图所示，已知该星球半径为R，万有引力常量为G，下列说法正确的是（　　）



A．该行星的平均密度为菁优网-jyeoo

B．该行星的第一宇宙速度为菁优网-jyeoo

C．卫星在距该行星表面高h处的圆轨道上运行的周期为菁优网-jyeoo

D．从释放到速度刚达最大的过程中，物体克服阻力做功菁优网-jyeoo

【分析】根据万有引力等于重力，求解行星的质量，进一步求解密度。

根据重力提供向心力，求解第一宇宙速度。

根据万有引力提供向心力，求解周期。

分析图象，确定阻力的平均值，求解做功。

【解答】解：A、分析题意结合图象可知，开始下落瞬间，物体只受万有引力作用，根据万有引力等于重力可知：菁优网-jyeoo

解得行星的质量为：M＝菁优网-jyeoo

根据密度公式可知：ρ＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故A错误；

B、在行星表面飞行的卫星，根据重力提供向心力，有：ma0＝m菁优网-jyeoo，解得：v＝菁优网-jyeoo，故B正确；

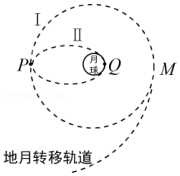
C、根据万有引力提供向心力，有：菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，根据黄金代换式：GM＝菁优网-jyeoo，解得卫星在距该行星表面高h处的圆轨道上运行的周期为：T＝菁优网-jyeoo，故C错误；

D、分析图象可知，位移为x0时，阻力等于万有引力，即F＝ma0，此时速度最大，分析题意可知，阻力随位移线性变化，则平均阻力为：菁优网-jyeoo，则从释放到速度刚达最大的过程中，物体克服阻力做功为：W＝菁优网-jyeoo，故D正确。

故选：BD。

【点评】此题考查了万有引力定律及其应用，解题的关键是明确万有引力等于重力和万有引力提供向心力，由图象提取相关信息。

29．（龙岗区校级期中）2018年12月8日发射成功的“嫦娥四号”探测器经过约110小时奔月飞行，到达月球附近，成功实施近月制动，顺利完成“太空刹车”，被月球捕获并顺利进入环月轨道。若将整个奔月的过程简化如下：“嫦娥四号”探测器从地球表面发射后，进入地月转移轨道，经过M点时变轨进入距离月球表面100km的圆形轨道Ⅰ，在轨道Ⅰ上经过P点时再次变轨进入椭圆轨道Ⅱ，之后将择机在Q点着陆月球表面。下列说法正确的是（　　）



A．“嫦娥四号”在轨道Ⅰ上的运行速度大于月球的第一宇宙速度

B．“嫦娥四号”在地月转移轨道上M点的速度大于在轨道I上M点的速度

C．“嫦娥四号”沿轨道Ⅱ运行时，在P点的加速度大于在Q点的加速度

D．“嫦娥四号”沿轨道Ⅱ运行的周期小于沿轨道I运行的周期

【分析】月球的第一宇宙速度是卫星贴近月球表面做匀速圆周运动的速度，根据万有引力提供向心力，得出线速度与半径的关系，即可比较出探测器在轨道I上的运动速度和月球的第一宇宙速度大小。

卫星在轨道地月转移轨道上经过M点若要进入轨道I，需减速。

根据万有引力提供加速度分析。

根据开普勒第三定律比较在轨道Ⅰ、Ⅱ的周期。

【解答】解：A、月球的第一宇宙速度是卫星贴近月球表面做匀速圆周运动的速度，“嫦娥四号”在轨道1上的半径大于月球半径，根据万有引力提供向心力，菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，得线速度v＝菁优网-jyeoo，可知“嫦娥四号”在轨道1上的运动速度比月球的第一宇宙速度小，故A错误；

B、根据卫星变轨原理可知，“嫦娥四号”在地月转移轨道上经过M点若要进入轨道I，需减速做近心运动，所以在地月转移轨道上经过M点的速度比在轨道I上经过M点时速度大，故B正确；

