## 万有引力定律及应用

### 考点一　开普勒定律

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 定律 | 内容 | 图示或公式 |
| 开普勒第一定律(轨道定律) | 所有行星绕太阳运动的轨道都是椭圆，太阳处在椭圆的一个焦点上 |  |
| 开普勒第二定律(面积定律) | 对任意一个行星来说，它与太阳的连线在相等的时间内扫过的面积相等 |  |
| 开普勒第三定律(周期定律) | 所有行星轨道的半长轴的三次方跟它的公转周期的二次方的比都相等 | ＝*k*，*k*是一个与行星无关的常量 |

技巧点拨

1．行星绕太阳的运动通常按圆轨道处理．

2．由开普勒第二定律可得*v*1·Δ*t*·*r*1＝*v*2·Δ*t*·*r*2，解得＝，即行星在两个位置的速度之比与到太阳的距离成反比，近日点速度最大，远日点速度最小．

3．开普勒第三定律＝*k*中，*k*值只与中心天体的质量有关，不同的中心天体*k*值不同．但该定律只能用在同一中心天体的两星体之间．

例题精练

1．火星和木星沿各自的椭圆轨道绕太阳运行，根据开普勒行星运动定律可知(　　)

A．太阳位于木星运行轨道的中心

B.火星和木星绕太阳运行速度的大小始终相等

C．火星与木星公转周期之比的平方等于它们轨道半长轴之比的立方

D．相同时间内，火星与太阳连线扫过的面积等于木星与太阳连线扫过的面积

答案　C

解析　由开普勒第一定律(轨道定律)可知，太阳位于木星运行轨道的一个焦点上，故A错误；火星和木星绕太阳运行的轨道不同，运行速度的大小不可能始终相等，故B错误；根据开普勒第三定律(周期定律)知，太阳系中所有行星轨道的半长轴的三次方与它的公转周期的平方的比值是一个常数，故C正确；对于太阳系某一个行星来说，其与太阳连线在相同的时间内扫过的面积相等，不同行星在相同时间内扫过的面积不相等，故D错误．

2．(多选)如图1，海王星绕太阳沿椭圆轨道运动，*P*为近日点，*Q*为远日点，*M*、*N*为轨道短轴的两个端点，运行的周期为*T*0.若只考虑海王星和太阳之间的相互作用，则海王星在从*P*经*M*、*Q*到*N*的运动过程中(　　)

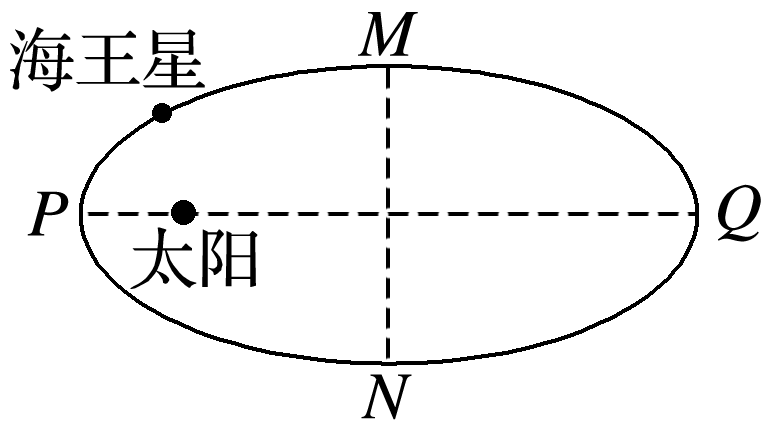


图1

A．从*P*到*M*所用的时间等于

B．从*Q*到*N*阶段，机械能逐渐变大

C．从*P*到*Q*阶段，速率逐渐变小

D．从*M*到*N*阶段，万有引力对它先做负功后做正功

答案　CD

解析　根据开普勒第二定律，行星与太阳的连线在相等时间内扫过的面积相等，所以从*P*到*M*所用的时间小于从*M*到*Q*所用的时间，而从*P*到*Q*所用的时间为，所以从*P*到*M*所用的时间小于，选项A错误；从*Q*到*N*阶段，只有万有引力对海王星做功，机械能保持不变，选项B错误；从*P*到*Q*阶段，海王星从近日点运动至远日点，速率逐渐减小，选项C正确；从*M*到*Q*阶段，万有引力做负功，从*Q*到*N*阶段，万有引力做正功，选项D正确．

### 考点二　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*，*G*为引力常量，*G*＝6.67×10－11 N·m2/kg2，由英国物理学家卡文迪许测定．

3．适用条件

(1)公式适用于质点间的相互作用，当两个物体间的距离远大于物体本身的大小时，物体可视为质点．

(2)质量分布均匀的球体可视为质点，*r*是两球心间的距离．

技巧点拨

1．万有引力与重力的关系

地球对物体的万有引力*F*可分解为：重力*mg*；提供物体随地球自转的向心力*F*向．

(1)在赤道上：*G*＝*mg*1＋*mω*2*R*.

(2)在两极上：*G*＝*mg*0.

(3)在一般位置：万有引力*G*等于重力*mg*与向心力*F*向的矢量和．

越靠近南、北两极，向心力越小，*g*值越大．由于物体随地球自转所需的向心力较小，常认为万有引力近似等于重力，即＝*mg*.

2．星球上空的重力加速度*g*′

星球上空距离星体中心*r*＝*R*＋*h*处的重力加速度为*g*′，*mg*′＝()，得*g*′＝().所以＝().

3．万有引力的“两点理解”和“两个推论”

(1)两点理解

①两物体相互作用的万有引力是一对作用力和反作用力．

②地球上的物体(两极除外)受到的重力只是万有引力的一个分力．

(2)两个推论

①推论1：在匀质球壳的空腔内任意位置处，质点受到球壳的万有引力的合力为零，即∑*F*引＝0.

②推论2：在匀质球体内部距离球心*r*处的质点(*m*)受到的万有引力等于球体内半径为*r*的同心球体(*M*′)对其的万有引力，即*F*＝*G*.

例题精练

3．(万有引力公式的应用)(全国卷Ⅰ·15)火星的质量约为地球质量的，半径约为地球半径的，则同一物体在火星表面与在地球表面受到的引力的比值约为(　　)

A．0.2 B．0.4 C．2.0 D．2.5

答案　B

解析　万有引力表达式为*F*＝*G*，则同一物体在火星表面与地球表面受到的引力的比值为＝＝0.4，选项B正确．

4.如图2所示，有一个质量为*M*、半径为*R*、密度均匀的大球体．从中挖去一个半径为的小球体，并在空腔中心放置一质量为*m*的质点，则大球体的剩余部分对该质点的万有引力大小为(已知质量分布均匀的球壳对壳内物体的引力为零)(　　)

