

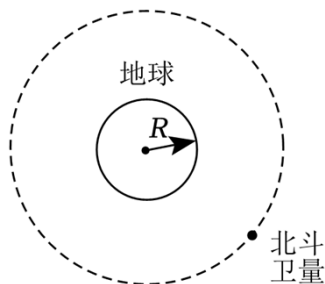
2025 年高考物理复习之小题狂练 600 题（解答题）：万有引力与宇宙航行

（10 题）

一. 解答题（共 10 小题）

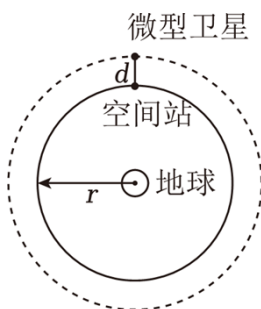
1. （2024•北京一模）中国北斗卫星导航系统是中国自行研制的全球卫星导航系统。2018 年 11 月 19 日，我国在西昌卫星发射中心用长征三号乙运载火箭，以“一箭双星”方式成功将北斗三号双星送入预定轨道，成功完成北斗三号基本系统星座部署。如图所示为其中一颗北斗卫星的轨道示意图。已知该卫星绕地球做匀速圆周运动的周期为 T ，地球半径为 R ，地球表面附近的重力加速度为 g ，引力常量为 G 。

- （1）求地球的质量 M ；
- （2）求该卫星的轨道距离地面的高度 h ；
- （3）请推导第一宇宙速度 v_1 的表达式，并分析比较该卫星的运行速度与第一宇宙速度的大小关系。



2. （2024•重庆模拟）空间机械臂作为在轨支持、服务的一项关键技术，对空间科学的应用和发展起到了很大的带动作用。空间站上安装的机械臂不仅可以维修、安装空间站部件，还可以发射、抓捕卫星。如图所示，空间站在半径为 r 的轨道上做匀速圆周运动。从空间站伸出长为 d 的机械臂，微型卫星放置在机械臂的外端。在机械臂的作用下，微型卫星、空间站、地球在同一直线上，微型卫星与空间站同步做匀速圆周运动。已知地球半径为 R ，地球表面重力加速度为 g ，微型卫星质量为 m ，求：

- （1）空间站所在轨道处的重力加速度；
- （2）机械臂对微型卫星的作用力大小（忽略空间站对卫星的引力以及空间站的尺寸）。



3. （2024•金山区模拟）人类对宇宙的探索已经有很长的历史。从 2300 多年前我国战国时期的思想家尸佼给出了宇宙的定义到广义相对论建立之后，宇宙学真正成为了现代科学意义上的一门学科。

(1) 1929 年, 美国天文学家哈勃通过对大量星系的观测发现, 银河系外的绝大部分星系都在 (选填: A.靠近、B.远离) 我们。据此, 科学家提出了 _____ 宇宙学, 以解释宇宙的起源。

(2) 火星是太阳系的内层行星, 它有火卫一与火卫二两个卫星。

①火星绕太阳公转时的轨道形状是 _____. 火星公转过程中不变的物理量是 _____。

A.线速度

B.万有引力

C.周期

D.向心加速度

②现已测得火卫一距离火星 9378km, 火卫二距离火星 23459km。若仅考虑火星对其作用力, 两者绕火星转动的线速度大小分别为 v_1 和 v_2 , 周期分别为 T_1 和 T_2 , 则 _____。

A. $v_1 < v_2$, $T_1 < T_2$

B. $v_1 < v_2$, $T_1 > T_2$

C. $v_1 > v_2$, $T_1 < T_2$

D. $v_1 > v_2$, $T_1 > T_2$

③已知火星的质量为 M 、半径为 r , 火星与太阳的距离为 l 。有同学认为: 根据万有引力定律和牛顿第二定律可得: $G\frac{Mm}{l^2} = mg$, 就可以求出火星表面重力加速度 $g = G\frac{M}{l^2}$ 。请判断该同学的观点是否有误, 并说明理由。