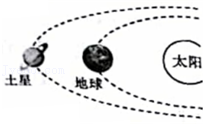
C、根据牛顿第二定律可知，菁优网-jyeoo＝ma，解得加速度：a＝菁优网-jyeoo，可知“嫦娥四号”探测器沿轨道Ⅱ运行时，在P点的加速度小于在Q点的加速，故C错误；

D、根据开普勒第三定律可知，菁优网-jyeoo＝k，可知“嫦娥四号”在轨道II上运动轨道的半长轴比在轨道I上轨道半径小，所以“嫦娥四号”在轨道Ⅱ上运动周期比在轨道Ⅰ上小，故D正确。

故选：BD。

【点评】此题考查了万有引力定律的应用，解决本题的关键是理解卫星的变轨过程，以及开普勒第三定律的灵活运用，这类问题也是高考的热点问题。

30．（河南模拟）如图所示，“土星冲日”是指土星和太阳正好分处地球的两侧，三者几乎成一条直线。该天象每378天发生一次，土星和地球绕太阳公转的方向相同，公转轨迹近似为圆，地球绕太阳公转的周期、半径及引力常量均为已知。根据以上信息可求出（　　）



A．地球的质量 B．土星的密度

C．土星绕太阳的公转速度 D．土星绕太阳的公转半径

【分析】地球和土星均绕太阳做圆周运动，靠万有引力提供向心力，根据牛顿第二定律和圆周运动的运动公式列式分析。

根据万有引力提供向心力，可以求出中心天体的质量，无法求出环绕天体的质量。

根据卫星追及原理，已知地球的公转周期和两次“土星冲日”的时间间隔，可以求解土星公转周期。

根据开普勒第三定律求解土星绕太阳的公转半径。

【解答】解：A、地球绕太阳做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，菁优网-jyeoo，解得太阳的质量：M＝菁优网-jyeoo，地球绕太阳公转的周期、半径及引力常量均为已知，可以求出中心天体﹣﹣太阳的质量，不能求出地球的质量，故A错误；

B、同理，土星的质量无法求出，土星的星球半径也未知，则无法求出土星的密度，故B错误；

C、“土星冲日”天象每378天发生一次，即每经过378天地球多转动一圈，根据（菁优网-jyeoo﹣菁优网-jyeoo）t＝2π，已知t＝378天，地球的公转周期T，可以求解土星公转周期T'，故C正确；

D、土星公转周期可以求出，则可以知道土星和地球绕太阳的公转周期之比，根据开普勒第三定律，菁优网-jyeoo，可以求解土星和地球绕太阳的公转半径之比，已知地球绕太阳的公转半径，可以求解土星绕太阳的公转半径，故D正确。

故选：CD。

【点评】此题考查了万有引力定律及其应用，解决本题的关键知道地球和土星均绕太阳做圆周运动，靠万有引力提供向心力，列出相关量的表达式分析求解。

**三．填空题（共10小题）**

31．宇航员站在某星球表面上用弹簧秤称量一个质量为m的砝码，示数为F。已知该星球半径为R，则这个星球表面的人造卫星的运行线速度v为 　菁优网-jyeoo　。

【分析】利用万有引力近似等于重力，结合重力大小等于弹力大小可以求出线速度的大小。

【解答】解：星球表面的重力加速度g＝菁优网-jyeoo；星球表面的人造卫星由万有引力提供向心力，mg＝G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，联立解得：v＝菁优网-jyeoo。

故答案为：菁优网-jyeoo。

【点评】本题考查万有引力定律的应用，要掌握万有引力等于重力的方法、万有引力提供向心力的表达式，两种思路结合求出具体物理量的值。

32．（金州区校级月考）有一星球的密度与地球相同，但它表面处的重力加速度是地球表面重力加速度的4倍，则星球半径与地球半径之比为　4　，星球质量与地球质量之比为　64　。

【分析】根据万有引力等于重力，列出等式表示出重力加速度。根据密度与质量关系代入表达式找出半径的关系，再求出质量关系。

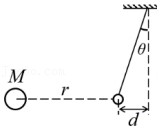
【解答】解：由万有引力提供向心力有G菁优网-jyeoo＝mg得，M＝菁优网-jyeoo，所以密度ρ＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，R＝菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo；

