## 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(　　)

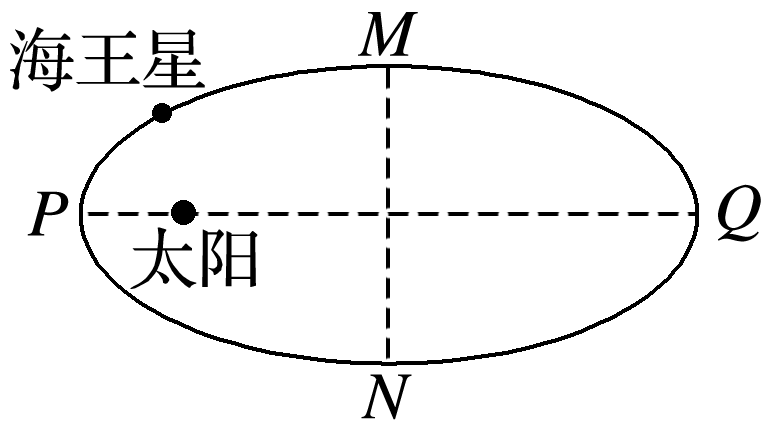


图1

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)(　　)

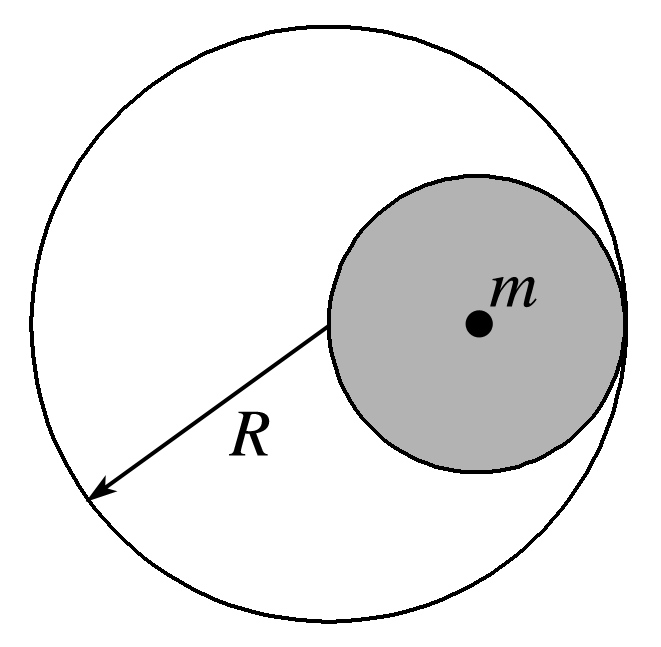


图2

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．（黄埔区校级月考）关于物理科学史或行星的运动，下列说法正确的是（　　）

A．卡文迪许测出了万有引力常量，从而使牛顿被称为“第一位称量地球的人”

B．万有引力定律F＝G中的比例系数G，与中心天体质量有关



C．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

D．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

【分析】卡文迪许测出了万有引力常量，并被称为能称量地球质量的第一人；万有引力常量G是一个常数；开普勒第二定律是针对同一个星体而言的。

【解答】解：A、卡文迪许通过实验测出了万有引力常量，并被称为能称量地球质量的第一人，故A错误；

B、万有引力定律F＝G中的比例系数G是常量，与中心天体质量无关，故B错误；



C、开普勒第二定律是对同一颗行星而言，太阳与行星的连线在相同时间内扫过的面积相等，在相同时间内，火星与太阳连线扫过的面积和木星与太阳连线扫过的面积并不相等，故C错误；

D、若行星的公转周期为T，轨道半长轴为a，根据开普勒第三定律，，常量k与行星无关，与中心天体有关，即火星与木星公转时的中心天体都是太阳，它们公转周期的平方之比等于它们轨道半长轴的立方之比，故D正确。



故选：D。

【点评】本题考查了万有引力定律和开普勒定律，需要注意的是开普勒第二定律中，太阳与行星的连线在相同时间内扫过的面积相等，是针对同一颗行星而言的。

2．（温州期中）开普勒被誉为“天空的立法者”。关于开普勒行星运动定律，下列说法正确的是（　　）

A．太阳系的行星绕太阳做匀速圆周运动

B．同一行星在绕太阳运动时近日点速度小于远日点速度

C．绕太阳运行的多颗行星中离太阳越远的行星运行周期越大

D．地球在宇宙中的地位独特，太阳和其他行星都围绕着它做圆周运动

【分析】根据开普勒三定律的内容即可分析求解。

【解答】解：AD、根据开普勒第一定律，太阳系的所有行星分别沿不同大小的椭圆轨道绕太阳运动，故AD错误；

B、根据开普勒第二定律，同一行星与太阳的连线在相等的时间内扫过相等的面积，故远日点速度小，近日点速度大，故B错误；

C、根据开普勒第三定律，所有绕太阳运行的行星的椭圆轨道半长轴的三次方与公转周期的平方的比值相等，故离太阳越远，轨道半长轴越大，行星的公转周期越大，故C正确；

故选：C。

【点评】本题考查开普勒三定律，解题关键是理解并掌握开普勒三定律的含义。

3．（临澧县校级月考）中国北斗卫星导航系统已经组网完成，具备区域导航、定位和授时能力，定位精度为分米、厘米级别，测速精度为0.2米/秒，授时精度为10纳秒。北斗导航在轨工作的33颗卫星轨道半径有两种，一种是轨道半径为42000公里的同步地球轨道，另一种是轨道半径为28000公里的中圆地球轨道，则在中圆地球轨道上运行的卫星的周期约为（　　）

