## 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？

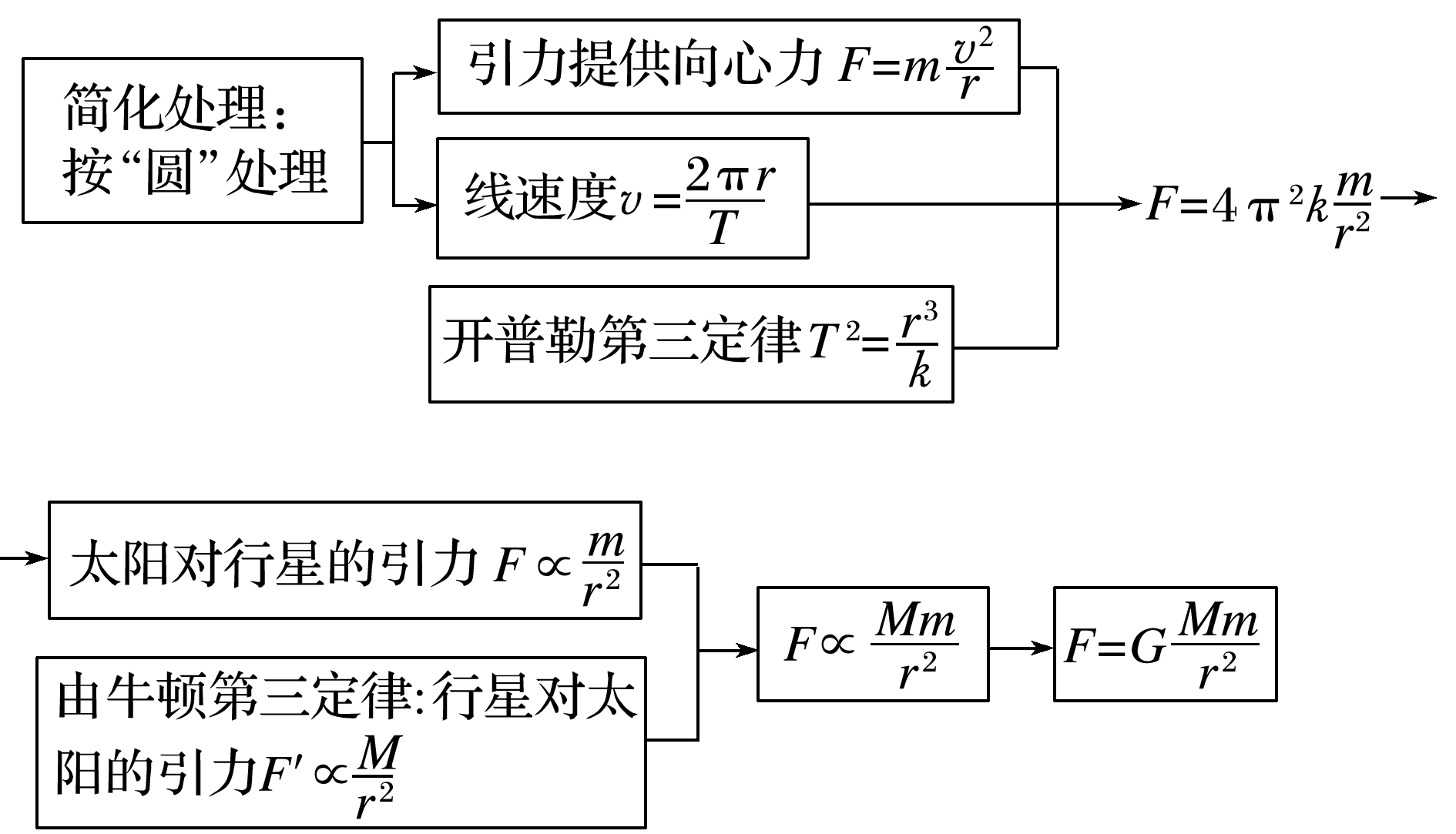
答案　太阳对行星的引力使行星绕太阳运动.

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

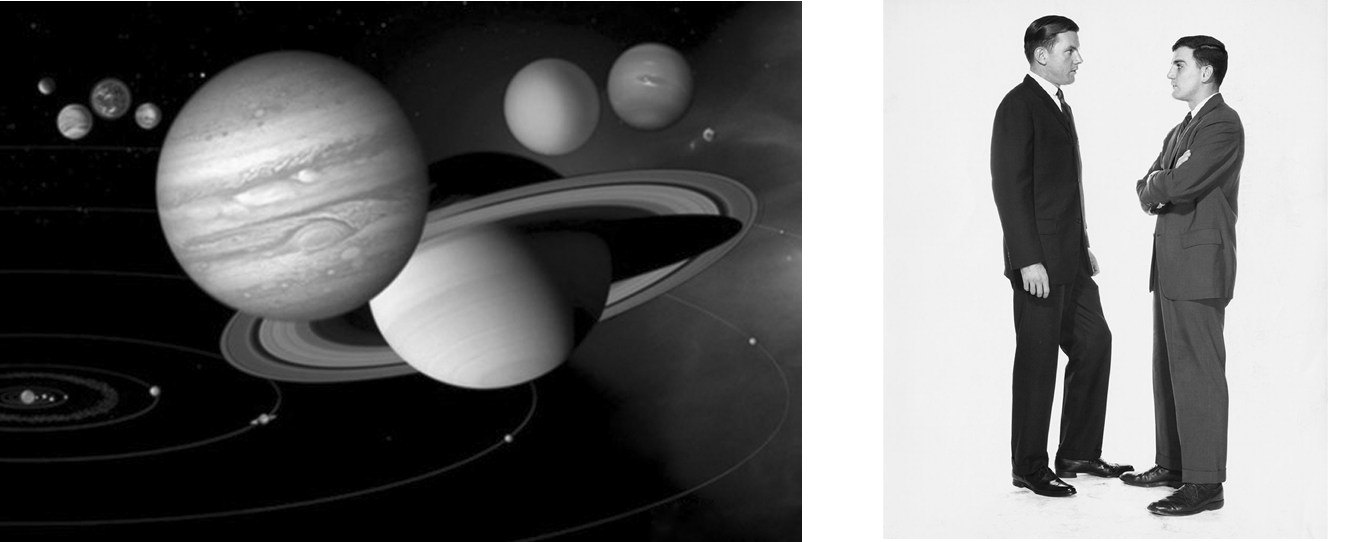
万有引力定律的得出过程



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.

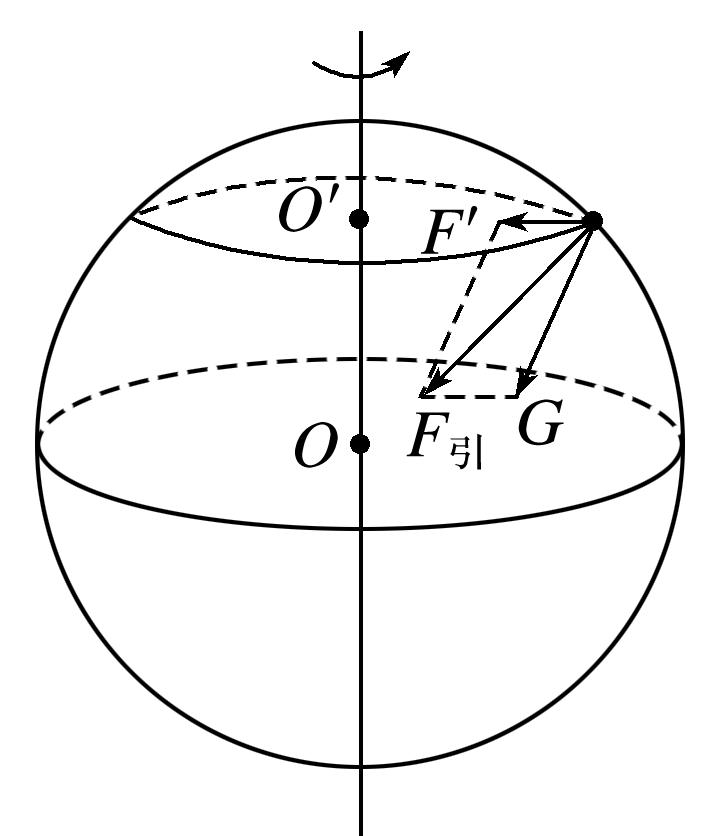
(2)一个均匀球体与球外一个质点间的相互作用，*r*为球心到质点的距离.

(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.

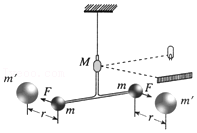
3.特别说明

(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．（顺义区校级期中）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，引力常量就是其中之一。1687年牛顿发现了万有引力定律，但并没有得出引力常量。直到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。关于这段历史，下列说法错误的是（　　）



A．卡文迪许被称为“首个测量地球质量的人”

B．万有引力定律是牛顿和卡文迪许共同发现的

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

【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、已知地球半径R，地球表面重力加速度g，利用菁优网-jyeoo，得：菁优网-jyeoo从而能称出地球的质量，卡文迪许测出了关键的引力常数G，故被称为“首个测量地球质量的人，故A正确；

B、万有引力定律是1687年牛顿发现的，故B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；

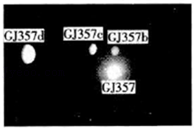
D、地面上普通物体间的引力太微小，这个力无法测量，故无法通过万有引力公式直接计算G，故D正确；

本题选错误的，

故选：B。

【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．（东莞市校级模拟）2019年7月31日，《天文学和天体物理学》杂志刊文，某国际研究小组在距离地球31光年的M型红矮星GJ357系统中，发现了行星GJ357b、GJ357c和GJ357d，它们均绕GJ357做圆周运动且它们的轨道半径关系为Rb＜Rc＜Rd．GJ357d处于GJ357星系宜居带，很可能是一个宜居星球，GJ357d到GJ357的距离大约为日地距离的菁优网-jyeoo，公转周期为55.7天。下列说法正确的是（　　）



A．GJ357d和GJ357c的轨道半径与周期的比值相同

B．GJ357d的周期比GJ357c的周期小

C．GJ357d的线速度比GJ357c的线速度大

D．GJ357与太阳的质量之比约为1：3

【分析】根据开普勒第三定律分析行星半径与周期间的关系；行星做圆周运动，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周期、线速度然后分析答题。

【解答】解：A、G357d和GJ357c都绕GJ357做圆周运动，由开普勒第三定律可知，它们轨道半径的三次方与周期的二次方的比值相同，故A错误；

B、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-jyeooR，解得：T＝2π菁优网-jyeoo，由于Rc＜Rd，则Tc＜Td，故B错误；