可知该星球半径是地球半径的4倍，根据M＝菁优网-jyeoo得，菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo•菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo•菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo。

故答案为：4，64。

【点评】求一个物理量之比，我们应该把这个物理量先用已知的物理量表示出来，再根据表达式进行比较。

33．（上海学业考试）在测量引力常量G的实验中，小球（可视为质点）偏离竖直方向一个小角度θ，两球心之间距离为r，质量为M的均匀圆球快速移开后，小球运动　可以　（填写“可以”或“不可以”）视为简谐运动。若测量出两球心距r、圆球质量M、小球偏离竖直方向的水平距离d和小球摆动的周期T后，引力常量G可以表示为　菁优网-jyeoo　。（当θ很小时，sinθ≈tanθ）



【分析】当摆动角度较小时，可以将小球的运动看作是简谐运动。利用平衡知识求得引力常量。结合单摆周期表达式，可求出引力常量。

【解答】解：万有引力很小，所以可知初始角度很小，可以看作是简谐运动，对小球受力分析、由平衡条件可得到：

F＝G菁优网-jyeoo＝mgtanθ，

因为角度θ很小，sinθ≈tanθ，所以有：G菁优网-jyeoo＝mgsinθ，G＝菁优网-jyeoo，

设摆长是L，由图可知sinθ＝菁优网-jyeoo，单摆周期是T＝2π菁优网-jyeoo，联立解得G＝菁优网-jyeoo.

故答案为：可以，菁优网-jyeoo。

【点评】本题考查单摆的知识，要掌握单摆的周期公式，熟练计算。

34．（徐汇区二模）太阳系各行星几乎在同一平面内沿同一方向绕太阳做圆周运动。当地球恰好运行到某地外行星和太阳之间，且三者几乎排成一条直线的现象，天文学称为“行星冲日”。已知火星和地球的轨道半径之比为1.5：1，则火星相邻两次冲日的时间间隔为 　2.2　年。在太阳系其他8大行星中，　海王　星相邻两次冲日的时间间隔最短。

【分析】行星围绕太阳做匀速圆周运动，根据开普勒第三定律，其轨道半径的三次方与周期T的平方的比值都相等求出火星的周期；抓住相邻两次火星冲日会发生时火星转过的角度比地球转过的角度少2π来求解，写出某个星冲日的时间间隔t的通式，分析是那颗星相邻两次冲日时间间隔最短。

【解答】解：由开普勒第三定律有：菁优网-jyeoo，解得：菁优网-jyeoo，代入数据得：T火≈1.84年

设火星相邻两次冲日的时间间隔t，火星转过的角度比地球转过的角度少2π，

即：菁优网-jyeoo，代入数据得：t≈2.2年

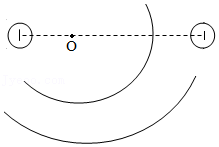
因地球能恰好运行到某地外行星和太阳之间，故行星在地球外侧，设地球外侧另一行星的周期为T外，因为地球外的行星转的较地球慢，故相邻两次冲日时地球多转过2π。

即：菁优网-jyeoo，解得：t＝菁优网-jyeoo，故T外越大，t越小，地球外侧海王星行轨道半径最大，T外最大，两次冲日时间最短。

故答案为：2.2；海王

【点评】本题关键是结合开普勒第三定律分析（也可以运用万有引力等于向心力列式推导出），知道相邻的两次行星冲日的时间两天体转过的角度差为2π。

35．（杨浦区二模）2017年，人类第一次直接探测到来自双中子星合并的引力波.两颗中子星合并前某时刻，相距约400km.在相互引力的作用下，分别围绕其连线上的某一点做周期相同的匀速圆周运动，每秒转动12圈.其转速为地球自转转速的　1.0368×106　倍.将两颗中子星都看作是质量均匀分布的球体，可以估算出这一时刻两颗中子星的速率之和为　3.0144×107　m/s.