A．5小时 B．13小时 C．16小时 D．44小时

【分析】根据开普勒第三定律：分析求解。



【解答】解：同步卫星周期为24小时，由开普勒第三定律，可知在地球中圆轨道上运行的卫星周期为T＝×24小时≈13小时，故B周期，ACD错误。



故选：B。

【点评】开普勒定律是描述行星（卫星）围绕中心天体的运动，需掌握会灵活选取三定律分析问题。

4．（南阳期中）行星绕太阳运动的轨道是椭圆。如果椭圆半长轴为r，行星运行周期为T，不同行星的都是相同的。这一规律的发现者是（　　）



A．第谷 B．开普勒 C．哥白尼 D．牛顿

【分析】开普勒发现了行星的三大定律：

开普勒第一定律：所有行星绕太阳运行的轨道是椭圆，太阳处在椭圆的一个焦点上。

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的时间内扫过相等的面积；

开普勒第三定律：所有行星轨道半长轴的三次方跟它的公转周期的二次方的比值都相等即：＝K，K与中心天体有关。



【解答】解：开普勒发现了行星的三大定律；

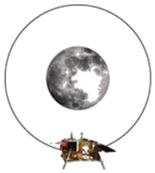
其中第三定律为：所有行星轨道半长轴的三次方跟它的公转周期的二次方的比值都相等即：＝K，K与中心天体有关。故B正确，ACD错误。



故选：B。

【点评】熟记开普勒三大定律，且会应用三大定律分析行星的运动。

5．（会昌县校级月考）“嫦娥四号”绕月运行的示意图如图所示。已知“嫦娥四号”的质量为m，到月球表面的距离为h；月球质量为M、半径为R；引力常量为G。“嫦娥四号”受到月球引力的大小为（　　）



A． B． C． D．



【分析】已知月球和“嫦娥四号”的质量以及二者间的距离，根据万有引力公式F＝G即可求出“嫦娥四号”受到月球引力的大小。



【解答】解：“嫦娥四号”到月球中心间的距离r＝R+h，根据万有引力公式F＝G，可知“嫦娥四号”受到月球万有引力的大小为，故D正确，ABC错误。



故选：D。

【点评】本题考查对万有引力公式的理解，要注意明确公式中的r应为月球中心到“嫦娥四号”的距离。

6．（宁阳县校级月考）“天宫一号”的运行圆轨道离地高度为350km，“神舟十号”需要追赶“天宫一号”并成功与之对接，对接开始前它们在同一平面绕地球做匀速圆周运动且运行方向相同，要成功对接则对接前“神舟十号”应该（　　）

A．从离地高度等于350km的圆轨道上加速且对接成功后运行速度比开始对接前大

B．从离地高度大于350km的圆轨道上减速且对接成功后运行速度比开始对接前小

C．从离地高度小于350km圆轨道上加速且对接成功后运行速度比开始对接前小

D．从离地高度小于350km圆轨道上加速且对接成功后运行速度比开始对接前大

【分析】根据万有引力提供向心力，得出加速度、周期、线速度与轨道半径的关系，从而比较出大小。

【解答】解：根据得，；“神舟十号”需要追赶“天宫一号”，则“神舟十号”应从离地高度小于350km圆轨道追赶。要对接，“神舟十号”需加速由低轨道变到高轨道。据得，，则对接成功后的运行速度比开始对接前小。故C正确，ABD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理论，并能灵活运用，明确卫星变轨的基本方法。

7．（常德期末）下列关于万有引力定律的说法正确的是（　　）

A．万有引力定律是卡文迪许发现的

B．万有引力定律适用于自然界中的任何两个物体之间

C．万有引力定律公式F＝中的G是一个比例常数，是没有单位的



D．万有引力定律公式表明当r等于零时，万有引力为无穷大

【分析】万有引力定律是牛顿发现的，它适用于自然界中的任何两个物体之间．引力常量G有单位，其单位根据公式推导．

【解答】解：A、万有引力定律是牛顿发现的，卡文迪许测定了引力常量G的数值，故A错误。

B、万有引力定律适用于自然界中的任何两个物体之间，故B正确。

C、万有引力定律公式F＝中的G是一个比例常数，是有单位的，其单位是 N•m2/kg2，故C错误。

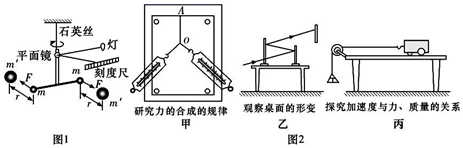


D、万有引力定律公式表明当r等于零时，物体不能看成质点，万有引力定律不成立，所以不能得出万有引力为无穷大的结论，故D错误。

故选：B。

【点评】本题考查对万有引力定律的发现、适用条件和引力常量单位的理解，要注意万有引力定律适用于两个质点间引力的计算，当r等于零时物体不能看成质点，所以不能得到：引力为无穷大．

8．（浉河区校级月考）通常情况下，地球上两个物体之间的万有引力是极其微小以至于很难被直接测量的，人们在长时间内无法得到万有引力常量的精确值。在牛顿发现万有引力定律一百多年以后的1789年，英国物理学家卡文迪许巧妙地利用如图1所示的扭秤装置，才第一次在实验室里比较精确地测出了万有引力常量。在图2所示的三个实验中，与“卡文迪许扭秤实验”中测量微小量的思想方法最相近的是（　　）



A．乙 B．甲

C．丙 D．三个实验都相近

【分析】“卡文迪许扭秤实验”中测量微小量的思想方法为放大法，分别分析甲乙丙三个实验的思想方法，即可选出正确选项。

【解答】解：“卡文迪许扭秤实验”中测量微小量的思想方法为放大法，甲采用等效替代法，乙图采用微小形变放大法，丙采用控制变量法，故A正确，BCD错误；

故选：A。

【点评】本题考查学生对基本物理实验思想方法的认识，要求学生在日常学习中理解和积累，难度较低。

9．（滨州期中）关于行星运动定律和万有引力定律的建立过程，下列说法正确的是（　　）

A．牛顿发现了万有引力定律，并且测得引力常量的数值

B．第谷接受了哥白尼日心说的观点，并根据开普勒对行星运动观察记录的数据，应用严密的数学运算和椭圆轨道假说，得出了开普勒行星运动定律

C．牛顿通过比较月球公转的向心加速度和地球赤道上物体随地球自转的向心加速度，对万有引力定律进行了“月地检验”