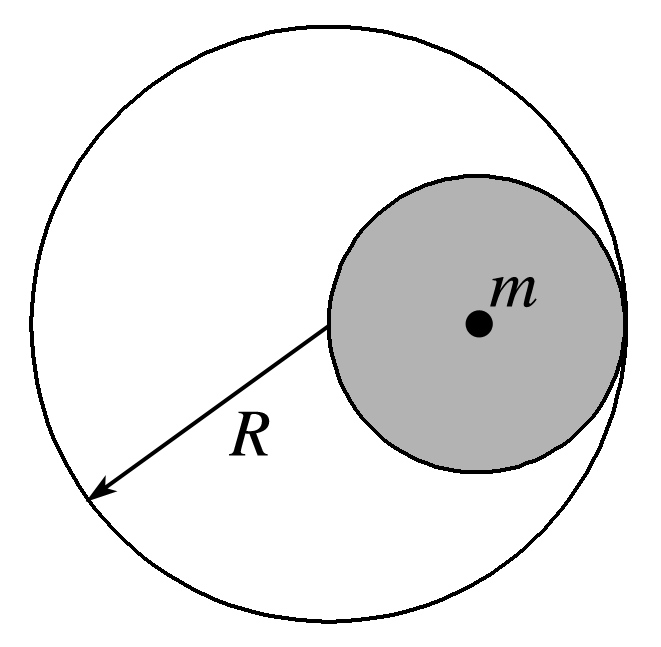


图2

A．*G* B．0

C．4*G* D．*G*

答案　D

解析　若将挖去的小球体用原材料补回，可知剩余部分对质点的万有引力等于完整大球体对质点的万有引力与挖去的小球体对质点的万有引力之差，挖去的小球体球心与质点重合，对质点的万有引力为零，则剩余部分对质点的万有引力等于完整大球体对质点的万有引力．以完整大球体球心为中心分离出半径为的球，易知其质量为*M*，则分离后的均匀球壳对质点的万有引力为零．综上可知，剩余部分对质点的万有引力等于分离出的球对其的万有引力，根据万有引力定律，*F*＝*G*＝*G*，故D正确．

### 考点三　天体质量和密度的计算

应用万有引力定律估算天体的质量、密度

(1)利用天体表面重力加速度

已知天体表面的重力加速度*g*和天体半径*R*.

①由*G*＝*mg*，得天体质量*M*＝.

②天体密度*ρ*＝＝＝.

(2)利用运行天体

测出卫星绕中心天体做匀速圆周运动的半径*r*和周期*T*.

①由*G*＝*mr*，得*M*＝.

②若已知天体的半径*R*，则天体的密度*ρ*＝＝＝.

③若卫星绕天体表面运行，可认为轨道半径*r*等于天体半径*R*，则天体密度*ρ*＝，故只要测出卫星环绕天体表面运动的周期*T*，就可估算出中心天体的密度．

例题精练

5.2018年7月25日消息称，科学家们在火星上发现了第一个液态水湖，这表明火星上很可能存在生命．美国的“洞察”号火星探测器曾在2018年11月降落到火星表面．假设该探测器在着陆火星前贴近火星表面运行一周用时为*T*，已知火星的半径为*R*1，地球的半径为*R*2，地球的质量为*M*，地球表面的重力加速度为*g*，引力常量为*G*，则火星的质量为(　　)

A. B.

C. D.

答案　A

解析　绕地球表面运动的物体由牛顿第二定律可知：

*G*＝*mg*

同理，对绕火星表面运动的物体有：

＝*m*()2*R*1

结合两个公式可解得：*M*火＝，故A对．

6.宇航员在月球表面将一片羽毛和一个铁锤从同一高度由静止同时释放，二者几乎同时落地．若羽毛和铁锤是从高度为*h*处下落，经时间*t*落到月球表面．已知引力常量为*G*，月球的半径为*R*.求：(不考虑月球自转的影响)

(1)月球表面的自由落体加速度大小*g*月；

(2)月球的质量*M*；

(3)月球的密度*ρ*.

答案　(1)　(2)　(3)

解析　(1)月球表面附近的物体做自由落体运动，有*h*＝*g*月*t*2

月球表面的自由落体加速度大小*g*月＝

(2)不考虑月球自转的影响，有*G*＝*mg*月

得月球的质量*M*＝

(3)月球的密度*ρ*＝＝＝

7.2018年2月，我国500 m口径射电望远镜(天眼)发现毫秒脉冲星“J0318＋0253”，其自转周期*T*＝5.19 ms.假设星体为质量均匀分布的球体，已知万有引力常量为6.67×10－11 N·m2/kg2.以周期*T*稳定自转的星体的密度最小值约为(　　)

A．5×109 kg/m3 B．5×1012 kg/m3

C．5×1015 kg/m3 D．5×1018 kg/m3

答案　C

解析　脉冲星自转，边缘物体*m*恰对球体无压力时万有引力提供向心力，则有*G*＝*mr*，

又知*M*＝*ρ*·π*r*3

整理得密度*ρ*＝＝() kg/m3≈5.2×1015 kg/m3.

# 综合练习

**一．选择题（共10小题）**

1．（山东模拟）“嫦娥五号”飞到月球后，轨道舱会继续在原轨道绕月运行，假定“嫦娥五号”轨道舱绕月轨道半径近似为月球半径。已知地球密度为月球密度的k倍，则地球近地卫星周期与轨道舱绕月飞行周期的比值为（　　）

A． B． C． D．k



【分析】由万有引力提供向心力可得出卫星的周期，根据质量公式计算质量，行星表面的物体，从而得出卫星周期与中心天体密度之间的关系。

【解答】解：近地卫星绕月飞行，万有提供向心力，

则＝R



可得：T＝



其中M＝ρπR3



则T＝2π＝2π＝



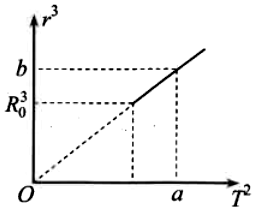
所以＝＝，故A正确，BCD错误。



故选：A。

【点评】本题为万有引力的直接应用，注意万有引力提供向心力可得出卫星的周期，结合质量公式找出卫星周期的表达式。

2．（云南模拟）某行星周围的卫星绕其做圆周运动的轨道半径r与运行周期T的关系如图所示。行星的半径为R0，万有引力常量为G，图中a、b为已知量。下列说法正确的是（　　）



A．绕该行星表面运行卫星的周期为



B．该行星的质量为



C．该行星的密度为



D．该行星表面的重力加速度为



【分析】根据开普勒定律结合图像求解卫星周期，由万有引力提供向心力可得出行星的质量，根据密度公式计算密度，行星表面的物体，万有引力充当重力，可得出行星表面的重力加速度

【解答】解：A、根据开普勒第三定律；＝k，且k＝，可得：T＝，故A错误；



B、由万有引力提供向心力得：G＝m，得＝，可得＝，解得：M＝，故B错误；



C、由ρ＝，且V＝



可得：ρ＝＝＝，故C 正确；



D、由G＝mg 得：g＝＝＝，故D错误。



故选：C。

【点评】本题为万有引力的直接应用，注意万有引力只能求出中心天体的质量，根据万有引力与重力关系求解重力加速度。

3．（南阳期中）行星绕恒星做圆周运动的半径的三次方跟它的公转周期的二次方的比值都相等。这个比值的大小（　　）

A．与恒星质量成正比 B．与行星质量成正比

C．与恒星质量成反比 D．与行星质量成反比

【分析】根据万有引力用来提供向心力列式求解即可。

【解答】解：根据万有引力用来提供向心力，G＝m



解得：＝



则行星绕恒星做圆周运动的半径的三次方跟它的公转周期的二次方的比值与恒星质量成比，故A正确，BCD错误；

故选：A。

【点评】本题主要考查了万有引力定律的应用，根据万有引力用来提供向心力列式表示即可，实则为开普勒第三定律，半径的三次方跟它的公转周期的二次方的比值由中心天体质量决定。