【分析】利用转速的定义可以求出中子星转速和地球自转转速的倍数。利用线速度和角速度的关系可以求出速率之和

【解答】解：（1）地球自转的周期是24h，则中子星的转速是地球自转转速倍数为菁优网-jyeoo＝1.0368×106；

（2）根据v＝ωr可知，v1＝ωr1，v2＝ωr2，解得v1+v2＝（r1+r2）ω＝Lω＝2πnL＝2π×12×4×105m/s＝3.0144×107m/s。

故答案为：1.0368×106，3.0144×107。

【点评】本题考查万有引力与航天的基本问题，结合基本量之间的关系就可以求具体问题。

36．（杨浦区期末）已知月球质量约为地球质量的菁优网-jyeoo，月球表面重力加速度约为地球表面重力加速度的菁优网-jyeoo，地球半径约为6.4×106m，则月球半径约为　1.7×106　m。嫦娥五号是中国首个实施无人月面取样返回的月球探测器，其发射初期贴着地球表面飞行的环绕速度约为7.9×103m/s，后经过约112小时奔月飞行、实施二次近月制动后进入离月球表面200km高度的环月圆轨道飞行，其速度约为　1.6×103　m/s。

【分析】在星球表面根据万有引力等于重力得到星球半径的表达式分析求解。

嫦娥五号绕星球运动过程中，根据万有引力提供向心力得到运行速度的表达式分析求解。

【解答】解：在星球表面根据万有引力等于重力可知，菁优网-jyeoo＝mg

解得星球的半径：R＝菁优网-jyeoo

已知月球质量约为地球质量的菁优网-jyeoo，月球表面重力加速度约为地球表面重力加速度的菁优网-jyeoo，地球半径约为6.4×106m，则月球的半径约为：R月＝1.7×106m

嫦娥五号绕星球运动过程中，根据万有引力提供向心力可知，菁优网-jyeoo

解得环绕速度：v＝菁优网-jyeoo

已知嫦娥五号其发射初期贴着地球表面飞行的环绕速度约为7.9×103m/s，进入离月球表面200km高度的环月圆轨道飞行时，轨道半径为R月+h＝1.9×106m

解得此时运行速度：v月＝1.6×103m/s。

故答案为：1.7×106；1.6×103。

【点评】该题考查了万有引力定律的相关知识，明确在星球表面万有引力等于重力是解题的关键。

37．（越秀区校级月考）已知万有引力常量为G，地球半径为R，同步卫星距地面的高度为h，地球的自转周期T0，地球表面的重力加速度g。某同学根据以上条件，提出一种估算地球赤道表面的物体随地球自转的线速度大小的方法：

地球赤道表面的物体随地球做圆周运动，由牛顿运动定律有菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，又因为地球上的物体的重力约等于万有引力，有mg＝菁优网-jyeoo，由以上两式得：v＝菁优网-jyeoo

问：

（1）上面的结果是否正确　不正确　（填“正确”或“不正确”）；如果正确，理由是　地球赤道上的物体绕地球做圆周运动，不是万有引力完全提供向心力，是万有引力的一个分力提供向心力　；如果不正确，正确的解法和结果是　地球自转的周期和同步卫星的周期相等，则赤道表面的物体随地球自转的线速度为：v＝菁优网-jyeoo　（以上两空请根据自己的相应判断填写）；

（2）由题目给出的条件还可以估算的物理量有　同步卫星的线速度　（写一个，不需要写估算过程）。

【分析】（1）赤道上的物体随地球自转，做圆周运动，万有引力的分力提供向心力。抓住周期与地球自转周期相同，结合线速度与周期的关系求出线速度的大小。

（2）同步卫星的运行周期与地球自转周期相等，根据线速度与周期的关系可知求出同步卫星的线速度。

【解答】解：（1）上面的结果不正确。

因为地球赤道上的物体绕地球做圆周运动，不是万有引力完全提供向心力，是万有引力的一个分力提供向心力。

地球自转的周期和同步卫星的周期相等，则赤道表面的物体随地球自转的线速度为：

v＝菁优网-jyeoo。

（2）根据题目条件可以求出同步卫星的线速度。

同步卫星的轨道半径：r＝R+h，

则同步卫星的线速度为：v＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo。

故答案为：（1）不正确；地球赤道上的物体绕地球做圆周运动，不是万有引力完全提供向心力，是万有引力的一个分力提供向心力；地球自转的周期和同步卫星的周期相等，则赤道表面的物体随地球自转的线速度为：v＝菁优网-jyeoo；（2）同步卫星的线速度。