D．卡文迪许在实验室里通过几个铅球之间万有引力的测量，得出了引力常量的数值

【分析】本题是物理学史问题，根据开普勒、牛顿、卡文迪许等等科学家的物理学成就进行解答．

【解答】解：A、顿发现了万有引力定律之后，卡文迪许第一次通过实验比较准确地测出万有引力常量，故A错误。

B、开普勒对第谷的行星运动观察记录的数据做了多年的研究，最终得出了行星运行三大定律，故B错误。

C、牛顿通过比较月球公转的周期，根据万有引力充当向心力，对万有引力定律进行了“月地检验”，故C错误。

D、牛顿发现了万有引力定律之后，第一次通过实验比较准确地测出万有引力常量的科学家是卡文迪许，故D正确。

故选：D。

【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，特别是著名科学家的贡献要记牢．

10．（蔡甸区校级月考）在物理学史中，利用“扭秤实验”测出万有引力常量，并且被称为“称量地球质量”的物理学家是（　　）

A．第谷 B．开普勒 C．牛顿 D．卡文迪许

【分析】根据物理学史可得到各个物理学家的突出贡献，即可作答。

【解答】解：第谷时最后一位也是最伟大的以为用肉眼观测的天文学家，开普勒在第谷工作的基础上，提出了开普勒三大定律，牛顿提出了万有引力定律，但是没有测出引力常量，所以没由用万有引力定律计算出地球的质量，利用“扭秤实验”测出引力常量，并且被称为“称量地球质量”的物理学家是卡文迪许，故ABC错误，D正确。

故选：D。

【点评】本题考查物理学史问题，需要注意牛顿只提出万有引力定律，但是没有测出引力常量。

**二．多选题（共10小题）**

11．（沙依巴克区校级期中）关于开普勒行星运动定律，下列说法正确的是（　　）

A．行星在近日点的速率小于在远日点的速率

B．所有行星的轨道的半长轴 r 的立方与其公转周期T 的平方成反比

C．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

D．对任意一个行星来说，它与太阳的连线在相等的时间扫过的面积相等

【分析】开普勒第二定律（面积定律）：对于每一个行星而言，太阳和行星的连线在相等的时间内扫过相等的面积；开普勒第三定律（周期定律）：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；开普勒第一定律（轨道定律）：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。

【解答】解：AD、根据开普勒第二定律，太阳和行星的连线在相等的时间内扫过相等的面积，故离太阳越近，在相同时间内通过的路程越大，对应的平均速率也就越大；所以行星在近日点的速率大于在远日点的速率，故A错误，D正确。

B、根据开普勒第三定律知，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，即所有行星的轨道的半长轴 r 的立方与其公转周期T 的平方成正比，故B错误。

C、根据开普勒第一定律知，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，故C正确。

故选：CD。

【点评】本题考查了开普勒定律。注意：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。

12．（运城期中）理论和实践证明，开普勒定律不仅适用于太阳系中的天体运动，而且对一切天体（包括卫星绕行星的运动）都适用。下面对于开普勒第三定律的公式＝k，下列说法正确的是（　　）



A．公式既适用于轨道是椭圆的运动，也适用轨道是圆周的运动

B．式中的k值，对于所有行星（或卫星）都相等

C．式中的k值，只与中心天体有关，与绕中心天体旋转的行星（或卫星）无关

D．若已知月球与地球之间的距离，根据公式可求出地球与太阳之间的距离

【分析】开普勒运动定律不仅适用于椭圆运动，也适用于圆周运动；开普勒第三定律的公式＝k中的k是与中心星体的质量有关。



【解答】解：A、开普勒第三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，所以也适用于轨道是圆的运动，故A正确；

B、式中的k是与中心星体的质量有关，所以式中的k值，并不是对于所有行星（或卫星）都相等，故B错误；

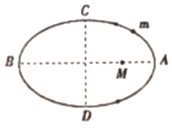
C、式中的k是只与中心星体的质量有关，与绕中心天体旋转的行星（或卫星）无关，故C正确；

D、式中的k是与中心星体的质量有关，月球绕地球转动而地球绕太阳运动，二者不具有同一中心天体，故公式不成立，所以已知月球与地球之间的距离，无法求出地球与太阳之间的距离，故D错误。

故选：AC。

【点评】本题考查的是开普勒定律，明确开普勒定律不仅适用于椭圆运动，也适用于圆周运动，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，式中的k是与中心星体的质量有关的。

13．（萍乡期末）如图，行星m绕恒星M沿椭圆轨道运动，其中A、B、C、D分别为椭圆轨道长轴和短轴的端点，且行星运行的周期为T0，若只考虑行星和恒星之间的相互作用，则行星m从A经过C、B、D回到A的过程中，下列说法正确的是（　　）



A．从A运动到C所用的时间等于0.25T0

B．从A运动到B所用的时间等于0.5T0

C．从A运动到B的过程中，行星的加速度逐渐变小

D．从B运动到A的过程中，行星的速率逐渐变小

【分析】开普勒的行星运动第二定律：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，可知近日点线速度和角速度都比远日点大；加速度由万有引力决定。

【解答】解：AB、由对称性知，从A到B运动时间是周期的一半，为0.5T0，A到C线速度比B到C线速度大，路程相等，所以A到C时间小于0.25T0，故A错误，B正确；

C、根据牛顿第二定律，G＝ma，知从A运动到B的过程中，R越来越大，万有引力变小，所以行星的加速度逐渐变小，故C正确；



D、根据开普勒的行星运动第二定律，从B运动到A的过程中，行星的速率逐渐变大，故D错误；

故选：BC。

【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，基本定理应熟练掌握。

14．（东湖区校级月考）关于开普勒行星运动的公式＝k以下理解正确的是（　　）



A．k是一个与行星无关的量

B．T表示行星运动的自转周期

C．T表示行星运动的公转周期

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＝k，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、k是一个与行星无关的常量，与恒星的质量有关，故A正确。

BC、T代表行星运动的公转周期，故B错误，C正确。

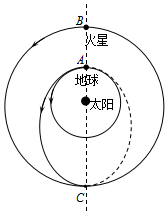
D、公式＝k中的k是与中心天体质量有关的，中心天体不一样，k值不一样。地球公转的中心天体是太阳，月球公转的中心天体是地球，k值是不一样的。故D错误。