C、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，由于Rc＜Rd，则vd＜vc，故C错误；

D、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-jyeooR，解得：M＝菁优网-jyeoo，

所以GJ357与太阳的质量之比约为1：3，故D正确；

故选：D。

【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与关键，应用万有引力公式与牛顿第二定律即可解题。

## 随堂练习

1．（潮阳区校级期中）下列说法正确的是（　　）

A．地球是宇宙的中心，太阳、月亮及其他行星都绕地球运动

B．太阳是静止不动的，地球和其他行星都绕太阳运动

C．地球是绕太阳运动的一颗行星

D．日心说和地心说都是正确的

【分析】明确有关日心说和地心说的内容进行分析，根据开普勒三定律行星与物理学史进行解答．

【解答】解：A、太阳系中的所有行星围绕太阳运动的轨道都是椭圆，太阳处在所有椭圆的一个焦点上。故A错误；

B、太阳只是太阳系的中心，在太阳系，地球和其他行星都是围绕太阳公转，但太阳系是在银河系里运动的，所以，太阳绝对不是静止不动的！故B错误；

C、地球是绕太阳运动的行星之一，故C正确；

D、日心说已得到证实为正确的，而地心说是错误的，故D错误；

故选：C。

【点评】本题考查人类对于天体运动研究的物理学史的基本内容，要注意明确地心说的错误，掌握日心说的基本内容即可正确求解．

2．（青铜峡市校级月考）下列说法正确的是（　　）

A．能量是守恒的，不会消失，因此我们不用节约能源

B．“月﹣地检验”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、行星间的引力是同一种性质的力

C．经典力学仍然适用于接近光速运动的物体

D．牛顿发现了万有引力定律并首次在实验室测出了引力常量

【分析】根据物理学史和常识进行解答，记住著名物理学家的主要贡献即可。

【解答】解：A、能量是守恒的，不会消失，但是能源在使用的过程中品质降低了，所以自然界的能量虽然守恒，但还是很有必要节约能源，故A正确；

B、“月﹣地检验“表明，地面物体所受地球的引力与太阳、行星间的引力是同一种力，故B正确；

C、经典力学只适用于宏观、低速运动的物体，不能适用于接近光速运动的物体，故C错误；

D、牛顿在前人的基础上总结出了万有引力定律，卡文迪许第一次在实验室里测出了万有引力常量，故D错误。

故选：B。

【点评】本题考查物理学史，是常识性问题，对于物理学上重大发现、发明、著名理论要加强记忆，重视知识的积累。

3．（未央区校级期中）以下说法正确的是（　　）

A．牛顿在前人研究基础上总结出万有引力定律，并计算出了引力常数G

B．开普勒行星运动定律告诉我们所有行星绕太阳在同一椭圆轨道上运行

C．由万有引力定律可知，当r趋近于零时，万有引力趋近于无穷大

D．轨道半径大于地球半径的圆轨道人造地球卫星环绕速率小于第一宇宙速度

【分析】根据物理学知著名物理学家牛顿的主要贡献即可。根据万有引力提供向心力，得到线速度与轨道半径的关系分析。万有引力定律的适用条件是可看成质点的宏观物体间的相互作用。

【解答】解：A、牛顿在前人的研究基础上总结出万有引力定律，卡文迪许计算出引力常数G，故A错误；

B、根据开普勒第一定律可知，所有行星绕太阳的轨道为椭圆，各行星的轨道是不同的，故B错误；

C、万有引力定律的适用条件是宏观物体间的相互作用，当r趋近于零时物体不能看作质点，万有引力定律不再直接可以使用，故C错误。

D、根据万有引力提供向心力，菁优网-jyeoo，解得菁优网-jyeoo，第一宇宙速度7.9km/s是绕近地卫星的环绕速度，即所有轨道半径大于地球半径的圆轨道人造地球卫星的环绕速率，都小于第一宇宙速度，故D 正确；

故选：D。

【点评】此题考查了物理学史及万有引力定律和开普勒定律等相关知识，要注意这些定律的适用条件。

4．（贵阳期末）牛顿在发现万有引力定律的过程中没有用到的定律是（　　）

A．开普勒第一定律 B．开普勒第二定律

C．牛顿第二定律 D．牛顿第三定律

【分析】根据物理学史和常识解答，记住著名物理学家的主要贡献即可。

【解答】解：牛顿在发现万有引力定律的过程中将行星的椭圆轨道简化为圆轨道这就是开普勒第一定律，由牛顿第二定律可列出万有引力提供向心力。再借助于牛顿第三定律来推算物体对地球作用力与什么有关系。同时运用开普勒第三定律来导出万有引力定律。而开普勒第二定律，牛顿在发现万有引力定律的过程中没有用，故B正确，ACD错误。

故选：B。

【点评】本题考查物理学史，是常识性问题，对于物理学上重大发现、发明、著名理论要加强记忆，这也是考试内容之一。

## 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.

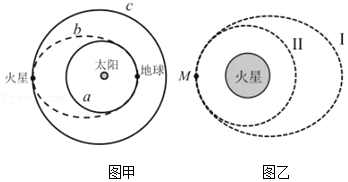
(4)由*G*＝*ma*n得*a*n＝.

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．（茂南区校级模拟）如图甲所示，“天问一号”探测器从地球发射后，立即被太阳引力俘获，沿以太阳为焦点的椭圆轨道b运动到达火星，被火星引力俘获后环绕火星飞行，轨道b与地球公转轨道a、火星公转轨道c相切。如图乙所示，“天问一号”目前已由椭圆轨道I进入圆轨道Ⅱ，进行预选着陆区探测。下列说法正确的是（　　）



A．“天问一号”的发射速度v满足7.9km/s＜v＜11.2km/s

B．地球绕太阳公转速度大于火星绕太阳公转速度

C．“天问一号”在轨道Ⅱ上的速度大于火星的第一宇宙速度

D．“天问一号”在椭圆轨道Ⅰ上经过M点的速度小于在圆轨道Ⅱ上经过M点的速度

【分析】要使“天问一号”脱离地球束缚到达火星，则需要发射速度介于第二宇宙速度和第三宇宙速度之间；

根据万有引力提供向心力，写出速度的表达式，根据环绕半径的大小，确定速度的大小；“天问一号”从椭圆轨道Ⅰ上M点变轨到达圆轨道Ⅱ，需要在M点点火减速，由此确定“天问一号”在椭圆轨道Ⅰ上经过M点的速度与在圆轨道Ⅱ上经过M点的速度的大小关系。

【解答】解：A、地球的第二宇宙速度11.2km/s，是人造卫星脱离地球引力束缚的最小发射速度，地球的第三宇宙速度16.7km/s，是人造卫星脱离太阳引力束缚的最小发射速度，故要使“天问一号”脱离地球束缚到达火星，则需要发射速度介于第二宇宙速度和第三宇宙速度之间，故A错误；

BC、地球和火星绕太阳做圆周运动，根据万有引力提供给向心力可得菁优网-jyeoo，解得环绕天体的线速度v＝菁优网-jyeoo，

由于地球的公转轨道半径小于火星的公转轨道半径，所以地球绕太阳公转速度大于火星绕太阳公转速度

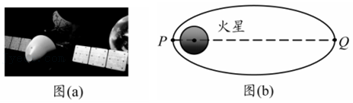
同理：因为火星的第一宇宙速度是物体在火星附近绕火星做匀速圆周运动的速度，“天问一号”在轨道Ⅱ上绕火星做匀速圆周运动时，其轨道半径大于火星的球体半径，所以“天问一号”在轨道Ⅱ上的速度小于火星的第一宇宙速度，故B正确，C错误；

D、“天问一号”从椭圆轨道Ⅰ上M点变轨到达圆轨道Ⅱ，即做近心运动，故需要在M点点火减速，故“天问一号”在椭圆轨道Ⅰ上经过M点的速度大于在圆轨道Ⅱ上经过M点的速度，故D错误。

故选：B。

【点评】本题考查了三种宇宙速度以及变轨问题，注意要做近心运动则需要点火减速，要做离心运动则要点火加速。

2．（眉山模拟）2021年2月24日6时29分，图（a）所示的我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，进入近火点280千米、远火点5.9万千米、周期2个火星日的火星停泊轨道。若探测器的停泊轨道可看作是图（b）所示的椭圆轨道，其中的P点为近火点，Q点为远火点，则可知（　　）



A．探测器在P点的速度小于在Q点的速度

B．探测器在P点的加速度小于在Q点的加速度

C．探测器从P点运动到Q点的过程中，机械能逐渐减小

D．探测器从P点运动到Q点的过程中，机械能保持不变

【分析】根据万有引力定律和开普勒第二定律，可以比较两点的加速度和速度；

只有万有引力做功，探测器的机械能守恒。

【解答】解：A、由开普勒第二定律，可知该探测器在近火点P点的速度大于其在远火点Q点的速度，故A错误；

B、根据牛顿第二定律得菁优网-jyeoo，可知该探测器在近火点P点的加速度大于其在远火点Q点的加速度，故B错误；

CD、探测器从P点运动到Q点的过程中，只有引力做功，探测器的机械能保持不变，故C错误，D正确。

故选：D。

【点评】该题考查万有引力定律的应用，对于椭圆轨道的这类问题是高考的热点问题。

## 随堂练习

1．（温州模拟）地球的公转轨道接近圆，但哈雷彗星的公转轨道则是一个非常扁的椭圆。哈雷彗星最近出现的时间是1986年，预测下次飞近地球将在2061年。地球的公转半径为r、线速度大小为v、加速度大小为a，哈雷彗星在近日点与太阳中心的距离为为r1、线速度大小为v1、加速度大小为a1，在远日点与太阳中心的距离为r2、线速度大小为v2、加速度大小为a2。则下列关系式正确的是（　　）



A．a＞a1＞a2 B．v1＞v＞v2

C．a1：a2＝r12：r22 D．r3：（r1+r2）3＝1：11250

【分析】根据牛顿第二定律由距太阳远近确定加速度的大小；

根据椭圆轨道在近日点做离心运动，远日点做向心运动的条件和在圆轨道上万有引力提供向心力来确定公转线速度大小关系；

根据牛顿第二定律分析近日点与远日点加速度之比；

根据开普勒第三定律，由已知周期关系确定半长轴三次方关系。

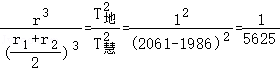
【解答】解：AC、据牛顿第二定律，菁优网-jyeoo，可得加速度a＝菁优网-jyeoo，即有，故C错误；由题意可知r1＜r＜r2，所以有a1＞a＞a2。故AC均错误；

B、据万有引力提供圆周运动向心力有：菁优网-jyeoo可得：菁优网-jyeoo

因为在近日点，彗星要做离心运动，故彗星在近日点的速度v1大于以r1为半径的圆周运动速度即菁优网-jyeoo

慧星在远日点做向心运动，故慧星在远日点的速度v2小于以r2为半径的圆周运动速度即菁优网-jyeoo

据r1＜r＜r2，有菁优网-jyeoo，结束以上分析有：v1＞v＞v2，故B正确；

D、根据开普勒第三定律菁优网-jyeoo，即半长轴的三次方之比等于周期的二次方之比，即有：

由此整理可得：菁优网-jyeoo，故D错误。

故选：B。

【点评】本题以天文学家哈雷成功预言哈雷彗星的回归为情景载体，考查了开普勒第二定律和牛顿第二定律在天体运动中的应用，要求学生多注意总结。

2．（青羊区校级模拟）2020年7月23日，“长征五号”遥四运载火箭托举着“天问一号“火星探测器，在中国文昌航天发射场点火升空。已知火星和地球绕太阳公转的轨道都可近似为圆轨道，火星公转轨道半径约为地球公转轨道半径的菁优网-jyeoo倍，火星的半径约为地球半径的菁优网-jyeoo。，火星的质量约为地球质量的菁优网-jyeoo，以下说法正确的是（　　）