4．（龙山区校级月考）根据开普勒行星运动定律，下列说法错误的是（　　）

A．绕地球运行的不同卫星的的值都相同



B．同一卫星离地球越远，速率越小

C．不同卫星，轨道的半长轴越长，周期越大

D．同一卫星绕不同的行星运行，的值都相同



【分析】熟记理解开普勒的行星运动三定律：

第一定律：所有的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；

第二定律：对每一个行星而言，太阳与行星的连线在相同时间内扫过的面积相等；

第三定律：所有行星的轨道的半长轴的三次方跟公转周期的二次方的比值都相等；

开普勒定律也可以推广应用到地球的卫星上。

【解答】解：A、由开普勒第三定律，推广可知绕地球运行的不同卫星的的值都相同，故A正确；



B、同一卫星离地球越远，根据开普勒第二定律知运行速率越小，故B正确；

C、由开普勒第三定律，不同卫星，轨道的半长轴越长，则周期T越大，故C正确；

D、开普勒第三定律成立的条件是中心天体相同，同一卫星绕不同的行星运行，的值不相同，故D错误。

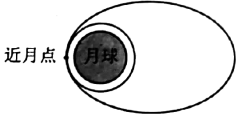


本题选择错误的，

故选：D。

【点评】开普勒关于行星运动的三个定律是万有引力定律的发现的基础，是行星运动的一般规律，正确理解开普勒的行星运动三定律是解答本题的关键．

5．（门头沟区一模）据国家航天局消息，北京时间2020年12月12日，嫦娥五号轨道器和返回器组合体实施了第一次月地转移。如图所示，组合体自近月点由圆轨道变为椭圆轨道，开启了回家之旅。以下说法正确的是（　　）



A．组合体在近月点减速，从而变为椭圆轨道

B．组合体在近月点加速，从而变为椭圆轨道

C．组合体在椭圆轨道运行过程中，近月点的线速度小于远月点的线速度

D．组合体在椭圆轨道运行过程中，近月点的加速度小于远月点的加速度

【分析】（1）本题考查变轨问题，低轨到高轨需要加速，高轨到低轨需要减速。（2）应用开普勒第二定律判断近月点和远月点的速度大小关系。（3）根据a＝判断加速度。



【解答】解：

AB选项：由圆轨道到椭圆轨道是从低轨到高轨需要加速。故B正确，A错误。

C选项：由普勒第二定律可判断出近月点的速度大于远月点的速度。故C错误。

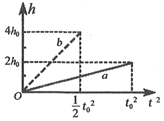
D选项：由a＝判断加速度，F为月球与组合体间的万有引力，因为近月点与月球距离小，故万有引力大，所以近月点的加速度大于远月点的加速度。故D错误。



故选：B。

【点评】万有引力与航天的题目，定律记好理解好处理定性分析的题目，定量计算的一定要找力，从而列式求解。

6．（大庆模拟）在星球M上将一物体从某高度处由静止自由释放，物体下落的高度h与下落时间的平方t2的关系如图中实线a所示。在另一星球N上用同一物体完成同样的下落过程，其h﹣t2的关系如图中虚线b所示。已知星球M与星球N的半径之比为4：1，忽略两星球的自转，不计大气阻力，则星球M与星球N的质量之比为（　　）



A．1：4 B．4：1 C．1：16 D．16：1

【分析】根据自由落体运动表达式及图像求出两星球表面的重力加速度之比；再根据在星球表面物体所受的万有引力等于重力，写出质量的表达式，即可求二者的质量之比。

【解答】解：根据自由落体运动表达式得：

h＝



由图像得：



解得：ga＝



同理



解得：gb＝



故＝



设星球N的半径为R，则M的半径为4R，在星球表面，根据物体所受的万有引力等于重力得：



解得：M＝



星球M与星球N的质量之比为：

＝＝4：1，故B正确，ACD错误。



故选：B。

【点评】本题是万有引力和自由落体运动相结合的一道基础题，做题时要结合图像的斜率来求解。

7．（泸州模拟）2006年2月10日，中国航天局确定中国月球探测工程形象标志，它以中国书法的笔触，抽象地勾勒出一轮明月，一双脚印踏在其上，象征着月球探测的终极梦想．假想人类不断向月球“移民”，经过较长时间后，月球和地球仍可视为均匀球体，地球的总质量仍大于月球的总质量，月球仍按原轨道运行，以下说法不正确的是（　　）

A．月地之间的万有引力将变小

B．月球绕地球运动的周期将变大

C．月球绕地球运动的向心加速度将变小

D．月球表面的重力加速度将变大

【分析】根据万有引力定律，表示出地球与月球间万有引力，根据地球和月球质量的变化求出地球与月球间万有引力的变化．

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，列出等式表示出周期、向心加速度，再根据已知量找出周期和向心加速度的变化．根据万有引力等于重力表示出重力加速度求解．

【解答】解：A、设月球质量为m，地球质量为M，月球与地球之间的距离为r，根据万有引力定律得：

地球与月球间的万有引力F＝，



假想人类不断向月球“移民”，经过较长时间后，所以m增大，M减小。

由数学知识可知，当m与M相接近时，它们之间的万有引力较大，当它们的质量之差逐渐减小时，m与M的乘积将增大，它们之间的万有引力值将增大，故A错误。

B、假想人类不断向月球“移民”，经过较长时间后，月球和地球仍可视为均匀球体，根据万有引力提供向心力得：

＝＝ma



T＝2π a＝



假想人类不断向月球“移民”，经过较长时间后，所以m增大，M减小。

所以月球绕地球运动的周期将变大，月球绕地球运动的向心加速度将变小。故B、C正确。

D、在月球表面根据万有引力等于重力得：

＝m′g



g＝



假想人类不断向月球“移民”，经过较长时间后，所以m增大，

所以月球表面的重力加速度将变大，故D正确。

本题选不正确的故选A。

【点评】要比较一个物理量大小或变化，我们应该把这个物理量先表示出来，再进行比较．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．

8．（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。

9．（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。

10．（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＝，可得出天体的质量M＝。



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，由此得出中心天体的质量M＝。



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；

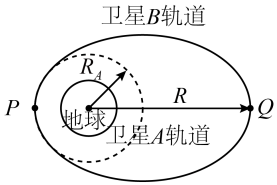
D、月球绕地球运动，其向心力的来源是地球对月球的引力，故D错误。

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。

**二．多选题（共10小题）**

11．（杭州期中）如图所示是卫星A、B绕地球运动的轨道示意图，其中卫星A做匀速圆周运动，轨道半径分别RA，卫星B沿椭圆轨道运动，椭圆轨道与卫星A的圆轨道相切于P点，椭圆轨道远地点到地心距离为R。已知卫星A绕地球运动周期为T，且卫星绕地球运动与行星绕太阳运动具有相似的规律，则（　　）