故选：AC。

【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。

15．（西城区期末）2020年7月23日，我国首次火星探测任务“天问一号”探测器，在中国文昌航天发射场，应用长征五号运载火箭送入地火转移轨道。火星距离地球最远时有4亿公里，最近时大约0.55亿公里。由于距离遥远，地球与火星之间的信号传输会有长时间的时延。当火星离我们最远时，从地球发出一个指令，约22分钟才能到达火星。为了节省燃料，我们要等火星与地球之间相对位置合适的时候发射探测器。受天体运行规律的影响，这样的发射机会很少。为简化计算，已知火星的公转周期约是地球公转周期的1.9倍，认为地球和火星在同一平面上、沿同一方向绕太阳做匀速圆周运动，如图所示。根据上述材料，结合所学知识，判断下列说法正确的是（　　）



A．地球的公转向心加速度小于火星的公转向心加速度

B．当火星离地球最近时，地球上发出的指令需要约3分钟到达火星

C．如果火星运动到B点，地球恰好在A点时发射探测器，那么探测器将沿轨迹AC运动到C点时，恰好与火星相遇

D．下一个发射时机需要再等约2.1年

【分析】根据牛顿第二定律和万有引力定律列式分析加速度关系；

根据位移、速度、时间关系分析A到B的时间；

由开普勒第三定律分析探测器与火星是否相遇；

最佳发射时机相当于求的是地球与火星再一次出现最短距离时所用的时间。

【解答】解：A、火星轨道半径大于地球轨道半径，由G＝ma可知，向心加速度与轨道半径的平方成反比，所以地球的公转向心加速度大于火星的公转向心加速度，故A错误；



B、信号传播速度不变，由＝得，当火星离地球最近时，地球上发出的指令到达火星所需时间：tAB＝＝分钟＝3.025分钟≈3分钟。故B正确；



C.根据开普勒第三定律，火星与探测器的公转半径不同，则公转周期不相同，因此探测器与火星不会同时到达C点，不能在C点相遇，故C错误；

D.地球的公转周期为1年，火星的公转周期约是地球公转周期的1.9倍，两者的角速度之差为：，则地球再一次追上火星的用时为年，故D正确。



故选：BD。

【点评】容易出现错误的是“下一个最佳发射时机”，要从题目的意思“为了节省燃料，我们要等火星与地球之间相对位置合适的时候发射探测器”去理解，说明这个最佳发射时机与位置有关，也就变成了天体之间的追及问题。

16．（黄冈模拟）2020年中国航天捷报频传、硕果累累。6月23日，北斗三号最后一颗全球组网卫星成功发射；7月23日，“天问一号”火星探测器成功发射；11月24日，“嫦娥五号”月球探测器成功发射。已知火星的直径约为月球的2倍、地球的；火星的质量约为月球的9倍、地球的，下列说法正确的是（　　）



A．地球，火星、月球的密度之比为9：8：6

B．地球、火星、月球的密度之比为81：72：64

C．地球、火星、月球的第一宇宙速度之比为18：9：4

D．地球、火星、月球的第一宇宙速度之比为9：3：2



【分析】根据体积和密度的公式，列比例式即可求得密度之比，根据万有引力等于向心力，可以得到第一宇宙速度的表达式，列比例式即可求得第一宇宙速度之比。

【解答】解：AB、球体体积，密度，已知火星的直径约为月球的2倍、地球的；火星的质量约为月球的9倍、地球的，所以可设月球半径为r，则火星半径为2r，地球半径为4r，设月球质量为M月，则火星质量为9M月，地球质量为81M月，则，故A错误，B正确；



CD、根据万有引力等于向心力，有，第一宇宙速度为，所以



＝，故C错误，D正确；



故选：BD。

【点评】本题考查第一宇宙速度，会根据万有引力等于向心力推出第一宇宙速度的表达式，会用比例式求解比例。

17．（兴庆区校级期中）万有引力定律首次揭示了自然界中物体间一种基本相互作用的规律，以下关于万有引力定律说法不正确的是（　　）

A．物体的重力不是地球对物体的万有引力引起的

B．人造地球卫星离地球越远，受到地球的万有引力越大

C．人造地球卫星绕地球运动的向心力由地球对它的万有引力提供

D．宇宙飞船内的宇航员处于失重状态是由于没有受到万有引力的作用

【分析】解答本题需要掌握：万有引力定律的内容、表达式、适用范围、重力与万有引力的关系；宇宙飞船中的宇航员做匀速圆周运动，重力提供向心力，处于完全失重状态。

【解答】解：A、物体受到的重力是由于地球对物体的吸引而产生的，故A不正确；

B、万有引力与物体间的距离的平方成反比，人造地球卫星离地球越远，受到地球的万有引力越小，故B不正确；

C、人造地球卫星做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，故C正确；

D、宇航员随宇宙飞船一起绕地球做匀速圆周运动，宇航员受到的引力完全提供向心力，处于完全失重状态，故D不正确。

本题选择不正确的是，故选：ABD。

【点评】本题关键是要掌握万有引力定律的内容、表达式、适用范围。超重与失重不是重力变化，而是物体对支持物的压力或对悬挂物的拉力大于或小于重力的现象。

18．（邢台期中）下列说法正确的是（　　）

A．伽利略整理第谷的观测数据，发现了行星运动的三条定律

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，卡文迪许首次在实验室测出了引力常量

【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：A、开普勒整理第谷的观测数据，发现了行星的三大运动规律，故A错误；

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、牛顿发现了万有引力定律，卡文迪许第一次在实验室里测出了万有引力常量，故D正确。

故选：BD。

【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。

19．（香坊区校级期中）下列说法正确的是（　　）

A．天王星的运行轨道偏离根据万有引力计算出来的轨道，其原因是由于天王星受到轨道外面其它行星的引力作用

B．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

C．海王星是牛顿运用万有引力定律，经过大量计算而发现的，被人们称为“笔尖上的行星”

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

【分析】明确有关万有引力的应用，掌握海王星的发现历程，同时明确开普勒定律的基本内容。

【解答】解：A、科学家亚当斯通过对天王星的长期观察发现，其实际运行的轨道与圆轨道存在一些偏离，且每隔一段时间发生一次最大的偏离，亚当斯利用牛顿发现的万有引力定律对观察数据进行计算，认为形成这种现象的原因可能是天王星外侧还存在着一颗未知行星（后命名为海王星），故A正确；