A．火星的公转周期比地球小

B．火星的公转速度比地球大

C．探测器在火星表面时所受火星引力比在地球表面时所受地球引力小

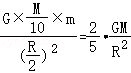
D．探测器环绕火星表面运行的速度比环绕地球表面运行的速度大

【分析】研究火星和地球绕太阳公转，根据万有引力提供向心力，列出等式再去进行比较。根据万有引力定律比较探测器在火星表面和地球表面所受的引力，根据万有引力提供向心力求解探测器环绕火星和地球的速度，再进行比较。

【解答】解：A、由于火星的公转半径比地球的公转半径大，根据开普勒第三定律可知火星的公转周期比地球的公转周期大，故A错误；

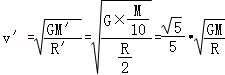
B、根据万有引力提供向心力有菁优网-jyeoo，解得环绕天体的线速度菁优网-jyeoo，所以火星的公转速度比地球的公转速度小，故B错误；

C、探测器在地球上时，其所受的重力等于万有引力，有菁优网-jyeoo

同理探测器在火星表面时，有菁优网-jyeoo＝，

即探测器在火星表面时所受火星引力比在地球表面时所受地球引力小，故C正确；

D、探测器环绕地球表面运行的速度v＝菁优网-jyeoo，

同理探测器环绕火星表面运行的速度，

即探测器环绕火星表面运行的速度比环绕地球表面运行的速度小，故D错误。

故选：C。

【点评】要比较一个物理量大小，我们应该把这个物理量先表示出来，在进行比较。向心力的公式选取要根据题目提供的已知物理量或所求解的物理量选取应用。

3．（广东模拟）木星有4颗卫星是伽利略发现的，称为伽利略卫星。已知木卫二的质量m、绕木星做匀速圆周运动的轨道半径r，木星的质量M、半径R、自转周期T，万有引力常量G。根据万有引力的知识计算木卫二绕木星运动的周期T′，下列表达式中正确的是（　　）

A．T′＝2π菁优网-jyeoo B．T′＝T C．T′＝2π菁优网-jyeoo D．T′＝2π菁优网-jyeoo

【分析】对木卫二，根据万有引力提供向心力列方程即可求木卫二绕木星运动的周期T′。

【解答】解：对木卫二，根据万有引力提供向心力得：

G菁优网-jyeoo＝m（菁优网-jyeoo）2r

解得：T′＝2π菁优网-jyeoo，与木星自转周期T无关，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，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。

4．（河南模拟）天文研究发现在2020年9月11日出现了海王星冲日现象届时地球位于太阳和海王星之间，海王星被太阳照射的一面完全朝向地球，便于地面观测。已知地球和海王星绕太阳公转的方向相同，轨道均可近似视为圆轨道，地球一年绕太阳一周，海王星约164.8年绕太阳一周，则下列说法正确的是（　　）

A．海王星绕太阳运行的线速度比地球绕太阳运行的线速度大

B．海王星绕太阳运行的加速度比地球绕太阳运行的加速度大

C．2021年还会出现海王星冲日现象

D．根据题中信息可求出海王星的公转轨道半径

【分析】根据万有引力提供向心力得出线速度、周期与轨道半径的关系，结合周期的大小得出轨道半径的大小，从而得出线速度的大小。抓住地球转动的角度比海王星转动的角度多2π，得出两次冲日现象的时间间隔。

【解答】解：AB、地球和海王星均绕太阳运转，万有引力提供其圆周运动的向心力，则：菁优网-jyeoo，因海王星在高轨上，因此它绕太阳运行的线速度小，加速度小，故A，B项错误；

C、由公转周期知地球和海王星绕太阳运行的角速度分别为菁优网-jyeoo，故海王星相邻两次冲日的时间间隔为Δt＝菁优网-jyeoo≈1.01年，因此2021年还会出现海王星冲日现象，故C项正确：

D、由于不知地球的公转半径，无法用开普勒第三定律求出海王星的公转轨道半径，故D项错误。

故选：C。

【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，知道线速度、周期与轨道半径的关系，知道相邻的两次行星冲日的时间中地球多转动一周。

# **综合练习**

**一．选择题（共15小题）**

1．（保定期末）下列关于万有引力定律的说法中正确的是（　　）

A．任意两个物体之间都存在万有引力，其大小跟两个物体的质量之和成正比

B．当两个物体无限靠近时，它们之间的万有引力将趋于无穷大

C．万有引力定律的发现说明天上和地上的物体遵循同样的科学法则

D．牛顿发现万有引力定律并通过实验测出了引力常量的数值

【分析】自然界中任何两个物体间都存在万有引力，万有引力定律公式为F＝G菁优网-jyeoo；万有引力定律适用的条件是两个质点间引力的计算；卡文迪许通过实验首次比较准确地得出了引力常量G的数值。

【解答】解：A、任意两个物体之间都存在万有引力，其大小跟两个物体的质量之积成正比，故A错误；

B、当两个物体无限靠近，物体不能被看成质点，万有引力定律公式F＝G菁优网-jyeoo不再适用，所以不能得到万有引力趋于无穷大的结论，故B错误。

C、万有引力定律的发现说明天上和地上的物体遵循相同的科学法则，故C正确；

D、牛顿发现万有引力定律，但卡文迪许通过实验测出了引力常量的数值，故D错误；

故选：C。

【点评】掌握万有引力定律的发现过程及公式的适用条件，牢记是卡文迪许通过实验首次比较准确地得出了引力常量G的数值。

2．（平谷区期末）牛顿发现万有引力定律后，首次比较准确地测定引力常量的科学家是（　　）

A．第谷 B．开普勒 C．卡文迪许 D．伽利略

【分析】依据物理学的发展史和各个人对物理学的贡献可以判定各个选项。

【解答】解：发现万有引力定律的科学家是牛顿，他提出了万有引力定律。牛顿发现万有引力定律之后，并没有测得引力常量，引力常量是由卡文迪许用扭秤实验测得的。故C正确，ABD错误。

故选：C。

【点评】本题需要掌握物理学的发展历史，明确各个课本提到的各个人物对于物理学的贡献，属于基础记忆考查。

3．（乐山期中）牛顿以天体之间普遍存在着引力为依据，运用严密的逻辑推理，建立了万有引力定律。在创建万有引力定律的过程中，牛顿（　　）

A．接受了卡文迪许关于“行星轨道的半长轴的三次方与周期的平方成正比”的思想

B．根据引力提供行星的向心力及开普勒第二定律，得出引力与其质量成正比，即F∝m的结论

C．根据F∝m和牛顿第三定律，分析了地月间的引力关系，进而得出F∝m1m2

D．根据大量实验数据得出了比例系数G的大小

【分析】明确万有引力的发现过程，会根据行星与太阳间的引力关系分析万有引力的推导过程，并明确牛顿提出了万有引力定律，但是卡文迪许通过实验测量出了引力常量。

【解答】A、在创建万有引力定律的过程中，牛顿接受了胡克等科学家关于平方反比猜想，故A错误；

B、牛顿根据地球上一切物体都以相同加速度下落的事实，得出物体受地球的引力与其质量成正比，即F∝m的结论，故B错误；

C、牛顿根据F∝m和牛顿第三定律，得出F∝m1m2，然后进行月地检验，进一步得出该规律适用与月地系统故C正确；

D、卡文迪许用扭秤实验测出了万有引力常量G，故D错误。

故选：C。

【点评】本题关键要熟悉万有引力定律的发现过程中的相关物理学史，知道牛顿发现了万有引力定律，但是引力常量是卡文迪许测出的。

4．（金凤区校级月考）下列说法中正确的是（　　）

A．做匀速圆周运动的物体，所受合外力是恒力

B．滑动摩擦力对物体可能做正功

C．作用力与反作用力一定同时做功，且做功之和为0

D．牛顿将行星与太阳、地球与月球、地球与地面物体之间的引力规律推广到宇宙中的一切物体，得出了万有引力定律，并测出了引力常量G的数值

【分析】做匀速圆周运动的物体所受的合外力大小不变，方向指向圆心，时刻在变化；判断摩擦力做正功还是做负功，看摩擦力方向与运动方向的关系；作用力与反作用力，可能都做正功，可能都做负功，可能作用力做功，反作用力不做功；牛顿发现了万有引力定律，测出引力常量G的数值的是英国物理学家卡文迪许。

【解答】解：A、做匀速圆周运动的物体所受的合外力大小不变，方向指向圆心，时刻在变化，所以所受合外力不是恒力，故A错误；

B、若滑动摩擦力方向与运动方向相同，则滑动摩擦力做正功，比如木块放在木板上，都向右运动，但是木板的速度大于木块的速度，则木块所受的摩擦力向右，与运动方向相同，摩擦力做正功，故B正确；

C、作用力和反作用力作用在两个不同的物体上，它们的大小相等，但是物体的位移不一定相等，如在地面上滑动的物体，物体与地面之间的摩擦力就是作用力和反作用力，但是摩擦力对物体做了负功，而对地面不做功，所以C错误；

D、牛顿将行星与太阳、地球与月球、地球与地面物体之间的引力规律推广到宇宙中的一切物体，得出了万有引力定律，测出引力常量G的数值是英国物理学家卡文迪许，故D错误。

故选：B。

【点评】本题考查的是匀速圆周运动所受的合外力是变力、力做正功还是负功取决于力的方向与运动方向的关系、作用力和反作用力做功情况以及物理学史，要特别要注意对相关知识能够做到熟练应用。

5．（顺义区期末）下列说法正确的是（　　）

A．计算天体质量必须用到引力常量G

B．引力常量G是牛顿首先测量的

C．地球对物体的引力与地球对月球的引力不是同一性质的力

D．月球绕地球运动，其向心力的来源是月球对地球的引力

【分析】根据物体在天体表面的重力等于万有引力列式，或根据万有引力定律提供向心力列式，均可解得天体的质量；G的值是牛顿发现万有引力定律后，卡文迪许测量出来的；地球对物体的引力与地球对月球的引力是同一性质的力。

【解答】解：A、计算天体的质量有两种方法：方法一：若不考虑天体的自转，天体表面上质量为m的物体所受的重力mg等于天体对它的万有引力，mg＝菁优网-jyeoo，可得出天体的质量M＝菁优网-jyeoo。