A．卫星B沿椭圆轨道运动时，在P点时的速度比在Q点时小

B．卫星B的周期比卫星A的周期大

C．卫星B从P第一次到Q的时间为



D．卫星B从P第一次到Q的时间为

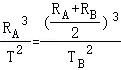


【分析】根据开普勒第二定律可判断近地点和远地点的速度大小，根据开普勒第三定理可以比较不同轨道上的周期大小关系，既而求解出卫星从P第一次到Q的时间。

【解答】解：A、根据开普勒第二定律，卫星与地球的连线在相等的时间内扫过的面积相等，故卫星B在近地点的速度比远地点的速度大，即在P点时的速度比在Q点时大，故A错误；

B、根据开普勒第三定律，绕同一中心天体运动，轨道半长轴的三次方与周期的平方的比值是一个定值，由图得，卫星B的轨道半长轴大于卫星A的轨道半径，故卫星B的周期大于卫星A的周期，故B正确；

CD、根据开普勒第三定律得：，卫星从P第一次到Q的时间为，联立解得：，故C错误，D正确；



故选：BD。

【点评】本题考查开普勒定律，注意开普勒第三定律：绕同一中心天体运动，轨道半长轴的三次方与周期的平方的比值是一个定值。

12．（蚌山区校级期中）关于行星绕太阳运动，根据开普勒第三定律＝k，下列说法中正确的有（　　）



A．k是一个仅与中心天体有关的常量

B．T表示行星的公转周期

C．若地球绕太阳运转的半长轴为a1，周期为T1，月亮绕地球运转的半长轴为a2，周期为T2，由开普勒第三定律可得＝



D．离太阳越近的行星的运动周期越短

【分析】开普勒第一定律是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．

在相等时间内，太阳和运动着的行星的连线所扫过的面积都是相等的．

开普勒第三定律中的公式，可知半长轴的三次方与公转周期的二次方成正比．



【解答】解：A、结合万有引力定律可知，开普勒第三定律＝k中k是一个与行星无关的常量，与恒星的质量有关，故A正确。



B、开普勒第三定律中的公式，可知半长轴的三次方与公转周期的二次方成正比，所以T表示行星的公转周期，故B正确



C、开普勒第三定律中的公式是行星绕太阳运动的情况；地球与月亮公转时的环绕的中心天体不同，所以≠，故C错误；



D、根据开普勒第三定律中的公式，离太阳越近的行星的运动周期越短。故D正确。



故选：ABD。

【点评】行星绕太阳虽然是椭圆运动，但我们可以当作圆来处理，同时值得注意是周期是公转周期．

13．（龙岗区期末）关于开普勒行星运动的公式＝k，下列理解正确的是（　　）



A．T表示行星运动的自转周期

B．T表示行星运动的公转周期

C．k是一个与行星无关的常量

D．若地球绕太阳运转轨道的半长轴为a地，周期为T地；月球绕地球运转轨道的半长轴为a月，周期为T月，则＝



【分析】开普勒第三定律：对于同一天体系统，行星轨道半长轴的三次方与其公转周期的平方成正比。

【解答】解：开普勒行星运动的公式＝k；



AB、T表示行星运动的公转周期，故A错误，B正确；

C、k是与中心天体质量有关，与行星无关的常量，故C正确；

D、地球绕太阳运转，中心天体是太阳，月球绕地球运转，中心天体是地球，故公式中的k不同，故D错误；

故选：BC。

【点评】要识记开普勒第三定律内容与公式，注意公式中的常数k对同一天体系统是相同的，对不同的天体系统是不同的；a表示行星轨道半长轴的，轨道是圆时，表示轨道半径。

14．（钦州期末）有关开普勒关于行星运动的描述，下列说法中正确的是（　　）

A．所有的行星绕太阳运动的轨道都是椭圆，太阳处在椭圆的一个焦点上

B．所有的行星绕太阳运动的轨道都是圆，太阳处在圆心上

C．所有的行星轨道的半长轴的二次方跟公转周期的三次方的比值都相等

D．不同的行星绕太阳运动的椭圆轨道是不同的

【分析】熟记理解开普勒的行星运动三定律：

第一定律：所有的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．

第二定律：对每一个行星而言，太阳行星的连线在相同时间内扫过的面积相等．

第三定律：所有行星的轨道的半长轴的三次方跟公转周期的二次方的比值都相等

【解答】解：A、B：第一定律的内容为：所有行星分别沿不同大小的椭圆轨道绕太阳运动，太阳处于椭圆的一个焦点上。故A正确，B错误。

C、由第三定律：所有行星的轨道的半长轴的三次方跟公转周期的二次方的比值都相等。故C错误。

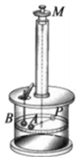
D、由第一定律知道所有行星分别沿不同大小的椭圆轨道绕太阳运动，故D正确。

故选：AD。

【点评】正确理解开普勒的行星运动三定律是解答本题的关键

15．（茂名期末）下列四幅图的有关说法正确的是（　　）

A．图中为扭秤实验装置结构，利用了“放大”的思想



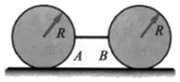
B．图中可视为质点的排球被水平扣出后，落点的位置只与被扣出时的速度大小有关



C．图器材装置能测定电流大小



D．图中用长度为R的AB细杆相连、质量均为m的两球之间的万有引力为F＝G



【分析】扭秤实验利用了“放大”的思想；排球被水平扣出后做平抛运动，根据分位移公式得到水平射程表达式，再分析落点的位置与什么因素有关；磁电式仪表可以测电流大小；对于两个均匀的球体之间的万有引力要根据两球心间的距离来求计算。

【解答】解：A、用扭秤做实验，利用了“放大”的思想，故A正确；

B、排球被水平扣出后做平抛运动，水平射程为x＝v0t＝v0，可知排球的落点位置与被扣出时的速度和高度均有关，故B错误；



C、磁电式仪表装置可以测电流大小，故C正确；

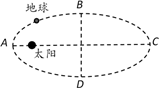
D、两球球心之间距离为3R，不等于R，则两球之间的万有引力为F＝G，故D错误。



故选：AC。

【点评】本题中AC两项源于材料，对于教材上的演示实验要熟悉。在运用万有引力定律时，要知道对于两个均匀的球体之间的万有引力要根据两球心间的距离来求计算。

16．（胶州市期中）如图是地球绕太阳沿椭圆轨道运动的示意图。A为近日点，C为远日点，BD为轨道短轴的两个端点。若只考虑地球和太阳之间的相互作用，则地球在从A点经B、C到D的过程中，下列说法正确的是（　　）



A．从A点到B点的运动时间为91.25天

B．从B点到D点的运动时间大于182.5天

C．从A点到C点，地球的势能一直增大

D．从C点到D点，地球的势能先减小后增大

【分析】根据地球在AC段和CB段的速度大小比较两段过程中的运动时间，从而得出A到B、B到D所用时间与周期的关系；地球运动过程中，只有万有引力做功，得出机械能守恒；据万有引力做功确定速率的变化。

【解答】A、地球在AC段的速度大小大于CB段的速度大小，则AC段的时间小于CB段的时间，所以A到C所用的时间小于＝91.25天，故A错误；



B、地球在DA段的速度大小大于BD段的速度大小，则DA段的时间小于BD段的时间，所以D到A所用的时间小于＝91.25天，故从C点到D点的运动时间大于182.5天，故B正确；