B、根据开普勒第三定律可知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，故B正确；

C、海王星是运用万有引力定律，经过大量的计算后发现的，但不是牛顿运用万有引力定律经过大量计算而发现的，故C错误；

D、根据开普勒第二定律可知相同时间内，火星与太阳连线扫过的面积不等于木星与太阳连线扫过的面积，故D错误。

故选：AB。

【点评】（1）天王星是在一个偶然的情况下被发现的。1781年3月13日，英国天文学家威廉•赫歇耳在用自制反射式望远镜观察星空时，偶然在双子座发现了一颗淡绿色的星星。经过连续几天的观测，他认为这一定是太阳系中的天体，可能是彗星，为此他向英国皇家学会递交了一份名为《一颗彗星的报告》的论文。 1783年，法国科学家拉普拉斯证实赫歇耳发现的是一颗行星。为此，威廉•赫歇耳被英国皇家学会授予柯普莱勋章。

（2）人们在长期的观察中发现天王星的实际运动轨道与应用万有引力定律计算出的轨道总存在一定的偏差，所以怀疑在天王星周围还可能存在有行星，然后应用万有引力定律，结合对天王星的观测资料，便计算出了另外两颗行星的轨道，进而在计算的位置观察新的行星，这是海王星和冥王星。

20．（新津县期中）下列说法正确的是（　　）

A．万有引力定律揭示了自然界中有质量的物体间普遍存在着的一种相互吸引力

B．牛顿在实验室里测出了引力常量G的数值

C．引力常量G的单位是N•m2/kg2

D．两个质量为1kg的质点相距1m时的万有引力为6.67N

【分析】牛顿发现了万有引力定律，卡文迪许测出了引力常量．根据万有引力定律公式推导引力常量的单位，以及求出引力的大小．

【解答】解：A、自然界中任意两个物体都存在引力，万有引力定律揭示了自然界中有质量的物体间普遍存在着的一种相互吸引力。故A正确。

B、卡文迪许测出了引力常量。故B错误。

C、根据F＝知，引力常量的单位为N•m2/kg2．故C正确。



D、根据F＝知，两质点间的引力F＝．故D错误。



故选：AC。

【点评】解决本题的关键掌握万有引力定律的公式F＝，并能灵活运用．



**三．填空题（共10小题）**

21．（秦都区校级月考）开普勒第三定律（周期定律）所有行星的轨道半长轴的　三次方　跟它的公转周期的　平方　的比值都相等

用α表示半长轴，T表示周期，第三定律的数学表达式为k＝



【分析】开普勒第三定律中的＝K，可知半长轴的三次方与公转周期的二次方成正比。



【解答】解：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，即，也就是开普勒第三定律；



故答案为：三次方 平方 ；



【点评】本题考查了物理定律的只是，只要熟记规律内容即可解答，题目简单；

22．（东方校级月考）地球绕太阳运行的半长轴为1.5×1011m，周期为365天；月球绕地球运行的轨道半长轴为3.82×108m，周期为27.3天，则对于绕太阳运行的行星；的值为　3.4×1018　m3/s2，对于绕地球运行的物体，则＝　9.8×1012　 m3/s2．



【分析】据开普勤第三定律得环绕天体轨道半长轴的三次方和公转周期的二次方之比为一定值，故根据地球绕太阳运动可以求得绕太阳运行的行星的K值，同理绕地球人的造卫星的K值亦可以由月球绕地球运动求得．

【解答】解：1天＝24×3600s

地球绕太阳运动的＝＝3.4×1018 m3/s2



月球绕地球运动的＝＝9.8×1012 m3/s2



根据开普勤第三定律可得：绕太阳运动的行星＝3.4×1018 m3/s2；绕地球运动的卫星＝9.8×1012 m3/s2．



故答案为：3.4×1018；9.8×1012

【点评】注意时间单位的换算，以及比值是有单位的．熟悉开普勒第三定律，由地球得到其它行星绕太阳运动的，由月球绕地球运动得到所有卫星绕地于运动的．



23．（秦都区校级月考）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

思考：（1）图中α、b两点，处于椭圆的长轴的两端，其中　 　为近日点，　a　为远日点，行星在　 　点速度大，行星在　a　点速度小。

（2）行星在公转的过程中，速度从近日点到远日点　逐渐减小　；从远日点到近日点　逐渐增大　。



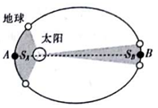
【分析】根据开普勒的第二定律的内容回答：对任意一个行星来说，它与太阳的连线在相等的时间内扫过相等的面积。

【解答】解：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相等的面积。如图知b为近日点，a为远日点，根据开普勒第二定律知b点速度大，a点速度小，行星在公转的过程中，速度从近日点到远日点逐渐减小；从远日点到近日点逐渐增大。

故答案为：相等的时间，面积相等；（1）b，a，b，a（2）逐渐减小，逐渐增大

【点评】该题考查开普勒的第二定律的内容以及理解，属于课堂上的知识巩固或课下的知识巩固一类的题目，题目简单，不能出现错误。

24．（赤峰期中）如图所示，椭圆为地球绕太阳运动的轨道，A、B分别为地球绕太阳运动的近日点和远日点，地球经过这两点时的速率分别为vA和vB；阴影部分为地球与太阳的连线在相等时间内扫过的面积，分别用SA和SB表示，则vA　＞　vB、SA　＝　SB．（均填“＞”“＝”或“＜”）



【分析】根据开普勒的行星运动第二定律：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解答。

【解答】解：对任意一个行星来说，它与太阳的连线在相等时间内扫过的面积相等。根据v＝可知：vA＞vB，SA＝SB。



故答案为：＞；＝。

【点评】开普勒关于行星运动的三定律是万有引力定律得发现的基础，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。

25．（沙依巴克区校级期中）有一宇宙飞船到了某行星上（该行星没有自转运动），以速度v接近行星赤道表面匀速飞行，测出运动的周期为T，已知引力常量为G，则可得：该行星的半径为　　；该行星的平均密度为　　．