方法二：绕行天体的卫星做匀速圆周运动的向心力等于天体对它的万有引力，所以菁优网-jyeoo，由此得出中心天体的质量M＝菁优网-jyeoo。

可知两种方法计算天体的质量都必须用到引力常量G，故A正确；

B、万有引力常量G是卡文迪许测量出的，故B错误；

C、牛顿发现地球对物体的引力与地球对月球的引力是相同性质的力，故C错误；

D、月球绕地球运动，其向心力的来源是地球对月球的引力，故D错误。

故选：A。

【点评】要熟练掌握运用两种方法求中心天体的质量，知道万有引力常量G是卡文迪许测量出的而不是牛顿。

6．（甘肃期中）引力常量G的单位可以是（　　）

①N ②Nm2/kg2③菁优网-jyeoo④没有单位．

A．只有① B．只有④ C．只有② D．②③

【分析】由物理公式F＝菁优网-jyeoo 和物理单位之间的关系可以得到G的单位．

【解答】解：由万有引力定律知F＝菁优网-jyeoo其中F的单位为N，质量的单位为kg，r的单位为m，由于公式两边单位要相同，所以G的单位为N•m2/kg2。

若将1N＝1Kg•m/s2，替换，则有G的单位为：菁优网-jyeoo，故D正确，ABC错误；

故选：D。

【点评】此题考查物理中导出单位与物理公式的关系问题，较为简单．

7．（内江模拟）在2020年12月1日，“嫦娥五号”探测器成功着陆在月球，并把约2kg的月壤样品“打包”带回地球。若“嫦娥五号”着陆前，在月球表面附近绕月球做匀速圆周运动，做圆周运动的线速度大小为v，角速度大小为ω，向心加速度大小为a，月球的平均密度为ρ、半径为R，引力常量为G，则下列关系式中正确的是（　　）

A．a＝菁优网-jyeoo B．v＝菁优网-jyeoo C．ω＝菁优网-jyeoo D．T＝菁优网-jyeoo

【分析】“嫦娥五号”着陆前，在月球表面附近绕月球做匀速圆周运动，由月球的万有引力提供向心力，根据牛顿第二定律和万有引力定律相结合列方程。结合质量等于体积与密度的乘积列方程，联立即可求解。

【解答】解：设月球的质量为M，则M＝ρ•菁优网-jyeoo。

“嫦娥五号”着陆前，在月球表面附近绕月球做匀速圆周运动，由月球的万有引力提供向心力，根据牛顿第二定律得

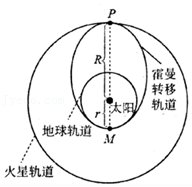
G菁优网-jyeoo＝ma＝m菁优网-jyeoo＝mω2R＝m菁优网-jyeooR

可得a＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，v＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，ω＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝2菁优网-jyeoo，T＝2π菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故ACD错误，B正确。

故选：B。

【点评】解答本题时，关键要根据万有引力提供向心力列方程，得到各个量的表达式。

8．（襄城区校级模拟）“天问一号”探测器需要通过霍曼转移轨道从地球发送到火星，地球轨道和火星轨道看成圆形轨道，此时霍曼转移轨道是一个近日点M和远日点P都与地球轨道、火星轨道相切的椭圆轨道（如图所示）。在近日点短暂点火后“天问一号”进入霍曼转移轨道，接着“天问一号”沿着这个轨道直至抵达远日点，然后再次点火进入火星轨道。已知万有引力常量为G，太阳质量为m，地球轨道和火星轨道半径分别为r和R，地球、火星、“天问一号”运行方向都为逆时针方向。下列说法正确的是（　　）



A．两次点火时喷气方向都与运动方向相同

B．两次点火之间的时间为菁优网-jyeoo

C．“天问一号”与太阳连线单位时间在地球轨道上扫过的面积等于在火星轨道上扫过的面积

D．“天问一号”在转移轨道上近日点的速度大小v比远日点的速度大小v2大，且满足菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

【分析】根据探测器点火离心运动，速度增大确定点火方向；由开普勒第三定律求出点火时间；由万有引力提供向心力比较线速度的大小。

【解答】解：A.两次点火都是从低轨道向高轨道转移，需要加速，所以喷气方向与运动方向相反，故A错误；

B.由

菁优网-jyeoo

得

k＝菁优网-jyeoo

由开普勒第三定律得

菁优网-jyeoo

两次点火之间的时间为

t＝菁优网-jyeoo

联立可得

t＝菁优网-jyeoo

故B正确；

C.根据开普勒第二定律可知“天问一号”与太阳连线单位时间内在同一个轨道上扫过的面积相等，故C错误；

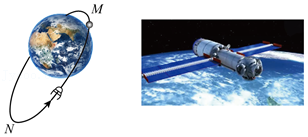
D.由万有引力提供向心力可得，“天问一号”在地球轨道和火星轨道的速度且满足

菁优网-jyeoo在转移轨道上近日点的速度大小v1大于v1，v2比远日点的速度大小v2大，故D错误。

故选：B。

【点评】本题主要考查了万有引力定律在天文学的应用，以及根据开普勒第三定律来解题，万有引力定律用来提供向心力是解题的关键。

9．（义乌市模拟）2021年4月29日11时23分，“长征五号B”遥二火箭在海南文昌航天发射场点火升空，将载人航天工程空间站“天和核心舱”精准送入预定轨道。“天和核心舱”的运行轨道为椭圆轨道，其近地点M和远地点N离开地面的高度分别为439km和2384km，则“天和核心舱”运行过程中（　　）



A．在M点的加速度小于N点的加速度

B．在M点的速度小于N点的速度

C．从M点运动到N点的过程中动能逐渐减小

D．从M点运动到N点的过程中机械能逐渐增大

【分析】“天和核心舱”运行过程中，加速度是由地球的万有引力产生，根据牛顿第二定律分析加速度大小；根据开普勒第二定律分析速度大小，从而判断动能的变化情况。根据机械能守恒条件分析机械能是否守恒。

【解答】解：A、设地球的质量为M，“天和核心舱”的质量为m，“天和核心舱”到地心的距离为r，加速度为a，根据牛顿第二定律得G菁优网-jyeoo＝ma，得a＝菁优网-jyeoo，则知“天和核心舱”离地球越近，加速度越大，故它在M点的加速度大于N点的加速度，故A错误；

B、根据开普勒第二定律可知，“天和核心舱”与地心的连线在相等时间扫过的面积相等，则它在M点的速度大于N点的速度，故B错误；

C、从M点运动到N点的过程中，地球引力对“天和核心舱”做负功，其动能逐渐减小，故C正确；

D、从M点运动到N点的过程中，只有地球的引力做功，其机械能守恒，故D错误。

故选：C。

【点评】解答本题时，要能熟练运用牛顿第二定律和万有引力定律相结合推导出“天和核心舱”的加速度表达式，知道它离地越近，速度越大，加速度也越大。

10．（江苏二模）2021年2月10日，在历经近7个月的太空飞行后，我国首个火星探测器“天问一号”成功“太空刹车”，顺利被火星捕获，进入环火星轨道．已知第二宇宙速度v＝菁优网-jyeoo，M为行星质量，R为行星半径．地球第二宇宙速度为11.2km/s，火星的半径约为地球半径的菁优网-jyeoo，火星质量约为地球质量的菁优网-jyeoo，则“天问一号”刹车后相对于火星的速度不可能为（　　）

A．6km/s B．5km/s C．4km/s D．3菁优网-jyeookm/s

【分析】根据第二宇宙速度的表达式可计算，火星第二宇宙速度与地球第二宇宙速度的关系，代入数据可求。

【解答】解：要使“天问一号”顺利被火星捕获，则“天问一号”刹车后相对于火星的速度小于火星的第二宇宙速度v火，根据第二宇宙速度表达式

菁优网-jyeoo，可得：菁优网-jyeoo

故v火＝菁优网-jyeoo，则“天问一号”刹车后相对于火星的速度v＜5.3km/s，

故A正确，BCD错误。

故选：A。

【点评】本题给出第二宇宙速度的计算公式，认真审题，根据题中信息即可解得答案。

11．（海淀区模拟）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”；当某行星恰好运行到地球和太阳之间，且三者几乎排成一条直线的现象，天文学称为“行星凌日”。已知太阳系八大行星绕太阳运动的轨道半径如下表所示，某颗小行星轨道半径为4AU（AU为天文单位）。下列说法正确的是（　　）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 水星 | 金星 | 地球 | 火星 | 木星 | 土星 | 天王星 | 海王星 |
| 轨道半径R/AU | 0.39 | 0.72 | 1.0 | 1.5 | 5.2 | 9.5 | 19 | 30 |

A．金星会发生冲日现象

B．木星会发生凌日现象

C．火星相邻两次冲日的时间间隔最短

D．小行星相邻两次冲日时间间隔约为1.1年

【分析】地内行星有可能发生凌日现象，地外行星有可能发生冲日想想；

行星相邻两次冲日，地球比行星多公转一周，由此列方程分析冲日时间表达式，根据表达式进行分析即可。

【解答】解：AB、行星处在太阳与地球之间，三者排列成一条直线时会发生凌日现象，由此可知：只有位于地球和太阳之间的行星水星和金星才能发生凌日现象；

地球在绕日运行过程中处在太阳与行星之间，三者排列成一条直线时会发生冲日现象，所只有位于地球公转轨道之外行星才会发生冲日现象，所以金星会发生凌日现象，木星会发生冲日现象，故AB错误；

C、地球公转周期为T＝1年，地外行星的公转周期为T′，如果两次行星冲日时间间隔为t年，则地球多转动一周，

有：菁优网-jyeoo，解得：t＝菁优网-jyeoo

故地外行星中，火星距地球最近，其公转周期T′最小，所以火星相邻两次冲日的时间间隔最长，故C错误；

D、若地球的公转轨道半径为r，则小行星的公转轨道半径为4r，公转周期为T′

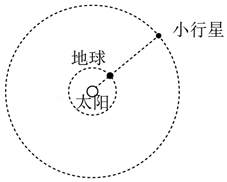
根据开普勒第三定律可得：菁优网-jyeoo，解得：T′＝8T＝8年

由此可得：两次冲日现象的时间间隔t＝菁优网-jyeoo，故D正确。

故选：D。

【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。

12．（雨花区校级二模）如图所示，地球和某小行星绕太阳做匀速圆周运动，地球和小行星做匀速圆周运动的半径在之比为1：4，不计地球和小行星之间的相互影响以及其它天体对该系统的影响。此时地球和小行星距离最近，下列说法错误的是（　　）



A．小行星绕太阳做圆周运动的周期为8年

B．地球和小行星的线速度大小之比为2：1

C．至少经过菁优网-jyeoo年，地球和小行星距离再次最近

D．经过相同时间，地球、小行星圆周运动半径扫过的面积之比为2：1

【分析】根据万有引力提供圆周运动向心力，得到轨道半径与周期、线速度的关系，进行分析；

星球间的追及问题，从角速度入手，当地球比行星多转动一个周时，再次距离最近；

根据半径和线速度关系求得扫过的面积之比。

【解答】解：A、根据万有引力提供圆周运动向心力可得菁优网-jyeoo，解得行星的公转周期T＝菁优网-jyeoo，

地球和行星做匀速圆周运动的半径r1、r2之比为r1：r2＝1：4，地球公转周期为1年，故行星公转周期为8年，故A正确；

B、万有引力提供圆周运动向心力可得菁优网-jyeoo，解得行星的线速度菁优网-jyeoo，

地球和行星做匀速圆周运动的半径r1、r2之比为r1：r2＝1：4，可得地球和行星的线速度大小之比为2：1，故B正确；

C、地球周期短，故当地球比行星多转动一周时，地球将再次位于太阳和行星之间，即菁优网-jyeoo，解得t＝菁优网-jyeoo，

即至少经过菁优网-jyeoo年，地球和行星距离再次最近，故C正确；

D、行星与太阳连线在时间t内扫过的面积为S＝菁优网-jyeoo，地球和行星的线速度大小之比为2：1，地球和行星做匀速圆周运动的半径r1、r2之比为r1：r2＝1：4，则经过相同时间，地球、行星圆周运动半径扫过的面积之比为1：2，故D错误。