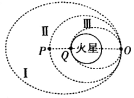
C、从A到B的过程中，由于只有万有引力做功，机械能守恒，从A到B阶段，万有引力做负功，地球的势能增加，故C正确；

D、根据万有引力方向与速度方向的关系知，从C到D阶段，万有引力对它先做负功后做正功，势能先增大，后减小，故D错误。

故选：BC。

【点评】解决本题的关键知道近日点的速度比较大，远日点的速度比较小，从A到B和B到A的运动是对称的，但是A到C和C到B不是对称的。

17．（镜湖区校级期中）我国已于2020年7月23日成功发射火星探测器，探测器于2021年2月24日通过多次变轨进入火星停泊轨道，计划在今年5月至6月择机实施火星着陆。如图为载着登陆舱的探测器经过多次变轨后登陆火星的模拟轨迹图，其中轨道Ⅰ、Ⅲ为椭圆，轨道Ⅱ为圆。探测器经轨道Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ运动后在Q点登陆火星，O点是轨道Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ的交点，轨道上的O、P、Q三点与火星中心在同一直线上，O、Q两点分别是椭圆轨道Ⅲ的远火星点和近火星点。已知火星的半径为R，OQ＝4R，探测器在轨道Ⅱ上经过O点的速度为v，下列说法正确的有（　　）



A．在相等时间内，轨道Ⅰ上探测器与火星中心的连线扫过的面积与轨道Ⅱ上探测器与火星中心的连线扫过的面积相等

B．探测器在轨道Ⅱ运动时，经过O点的加速度等于



C．探测器在轨道Ⅰ运动时，经过O点的速度大于v

D．在轨道Ⅱ上第一次由O点运动到P点的时间与在轨道Ⅲ上第一次由O点运动到Q点的时间之比为3：4



【分析】根据开普勒第二定律分析A；根据圆周运动的规律即可求解加速度；根据卫星变轨原理可以判断O点的速度；根据开普勒第三定律可求解时间之比。

【解答】解：A、根据开普勒第二定律可知，在同一轨道上探测器与火星中心的连线在相等的时间内扫过的面积相等，在两个不同的轨道上，不具备上述特点，故A错误；

B、轨道Ⅱ是圆轨道，轨道半径为3R，已知探测器在轨道Ⅱ上经过O点的速度为v，根据圆周运动的规律可知，探测器经过O点的加速度，故B正确；



C、探测器在轨道Ⅰ时经过O点制动减速变轨到轨道Ⅱ，则其在轨道Ⅰ上经过O点的速度大于在轨道Ⅱ上经过O点的速度，即大于v，故C正确；

D、由题意得，轨道Ⅲ的半长轴为2R，轨道Ⅱ的半径为3R，根据开普勒第三定律得，解得：，在轨道Ⅱ上第一次由O点运动到P点的时间，与在轨道Ⅲ上第一次由O点运动到Q点的时间均为半个周期，故其时间之比也为3：4，故D正确；



故选：BCD。

【点评】本题考查了万有引力定律和开普勒定律，要熟练掌握卫星变轨的原理和过程，以及开普勒三定律的应用。

18．（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．

19．（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。

20．（沭阳县期中）下列关于物理学家及其成就的说法中正确的有（　　）

A．牛顿发现了万有引力定律

B．开普勒发现了万有引力定律

C．卡文迪许测出了引力常量的数值

D．卡文迪许发现了行星运动的三个定律

【分析】明确有关天体运动和万有引力定律发现的物理学史，明确各物理学家的主要贡献即可正确解答．

【解答】解：AB、牛顿发现利用开普勒三定律以及牛顿第二和第三定律进行分析，得出了万有引力定律，故A正确，B错误。

C、卡文迪许测出了引力常量的准确数值，故C正确；

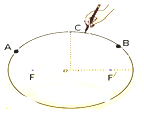
D、开普勒发现了行星运动的三个定律，故D错误。

故选：AC。

【点评】本题考查有关天体运动发现的物理学史，要注意牛顿提出了万有引力定律但是没有测出引力常量，而是由卡文迪许用实验的方法测出了引力常量．

**三．填空题（共10小题）**

21．（湖南学业考试）如图所示，是按课本要求用图钉和细绳画椭圆，这就可以形象地表示行星的轨道和太阳的位置．如果太阳处在焦点F上，行星在A点的速率　大于　（填“大于”或“小于”）行星在B 点的速率，已知行星与太阳的连线在C到A所扫过的面积S1与连线在B到C的所扫过的面积S2相等，则行星从C到A的时间t1　等于　行星从B到C的时间t2（填“等于”或“不等于”）．



【分析】开普勒第二定律的内容，对任意一个行星来说，它与太阳的连线在相等时间内扫过相等的面积． 行星沿着椭圆轨道运行，太阳位于椭圆的一个焦点上．如果时间间隔相等，即t2﹣t1＝t4﹣t3，那么面积A＝面积C由此可知行星在远日点B的速率小，在近日点C的速率大．

【解答】解：根据开普勒第二定律，对任意一个行星来说，它与太阳的连线在相等时间内扫过相等的面积．

由于A点更靠近太阳，所以VA＞VC，即A点的速率大．

行星与太阳的连线在C到A所扫过的面积S1与连线在B到C的所扫过的面积S2相等，根据开普勒第二定律可知，行星从C到A的时间与B到C的时间相等，即t1＝t2 ．

故答案为：大于；等于

【点评】考查了开普勒第二定律，明确开普勒定律的内容：

第一定律：所有的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．

第二定律：对每一个行星而言，太阳行星的连线在相同时间内扫过的面积相等．

第三定律：所有行星的轨道的半长轴的三次方跟公转周期的二次方的比值都相等．

22．（南岔区校级期中）开普勒第一定律：所有行星绕太阳运动的轨道都是　椭圆　，太阳处在　椭圆的一个焦点上　。

【分析】这是对开普勒三定律的考查，涉及第一个定律。

【解答】解：

开普勒三定律的第一个说：所有行星绕太阳运动的轨道都是椭圆，太阳处在椭圆的一个焦点上

故答案为：．椭圆，椭圆的一个焦点上。

【点评】考查基本的定律，虽然考查的是第一个，但是应该把其他几个都掌握好。

23．（玉林期末）开普勒第一定律：所有行星绕　太阳　运动的轨道都是　椭圆　，太阳处在椭圆的一个　焦点　上。

【分析】这是对开普勒三定律的考查，涉及第一个定律。

【解答】解：

开普勒三定律的第一个说：所有行星绕太阳运动的轨道都是椭圆，太阳处在椭圆的一个焦点上；

故答案为：太阳、椭圆、焦点，

【点评】考查基本的定律，虽然考查的是第一个，但是应该把其他几个都掌握好。

24．（雁塔区校级期末）地球和木星绕太阳运动的轨道都可以看做是圆形，已知木星的轨道半径约为地球轨道半径的5倍，则木星绕太阳运动的周期为　11.2　年．

【分析】根据开普勒第三定律，有＝k比较可得出木星绕太阳运行的周期．



【解答】解：根据开普勒第三定律，有：＝k



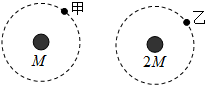
知：T2＝木星围绕太阳在近似圆形的轨道上运动，若轨道半径是地球轨道半径的5倍，则可知木星绕太阳运行的周期是地球周期的11.2倍，即小行星绕太阳运行的周期是11.2年．