(3) 为探索外太空, 使发射的卫星挣脱太阳引力的束缚, 飞到太阳系以外的宇宙空间去。

①发射卫星的初速度必须达到 _____。

A.7.9km/s

B.11.2km/s

C.16.7km/s

②在地面上的时钟, 与在高速运行卫星上的时钟相比, 它 _____。

A.走得慢

B.走得快

C.快慢不变

(4) 万有引力定律是支持宇宙探秘的重要理论之一。

①第一次在实验室验证万有引力定律, 并较精确测出万有引力常量的是 _____ (选涂: A.牛顿、B.卡文迪什)。

②用国际单位制的基本单位表示万有引力常量的单位，下列符合要求的是 _____。

A. $\text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$

B. $\text{N} \cdot \text{kg}^2 / \text{m}^2$

C. $\text{m}^3 / (\text{kg} \cdot \text{s}^2)$

D. $\text{kg} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^3$

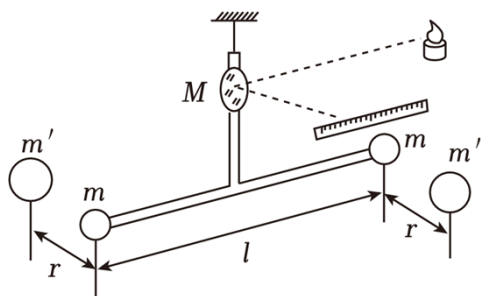
③如图为测量万有引力常量的装置，该实验中为测量石英丝极微小的扭转角，采取“微小量放大”的主要措施是 _____。

A. 增大石英丝的直径

B. 增大 T 型架横梁的长度

C. 增大光源与平面镜的距离

D. 增大刻度尺与平面镜的距离



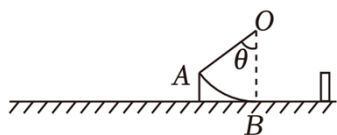
4. (2024•四川一模拟) 如图所示，圆心角 $\theta = 53^\circ$ 的竖直光滑圆弧形槽静止在足够大的光滑水平面上，圆弧 AB 与水平面相切于底端 B 点，圆弧形槽的右方固定一竖直弹性挡板。锁定圆弧形槽后，将一光滑小球（视为质点）从 P 点以大小 $v_0 = 3 \text{ m/s}$ 的初速度水平向右抛出，小球恰好从顶端 A 点沿切线方向进入圆弧形槽。已知小球的质量 $m_1 = 0.1 \text{ kg}$ ，圆弧形槽的质量 $m_2 = 0.2 \text{ kg}$ ，小球运动到 B 点时对圆弧形槽上 B 点的压力大小 $F_N = 11.8 \text{ N}$ ，小球与挡板碰撞前、后的速度大小不变，方向相反。不计空气阻力，取重力加速度大小 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ； $\sin 53^\circ = 0.8$ ， $\cos 53^\circ = 0.6$ 。

(1) 求 P、A 两点间的高度差 h 和水平距离 x ；

(2) 求圆弧形槽的半径 R ；

(3) 若其他情况不变，仅将圆弧形槽解锁，通过计算分析，小球是否会冲出圆弧形槽的 A 点。

$P \circ \rightarrow v_0$



5. (2024•南通模拟) 1610 年，伽利略用自制的望远镜发现了木星的四颗主要卫星。根据他的观察，其中

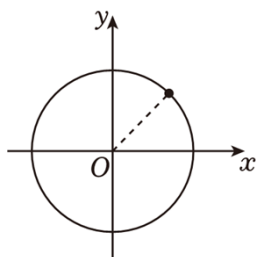
一颗卫星 P 做振幅为 A、周期为 T 的简谐运动，他推测该卫星振动是卫星做圆周运动在某方向上的投影。

如图所示是卫星 P 运动的示意图，在 xOy 平面内，质量为 m 的卫星 P 绕坐标原点 O 做匀速圆周运动。

若认为木星位于坐标原点 O，求：

(1) 卫星 P 做圆周运动的向心力大小；

(2) 物体做简谐运动时，回复力应满足 $F = -kx$ 。试证明：卫星 P 绕木星做匀速圆周运动在 x 轴上的投影是简谐运动。



6. (2024•南通模拟) 嫦娥六号探测器将于 2024 年 6 月登月。已知探测器在近月圆轨道运行速度大小为 v ，月球半径为 R ，万有引力常量为 G ，不考虑月球的自转。求：

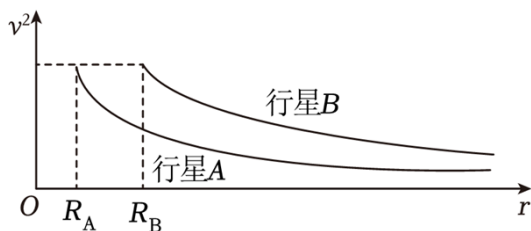
(1) 月球质量 M ；

(2) 月球表面重力加速度大小 g 。

7. (2024•南通模拟) 两颗相距较远的行星 A、B 的半径分别为 R_A 、 R_B ，且 $R_B = 2R_A$ ，距行星中心 r 处的卫星围绕行星做匀速圆周运动的线速度的平方 v^2 随 r 变化的关系如图所示。行星可看作质量分布均匀的球体，忽略行星的自转和其他星球的影响。