【点评】此题考查了万有引力定律及其应用，解决本题的关键知道物体做圆周运动向心力的来源，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。

38．（黄浦区期末）科学家测得一行星A绕一恒星B运行一周所用的时间为1200年，A、B间距离为地球到太阳距离的100倍。设A相对于B的线速度为v1，地球相对于太阳的线速度为v2，则v1：v2＝　1：12　，该恒星质量与太阳质量之比为　25：36　。

【分析】根据线速度与周期的关系v＝菁优网-jyeoo，运用r和T的比值关系求解。

根据万有引力提供向心力，菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，运用r和T的比值关系求解质量的比值。

【解答】解：行星绕恒星做匀速圆周运动，根据线速度与周期的关系可知，v＝菁优网-jyeoo，所以 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，菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，得M＝菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝25：36。

故答案为：1：12；25：36。

【点评】此题要知道线速度与周期的关系v＝菁优网-jyeoo，以及要知道万有引力提供向心力，能够根据题目的意思选择恰当的向心力的表达式。

39．（南木林县校级期中）地球绕太阳公转的轨道半径为R1，公转周期为T1，月球绕地球公转的轨道半径为R2，公转周期为T2，则太阳和地球的质量之比为　菁优网-jyeoo　．

【分析】根据万有引力提供向心力分别求出太阳和地球的质量，从而得出太阳质量与地球质量之比．

【解答】解：根据万有引力提供向心力得：

对于地球，有：G菁优网-jyeoo＝M地菁优网-jyeooR1

对于月球，有：G菁优网-jyeoo＝m月菁优网-jyeoo

联立解得 菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

故答案为：菁优网-jyeoo

【点评】环绕天体绕中心天体做圆周运动，通过万有引力提供向心力可以求出中心天体的质量，不能求出环绕天体的质量．

40．（醴陵市期中）我国正在计划发射无人航天器登月，从月球上摄取土壤样本返回地球，已知月球表面的重力加速度为g0＝1.6m/s2，月球半径为R＝1600km，到达月球上的航天器摄取土壤样本后，启动发动机，沿直线竖直向上匀加速直线运动，加速度恒为a＝0.8m/s2，不考虑航天器质量的变化，航天器质量恒为：M＝500kg，求：刚从月球表面做加速运动时，发动机推力为　1200　N，航天器到达离月球表面高H＝1600km时的发动机推力为　600　N。

【分析】航天器开始做加速运动时，受到推力与万有引力，由牛顿第二定律即可求出发动机的推力；同理当高度为H时，也由万有引力定律和牛顿第二定律即可求出。

【解答】解：航天器起飞过程可看成是匀加速直线运动，由牛顿第二定律可得：F﹣Mg0＝Ma

代入数据可得：F＝1200N

设月球的质量为M0，在月球的表面：菁优网-jyeoo

当航天器到达离月球表面高H＝1600km时，航天器到月球的球心的距离：r＝R+H＝2R

航天器受到的万有引力：菁优网-jyeoo

可得：菁优网-jyeoo

发动机的推力：F′＝Mg′+Ma

代入数据可得：F′＝600N

故答案为：1200，600

【点评】本题综合考查了牛顿第二定律和万有引力定律在天体中的运用，掌握好万有引力定律在天体中的运用的两条思路：万有引力提供向心力；在地球表面物体的重力等于万有引力。