故答案为：11.2

【点评】本题考查开普勒第三定律的应用，要注意在物理学中如果要求一个物理量之比，我们应该把这个物理量先用已知的物理量表示出来，再进行作比．

25．（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：　，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：m 可得



m＝G 可得 ＝＝1：



故答案为：，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

26．（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　　。



【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：



解得：M＝

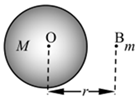


故答案为：



【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。

27．（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＝　　；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＝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＝＝＝；



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：；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。

28．（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：，解得：，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。

29．（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，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。

30．（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＝　　（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＝mg，



则地球质量为：M＝，



故答案为：卡文迪许；。



【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。

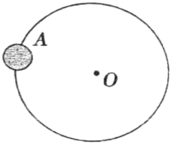
**四．计算题（共8小题）**

31．（市中区校级月考）2020年4月人类首张黑洞照片公布，再一次激起了人们对浩瀚宇宙深入探索的热情，经长期观测发现，宇宙中绕某恒星O运行的行星A可看成做匀速圆周运动，如图所示，行星A的轨道半径为R0．周期为T0，但其实际运行的轨道与圆轨道总存在一些偏离，且周期性地每隔t0时间发生一次最大的偏离（总体上行星仍然可看成匀速圆周运动）。天文学家认为形成这种现象的原因可能是A行星在远离恒星方向的外侧与其共面的圆形轨道上可能还存在着一颗未知轨道半径的行星B（认为B近似做匀速圆周运动），已知t0＝T0，则



（1）请说明A、B两行星的圆周运动方向是否相同；

（2）求行星B的轨道半径。



【分析】（1）A、B周期性发生一次最大的偏离，且间隔时间t0＝T0，说明它们做圆周运动方向相反。



（2）A、B周期性地“相遇”（指A、B、O在同一侧共线），t0为它们“相遇”的周期，由＝2π，可以算出 TB和T0的关系，再根据开普勒第三定律求出行星B的轨道半径。



【解答】解：（1）A、B周期性地每隔t0时间发生一次最大的偏离，且t0＝T0，即它们“相遇”（指A、B、O在同一侧共线）周期小于T0，说明它们做圆周运动方向相反。



（2）A行星发生最大偏离时，A、B行星与恒星在同一直线上且位于恒星同一侧，设行星B的运行周期为T、半径为R，则有：

＝2π TB＝8T0



根据开普勒第三定律：＝



解得：RB＝4R0

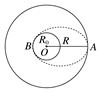
答：（1）A、B做圆周运动方向相反。

（2）行星B的轨道半径为4R0。

【点评】本题考查了圆周运动周期、开普勒定律等知识点。关键点：正确理解t0＝T0，这个条件是解决本题的关键。



32．（会宁县校级期中）如右图所示，飞船沿半径为R的圆周围绕着地球运动，其运行周期为T．如果飞船沿椭圆轨道运行，直至要下落返回地面，可在轨道的某一点A处将速率降低到适当数值，从而使飞船沿着以地心O为焦点的椭圆轨道运动，轨道与地球表面相切于B点。求飞船由A点到B点的时间。（图中R0是地球半径）



【分析】根据开普勒第三定律，结合椭圆轨道半长轴的大小，求出飞船在椭圆轨道上的周期，从而求出飞船由A点到B点所需的时间。

【解答】解：设飞船的椭圆轨道的半长轴为a，由图可知，



设飞船沿椭圆轨道运行的周期为T′，由开普勒第三定律得：＝，



飞船从A到B的时间t＝，



由以上三式求解得t＝。



答：飞船由A点到B点的时间是。



【点评】由题目的描述，飞船由A点到B点所需的时间应是椭圆轨道的半个周期。关键掌握开普勒第三定律，并能灵活运用。

33．天文学家观测到哈雷彗星绕太阳运转的周期是T年，彗星离太阳最近的距离是x1，但它离太阳最远的距离x2不能测出，试根据开普勒定律计算这个最远距离x2．（太阳系的开普勒恒量为k）

【分析】根据题意求出哈雷彗星的半长轴，然后应用开普勒第三定律求出最远距离。

【解答】解：哈雷彗星的半长轴：r＝，



由开普勒第三定律得：＝k，即：＝k，



解得：x2＝2﹣x1；

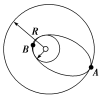


答：最远距离x2为2﹣x1。



【点评】本题考查了开普勒第三定律的应用，根据题意求出哈雷彗星的半长轴是解题的前提与关键，应用开普勒第三定律即可解题。

34．飞船沿半径为R的圆周绕地球运动的周期为T，地球半径为R0，若飞船要返回地面，可在轨道上某点A处将速率降到适当的数值，从而使飞船沿着以地心为焦点的椭圆轨道运行，椭圆与地球表面在B点相切，求飞船由A点到B点所需要的时间？



【分析】根据开普勒第三定律，结合椭圆轨道半长轴的大小，求出飞船在椭圆轨道上的周期，从而求出飞船由A点到B点所需的时间。

【解答】解：当飞船做半径为R的圆周运动时，由开普勒第三定律知：＝k



当飞船返回地面时，从A处降速后沿椭圆轨道至B．设飞船沿椭圆轨道运动的周期为T′，椭圆的半长轴为a，则有：＝k



可解得：T′＝T



由于a＝，由A到B的时间为：t＝



所以有：t＝。



答：飞船由A点到B点所需要的时间是。

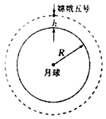


【点评】由题目的描述，飞船由A点到B点所需的时间应是椭圆轨道的半个周期。关键掌握开普勒第三定律，并能灵活运用。

35．（鼓楼区校级月考）嫦娥五号是我国首个实施无人月面取样返回的月球探测器。2020年11月29日，嫦娥五号从椭圆环月轨道变轨为圆形环月轨道，环月轨道对应的周期为T。离月面高度为h，如图所示。已知月球半径为R，万有引力常量为G。

（1）求月球的质量M；

（2）求月球表面的重力加速度大小g。



【分析】根据万有引力提供向心力可求地球的质量；在月求表面根据万有引力等于重力，可求月球表面的重力加速度。

【解答】解：（1）设嫦娥五号的质量为m，根据万有引力提供向心力得：



解得：M＝



（2）设月求表面附近有一个质量为m0的物体，根据万有引力等于重力得：

＝m0g



解得：g＝＝



答：（1）求月球的质量M为。



（2）求月球表面的重力加速度大小g为。



【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。

36．（滨州期中）科幻电影《火星救援》展现了人类登陆火星的情景。宇航员所在的飞船在火星上空相对火星静止时，对火星表面发射一束激光，经过时间t，收到激光传回的信号，且测得航天器绕火星做匀速圆周运动的周期为T，速度大小为v。已知球的体积公式为V＝πr3（其中r为球的半径），引力常量为G，激光的速度大小为c，忽略火星的自转，求：