(1) 求行星 A、B 的密度之比 $\rho_A : \rho_B$ ；

(2) 假设有相同的人形机器人在行星 A、B 表面的水平地面上从肩位水平射出相同的铅球，在初速度相同的情况下，求铅球射程的比值 $x_A : x_B$ 。



8. (2024•浦东新区模拟) 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。火星质量用 M 表示，“天问一号”探测器质量用 m 表示，万有引力常量为 G 。

(1) 将“天问一号”环绕火星的运动视作匀速圆周运动。

① “天问一号”处于 _____ (选填 A. “平衡” B. “非平衡”) 状态，运动过程中动能 _____ (选

填：A. “变化”、B. “不变”）；

②当“天问一号”绕火星以半径为 r 做圆周运动时，其所受火星的万有引力大小为 _____，线速度大小为 _____（用已知物理量的字母表示）。

（2）“祝融号”火星车承担着在火星表面的探测任务。车上有一个“ \wedge ”型支架如图所示，支架脚与水平面夹角 $\theta = 60^\circ$ 。支架上放置了火星表面重力为 20.0N 的设备，则每个支架脚所受压力为 N ，若 θ 增大，则每个支架脚所受压力 _____（选填：A. “变大” B. “变小”）。

（3）（计算）在距离火星表面 1.86m 的位置将一小石块以 4.96m/s 的初速度水平抛出，经 1s 落到火星表面，不计气体阻力和火星表面的高低起伏变化。求：

①火星表面该处的重力加速度 g 的大小；

②第 1s 末小石块速度 v 的大小；

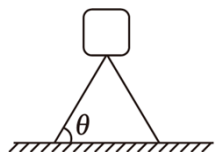
③石块水平抛出的同时，在其正上方 1m 处静止释放一小物块，物块与石块落到火星表面上的时间差 Δt 。

（4）未来某年 A 乘坐速度为 $0.2c$ （ c 为光速）的宇宙飞船跟随正前方的 B，B 的飞行器速度为 $0.4c$ ，A 向 B 发出一束光进行联络。B 观测到该光束的传播速度 _____。

A. 大于 c

B. 等于 c

C. 小于 c



9.（2024•苏州三模）人造卫星发射场一般选择靠近赤道的地方，这样可以利用地球自转减小发射需要的能量，中国文昌航天发射场是世界上为数不多的低纬度发射场之一。已知地球质量为 M ，半径为 R ，地球自转角速度为 ω ，万有引力常量为 G 。若在赤道上发射一近地卫星，求：

（1）发射前卫星在赤道上随地球自转的速度大小 v_0 ；

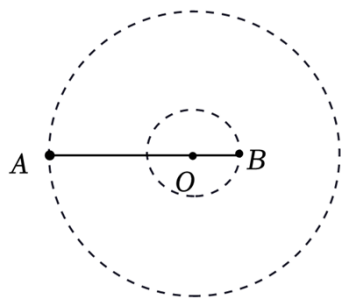
（2）卫星相对地面的最小发射速度 v 。

10.（2024•辽宁三模）中国探月工程（“嫦娥工程”）分为“绕”“落”“回”3个阶段，嫦娥五号月球探测器已经成功实现采样返回，不久的将来中国宇航员将登上月球。已知引力常量为 G 。

（1）若探测器在靠近月球表面的圆形轨道无动力飞行，测得其环绕周期为 T ，忽略探测器到月面的高度，求月球的密度。

（2）忽略其他星球的影响，将地球和月球称为双星，他们受到彼此的万有引力作用，分别围绕其连线

上的某一点 O 做周期相同的匀速圆周运动，如图所示。已知地球和月球中心之间的距离为 L ，地球质量 M ，月球质量 m ，求月球的运动周期为 T_0 。



2025 年高考物理复习之小题狂练 600 题（解答题）：万有引力与宇宙航行

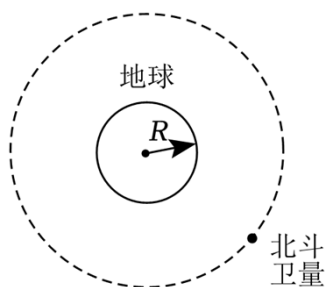
（10 题）

参考答案与试题解析

一、解答题（共 10 小题）

1. （2024•北京一模）中国北斗卫星导航系统是中国自行研制的全球卫星导航系统。2018 年 11 月 19 日，我国在西昌卫星发射中心用长征三号乙运载火箭，以“一箭双星”方式成功将北斗三号双星送入预定轨道，成功完成北斗三号基本系统星座部署。如图所示为其中一颗北斗卫星的轨道示意图。已知该卫星绕地球做匀速圆周运动的周期为 T ，地球半径为 R ，地球表面附近的重力加速度为 g ，引力常量为 G 。