本题选错误的，

故选：D。

【点评】此题考查了万有引力定律及其应用，解决本题的关键仍然是从万有引力提供圆周运动向心力入手，由公转半径求得周期、线速度等物理量的关系。

13．（香坊区校级四模）据报道：由于火星和地球的位置关系，每隔一段时间，火星就会有一个离地球最近的时候，而这正是我们所称的发射窗口期，在此窗口期发射火星探测器，探测器到达火星的时间最短，探测器飞行消耗的燃料也最少。2020年，火星发射窗口期出现在7～8月份。我国于2020年7月23日成功发射了“天问一号”火星探测器，那么下一个火星发射窗口期的时间大致为（　　）已知：火星的轨道半径r1＝2.25×1011m，地球的轨道半径r2＝1.5×1011m（注：菁优网-jyeoo＝1.2）

A．2020年9月 B．2021年9月 C．2022年9月 D．2023年9月

【分析】根据开普勒第三定律求解火星的公转周期，两星又一次运动到“发射窗口期”时地球比火星多转一周，由此求出下一个火星发射窗口期的时间。

【解答】解：设火星的周期为T1，地球的周期为T2＝1年。

根据开普勒第三定律可得：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

解得：T1≈1.8年

设经时间t两星又一次运动到“发射窗口期”，则地球比火星多转一周，则有：菁优网-jyeoo＝1

得t＝2.25年≈821天，那么下一个火星发射窗口期的时间大致为2022年9月，故C正确，ABD错误。

故选：C。

【点评】本题主要是考查万有引力定律及其应用，解答本题的关键是掌握开普勒第三定律的应用方法，知道两颗星再次相距最近的条件。

14．（南开区二模）科幻电影《流浪地球》中讲述了人类想方设法让地球脱离太阳系的故事。地球流浪途中在接近木星时被木星吸引，当地球快要撞击木星的危险时刻，点燃木星产生强大气流推开地球拯救了地球。若逃逸前，地球、木星沿各自的椭圆轨道绕太阳运行，且航天器在地球表面的重力为G1，在木星表面的重力为G2；地球与木星均可视为球体其半径分别为R1、R2，则下列说法正确的是（　　）

A．地球与木星的质量之比为菁优网-jyeoo

B．地球与木星的第一宇宙速度之比为菁优网-jyeoo

C．地球与木星绕太阳公转周期之比的立方等于它们轨道半长轴之比的平方

D．地球逃逸前，发射的透出太阳系的航天器最小发射速度为11.2km/s

【分析】探测器在火星和地球上质量不变，根据重力等于万有引力求质量求解地球质量和木星质量，进而得出其比值；

第一宇宙速度的求解可根据重力提供向心力求解，进而求解其比值；

开普勒第三宇宙速度为菁优网-jyeoo＝k，可判断C答案；

航天器脱离太阳的最小发射速度为第三宇宙速度。

【解答】解：A、设航天器质量为m，航天器在地球表面受到的重力等于万有引力，有菁优网-jyeoo，解得地球质量菁优网-jyeoo

同理可得木星质量为菁优网-jyeoo，所以地球与木星的质量之比为菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故A正确；

B、根据重力提供向心力得G1＝m菁优网-jyeoo，解得球上的第一宇宙速度v1＝菁优网-jyeoo，同理可得火星上的第一宇宙速度菁优网-jyeoo

所以地球与木星的第一宇宙速度之比为菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故B错误；

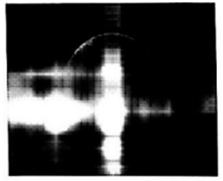
C、根据开普勒第三定律得菁优网-jyeoo，整理可得：菁优网-jyeoo，即地球与木星绕太阳公转周期之比的平方等于它们轨道半长轴之比的三次方，故C错误；

D、在地球的表面发射飞出太阳系的最小发射速度，叫做第三宇宙速度v3＝16.7km/s，故D错误。

故选：A。

【点评】本题考查了万有引力定律在天文学上的应用，解题的基本规律是万有引力提供向心力，在任一星球表面重力等于万有引力，记住第一宇宙速度公式。

15．（沙坪坝区校级模拟）2021年2月10日19时52分，我国首次火星探测任务“天问一号”探测器实施近火捕获制动，成功实现环绕火星运动，成为我国第一颗人造火星卫星。我国航天局发布了由“天问一号”拍摄的首张火星图像（如图）。在“天问一号”环绕火星做匀速圆周运动时，周期为T，轨道半径为r，已知火星的半径为R，引力常量为G，不考虑火星的自转。下列说法正确的是（　　）



A．火星的质量M＝菁优网-jyeoo

B．火星的质量M＝菁优网-jyeoo

C．火星表面的重力加速度的大小g＝菁优网-jyeoo

D．火星表面的重力加速度的大小g＝菁优网-jyeoo

【分析】卫星绕火星做匀速圆周运动，根据卫星的万有引力等于向心力，列式求周期的表达式，再结合地球表面重力加速度的公式进行讨论即可。

【解答】解：AB、设“天问一号”的质量为m，万有引力提供向心力，有菁优网-jyeoo

得：M＝菁优网-jyeoo，故A正确，B错误；

CD、不考虑火星自转，则万有引力提供重力，有：菁优网-jyeoo,将M代入可得

g＝菁优网-jyeoo，故CD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，以及地球表面重力等于万有引力列两个方程求解

**二．多选题（共15小题）**

16．（相城区校级月考）下面选项错误的是（　　）

A．牛顿发现了万有引力定律，并计算出引力常量G

B．万有引力公式中r趋向于0，F趋向于无穷大

C．地球的第一宇宙速度是最大的环绕速度，最小的发射速度

D．地球同步卫星离地面的高度相同，质量可以不同，不能定点在北京上空

【分析】牛顿发现了万有引力定律，卡文迪许通过实验测量计算出引力常量G；万有引力公式适用于质点间或均匀球体间的万有引力；地球的第一宇宙速度7.9Km/s，是人造地球卫星的最小发射速度，也是最大环绕速度；地球同步卫星的角速度必须与地球自转角速度相同。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，故只能在赤道上方特定高度。

【解答】解：A、万有引力定律是牛顿在总结前人研究的基础上发现的，卡文迪许测量了万有引力常量，故A错误；

B、公万有引力式适用于质点间的万有引力，当距离r趋向于0时，公式不再适用；故B错误；

C、地球的第一宇宙速度7.9Km/s，是人造地球卫星的最小发射速度，也是最大环绕速度，故C正确；

D、地球同步卫星若在除赤道所在平面外的任意点，假设实现了“同步”，那它的运动轨道所在平面与受到地球的引力就不在一个平面上，要稳定做圆周运动，这是不可能的，因此地球同步卫星必须定点在赤道的正上方，地球同步卫星相对地面静止，运行的角速度与地球自转角速度一定相同，运行的高度也是特定的，北京纬度不在赤道上，不可以定点在北京上空，故D正确；

本题选错误的，故选：AB。

【点评】解决本题要知道天体物理发展史；掌握万有引力定律的适用条件；知道卫星的发射原理，各宇宙速度物理意义；理解并掌握地球同步卫星的条件。

17．（揭阳期末）关于引力常量G，下列说法中正确的是（　　）

A．G值的测出使万有引力定律有了真正的实用价值

B．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

C．引力常量G在数值上等于两个质量都是1kg的可视为质点的物体相距1m时的相互吸引力

D．引力常量G是不变的，其数值大小由卡文迪许测出，与单位制的选择无关

【分析】明确卡文迪许通过实验测出来引力常量，从而使万有引力定律有了真正的实用价值；同时要注意根据万有引力公式明确常量的单位和意义．

【解答】解：A、牛顿提出了万有引力之后的100年中由于G值没有测出，而只能进行定性分析，而G值的测出使万有引力定律有了真正的实用价值；故A正确；

B、引力常量是一个常数，其大小与质量以及两物体间的距离无关；故B错误；

C、根据万有引力定律可知，引力常量G在数值上等于两个质量都是1kg的可视为质点的物体相距1m时的相互吸引力；故C正确；

D、引力常量是定值，其数值大小由卡文迪许测出，但其大小与单位制的选择有关；故D错误；

故选：AC。

【点评】本题考查万有引力定律以及引力常量的性质，要注意明确引力常量是由卡文迪许通过实验测量出来的．

18．（福田区校级期中）万有引力定律的发现表明天体运动和地面物体的运动遵从相同的规律。在牛顿发现万有引力定律的过程中，除将行星的椭圆轨道运动假想成圆周运动外，还应用到了牛顿第二定律及其它的规律和结论，其中还有（　　）

A．牛顿第一定律

B．牛顿第三定律

C．开普勒的研究成果

D．卡文迪许通过扭秤实验得出的引力常量

【分析】牛顿在发现万有引力定律的过程中将行星的椭圆轨道运动假想成圆周运动，行星运动的向心力是太阳的万有引力提供的，运用到牛顿第二定律、牛顿第三定律和开普勒行星运动第三定律推导出万有引力定律。

【解答】解：牛顿将行星的椭圆轨道运动假想成圆周运动，行星运动的向心力是太阳的万有引力提供的，根据牛顿第二定律得出与万有引力与行星运动太阳和行星的质量、周期和半径的关系，又根据开普勒行星运动第三定律得，联立得到，万有引力与行星太阳的质量、轨道半径的关系。根据牛顿第三定律，研究行星对太阳的引力与太阳的引力大小相等，得到万有引力与行星质量、轨道半径的关系，再联立得到万有引力定律。

故选：BC。

【点评】本题可根据牛顿推导万有引力定律的过程进行选择，关键通过建立模型，应用开普勒第三定律、牛顿第二定律和牛顿第三定律进行推导．

19．（辽宁模拟）2020年7月21日发生了土星冲日现象，土星在地球轨道之外围绕太阳运行，当地球运行到土星和太阳之间且地球、土星和太阳在一条直线上，就是土星冲日，测得每隔1年零13天（即378天）发生一次土星冲日现象，则下列判断正确的是（　　）