（1）火星的质量M；

（2）火星的密度ρ。

【分析】（1）根据万有引力提供向心力，结合周期或线速度求出木星的质量；

（2）航天器到火星表面的距离h＝c，求出火星的半径，再根据密度计算公式求解。



【解答】解：（1）航天器的周期为T，则v＝



解得：r＝



根据万有引力提供向心力可得：＝m



解得M＝；



（2）航天器到火星表面的距离h＝c



火星的半径R＝r﹣h

火星的密度



联立解得：ρ＝。



答：（1）火星的质量为；



（2）火星的密度为。



【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。

37．（临泉县校级期中）中国赴南极考察船“雪龙号”，从上海港口出发一路向南，经赤道到达南极。某同学设想，在考察船“雪龙号”上做一些简单的实验，来测算地球的平均密度。当“雪龙号”停泊在赤道时，用弹簧测力计测量一个钩码的重力，记下弹簧测力计的读数F1；当“雪龙号”到达南极后，仍用弹簧测力计测量同一个钩码的重力，记下弹簧测力计的读数F2。设地球自转的周期为T，万有引力常量为G，圆周率为π已知，不考虑地球两极与赤道半径差异。试求：

（1）地球的平均密度；

（2）若人造卫星绕地球做圆周运动的最大速度为vm，则地球的半径多大。



【分析】（1）根据牛顿第二定律分别对物体在赤道上和南极地区列方程，从而求出地球的质量，再根据密度公式，求出密度。

（2）在地球表面列关于速度的表达式，结合前面所求的地球的质量，即可求地球的半径。

【解答】解：（1）设地球半径为R、质量为M

则F万＝



钩码在赤道地区：



钩码在南极地区：



解得：M＝



根据密度公式

＝＝



（2）当卫星贴近地球表面运行时线速度最大，根据万有引力提供向心力得：

＝m



解得：GM＝R＝



解得：R＝）



答：（1）地球的平均密度为。



（2）若人造卫星绕地球做圆周运动的最大速度为vm，则地球的半径为）。



【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。

38．（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



又行星运动速度v和周期T的关系：v＝



代入向心力公式得：F＝4π2（）



根据开普勒行星运动的规律：（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∝



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∝写成等式：F＝G



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。

**五．解答题（共10小题）**

39．（大荔县期末）开普勒是从大量天文观测数据中发现了行星绕太阳沿椭圆轨道运行的周期规律，即：所有行星运行轨道的半长轴的三次方跟它的公转周期的二次方的比值都相等。数学表达式为＝k，其中k是一个确定值。请你应用万有引力及其他相关知识推导该比值，并说明该比值与哪些因素有关。（实际上行星绕太阳运行的椭圆轨道十分接近圆，在中学阶段都近似按圆轨道处理。）



【分析】开普勒第三定律：所有行星的轨道的半长轴的三次方跟公转周期的平方的比值都相等，把行星的椭圆轨道看作圆周轨道时，根据万有引力充当向心力求解。

【解答】解：把行星的椭圆轨道看作圆周轨道时，轨道的半长轴a等于圆轨道的半径为r，

设太阳质量为M，某行星质量为m，绕太阳运行的周期为T，

根据万有引力充当向心力得：＝mr



解得：＝



由上式可以看出：＝k，这一比值只与太阳的质量有关，与行星无关。



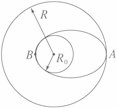
所以，对于所有行星该比值相等

答：＝k只与太阳的质量有关，与行星无关。



【点评】此题考查对开普勒三定律的记忆和理解，并结合万有引力定律定律进行理解便可以解决此问题。

40．（绥滨县校级期中）飞船沿半径为R的圆周绕地球运动，如图所示，其周期为T，如果飞船要返回地面，可在轨道上某一点A处将速率降低到适当数值，从而使飞船沿着以地心为焦点的椭圆轨道运行，椭圆和地球表面相切于B点，设地球半径为R0，问飞船从A点返回到地面上B点所需时间为多少？



【分析】开普勒定律虽是对太阳行星系统而言的，但该定律也适合于地球卫星系统，飞船返回时是以地心为焦点的椭圆轨道运行，那么应用开普勒第三定律可求返回时间。

【解答】解：飞船返回时间为椭圆运行周期T′的一半，而椭圆的长半轴为：（R+R0），



由开普勒第三定律可得：

＝



所以t＝T′＝T。



答：飞船从A点返回到地面上B点所需时间为T。



【点评】由题目的描述，飞船由A点到B点所需的时间应是椭圆轨道的半个周期。关键掌握开普勒第三定律，并能灵活运用。

41．（沙市区校级月考）将行星绕太阳的运动按圆周运动处理，则由开普勒行星运动第三定律可得：行星绕太阳运动的轨道半径r的三次方与它的公转周期T的二次方成正比，即＝k，k是一个对所有行星都相同的常量。已知引力常量为G，太阳的质量为M太，则太阳系的k＝　　（写表达式）。若太阳质量M太＝1.99×1030Kg，G＝6.67×10﹣11N•m2/Kg2，则k的值约为　3.0×1018m3/s2　（保留2位有效数字，写清单位）



【分析】行星绕太阳的运动按圆周运动处理时，此时轨道是圆，就没有半长轴了，再由万有引力作为向心力列出方程可以求得常量k的表达式；

【解答】解：因行星绕太阳做匀速圆周运动，于是轨道半长轴a即为轨道半径r，根据万有引力定律和牛顿第二定律有

G＝m行（）2r



得：＝K＝；



代入数据，解得：K＝＝3.0×1018m3/s2；



故答案为：，3.0×1018m3/s2



【点评】本题就是考查学生对开普勒行星运动第三定律的理解和应用，掌握住开普勒行星运动第三定律和万有引力定律即可求得结果。

42．（启东市校级一模）由开普勒第三定律知道：所有行星围绕太阳运动的轨道的半长轴的三次方跟公转周期的二次方的比值都相等．设太阳质量为M，地球绕太阳运动近似为圆周运动，试确定此比值．

【分析】地球绕太阳运动近似为圆周运动，万有引力提供向心力，根据牛顿第二定律列式求解即可．

【解答】解：地球绕太阳运动近似为圆周运动，万有引力提供向心力，根据牛顿第二定律，有

G



解得



答：所有行星围绕太阳运动的轨道的半长轴的三次方跟公转周期的二次方的比值都为．



【点评】牛顿根据开普勒三定律并结合牛顿运动定律推导出万有引力定律，故也可以用万有引力定律结合牛顿运动定律推导出开普勒三定律．

43．（赣州期中）已知某星球自转周期为T，它的同步卫星离星球表面的高度为该星球半径的3倍，该星球卫星最小的发射速度为v，万有引力常量为G，求该星球的质量M。

【分析】根据万有引力提供向心力，列关于周期的表达式及最小发射速度的表达式，解方程组，即可求得该星球的质量。

【解答】解：设该星球半径为R，卫星的质量为m，由题意卫星离球心距离为4R，根据万有引力提供向心力得：①



第一宇宙速度是卫星绕地球做圆周运动的最小发射速度，也是卫星做圆周运动的最大环绕速度，根据万有引力提供向心力得：

②



联立两式可得：R＝



该星球的质量M为：M＝＝



答：该星球的质量M为。



【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。

44．（湖北期中）木星的卫星“埃欧”是太阳系中火山活动最剧烈的星体，“埃欧”的火山会喷出硫磺、二氧化硫及矽酸盐岩块，如果喷发的岩块竖直初速度为20m/s，上升高度可达100m。已知“埃欧”的半径为R＝2000km，忽略“埃欧”的自转及岩块运动过程中受到稀薄气体的阻力，引力常量G＝6.67×10﹣11N•m2/kg2，（结果均保留2位有效数字）求：