- （1）求地球的质量 M ；
- （2）求该卫星的轨道距离地面的高度 h ；
- （3）请推导第一宇宙速度 v_1 的表达式，并分析比较该卫星的运行速度与第一宇宙速度的大小关系。



【考点】双星系统及相关计算；牛顿第二定律求解向心力；万有引力与重力的关系（黄金代换）。

【专题】应用题；学科综合题；定性思想；方程法；人造卫星问题。

【答案】见试题解答内容

【分析】（1）根据重力等于万有引力求出地球的质量；

（2）根据万有引力提供向心力，列式求解卫星的高度。

（3）根据万有引力提供向心力即可求解。

【解答】解：（1）设一物体的质量为 m_1 ，在地球表面附近，万有引力定律等于重力：
$$\frac{GMm_1}{R^2} = m_1g$$

解得地球质量：
$$M = \frac{gR^2}{G}$$

（2）设卫星质量为 m_2 ，根据牛顿第二定律：
$$\frac{GMm_2}{(R+h)^2} = m_2 \cdot \frac{4\pi^2}{T^2}(R+h)$$

解得：
$$h = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}} - R = \sqrt[3]{\frac{gR^2T^2}{4\pi^2}} - R$$

（3）根据牛顿第二定律：
$$\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r},$$

得: $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

第一宇宙速度为近地卫星的运行速度, 即 $r=R$ 时, $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{gR}$

该卫星的轨道半径 $r=R+h>R$, 因此其速度 $v<v_1$ 。

答: (1) 地球的质量 M 为 $\frac{gR^2}{G}$;

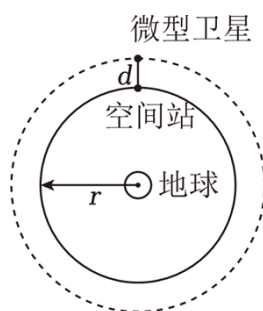
(2) 该卫星的轨道距离地面的高度 h 为 $\sqrt[3]{\frac{gR^2T^2}{4\pi^2}} - R$;

(3) 第一宇宙速度 v_1 的表达式为 \sqrt{gR} , 该卫星的运行速度与第一宇宙速度的大小关系 $v<v_1$ 。

【点评】 解决此题的关键是知道万有引力在不同的位置充当的作用不同, 地面上等于重力, 天体运动中等于向心力。

2. (2024•重庆模拟) 空间机械臂作为在轨支持、服务的一项关键技术, 对空间科学的应用和发展起到了很大的带动作用。空间站上安装的机械臂不仅可以维修、安装空间站部件, 还可以发射、抓捕卫星。如图所示, 空间站在半径为 r 的轨道上做匀速圆周运动。从空间站伸出长为 d 的机械臂, 微型卫星放置在机械臂的外端。在机械臂的作用下, 微型卫星、空间站、地球在同一直线上, 微型卫星与空间站同步做匀速圆周运动。已知地球半径为 R , 地球表面重力加速度为 g , 微型卫星质量为 m , 求:

- (1) 空间站所在轨道处的重力加速度;
(2) 机械臂对微型卫星的作用力大小 (忽略空间站对卫星的引力以及空间站的尺寸)。



【考点】 万有引力与重力的关系 (黄金代换); 牛顿第二定律求解向心力。

【专题】 定量思想; 推理法; 万有引力定律的应用专题; 分析综合能力。

【答案】 (1) 空间站所在轨道处的重力加速度为 $\frac{R^2}{r^2}g$;

(2) 机械臂对微型卫星的作用力大小为 $mgR^2[\frac{r+d}{r^3} - \frac{1}{(r+d)^2}]$ 。

【分析】 (1) 在地球表面处和空间站所在轨道处, 根据万有引力等于重力列式, 联立求解空间站所在轨道处的重力加速度;