【分析】飞船绕行星做匀速圆周运动，万有引力提供圆周运动向心力，知道该飞船的轨道半径与行星半径近似相等，由圆周运动知识展开讨论即可．

【解答】解：根据周期与线速度的关系T＝，可得行星的半径：R＝．



万有引力提供向心力，由牛顿第二定律得：G＝m，解得行星的质量：M＝．



该行星的平均密度为 ρ＝＝



故答案为：；．



【点评】知道圆周运动的线速度与周期的关系，能根据万有引力提供圆周运动向心力推导出描述圆周运动物理量的关系，掌握基本知识是解决问题的关键．

26．（天心区校级期中）太阳对行星的引力大小与行星的质量　正比　（选填“正比”或“反比”），与它们的距离的平方成　反比　（选填“正比”或“反比”）

【分析】太阳对行星的引力和行星对太阳的引力是一对作用力和反作用力，大小相等，方向相反，作用在不同的物体上，根据万有引力定律判断太阳与行星间的引力与它们距离和质量的关系。

【解答】解：行星围绕太阳做匀速圆周运动，由万有引力提供向心力，根据万有引力定律F＝G知，这个向心力大小与行星到太阳的距离的平方成反比，与太阳质量和行星质量的乘积成正比，因太阳质量一定，故太阳对行引的引力大小与行星的质量成正比。



故答案为：正比，反比。

【点评】解决本题的点关键要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。

27．（兴安县校级期中）一个登月者，只用一个弹簧秤和一个质量为m的砝码，估测出了月球的质量和密度，请写出表达式M＝　　，ρ＝　　（提示：弹簧秤可以测出砝码在月球表面的重量G′，月球半径为R）．



【分析】根据月球表面用弹簧秤称得质量m的砝码重力为G′，根据万有引力等于重力可求出月球的质量．根据密度的公式可求出月球的密度．

【解答】解：在月球表面用弹簧秤称得质量m的砝码重为F′，设月球表面的重力加速度为g．

依题意可得：G′＝mg

又根据万有引力等于重力得：



即：



解得月球质量为：



则月球的密度为：＝＝



故答案为：，．



【点评】把星球表面的物体受力分析和天体运动结合起来是考试中常见的问题．重力加速度g是天体运动研究和天体表面宏观物体运动研究联系的物理量．

28．（金山区二模）卡文迪许利用　扭秤　实验测量了引力常量G。两物体间的万有引力大小相等，与两物体质量是否相等　无关　（选填“有关”或“无关”）。

【分析】卡文迪许第一次在实验室利用扭秤实验测出了引力常量，两物体间的万有引力总是大小相等，与两物体质量是否相等无关，遵循牛顿第三定律。

【解答】解：卡文迪许第一次在实验室利用扭秤实验测出了引力常量，两物体间的万有引力总是大小相等，与两物体质量是否相等无关，遵循牛顿第三定律。

故答案为：扭秤，无关。

【点评】本题考查了物理学史，学好物理学史不仅是高中物理学习的要求，而且能提高我们对物理的学习兴趣，平时要注意物理学史的积累．

29．（金山区二模）卡文迪什的　扭秤　实验测量了引力常量G，该常量的单位是　Nm2/kg2　。

【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：卡文迪什的扭秤实验测量了引力常量G，

根据F＝G知，该常量的单位是Nm2/kg2。



故答案为：扭秤，Nm2/kg2。

【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。

30．（潮安区校级期中）万有引力定律是由英国著名的物理学家　牛顿　总结出来的定律，但是他无法测出引力常量G的值。100多年后，英国物理学家　卡文迪许　在实验中通过几个铅球之间万有引力的测量，得出引力常量G＝　6.67×10﹣11　N．m2/kg2

【分析】本题考查了物理学史，了解所涉及伟大科学家的重要成就，明确万有引力定律发现的基本历程。

【解答】解：万有引力定律是由英国著名的物理学家牛顿总结出来的定律，但是他无法测出引力常量G的值。100多年后，英国物理学家卡文迪许在实验中通过几个铅球之间万有引力的测量，得出引力常量G＝6.67×10﹣11 N．m2/kg2

故答案为：牛顿；卡文迪许；6.67×10﹣11。

【点评】本题考查了学生对物理学史的掌握情况，对于物理学史部分也是高考的热点，平时训练不可忽略。

**四．计算题（共6小题）**

31．（祁县校级月考）“超级地球”是指围绕恒星公转的类地行星。科学家发现有两颗未知质量的不同“超级地球”A和B环绕同一颗恒星做匀速圆周运动，已知它们的公转周期分别为TA＝1年和TB＝8年。根据上述信息计算两颗“超级地球”的

（1）角速度之比ωA：ωB；

（2）向心加速度之比aA：aB。

【分析】（1）根据圆周运动中角速度和周期间的关系可确定角速度之比；

（2）根据开普勒第三定律可知半径之比，再根据a＝ω2r可求出向心加速度之比。

【解答】解：（1）根据圆周运动得



（2）根据开普勒第三定律



得



由向心加速度公式a＝ω2r得

：1



答：（1）角速度之比ωA：ωB为8：1；

（2）向心加速度之比aA：aB为16：1。

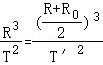
【点评】本题考查天体运动中开普勒定律的应用以及圆周运动规律的应用，本题也可以直接利用万有引力充当向心力确定半径关系。

32．2012年6月16日18时37分，“神舟九号”飞船在酒泉卫星发射中心发射升空，2012年6月18日约11时左右转入自主控制飞行.14时左右与“天宫一号”实施自动交会对接，这是中国实施的首次载人空间交会对接。并于2012年6月29日10点00分安全返回，返回前飞船沿半径为R的圆周绕地球运动，其周期为T，如图所示，若飞船要返回地面，需在轨道上的某点A将速度降低到适当的数值，从而使飞船沿着以地心为焦点的椭圆轨道运行，椭圆轨道与地球表面在B点相切，求飞船由A点到B点所需的时间。（已知地球半径为R0）



【分析】根据开普勒第三定律求得飞船绕椭圆轨道转动一周所需要的时间即可求得

【解答】解：根据开普勒第三定律可知：



解得：T′＝



从A点到B点所需的时间为：t＝＝

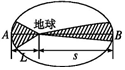


答：飞船由A点到B点所需的时间



【点评】本题主要考查了开普勒第三定律，关键是抓住绕椭圆运动的半长轴距离即可

33．一颗人造地球卫星绕地球做椭圆运动，地球位于椭圆轨道的一个焦点上，如图所示，地球距离卫星的近地点A的距离为L，距离卫星的远地点B的距离为s，求卫星在A点和B点的速度之比。