A．土星公转的线速度小于地球公转的线速度

B．土星公转的角速度近似等于地球公转的角速度

C．土星的公转周期约为29年

D．土星冲日现象下一次出现的时间是2021年7月8日

【分析】根据万有引力提供向心力有菁优网-jyeoo，可得线速度v，然后进行比较即可；

两次土星冲日的间隔时间内，地球转的圈数比土星多一圈，据此列式求解土星的公转周期；

【解答】解：A、根据万有引力提供向心力有菁优网-jyeoo，可得线速度v＝菁优网-jyeoo，

由于土星的轨道半径大，故土星绕太阳公转的线速度小于地球绕太阳公转的线速度，故A正确；

BC、由题意可知两次土星冲日的间隔时间为t＝1年13天＝1.0356年，在此时间内地球转的圈数比土星多一圈，

地球的公转周期T＝1年，设土星的公转周期T′

则有菁优网-jyeoo，解得T′＝29年，

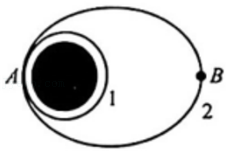
由此可知土星公转的角速度远小于约为地球公转的角速度，故B错误，C正确；

D、2020年7月21日发生了土星冲日现象，再过1年零13天再次发生土星冲日，所以下次发生土星冲日的时间约在2021年8月4日左右，故D错误。

故选：AC。

【点评】本题考查天体当中的追及相遇问题，要掌握利用所转圈数的关系分析两次相距最近的条件，然后求出土星的公转周期。

20．（沙坪坝区校级模拟）“嫦娥五号”从月球取样后返回地球需要进行多次变轨飞行.如图所示是“嫦娥五号“绕月球飞行的两条轨道，1轨道是贴近月球表面的圆形轨道，2轨道是变轨后的椭圆轨道。A点是2轨道的近月点，B点是2轨道的远月点，则下列说法中正确的是（　　）



A．“嫦娥五号“在1轨道的运行速度大于月球的第一宇宙速度

B．“嫦娥五号“在2轨道的周期等于在I轨道的周期

C．“嫦娥五号“在两条轨道.上经过A点时的加速度大小相等

D．“嫦娥五号“在轨道2.上的机械能大于轨道1上的机械能

【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关系；

根据开普勒第三定律分析周期之间的关系；

嫦娥五号处于同一位置时，根据牛顿第二定律判定其加速度情况；

根据离心运动的特点分析。

【解答】解：A、由菁优网-jyeoo可得：菁优网-jyeoo，月球的第一宇宙速度等于环绕月球表面的卫星的线速度，“嫦娥五号”在环月圆轨道1上的环绕半径大于月球的半径，所以其在1轨道的运行速度小于月球的第一宇宙速度，故A错误；

B、2轨道的半长轴大于1轨道的半径，结合开普勒第三定律可知，“嫦娥五号”在2轨道的周期大于在1轨道的周期，故B正确；

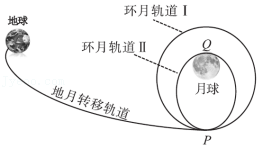
C、“嫦娥五号”在不同轨道上A点的位置相同，受到的万有引力相同，根据F＝ma知加速度相等，故C正确；

D、“嫦娥五号”从1轨道到2轨道需要在A点加速做离心运动，此过程中机械能变大，故D正确。

故选：CD。

【点评】本题考查人造卫星的速度、加速度、周期以及变轨问题，解答的关键是结合牛顿第二定律分析向心运动、离心运动与匀速圆周运动的区别。

21．（厦门三模）“嫦娥五号”从环月轨道Ⅰ上的P点实施变轨，进入近月点为Q的环月轨道Ⅱ，如图所示，则“嫦娥五号”（　　）



A．在轨道Ⅱ上的机械能比在轨道Ⅰ上的机械能小

B．在轨道Ⅱ运行的周期比在轨道Ⅰ上运行的周期大

C．沿轨道Ⅰ运动至P时，点火后发动机喷气方向与运动方向相同才能进入轨道Ⅱ

D．沿轨道Ⅱ运行在P点的加速度大于沿轨道Ⅰ运行在P点的加速度

【分析】“嫦娥五号”从轨道Ⅰ的P点进入轨道Ⅱ，即做近心运动，需点火让发动机喷气方向与运动方向相同，发动机做负功，机械能减小；根据开普勒第三定律，可确定在轨道Ⅱ上运行的周期与在轨道Ⅰ上运行的周期间的关系；根据万有引力提供向心力，列方程，写出加速度的表达式，即可求加速度的大小关系。

【解答】解：A、“嫦娥五号”从轨道Ⅰ的P点进入轨道Ⅱ，即做近心运动，发动机做负功，机械能减小，则在轨道Ⅱ上的机械能比在轨道Ⅰ上的机械能小，故A正确。

B、因为在轨道Ⅱ上运行轨道的半长轴比轨道Ⅰ的半径小，根据开普勒第三定律菁优网-jyeoo＝k，可知在轨道Ⅱ上运行的周期比在轨道Ⅰ上运行的周期小，故B错误。

C、由A可知，从轨道Ⅰ的P点进入轨道Ⅱ，需减速，故点火后发动机喷气方向应与运动方向相同，故C正确。

D、根据万有引力提供向心力得：

菁优网-jyeoo＝ma

解得：a＝菁优网-jyeoo

因为轨道Ⅱ上的P点和轨道Ⅰ的P点为同一点，即r相同，故沿轨道Ⅱ运行在P点的加速度等于沿轨道Ⅰ运行在P点的加速度，故D错误。

故选：AC。

【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。

22．（鸡冠区校级期末）双星系统由两颗恒星组成，两恒星在相互引力作用下，分别围绕其连线上某一点做周期相同的匀速圆周运动。某双星质量分别为m1、m2，做圆周运动的轨道半径分别为R1、R2，周期为T，则下列正确的是（　　）

A．两星向心加速度大小一定相等

B．两星质量之比为菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

C．两星质量之比为菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

D．两星质量之和为m1+m2＝菁优网-jyeoo

【分析】双星系统中，两颗星球绕同一点做匀速圆周运动，且两者始终与圆心共线，相同时间内转过相同的角度，即角速度相等，则周期也相等。但两者做匀速圆周运动的半径不相等。

【解答】解：设双星间距为L，由几何关系知：R1+R2＝L

由万有引力定律提供向心力，

对于m1：菁优网-jyeoo＝m1a1，

对于m2：菁优网-jyeoo＝m2a2，

则有两星质量之比为菁优网-jyeoo，

m1的向心加速度为菁优网-jyeoo,

m2的向心加速度为菁优网-jyeoo,两星质量不一定相等，所以两星的向心加速度不一定相等，

双星的质量之和菁优网-jyeoo，故AB错误，CD正确。

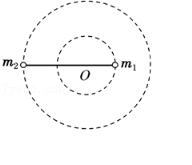
故选：CD。

【点评】处理双星问题必须注意两点：

（1）两颗星球运行的角速度、周期相等；

（2）轨道半径不等于引力距离。

23．（仓山区校级期中）经长期观测，人们在宇宙中已经发现了“双星系统”，“双星系统”由两颗相距较近的恒星组成，每个恒星的线度远小于两个星体之间的距离，而且双星系统一般远离其他天体。如图，两颗星球组成的双星，在相互之间的万有引力作用下，绕连线上的OA点做周期相同的匀速圆周运动。现测得两颗星之间的距离为L，质量之比为m1：m2＝3：1，则可知（　　）



A．m1对m2的万有引力大于m2对m1的万有引力

B．m2做圆周运动的半径为菁优网-jyeoo

C．m1、m2做圆周运动的角速度之比为1：1

D．m1、m2做圆周运动的线速度之比为1：3

【分析】双星靠相互间的万有引力提供向心力，具有相同的角速度。对两颗星分别运用牛顿第二定律和万有引力定律列式，即可进行求解.

【解答】解：A、两星球间的万有引力是相互作用力，大小相等、方向相反，A错误；

B、设m1、m2，的轨道半径分别为r1、r2，

由引力作为向心力菁优网-jyeoo

可得：m1r1＝m2r2

又有r1+r2＝L

联立可得菁优网-jyeoo

菁优网-jyeoo，故B错误；

C、m1、m2做圆周运动的周期相同，由菁优网-jyeoo可知，角速度之比为1：1，故C正确；

D、由v＝ωr可得，m1、m2做圆周运动的线速度之比为1：3，故D正确。

故选：CD。

【点评】解决本题的关键知道双星靠相互间的万有引力提供向心力，具有相同的角速度，以及会用万有引力提供向心力进行求解.

24．（番禺区校级月考）火星的公转周期为k年，k＞1，则两次太阳、地球和火星排成一条直线的时间间隔可能为（　　）年。

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

【分析】由圆周运动的规律得出：两次太阳、地球和火星排成一条直线时地球的公转圈数和火星的公转圈数的关系。

【解答】解：地球的公转周期为T＝1年

设两次太阳、地球和火星排成一条直线的时间间隔可能为t年

①若地球在中间，则地球转的圈数比火星转的圈数多一圈

根据圆周运动规律有：菁优网-jyeoo，解得：菁优网-jyeoo，

②若太阳在中间，则地球转的圈数比火星转的圈数多半圈

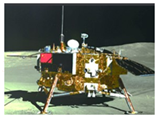
根据圆周运动的规律有：菁优网-jyeoo，解得：菁优网-jyeoo

综上可知，AB正确，CD错误。

故选：AB。

【点评】本题的解题关键在于理解当太阳、地球和火星再次排成一条直线时地球的公转的公转圈数比火星的公转圈数多一圈或半圈。

25．（越秀区月考）2019年1月3日10时26分，“嫦娥四号”探测器成功着陆在月球背面东经177.6度、南纬45.5度附近的预选着陆区，成为人类首颗成功软着陆月球背面的探测器（如图所示）设地球与月球的半径之比为菁优网-jyeoo＝a，表面重力加速度之比为菁优网-jyeoo＝b，则（　　）



A．地球和月球的质量之比为a2b

B．地球和月球的质量之比为菁优网-jyeoo

C．地球和月球的密度之比为菁优网-jyeoo

D．地球和月球的密度之比为菁优网-jyeoo

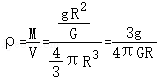
【分析】忽略地球自转，根据万有引力等于重力求出星地球的质量，同理求出月球质量，即可得出地球和月球的质量之比；

根据密度公式求出地球密度及月球密度，即可得出地球和月球的密度之比。

【解答】解：AB、忽略地球自转，由菁优网-jyeoo可得地球的质量菁优网-jyeoo

同理可得月球的质量菁优网-jyeoo

所以地球质量和月球质量之比菁优网-jyeoo，故A正确，B错误；

CD、地球的密度

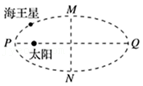
同理可得月球的密度菁优网-jyeoo

所以地球密度和月球密度之比菁优网-jyeoo，故C错误，D正确。

故选：AD。

【点评】本题关键是明确在星球的表面重力等于万有引力，根据万有引力定律的表达式列式分析即可，基础题目。

26．（大渡口区校级月考）如图所示，海王星绕太阳沿椭圆轨道运动，P为近日点，Q为远日点，M、N为轨道短轴的两个端点，运行的周期为T0，若只考虑海王星和太阳之间的相互作用，则海王星在从P经过M、Q到N的运动过程中（　　）



A．海王星运行轨道半长轴的三次方与其运行周期的平方之比等于月球运行轨道半长轴的三次方与其运行周期的平方之比

B．海王星在Q点的线速度大于P点的线速度，因P到Q过程中万有引力做负功所致

C．海王星绕太阳沿椭圆轨道运动机械能守恒

D．Q点，菁优网-jyeoo，海王星做近心运动

【分析】根据开普勒的第三定律可知，中心天体不变时，行星的轨道半长轴的三次方与周期的平方是定值。海王星在Q点的线速度应小于P点的线速度，是因为万有引力做负功。海王星绕太阳沿椭圆轨道运动，只有引力做功，机械能守恒。在Q点时，万有引力大于向心力。