(2) 对于空间站, 地球对它的万有引力恰好等于其所需要的向心力, 而微型卫星放置在机械臂的外端,

它们的角速度相同，用隔离法求出机械臂对卫星的作用力。

【解答】解：（1）在地表上的物体 m_1 ，重力由万有引力提供： $G\frac{Mm_1}{R^2} = m_1g$

在空间站位置上对质量为 m_2 的物体有： $G\frac{Mm_2}{r^2} = m_2g'$

联立解得： $g' = \frac{R^2}{r^2}g$

（2）对空间站上质量为 m_2 的物体有： $G\frac{Mm_2}{r^2} = m_2\omega^2r$

对微型卫星： $G\frac{Mm}{(r+d)^2} + F = m\omega^2(r+d)$

联立整理解得： $F = mgR^2[\frac{r+d}{r^3} - \frac{1}{(r+d)^2}]$

答：（1）空间站所在轨道处的重力加速度为 $\frac{R^2}{r^2}g$ ；

（2）机械臂对微型卫星的作用力大小为 $mgR^2[\frac{r+d}{r^3} - \frac{1}{(r+d)^2}]$ 。

【点评】本题考查了万有引力定律在天体运动中的应用，基础题，由万有引力定律，牛顿第二定律，匀速圆周运动向心力公式解答即可。

- 3.（2024•金山区模拟）人类对宇宙的探索已经有很长的历史。从 2300 多年前我国战国时期的思想家尸佼给出了宇宙的定义到广义相对论建立之后，宇宙学真正成为了现代科学意义上的一门学科。

（1）1929 年，美国天文学家哈勃通过对大量星系的观测发现，银河系外的绝大部分星系都在 B（选填：A.靠近、B.远离）我们。据此，科学家提出了 爆炸 宇宙学，以解释宇宙的起源。

（2）火星是太阳系的内层行星，它有火卫一与火卫二两个卫星。

①火星绕太阳公转时的轨道形状是 椭圆。火星公转过程中不变的物理量是 C。

A.线速度

B.万有引力

C.周期

D.向心加速度

②现已测得火卫一距离火星 9378km，火卫二距离火星 23459km。若仅考虑火星对其作用力，两者绕火星转动的线速度大小分别为 v_1 和 v_2 ，周期分别为 T_1 和 T_2 ，则 C。

A. $v_1 < v_2$ ， $T_1 < T_2$

B. $v_1 < v_2$ ， $T_1 > T_2$

C. $v_1 > v_2$ ， $T_1 < T_2$

D. $v_1 > v_2$ ， $T_1 > T_2$

③已知火星的质量为 M 、半径为 r ，火星与太阳的距离为 l 。有同学认为：根据万有引力定律和牛顿第二定律可得： $G\frac{Mm}{l^2} = mg$ ，就可以求出火星表面重力加速度 $g = G\frac{M}{l^2}$ 。请判断该同学的观点是否有误，并说明理由。

(3) 为探索外太空，使发射的卫星挣脱太阳引力的束缚，飞到太阳系以外的宇宙空间去。

①发射卫星的初速度必须达到 C。

A. 7.9 km/s

B. 11.2 km/s

C. 16.7 km/s

②在地面上的时钟，与在高速运行卫星上的时钟相比，它 B。

A. 走得慢

B. 走得快

C. 快慢不变

(4) 万有引力定律是支持宇宙探秘的重要理论之一。

①第一次在实验室验证万有引力定律，并较精确测出万有引力常量的是 B (选涂：A. 牛顿、B. 卡文迪什)。

②用国际单位制的基本单位表示万有引力常量的单位，下列符合要求的是 A。

A. $\text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$

B. $\text{N} \cdot \text{kg}^2 / \text{m}^2$

C. $\text{m}^3 / (\text{kg} \cdot \text{s}^2)$

D. $\text{kg} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^3$

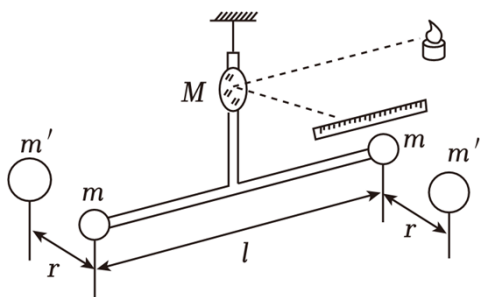
③如图为测量万有引力常量的装置，该实验中为测量石英丝极微小的扭转角，采取“微小量放大”的主要措施是 D。

A. 增大石英丝的直径

B. 增大 T 型架横梁的长度

C. 增大光源与平面镜的距离

D. 增大刻度尺与平面镜的距离



【考点】引力常量及其测定；牛顿力学的适用范围与局限性；天体运动的探索历程。

【专题】定性思想；推理法；万有引力定律的应用专题；理解能力。

【答案】（1）B；爆炸；（2）①椭圆；C；②C；③说法错误；火星表面的重力加速度要根据火星对物体的万有引力来求解，不能根据太阳对火星的万有引力求解，由于不知为火星的质量，所以无法求解火星表面的重力加速度；