【分析】根据开普勒第二定律进行分析，利用几何关系确定面积的表达式，即可求出速度之比。

【解答】解：设卫星在A点时的速度为vA，在B点时的速度为vB。

在A点附近截取一小段曲线，则此段曲线可看成是一小段圆弧，半径为L，弧长为l1；同理，在B点附近也截取一小段曲线看成是以地球为圆心的一小段圆弧，半径为s，弧长为l2．分别将圆弧两端与地心相连，如题图所示。设在A点运动弧长l1和在B点运动弧长l2用时相等。

由开普勒第二定律可知，卫星与地球的连线在相等的时间内扫过的面积相等。

即Ll1＝sl2。

由于A点附近速度大小变化很小，所以有l1＝vAt；同理，在B点附近，l2＝vBt。

所以，即LvA＝svB，故vA：vB＝s：L。

答：卫星在AB两点的速度之比为s：L

【点评】本题考查开普勒第二定律的应用，也可以直接利用万有引力定律列式分析AB两点的速度。

34．（温州期中）2021年2月我国发射的“天问一号”火星探测器已成功成为我国第一颗人造火星卫星，择时将着落火星表面，对火星的地貌和环境进行探测，人类探测宇宙的脚步将不断向前迈进。设想某一天一位质量m＝60kg的宇航员到达一颗行星上探测，经过前期研究，已测得该行星质量为M＝8×1023kg、半径R＝4000km，引力常量G＝6.67×10﹣11N•m2/kg2。试求：

（1）该宇航员在行星上受到的万有引力大小；

（2）该行星表面的重力加速度大小；（忽略行星的自转，计算结果保留一位有效数字）

（3）该行星近地轨道卫星的速度大小。（保留一位有效数字）

【分析】（1）根据万有引力公式即可求解；

（2）在行星表面，根据万有引力等于重力即可求解；

（3）对于近地轨道卫星，根据万有引力提供向心力即可求解。

【解答】解：（1）由万有引力公式得：＝200N；



（2）在行星表面，忽略行星的自转，万有引力等于重力，有，解得：g＝3m/s2；



（3）近地轨道卫星绕行星做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，轨道半径等于行星的半径：，代入数据解得：v≈4×103m/s；



答：（1）该宇航员在行星上受到的万有引力大小为200N；

（2）该行星表面的重力加速度大小为3m/s2；

（3）该行星近地轨道卫星的速度大小为4×103m/s。

【点评】本题考查万有引力定律及其应用，注意在行星表面，忽略行星自转的情况，万有引力等于重力。

35．（运城期中）随着我国登月计划的实施，我国宇航员登上月球已不是梦想。假如我国宇航员登上月球并在月球表面附近以初速度v0竖直向上抛出一个小球，经时间t后回到抛出点已知月球的半径为R，万有引力常量为G，求：

（1）月球表面重力加速度；

（2）月球的密度。

【分析】（1）根据竖直上抛运动规律可求出月球表面重力加速度；

（2）根据在月球表面，万有引力近似等于重力求出月球质量，由V＝求出月球体积，最后根据：求解月球密度。



【解答】解：（1）由竖直上抛运动的规律可知月球表面重力加速度为：g＝＝



（2）在月球表面，万有引力近似等于重力，即

＝mg



解得，月球的质量M＝



月球的体积V＝



则月球的密度为：



解得：ρ＝



答：（1）月球表面重力加速度为；



（2）月球的密度为。



【点评】本题结合竖直上抛运动规律求月球表面的重力加速度，根据万有引力与重力相等求出月球质量，这是求解包含重力加速度类型题目常用方法。

36．（鼓楼区校级期中）已知地球半径为R，表面重力加速度为g，一昼夜时间为T，万有引力常量为G，忽略地球自转的影响。试求：

（1）第一宇宙速度v；

（2）近地卫星的周期T'；

（3）同步卫星离地面的高度h。

【分析】（1）万有引力提供向心力，应用万有引力公式与牛顿第二定律可以求出第一宇宙速度；

（2）根据万有引力提供向心力，可以求出近地卫星的周期；

（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可以求出同步卫星的轨道半径，然后求出卫星高度。

【解答】解：忽略地球自转的影响，地球表面的物体所受重力等于万有引力，即：，解得：GM＝gR2；



（1）第一宇宙速度为卫星在地面附近轨道做匀速圆周运动的环绕速度，根据万有引力提供向心力得：，联立解得：；



（2）近地卫星做匀速圆周运动，近地卫星轨道半径为R，由万有引力提供向心力得：，联立解得：T′＝；



（3）同步卫星做匀速圆周运动，同步卫星轨道半径为R+h，同步卫星的周期等于地球自转周期T，由万有引力提供向心力得：，联立解得：h＝。



答：（1）第一宇宙速度v为；



（2）近地卫星的周期T'为；



（3）同步卫星离地面的高度h为。



【点评】本题考查了万有引力定律的应用；知道地球的第一宇宙速度是近地卫星绕地球表面做圆周运动的速度，近地卫星的轨道半径等于地球半径，知道同步卫星的周期等于地球自转周期。

**五．解答题（共7小题）**

37．已知太阳系有八大行星，从距离太阳较近处依次向外排列为：水星、金星、地球，火星、木星、土星、天王星、海王星，根据开普勒定律，试判断八大行星运动的周期的大小关系。

【分析】根据开普勒第三定律得到周期与半径的关系，由此确定周期的大小。

【解答】解：设太阳的质量为M，行星的质量为m，轨道半径为R，运动周期为T。

根据开普勒第三定律可知：，则行星的轨道半径越大，周期越大；轨道半径越小，周期越小。



八大行星运动的周期的大小关系为：T水星＜T金星＜T地球＜T火星＜T木星＜T土星＜T天王星＜T海王星。

答：水星、金星、地球，火星、木星、土星、天王星、海王星的周期依次增大。

【点评】本题主要是考查开普勒第三定律，解答本题的关键是知道绕同一中心天体旋转的卫周期和半径的关系。

38．行星的轨道与圆十分接近，在中学阶段的研究汇总我们通常按圆轨道处理，这样做有什么好处？

【分析】行星的运动轨道与圆十分接近，绕太阳运行的行星做匀速圆周运动．根据开普勒第三定律＝k可知k只与中心天体的质量决定，中心体相同，k相同，故所有绕太阳运行的行星轨道半径三次方跟它的公转周期的二次方的比值都相等，对于绕不同恒星的行星，轨道半径三次方跟它的公转周期的二次方的比值都不相等，从而即可求解．