（1）“埃欧”的质量；

（2）“埃欧”的第一宇宙速度。

【分析】对岩块做竖直上抛运动，根据匀变速直线运动位移公式，可求其表面的重力加速度，再根据万有引力等于重力，即可求其质量；根据万有引力提供向心力，列方程可求出第一宇宙速度。

【解答】解：（1）对岩块做竖直上抛运动，根据匀变速直线运动位移公式得：



解得：g＝＝＝2.0m/s2



在“埃欧”表面，根据重力等于万有引力得：

＝mg



解得：M＝＝kg＝1.2×1023kg



（2）在“埃欧”表面，根据万有引力提供向心力得：



解得：v1＝＝＝m/s＝2.0×103 m/s



答：（1）“埃欧”的质量为1.2×1023kg。

（2）“埃欧”的第一宇宙速度为2.0×103 m/s。

【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。

45．（阆中市校级期中）已知某星球的半径为R，自转周期为T，它的同步卫星到星球表面的高度为4R。已知万有引力常量为G。

（1）求该星球的密度；

（2）求该星球的第一宇宙速度；

（3）求该星球北极重力加速度g1与赤道重力加速g2的差值。

【分析】（1）根据卫星做圆周运动，万有引力提供向心力，结合密度公式，即可求解；

（2）第一宇宙速度是卫星绕星球做圆周运动的最小速度，即近地卫星的速度，根据万有引力提供向心力即可求解。

（3）在星球表面万有引力是重力和随星球自转所需要的向心力的合力，分别列出物体在北极和赤道上的受力情况，即可求解。

【解答】解：（1）由星球对同步卫星的万有引力提供其做圆周运动的向心力，设星球质量M，卫星质量m，

有，解得：，



由密度公式得：＝；



（2）由星球对同步卫星的万有引力提供其做圆周运动的向心力，有，代入质量M，解得：＝；



（3）在星球表面，万有引力是重力和随星球自转所需要的向心力的合力，

在北极，对质量为m0的物体，有，重力加速度g1＝，



在赤道上，对质量为m0的物体，有，重力加速度g2＝，



该星球北极重力加速度g1赤道重力加速度g2的差值为g1﹣g2＝；



答：（1）该星球的密度为；



（2）该星球的第一宇宙速度为；



（3）该星球北极重力加速度g1与赤道重力加速g2的差值为。



【点评】本题考查万有引力定律，需要注意：第一宇宙速度是卫星绕星球做圆周运动的最大环绕速度，即近地卫星的速度；在星球表面，考虑自星球转的情况下，万有引力是重力和随星球自转所需要的向心力的合力，不考虑星球自转的情况下，万有引力等于重力。

46．（岳阳校级月考）英国物理学家　牛顿　提出了力学三大定律和万有引力定律；英国物理学家　卡文迪许　测量出万有引力常量．

【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：英国物理学家牛顿提出了力学三大定律和万有引力定律；英国物理学家卡文迪许测量出万有引力常量．

故答案为：牛顿，卡文迪许

【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．

47．（北碚区校级期末）卡文迪许利用如图所示的扭秤实验装置测量了引力常量。

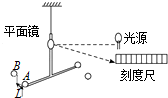
（1）横梁一端固定有一质量为m半径为r的均匀铅球A，旁边有一质量为m半径为r的相同铅球B，A、B两球表面的最近距离为L，已知引力常量为G，则A、B两球间的万有引力大小为F＝　G　。



（2）为了测量石英丝极微的扭转角，该实验装置中采取使“微小量放大”的措施是　CD

A．增大石英丝的直径B．减小T型架横梁的长度

C．利用平面镜对光线的反射D．增大刻度尺与平面镜的距离。



【分析】（1）万有引力定律适用于质点模型，对于质量均匀分布的球，可以看作质量集中在重心上；

（2）为测量石英丝极的扭转角，实验采取了“微小量放大”。当引进m′时由于物体间引力作用，使石英丝极发生微小的扭转，从而带动平面镜转动，导致经平面镜反射过来的光线发生较大变化，得出转动的角度。列出石英丝极微小的扭转力矩等于引力力矩的表达式，从而求出引力常量。

【解答】解：（1）万有引力定律适用于质点模型，对于质量均匀分布的球，可以看作质量集中在重心上，两个重心的间距为L+2r，

故它们间的万有引力大小为：F＝G



（2）A、当增大石英丝的直径时，会导致石英丝不容易转动，对“微小量放大”，没有作用，故A错误；

B、当减小T型架横梁的长度时，会导致石英丝不容易转动，对“微小量放大”，没有作用；故B错误；

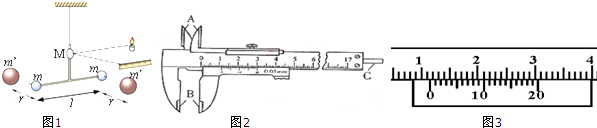
CD、为了测量石英丝极微小的扭转角，该实验装置中采取使“微小量放大”。利用平面镜对光线的反射，来体现微小形变的，或当增大刻度尺与平面镜的距离时，转动的角度更明显。因此选项CD正确。

故答案为：（1）G； （2）CD。



【点评】本题巧妙地利用光的反射将因引力产生微小转动的角度放大，同时利用力矩平衡来解题，能拓宽学生的解题思路，提高解题能力。

48．（碑林区校级模拟）卡文迪许利用如图所示的扭秤实验装置测量了引力常量G．



（1）为了测量石英丝极微小的扭转角，该实验装置中采取使“微小量放大”的主要措施是　CD

A．减小石英丝的直径

B．减小T型架横梁的长度

C．利用平面镜对光线的反射

D．增大刻度尺与平面镜的距离

（2）图2为一游标卡尺的结构示意图，当测量一钢笔帽的内径时，应该用游标卡尺的　A　（填“A”“B”或“C”）进行测量；示数如图3所示，该钢笔帽的内径为　11.50　mm．

【分析】（1）根据实验原理可知实验中采取了“微小量放大”的措施；

（2）掌握游标卡尺的使用方法，明确测量内径的方法；根据读数原理读出示数．

【解答】解：（1）为了将微小量放大，该实验中采用了利用平面镜对光线的反射及增大刻度尺与平面镜的距离；故选CD；

（2）测量内径时应使用内测量爪；故应选A；

由图可知，主尺示数为11mm；游标部分第10格对应，故读数为：11+10×＝11.50mm



故答案为：（1）CD；（2）A，11.50

【点评】本题巧妙地利用光的反射将因引力产生微小转动的角度放大；同时注意游标卡尺的使用方法及读数方法．