（3）①C；②B；（4）①B；②A③D。

【分析】（1）根据宇宙大爆炸学说分析回答；

（2）明确火星的运行轨道是椭圆，同时明确其周期不变，但运行速度、万有引力以及向心加速度均是变化的；会根据万有引力定律求解火星表面的重力加速度；

（3）知道第三宇宙速度是使物体挣脱太阳引力的束缚，飞到太阳系以外的宇宙空间去的速度；掌握相对论的基本内容；

（4）掌握万有引力发现历程，知道卡文迪什的贡献；会根据万有引力公式分析引力常量的单位；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。

【解答】解（1）天文学家哈勃通过大量的观测发现：银河系以外的绝大部分星系都在远离我们，据此，科学家提出宇宙大爆炸学说，以解释宇宙是如何形成的。

（2）①火星绕太阳的运行轨道是椭圆，而不是圆；火星在运行时，由于是轨迹是椭圆，故其运行线速度、万有引力以及向心加速度均是变化的；只有周期是恒定不变的，故 C 正确，ABD 错误。

②根据万有引力定律可知，卫星满足高轨低速长周期的规律，故 $v_1 > v_2$ ， $T_1 < T_2$ ，故 C 正确，ABD 错误；

③说法错误；火星表面的重力加速度要根据火星对物体的万有引力来求解，不能根据太阳对火星的万有引力求解，由于不知为火星的质量，所以无法求解火星表面的重力加速度；

（3）① $v = 16.7 \text{ km/s}$ 是使物体挣脱太阳引力的束缚，飞到太阳系以外的宇宙空间去的速度，叫做第三宇宙速度，故 C 正确，ABD 错误；

②在高速运行卫星上的时钟，根据爱因斯坦相对论可知，时钟将变慢；故地面上的时钟走得快；

(4) ①牛顿发现了万有引力定律，而卡文迪什最早用实验的方式，测出了万有引力常量，故 B 正确，A 错误；

②根据万有引力定律 $F = \frac{GMm}{R^2}$ 可知，引力常量 $G = \frac{FR^2}{Mm}$ ，可知，引力常量的单位为 $N \cdot m^2/kg^2$ ；

③A、增大石英丝的直径，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、增加 T 型架横梁的长度，会导致石英丝容易转动，但对石英丝测量极微小的扭转角仍没有作用，故 B 错误；

C、增大光源与平面镜的距离不会改变光转动的角度，对“微小量放大”没有作用，故 C 错误；

D、增大刻度尺与平面镜的距离，会使转动的角度更明显，故 D 正确。

故选：AD。

故答案为：(1) B；爆炸；(2) ①椭圆；C；②C；③说法错误；火星表面的重力加速度要根据火星对物体的万有引力来求解，不能根据太阳对火星的万有引力求解，由于不知为火星的质量，所以无法求解火星表面的重力加速度；

(3) ①C；②B；(4) ①B；②A③D。

【点评】本题考查了天体运行的相关规律，关键是掌握万有引力定律的基本内容以及天体运行的基本规律。

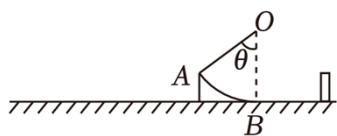
4. (2024•四川一模) 如图所示，圆心角 $\theta = 53^\circ$ 的竖直光滑圆弧形槽静止在足够大的光滑水平面上，圆弧 AB 与水平面相切于底端 B 点，圆弧形槽的右方固定一竖直弹性挡板。锁定圆弧形槽后，将一光滑小球（视为质点）从 P 点以大小 $v_0 = 3m/s$ 的初速度水平向右抛出，小球恰好从顶端 A 点沿切线方向进入圆弧形槽。已知小球的质量 $m_1 = 0.1kg$ ，圆弧形槽的质量 $m_2 = 0.2kg$ ，小球运动到 B 点时对圆弧形槽上 B 点的压力大小 $F_N = 11.8N$ ，小球与挡板碰撞前、后的速度大小不变，方向相反。不计空气阻力，取重力加速度大小 $g = 10m/s^2$ ； $\sin 53^\circ = 0.8$ ， $\cos 53^\circ = 0.6$ 。