【解答】解：A、海王星绕太阳运行，月球绕地球运行，中心天体不同，则海王星运行轨道半长轴的三次方与其运行周期的平方之比不等于月球运行轨道半长轴的三次方与其运行周期的平方之比，故A错误；

B、海王星在Q点的线速度小于P点的线速度，因P到Q过程中万有引力做负功所致，故B错误；

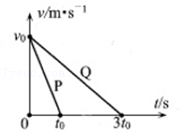
C、海王星绕太阳沿椭圆轨道运动中，只有两者之间的引力做功，则机械能守恒，故C正确；

D、海王星在Q点做近心运动，万有引力大于向心力，则在Q点，菁优网-jyeoo＞菁优网-jyeoo，故D正确。

故选：CD。

【点评】本题考查万有引力定律、开普勒三定律的应用，要掌握变轨的规律，会熟练应用定律解决实际问题。

27．（武昌区模拟）在星球P和星球Q的表面，以相同的初速度v0竖直上抛一小球，小球在空中运动时的v﹣t图像分别如图所示。假设两星球均为质量均匀分布的球体，星球P的半径是星球Q半径的3倍，下列说法正确的是（　　）



A．星球P和星球Q的质量之比为3：1

B．星球P和星球Q的密度之比为1：1

C．星球P和星球Q的第一宇宙速度之比为3：1

D．星球P和星球Q的近地卫星周期之比为1：3

【分析】根据v﹣t图线求出两星球表面的重力加速度，然后结合星球表面的重力等于万有引力即可求出质量关系和密度的关系，根据万有引力提供向心力求出第一宇宙速度和近地卫星的周期，

【解答】解：A、由v﹣t图可知星球表面的重力加速度大小g＝菁优网-jyeoo，二者△v大小相等，故重力加速度的关系：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，

根据在星球表面物体所受的万有引力等于重力有菁优网-jyeoo，M＝菁优网-jyeoo，故：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，

代入数据得：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故A错误；

B、根据密度公式M＝ρV和V＝菁优网-jyeoo可得：ρ＝菁优网-jyeoo，故菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，

代入数据得：菁优网-jyeoo＝1，故B正确；

C、第一宇宙速度是绕星球表面做匀速圆周运动的线速度，由菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo得：v＝菁优网-jyeoo，故菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，

代入数据得：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故C正确；

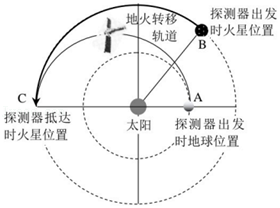
D、近地卫星周期T＝菁优网-jyeoo，故菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，

代入数据得：菁优网-jyeoo＝1，故D错误；

故选：BC。

【点评】本题考查了万有引力定律及其应用、第一宇宙速度、匀变速直线运动规律等知识点，关键是根据万有引力定律写出有关的公式。

28．（浙江期中）“天问一号”于2021年2月11日到达椭圆形地火转移轨道的远日点后，被火星成功捕获，顺利进入环火轨道，成为我国第一颗人造火星卫星，实现“绕、落、巡”目标的第一步，其从地球上空转移到火星上空的过程可以简化为如图所示。以下说法正确的是（　　）



A．“天问一号”在地球（图中A位置）的发射速度介于7.9km/s～11.2km/s之间

B．当“天问一号”到达火星（图中C位置）时，地球公转已经超过半圈

C．进入地火转移轨道的“天问一号”需要不断加速，才能追上火星

D．“天问一号”经地火转移轨道到达火星公转轨道附近时的速度小于火星的公转速度

【分析】根据宇宙速度的含义分析“天问一号”的发射速度大小；根据开普勒第三定律结合图像分析B选项；根据变轨原理分析C选项；根据向心运动分析D选项。

【解答】解：A、“天问一号”已经脱离地球的吸引，要大于第二宇宙速度，小于第三宇宙速度，即发射速度介于11.2km/s～16.7km/s之间，故A错误；

B、由于地球的公转半径小于“天问一号”从A到C运动的椭圆半长轴，根据开普勒第三定律可得菁优网-jyeoo＝k，可知地球公转周期小于“天问一号”做椭圆运动的周期，所以当“天问一号”到达火星（图中C位置）时，地球公转已经超过半圈，故B正确；

C、进入地火转移轨道的“天问一号”应该先加速，达到一定的高度减速运动才能追上火星，故C错误；

D、“天问一号”经地火转移轨道到达火星公转轨道附近相对于火星的公转轨道做向心运动，所以“天问一号”经地火转移轨道到达火星公转轨道附近时的速度小于火星的公转速度，故D正确。

故选：BD。

【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。

29．（忻府区校级月考）地球绕太阳公转的周期为一年，而天王星绕太阳公转的周期约为地球公转周期的84倍。假设天王星和地球沿各自的轨道绕太阳做匀速圆周运动，引力常量为G，下列说法正确的是（　　）

A．如果知道天王星的线速度，就可以估算出太阳质量

B．地球绕太阳公转的角速度大于天王星绕太阳公转的角速度

C．天王星和地球公转周期的平方之比与各自轨道半径的三次方之比相等

D．相同时间内，天王星与太阳连线扫过的面积等于地球与太阳连线扫过的面积

【分析】已知天王星的线速度和周期可求出天王星的轨道半径，由万有引力提供向心力分析能否求出太阳的质量M；根据ω＝菁优网-jyeoo分析角速度大小；根据开普勒第三定律、开普勒第二定律分析CD选项。

【解答】解：地球绕太阳公转的周期为T1＝1年，天王星绕太阳公转的周期T2＝84年。

A、如果知道天王星的线速度v，根据v＝菁优网-jyeoo可求出天王星的轨道半径r＝菁优网-jyeoo；由万有引力提供向心力有：菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo，由此可求出太阳的质量M，故A正确；

B、根据ω＝菁优网-jyeoo可知地球绕太阳公转的角速度大于天王星绕太阳公转的角速度，故B正确；

C、根据开普勒第三定律可得菁优网-jyeoo＝k可知，天王星和地球公转周期的平方之比与各自轨道半径的三次方之比相等，故C正确；

D、根据开普勒第二定律可知，相同时间内，天王星与太阳连线扫过的面积相等，不同卫星在相同时间内扫过的面积不同，所以在相同时间内，天王星与太阳连线扫过的面积不等于地球与太阳连线扫过的面积，故D错误。

故选：ABC。

【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，掌握开普勒第二、第三定律的应用方法。

30．（合肥三模）在万有引力定律建立的过程中，“月﹣地检验”证明了维持月球绕地球运动的力与地球对苹果的力是同一种力。完成“月﹣地检验”需要知道的物理量有（　　）

A．月球和地球的质量

B．引力常量G和月球公转周期

C．地球半径和“月﹣地”中心距离

D．月球公转周期和地球表面重力加速度g

【分析】根据万有引力提供向心力，写出万有引力关于周期的表达式，再对苹果根据万有引力等于重力列方程，联立两方程即可解决题目中的问题。

【解答】解：A、设月球的转动半径为r，对月球绕地球转动，根据万有引力提供向心力得：

菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

对苹果：菁优网-jyeoo＝m2g

联立解得：菁优网-jyeoo＝gR2

若要检查两力为同一种力，由上式可知，需要知道地球半径R，和“月﹣地”中心距离r，月球公转周期T，和地球表面重力加速度g。故CD正确，AB错误。

故选：CD。

【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。

**三．填空题（共10小题）**

31．（金山区二模）若月球绕地球做匀速圆周运动的向心加速度大小为a，则在月球绕地球运行的轨道处由地球引力产生的加速度为　a　。若月球表面的重力加速度值和引力常量已知，还需已知　月球半径　，就能得求月球的质量。

【分析】研究月球绕地球做匀速圆周运动，根据万有引力提供向心力解决问题；根据万有引力等于重力可求得月球质量与什么物理量有关。

【解答】解：根据月球绕地球做匀速圆周运动的向心力由地球引力提供，即F万＝F向，所以在月球绕地球运行的轨道处由地球引力产生的加速度大小就等于月球绕地球做匀速圆周运动的向心加速度大小，即a′＝a；

若月球表面的重力加速度值和引力常量已知，设月球表面上有一质量为m的物体随月球自转，由于月球自转角速度比较小，所以月球对物体的万有引力和其在月球表面上的重力相等，故：菁优网-jyeoo，解得：菁优网-jyeoo，由表达式可知若月球表面的重力加速度值和引力常量已知，还需已知月球半径，就能得求月球的质量。

故答案为：a，月球半径。

【点评】本题考查万有引力定律和圆周运动，明确力是产生加速度的原因；此题的关键是要知道月球表面上物体所受万有引力等于其重力。

32．（闵行区二模）最早用扭秤实验测得万有引力常量的科学家是　卡文迪许　；设地球表面物体受到的重力等于地球对物体的万有引力，已知地球表面重力加速度为g，半径为R，万有引力常量G，则地球质量为M＝　菁优网-jyeoo　（用上述已知量表示）。

【分析】根据物理学史和常识解答，记住著名物理学家的主要贡献即可；根据已知量，地球表面的物体受到的重力等于万有引力可求出地球质量。

【解答】解：最早用扭秤实验测得万有引力常量的科学家是卡文迪许；

地球表面物体受到的重力等于地球对物体的万有引力，即为：G菁优网-jyeoo＝mg，

则地球质量为：M＝菁优网-jyeoo，

故答案为：卡文迪许；菁优网-jyeoo。

【点评】此题只需要应用万有引力定律进行计算，万有引力等于重力，由万有引力公式即可求出地球质量。

33．（昌都市期中）G是比例系数，叫做　万有引力常量　，由英国物理学家　卡文迪许　比较准确地测得G的数值，通常取G＝　6.67×10﹣11N•m2/kg2。　。

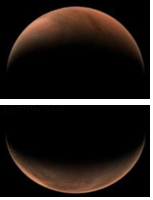
【分析】G是比例系数，叫做万有引力常量，由英国物理学家卡文迪许比较准确地测得G的数值，通常取G＝6.67×10﹣11 N•m2/kg2。

【解答】解：牛顿的万有引力定律是：F＝G菁优网-jyeoo，式中G是对所有适用的常数，称为万有引力常量，首先由英国物理学家卡文迪许比较准确地测定的，通常G＝6.67×10﹣11 N•m2/kg2。

故答案为：万有引力常量；卡文迪许； 6.67×10﹣11 N•m2/kg2。

【点评】本题考查对物理学史的了解程度，要注意万有引力常量不是牛顿测量的。

34．（龙岩模拟）“天问”是中国探测行星任务的名称，该名称来源于屈原的长诗《天问》。2021年3月26日，担任首次行星探测任务的天问一号探测器，拍摄了如图所示的火星北、南半球的侧身影像。已知火星的质量是地球的菁优网-jyeoo，火星的半径是地球的菁优网-jyeoo，拍摄时“天问一号”环绕火星运行的圆形轨道离火星表面的高度是火星半径的n倍，则火星的第一宇宙速度是地球第一宇宙速度的　菁优网-jyeoo　倍；天问一号运动的向心加速度是火星表面重力加速度的　菁优网-jyeoo　倍。