【解答】解：行星的运动轨道与圆十分接近，绕太阳运行的行星做匀速圆周运动，

因此根据万有引力定律与牛顿第二定律，由引力提供向心力，

则列式可求得，运行的线速度，角速度，及周期与半径的关系，

答：好处是可运用圆周运动的处理规律来处理天体问题．

【点评】本题考查了圆周运动的处理规律，掌握万有引力定律与牛顿第二定律的应用，理解向心力表达式内容．

39．如果牛顿推导的太阳与行星间引力的表达式中，引力的大小与其距离的n次方（n≠2）成反比，各行星的周期与其轨道半径的二次方成正比，则n的值是多大？

【分析】根据引力与其距离的关系，列出引力提供向心力表达式，结合周期与其轨道半径的二次方成正比，从而即可求解．

【解答】解：根据题意可知，



解得：T＝；



由于行星的周期与其轨道半径的二次方成正比，

因此n＝3；

答：则n的值是3．

【点评】考查牛顿第二定律的应用，掌握向心力表达式，注意行星的周期与其轨道半径的二次方成正比，是解题的关键．

40．地球公转轨道的半径在天文学上常用来作为长度单位，叫做一个天文单位，用来量度太阳系内天体与太阳的距离。已知火星公转的周期是1.84年，根据开普勒第三定律，火星公转轨道半径是多少个天文单位的长度？（将地球和火星绕太阳公转的轨道近似看成圆形轨道。）

【分析】开普勒第三定律，也称周期定律：是指绕以太阳为焦点的椭圆轨道运行的所有行星，其椭圆轨道半长轴的立方与周期的平方之比是一个常量。

【解答】解：已知火星公转的周期是1.84年，地球公转轨道的半径在天文学上常用来作为长度单位，叫做一个天文单位，

根据开普勒第三定律＝C，有＝



解得火星公转的轨道半径是1.5天文单位。

答：火星公转的轨道半径是1.5天文单位。

【点评】此题运用开普勒第三定律来求解，比用万有引力提供向心力的方法更简单，更方便。属于基础题。

41．（城西区校级月考）宇航员在某星球上，以某初速度将物体水平抛出，测出抛出点与落地点距离为L，所用时间为t，当水平初速度变为原来的2倍时，测得抛出点到离地点距离为L，已知该星球半径为R，万有引力衡量为G，求该星球质量．



【分析】物体做平抛运动，根据平抛运动的合位移公式列式求解出重力加速度；然后根据星球表面的重力等于万有引力列式求解该星球质量．

【解答】解：物体做平抛运动，根据合位移公式，有：

L＝①



L＝②



联立①②解得：

g＝③



星球表面的重力等于万有引力，故：

mg＝G④



联立③④解得：

M＝



答：该星球质量为．



【点评】本题综合考查了平抛运动和万有引力定律，关键是先根据平抛运动的位移公式求解重力加速度，然后根据万有引力定律列式求解该星球质量．

42．（钟楼区校级月考）火星半径约为地球半径的，火星质量约为地球质量的，地球表面的重力加速度g取10m/s2．



（1）求火星表面的重力加速度．

（2）若弹簧测力计在地球上最多可测出质量是2kg的物体所受的重力，则该弹簧测力计在火星上最多可测出质量是多大的物体所受的重力？

【分析】由星体表面万有引力等于重力可得火星与地球表面重力加速度的比值；并根据弹簧最大弹力不变，结合重力表达式G＝mg，即可求解．

【解答】解：（1）由星体表面万有引力等于重力：mg＝G



解得：＝×（）2＝×＝



则有：g火＝g＝m/s2．



（2）弹簧测力计在地球上最多可测出质量是2kg的物体所受的重力，

则有弹簧的最大弹力为Fmax＝2×10＝20N

该弹簧测力计在火星上最大弹力仍为20N，

根据G＝mg火，则有m＝＝4.5kg



答：（1）火星表面的重力加速度m/s2．



（2）该弹簧测力计在火星上最多可测出质量是4.5kg的物体所受的重力．

【点评】本题重点是对万有引力等重力的应用，此公式比值重要，应用较多，注意在不同的星体上，弹簧的弹力仍不变是解题的关键．

43．（藁城区校级月考）宇航员站在一星球表面上的某高处，沿水平方向抛出一个小球。经过时间t，小球落到星球表面，测得抛出点与落地点之间的距离为L，若抛出时的初速度增大到2倍，则抛出点与落地点之间的距离为L．已知两落地点在同一水平面上，该星球的半径为R，引力常量为G，则：



（1）若在该星球上发射卫星，求最小的发射速度；

（2）该球星的平均密度为多大？

【分析】（1）根据平抛运动的规律，知初速度增大到2倍，则水平位移也增大2倍，结合几何关系求出小球落地的高度，通过平抛运动竖直方向上的运动规律求出重力加速度的大小，结合万有引力等于重力求出月球的质量M，卫星做圆周运动，万有引力提供向心力，应用牛顿第二定律求出最小发生速度。

（2）应用密度公式求出星球的平均密度。

【解答】解：（1）设抛出点的高度为h，第一次平抛运动的水平位移为x，则：x2+h2＝L2

若抛出的初速度为2倍时，则水平位移为2x 因此有：（2x）2+h2＝（L）2



设该星球表面的重力加速度为g'，则：h＝g′t2，



而在该星球表面上，有：G＝mg′，解得，星球质量：M＝；



万有引力提供向心力，由牛顿第二定律得：G＝m，



解得：v＝；



（2）星球的平均密度：ρ＝＝＝；



答：（1）若在该星球上发射卫星，最小的发射速度是；



（2）该球星的平均密度为。



【点评】本题综合考查了平抛运动和万有引力的综合，知道平抛运动在水平方向上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。