(1) 求 P、A 两点间的高度差 h 和水平距离 x ；

(2) 求圆弧形槽的半径 R ；

(3) 若其他情况不变，仅将圆弧形槽解锁，通过计算分析，小球是否会冲出圆弧形槽的 A 点。

$P \rightarrow v_0$



【考点】万有引力定律的内容、推导及适用范围；牛顿第二定律的内容、表达式和物理意义；相互作用力与平衡力的区别和联系。

【专题】定量思想；推理法；平抛运动专题；动量定理应用专题；分析综合能力。

【答案】（1）P、A 两点间的高度差 h 为 0.8m 水平距离 x 为 1.2m。

（2）圆弧形槽的半径 R 为 0.25m；

（3）小球会冲出圆弧形槽的 A 点。

【分析】（1）小球做在从 P 点运动到 A 点的过程中做平抛运动，利用匀变速直线运动规律计算水平位移和竖直高度；

（2）利用机械能守恒定律计算，再利用牛顿第三定律计算 R ；

（3）在小球沿圆弧 AB 运动的过程中，小球与圆弧形槽组成的系统水平方向动量守恒，先利用机械能守恒定律计算速度大小，假设小球滑上圆弧形槽后能与圆弧形槽达到共同速度大小为 v ，利用动量守恒定律计算共速时的速度大小，再设小球与圆弧形槽达到相同的速度时距圆弧形槽底端的高度为 H ，根据机械能守恒定律有判断达到共速情况下需满足的下落高度，若符合实际情况，即假设成立，小球不会冲上 A 点，反之则相反。

【解答】解：（1）小球在从 P 点运动到 A 点的过程中做平抛运动，设该过程所用的时间为 t ，竖直方向有

$$h = \frac{1}{2}at^2$$

$$v_y = gt$$

水平方向有

$$x = v_0 t$$

由于小球恰好从顶端 A 点沿切线方向进入圆弧形槽，由几何关系有

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_0}$$

代入数据解得 $h = 0.8\text{m}$

$$x = 1.2\text{m}$$

（2）设小球通过 B 点时的速度大小为 v_B ，根据机械能守恒定律有

$$m_1 g(h + R - R \cos \theta) + \frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_B^2$$

设小球通过 B 点时所受圆弧形槽的支持力大小为 F_N'

根据牛顿第三定律有：

$$F_N' - m_1g = m_1 \frac{v_B^2}{R}$$

解得：

$$F_N' = F_N = 11.8\text{N}$$

代入数据解得 $R = 0.25\text{m}$

（3）在小球沿圆弧 AB 运动的过程中，小球与圆弧形槽组成的系统水平方向动量守恒，以水平向右为正方向，设当小球通过 B 点时，小球和圆弧形槽的速度分别为 v_1 、 v_2 ，有

$$m_1gv_0 = m_1v_1 + m_2v_2$$

规定向右为正方向，对该过程，根据机械能守恒定律有

$$m_1g(h + R - R\cos\theta) + \frac{1}{2}m_1v_0^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$$

代入数据解得

$$v_1 = 5\text{m/s}$$

$$v_2 = -1\text{m/s}$$

比较速度大小， $v_1 > v_2$ ，所以小球与挡板碰撞并反弹后会滑上圆弧形槽，假设小球滑上圆弧形槽后能与圆弧形槽达到共同速度大小为 v ，根据动量守恒定律有

$$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v$$

其中圆弧形槽的速度大小

$$v_2' = 1\text{m/s}$$

$$\text{代入数据解得 } v = \frac{7}{3}\text{m/s}$$

设小球与圆弧形槽达到相同的速度时距圆弧形槽底端的高度为 H ，根据机械能守恒定律有

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 + m_1gH$$

$$\text{代入数据解得 } H = \frac{8}{15}\text{m}$$

由于 $H > R - R\cos\theta = 0.25\text{m} - 0.25 \times 0.6\text{m} = 0.1\text{m}$

假设不成立，即小球滑上圆弧形槽后会从 A 点冲出圆弧形槽。

答：（1）P、A 两点间的高度差 h 为 0.8m 水平距离 x 为 1.2m 。

（2）圆弧形槽的半径 R 为 0.25m ；

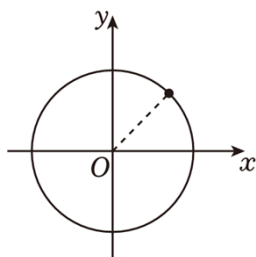
（3）小球会冲出圆弧形槽的 A 点。

【点评】 本题结合平抛运动考查学生对动量守恒定律、机械能守恒定律的理解和应用，其中掌握运动的合成与分解方法，运用逆向思维反证为解决本题的关键。

5. (2024•南通模拟) 1610 年, 伽利略用自制的望远镜发现了木星的四颗主要卫星。根据他的观察, 其中一颗卫星 P 做振幅为 A、周期为 T 的简谐运动, 他推测该卫星振动是卫星做圆周运动在某方向上的投影。如图所示是卫星 P 运动的示意图, 在 xOy 平面内, 质量为 m 的卫星 P 绕坐标原点 O 做匀速圆周运动。若认为木星位于坐标原点 O, 求:

(1) 卫星 P 做圆周运动的向心力大小;

(2) 物体做简谐运动时, 回复力应满足 $F = -kx$ 。试证明: 卫星 P 绕木星做匀速圆周运动在 x 轴上的投影是简谐运动。



【考点】万有引力与重力的关系 (黄金代换); 牛顿第二定律求解向心力。

【专题】定量思想; 推理法; 万有引力定律的应用专题; 推理能力。

【答案】(1) 卫星 P 做圆周运动的向心力大小为 $mA \frac{4\pi^2}{T^2}$;

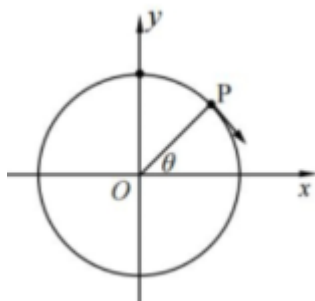
(2) 见解析。

【分析】(1) 根据振幅与圆周运动的半径关系结合牛顿第二定律可解答。

(2) 根据简谐运动的回复力与位移关系证明。

【解答】解: (1) 简谐运动是匀速圆周运动的投影, 二者周期相同, 简谐运动的振幅等于圆周运动的半径。依据牛顿第二定律有 $F = mA \frac{4\pi^2}{T^2}$

(2) 设卫星 P 做匀速圆周运动如图中所示位置时, 与 x 轴的夹角为 θ 。



则向心力向 x 轴的投影 $F_x = -m \frac{4\pi^2}{T^2} A \cos \theta$

位移在 x 轴方向上的投影为 $x = A \cos \theta$

满足 $F = -kx$ ，其比例系数 $k = m\frac{4\pi^2}{T^2}$ ，这说明星 P 绕木星做匀速圆周运动向 x 轴的投影是简谐运动。

答：（1）卫星 P 做圆周运动的向心力大小为 $mA\frac{4\pi^2}{T^2}$ ；

（2）见解析。

【点评】本题考查万有引力提供向心力，解题关键掌握简谐运动的特点，注意振幅与位移的关系。

6.（2024•南通模拟）嫦娥六号探测器将于 2024 年 6 月登月。已知探测器在近月圆轨道运行速度大小为 v ，月球半径为 R ，万有引力常量为 G ，不考虑月球的自转。求：

（1）月球质量 M ；

（2）月球表面重力加速度大小 g 。

【考点】万有引力与重力的关系（黄金代换）。

【专题】定量思想；推理法；万有引力定律的应用专题；推理能力。

【答案】（1）月球的质量为 $\frac{v^2 R}{G}$ ；（2）月球表面重力加速度大小为 $\frac{v^2}{R}$ 。

【分析】（1）根据万有引力提供向心力求得月球质量；

（2）根据万有引力与重力的关系求得月球表面的重力加速度。

【解答】解：（1）在月球表面万有引力提供向心力有 $\frac{GMm}{R^2} = m\frac{v^2}{R}$

可得月球质量 $M = \frac{v^2 R}{G}$

（2）在月球表面重力与万有引力相等有 $\frac{GMm}{R^2} = mg$

可得月球表面的重力加速度大小 $g = \frac{v^2}{R}$

答：（1）月球的质量为 $\frac{v^2 R}{G}$ ；

（2）月球表面重力加速度大小为 $\frac{v^2}{R}$ 。

【点评】本题可通过然后结合月球表面的重力等于万有引力、万有引力提供卫星圆周运动的向心力列式分析，不难。

7.（2024•南通模拟）两颗相距较远的行星 A、B 的半径分别为 R_A 、 R_B ，且 $R_B = 2R_A$ ，距行星中心 r 处的卫星围绕行星做匀速圆周运动的线速度的平方 v^2 随 r 变化的关系如图所示。行星可看作质量分布均匀的球体，忽略行星的自转和其他星球的影响。

（1）求行星 A、B 的密度之比 ρ_A ： ρ_B ；

（2）假设有相同的人形机器人在行星 A、B 表面的水平地面上从肩位水平射出相同的铅球，在初速度相同的情况下，求铅球射程的比值 x_A ： x_B 。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/635010332301011322>