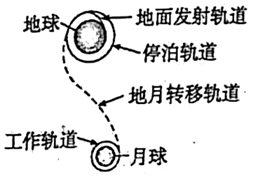
**四．计算题（共2小题）**

41．（兴宁区校级月考）“嫦娥一号”探月卫星在空中运动的简化示意图如图所示。卫星由地面发射后，经过发射轨道进入停泊轨道，在停泊轨道经过调速后进入地月转移轨道，再次调速后进入工作轨道。已知卫星在停泊轨道和工作轨道运行半径分别为r和r1，地球半径为R，月球半径为R1，地球表面重力加速度为g，月球表面重力加速度为菁优网-jyeoo。求：

（1）地球与月球质量之比；

（2）卫星在停泊轨道上运行的线速度；

（3）卫星在工作轨道上运行的周期。



【分析】此题需要用到黄金代换来巧妙解题。

【解答】解：（1）根据黄金代换公式：GM＝gR2可得：M＝菁优网-jyeoo.

因为g地：g月＝6：1。联立等式解得：地球与月球质量之比为：6R2：R菁优网-jyeoo。

（2）停泊轨道是在地球上运行的，根据万有引力公式：v＝菁优网-jyeoo。

根据黄金代换：GM地＝gR2

联立以上两个等式解得：v＝R菁优网-jyeoo

（3）根据万有引力公式有：m菁优网-jyeoor1＝m菁优网-jyeoo

根据黄金代换：GM月＝g月R菁优网-jyeoo

根据题意：g月＝菁优网-jyeoo

联立以上三个等式解得卫星在工作轨道上运行的周期T＝菁优网-jyeoo

答：（1）地球与月球质量之比为：6R2：R菁优网-jyeoo

（2）卫星在停泊轨道上运行的线速度为：R菁优网-jyeoo

（3）卫星在工作轨道上运行的周期为：菁优网-jyeoo

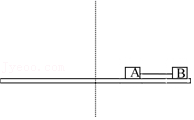
【点评】此题难点在于理解黄金代换是直接把星球半径换进去，与运行轨道半径无关。

42．（莲湖区校级月考）如图所示，在某质量分布均匀的行星，其表面重力加速度未知，在该行星表面上有一个匀质转盘，转盘上两个质量均为m的物体A、B位于圆心的同一侧，两物体A、B到圆心的距离分别为L、2L，两物体A、B用一根轻绳连接。开始时轻绳恰好处于伸直状态，当角速度为ω时，两物体A、B刚要相对转盘发生相对滑动，两物体A、B与转盘间的动摩擦因数μ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力。已知行星的半径为R，引力常量为G，求：

（1）两物体即将发生滑动时绳子上的拉力；

（2）此行星的密度；

（3）此行星的第一宇宙速度。



【分析】（1）当摩擦力达到最大静摩擦力时两物体即将发生滑动，此时最大静摩擦力提供向心力，应用牛顿第二定律求出重力加速度，然后应用牛顿第二定律求出绳子上的拉力。

（2）行星表面的物体受到的重力等于万有引力，根据万有引力公式求出行星的质量，然后根据密度公式求出行星的平均密度。

（3）万有引力提供向心力，应用万有引力公式与牛顿第二定律求出行星的第一宇宙速度。

【解答】解：（1）滑动摩擦力达到最大静摩擦力时两物体将发生滑动，

静摩擦力提供向心力，对两物体组成的系统，由牛顿第二定律得：

μ•2mg＝mω2L+mω2•2L，

解得：g＝菁优网-jyeoo，

对B，由牛顿第二定律得：T+μmg＝mω2•2L，

解得：T＝菁优网-jyeoomω2L

（2）在行星表面的物体：mg＝G菁优网-jyeoo，

行星的平均密度：ρ＝菁优网-jyeoo

解得：ρ＝菁优网-jyeoo；

（3）卫星绕行星表面做圆周运动，万有引力提供向心力，

由牛顿第二定律得：G菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，

解得：v＝菁优网-jyeoo

答：（1）两物体即将发生滑动时绳子上的拉力为菁优网-jyeoo；

（2）此行星的密度为菁优网-jyeoo；

（3）此行星的第一宇宙速度为菁优网-jyeoo。

【点评】本题考查了万有引力定律的应用，知道万有引力提供向心力是解题的前提，应用万有引力公式与牛顿第二定律即可解题。