【分析】在星球表面，根据万有引力提供向心力，写出速度的表达式，即可求火星与地球的第一宇宙速度之比；根据万有引力提供向心力，写出加速度表达式，即可求“天问一号“的向心加速度与火星表面的重力加速度之比。

【解答】解：第一宇宙速度是物体在星球表面附近绕星球做匀速圆周运动的速度，在星球表面，根据万有引力提供向心力得：

菁优网-jyeoo＝m菁优网-jyeoo

解得：v＝菁优网-jyeoo

故菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo倍

根据万有引力提供向心力得：

菁优网-jyeoo＝ma

解得：a＝菁优网-jyeoo

天问一号的向心加速度为：a＝菁优网-jyeoo

火星表面的重力加速度为：菁优网-jyeoo

两式联立解得：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

故答案为：菁优网-jyeoo，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。

35．（溧水区校级月考）“嫦娥一号”是我国首次发射的探月卫星，它在距月球表面高度为h的圆形轨道上运行，运行周期为T，已知引力常数为G，月球的平径R。利用以上数据估算月球质量的表达式为　菁优网-jyeoo　。

【分析】根据万有引力提供向心力列关于周期的方程，即可求月球的质量。

【解答】解：设月球质量为M，卫星质量为m，根据万有引力提供向心力得：

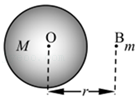
菁优网-jyeoo

解得：M＝菁优网-jyeoo

故答案为：菁优网-jyeoo

【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。

36．（徐汇区期末）如图，假设地球质量分布均匀，距地心O为r处的B点，有一质量为m的质点。已知地球质量为M，引力常量为G，类比电场强度的定义式，可推知地球在B点的引力场强度大小为 E＝　菁优网-jyeoo　；类比磁场中的磁通量，若要在电场中引入电通量Φ的概念，你认为可用Φ＝　E•S　表示，并对你的表达式中的物理量符号进行说明：　S表示与电场垂直的面积　。



【分析】根据电场强度的定义式E＝菁优网-jyeoo类比，可推知地球在B点的引力场强度大小为万有引力与质点质量的比值；类比磁场中的磁通量Φ＝B•S，可推知电通量Φ＝E•S，S表示与电场垂直的面积。

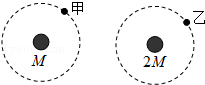
【解答】解：类比电场强度的定义式，可推知地球在B点的引力场强度大小为：E＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo；

类比磁场中的磁通量，若要在电场中引入电通量Φ的概念，可用Φ＝E•S表示，其中，S表示与电场垂直的面积。

故答案为：菁优网-jyeoo；E•S；S表示与电场垂直的面积。

【点评】解答本题的关键是熟悉电场强度的定义式、磁通量的概念，再应用类比法即可推知引力场强度及电通量的概念。

37．（宝山区校级模拟）甲、乙两颗卫星以相同的轨道半径分别绕质量为M和2M的行星做匀速圆周运动，则两颗卫星运动的角速度之比为　1：菁优网-jyeoo　，向心加速度之比为　1：2　。



【分析】抓住卫星做圆周运动的向心力由万有引力提供，列式展开讨论即可。

【解答】解：万有引力人提供向心力：菁优网-jyeoom 可得 菁优网-jyeoo

mω2r＝菁优网-jyeoo 可得菁优网-jyeoo 菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝1：菁优网-jyeoo

故答案为：菁优网-jyeoo，1：2

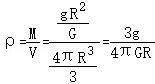
【点评】抓住半径相同，中心天体质量不同，根据万有引力提供向心力展开讨论即可，注意区别中心天体的质量不同

38．（城关区校级期中）卡文迪许把他自己的实验说成是“称地球的重量”（严格地说应是“测量地球的质量”）．如果已知引力常量G、地球半径R和重力加速度g，那么我们就可以计算出地球的质量M＝　菁优网-jyeoo　；进一步可以计算出地球的密度ρ＝　菁优网-jyeoo　；如果已知某行星绕太阳运行所需的向心力是由太阳对该行星的万有引力提供的，该行星做匀速圆周运动，只要测出行星的公转周期T和行星距太阳的距离r就可以计算出太阳的质量M太＝　菁优网-jyeoo　．

【分析】根据万有引力等于重力菁优网-jyeoo，求出地球的质量．根据万有引力提供向心力菁优网-jyeoo，只有知道行星的公转周期和行星距太阳的距离，即可求出太阳的质量．

【解答】解：根据万有引力等于重力菁优网-jyeoo，

得：M＝菁优网-jyeoo．

则地球密度为：

根据万有引力提供向心力，有：菁优网-jyeoo，

解得：M＝菁优网-jyeoo．知只要知道行星的公转周期T和行星距太阳的距离r，即可计算出太阳的质量．

故答案为：菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo．

【点评】解决本题的关键掌握万有引力等于重力菁优网-jyeoo，以及万有引力提供向心力菁优网-jyeoo．

39．（2011春•涪城区校级月考）某星球的质量为地球的9倍，半径为地球的一半，则在该星球表面上的重力加速度为地球表面上　36　倍，若从地球上高h处平抛一物体，物体射程为60m，从同样的高度，以同样的初速度在星球上平抛同一物体，射程应为　10　m．

【分析】根据万有引力等于重力求出星球表面的重力加速度与地球表面的重力加速度之比；通过平抛运动的规律求出在星球上平抛运动的射程．

【解答】解：根据G菁优网-jyeoo＝mg得：

g＝菁优网-jyeoo

星球的质量约为地球的9倍，半径约为地球的一半．可知星球的重力加速度是地球的36倍．

根据h＝菁优网-jyeoogt2得：

t＝菁优网-jyeoo

则水平射程：

x＝v0t＝v0菁优网-jyeoo

初速度、高度相同，重力加速度是地球表面重力加速度的36倍，则水平射程变为原来的菁优网-jyeoo．

即x＝菁优网-jyeoo×60m＝10m．

故答案为：36，10．

【点评】解决本题的关键知道平抛运动在水平方向和竖直方向上的运动规律，以及掌握万有引力等于重力这一理论，并能灵活运用．

40．（二道区校级期中）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．设两卫星均为各中心星体的近表卫星，而且Ta：Tb＝1：4，行星A和行星 B的半径之比 RA：RB＝1：2，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，即：

菁优网-jyeoo①

体积为：

菁优网-jyeoo②

解得密度为：

菁优网-jyeoo

故AB密度之比为：

菁优网-jyeoo

忽略行星自转的影响，根据万有引力等于重力列出等式：

菁优网-jyeoo③

由①③解得：

菁优网-jyeoo

所以两行星表面处重力加速度之比为：

菁优网-jyeoo＝8：1

故答案为：16：1；8：1

【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．

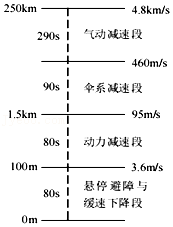
向心力的公式选取要根据题目提供的已知物理量或所求解的物理量选取应用．

**四．计算题（共2小题）**

41．（湖北模拟）2021年5月15日7时18分，我国火星探测器“天问一号”的着陆巡视器（其中巡视器就是“祝融号”火星车）成功着陆于火星乌托邦平原南部预选着陆区．着陆巡视器从进入火星大气层到成功着陆经历了气动减速段、伞系减速段、动力减速段、悬停避障与缓速下降段，其过程大致如右图所示。已知火星质量为6.42×1023kg（约为地球质量的0.11倍）、半径为3395km（约为地球半径的0.53倍），“天问一号”的着陆巡视器质量为1.3t，地球表面重力加速度为9.8m/s2．试根据图示数据计算说明下列问题：

（1）着陆巡视器在动力减速段做的是否为竖直方向的匀减速直线运动？

（2）设着陆巡视器在伞系减速段做的是竖直方向的匀减速直线运动，试求火星大气对着陆巡视器的平均阻力为多大？（结果保留1位有效数字）



【分析】（1）运用假设法，根据匀变速直线运动规律可判断；

（2）根据万有引力提供重力计算火星的重力加速度，再解得巡视器的加速度，根据牛顿第二定律求得平均阻力。

【解答】解：（1）设动力减速阶段着陆巡视器初速度为v1，末速度为v2，若此过程为匀减速直线运动。

菁优网-jyeoo＝3944m≠1400m，即此过程不是匀减速直线运动

（2）着陆巡视器在地球表面时，有mg＝菁优网-jyeoo，着陆巡视器在火星表面时，有mg火＝菁优网-jyeoo，由题意，有菁优网-jyeoo＝0.53，菁优网-jyeoo＝0.11，联立解得g火＝3.8m/s.

取向下为正方向，伞系减速过程着陆巡视器初速度为v0.，时间t′＝90s.m＝1300kg，此过程加速度a＝菁优网-jyeoo﹣4.1m/s2

设火星大气对着陆逼视器阻力的大小为f，由牛顿第二定律，可得mg火﹣f＝ma，联立解得

f＝1300×（3.8+4.1）N≈1×104N

答：（1）竖直方向不是匀减速直线运动；

（2）火星大气对着陆巡视器的平均阻力为1×104N。

【点评】本题结合万有引力与匀变速直线运动规律进行解答，注意在星球表面万有引力提供重力。

42．（朝阳区校级月考）开普勒定律发现之后，人们开始思考：什么原因使行星绕太阳运动？

“根据牛顿第三定律，行星吸引太阳的力跟太阳吸引行星的力，大小相等并且具有相同的性质。牛顿认为，既然这个引力与行星的质量成正比，当然也应该和太阳的质量成正比”

请同学们追寻牛顿的足迹，重新推导牛顿“发现”万有引力定律的过程。

为了简化问题，我们把行星的轨道当做圆来处理。

【分析】太阳对行星的引力提供行星绕太阳做圆周运动需要的向心力，根据开普勒周期定律可以推导出太阳对行星的引力跟行星的质量成正比，跟行星到太阳的距离的二次方成反比，再根据牛顿第三定律，行星吸引太阳的力跟太阳吸引行星的力大小相等并且具有相同的性质，即行星对太阳的吸引力也应该和太阳的质量成正比。

【解答】解：设行星的质量为m，速度为v，行星到太阳距离为r，则行星绕太阳做匀速圆周运动的向心力：F＝m菁优网-jyeoo

又行星运动速度v和周期T的关系：v＝菁优网-jyeoo

代入向心力公式得：F＝4π2（菁优网-jyeoo）菁优网-jyeoo

根据开普勒行星运动的规律：菁优网-jyeoo（常数）

得出结论：行星和太阳之间的引力跟行星的质量成正比，跟行星到太阳的距离的二次方成反比，即：F∝菁优网-jyeoo

根据牛顿第三定律，行星吸引太阳的力跟太阳吸引行星的力大小相等并且具有相同的性质，即行星对太阳的吸引力也应该和太阳的质量成正比。用M表示太阳的质量，F′表示行星对太阳的吸引力：F′∝且：F＝F′

可得：F∝菁优网-jyeoo写成等式：F＝G菁优网-jyeoo

推导过程如上。

【点评】本题要掌握引力提供向心力和开普勒周期定律，要掌握牛顿第三定律，知道太阳对行星的引力与行星对太阳的引力具有相同的性质。