

江苏省仪征中学 2021-2022 学年度第一学期高一物理学科导学案

7.2 万有引力定律

研制人：熊小燕

审核人：邱勇

班级：_____ 姓名：_____ 学号：_____ 授课日期：2022.03.15

本课在课程标准中的表述：了解万有引力；定律的发现过程，知道万有引力定律。

[学习目标]

- 1.知道太阳对行星的引力提供了行星做圆周运动的向心力，能利用开普勒第三定律、牛顿运动定律推导出太阳与行星之间引力的表达式.
- 2.了解月—地检验的内容和作用.
- 3.理解万有引力定律的内容、含义及适用条件.4.认识引力常量测定的重要意义，能应用万有引力定律解决实际问题.

[课前预习]

一、行星与太阳间的引力

1. 行星绕太阳的运动可以看作_____运动. 行星受到一个指向圆心(太阳)的引力，这个引力提供行星做匀速圆周运动的_____.
2. 若行星的质量为 m ，行星到太阳的距离为 r ，行星公转的周期为 T ，则行星需要的向心力的大小 $F = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}$ ，结合 $\frac{r^3}{T^2} = k$ ，可知 $F = 4\pi^2 k \frac{m}{r^2}$ ，即 $F \propto \frac{m}{r^2}$.
3. 行星与太阳的引力在本质上和太阳与行星的引力地位完全相当，即 $F' \propto \frac{m_{\text{太}}}{r^2}$.
4. 太阳与行星间的引力：根据牛顿第三定律 $F = F'$ ，所以有 $F \propto \frac{m_{\text{太}} m}{r^2}$ ，写成等式就是 $F = G \frac{m_{\text{太}} m}{r^2}$.

二、月—地检验

1. 检验目的：检验地球绕太阳运动、月球绕地球运动的力与地球对树上苹果的吸引力是否为_____的力.
2. 检验方法：(1)假设地球与月球间的作用力和太阳与行星间的作用力是同一种力，它们的表达式也应该满足 $F = G \frac{m_{\text{月}} m_{\text{地}}}{r^2}$ ，根据牛顿第二定律，月球绕地球做圆周运动的向心加速度 $a_{\text{月}} = \frac{F}{m_{\text{月}}} = G \frac{m_{\text{地}}}{r^2}$.
(2)假设地球对苹果的吸引力也是同一种力，同理可知，苹果的自由落体加速度 $a_{\text{苹}} = \frac{F}{m_{\text{苹}}} = G \frac{m_{\text{地}}}{R^2}$.
(3) $\frac{a_{\text{月}}}{a_{\text{苹}}} = \frac{R^2}{r^2}$ ，由于 $r \approx 60R$ ，所以 $\frac{a_{\text{月}}}{a_{\text{苹}}} = \frac{1}{60^2}$.
(4)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_____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_____，引力的大小与物体的_____成正比、与它们之间_____成反比.

2. 表达式: $F=G\frac{m_1m_2}{r^2}$, 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 的值.

英国物理学家_____通过实验推算出引力常量 G 的值. 通常取 $G=6.67\times 10^{-11}\text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$.

[课堂学习]

一、对太阳与行星间引力的理解

万有引力定律的得出过程

例 1: 下列关于行星对太阳的引力的说法, 正确的是()

- A. 行星对太阳的引力与太阳对行星的引力是同一性质的力
- B. 行星对太阳的引力与太阳的质量成正比, 与行星的质量无关
- C. 太阳对行星的引力大于行星对太阳的引力
- D. 行星对太阳的引力大小与太阳的质量成正比, 与行星和太阳的距离成反比

二、万有引力定律

【导学探究】 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, 为什么我们感觉不到周围物体的引力呢?

(1)如图所示, 假若你与同桌的质量均为 60 kg , 相距 0.5 m . 粗略计算你与同桌间的引力(已知 $G=6.67\times 10^{-11}\text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$).

(2)一粒芝麻的质量大约是 0.004 g , 其重力约为 $4\times 10^{-5}\text{ N}$, 是你和你同桌之间引力的多少倍?

(3)在对一个人受力分析时需要分析两个人之间的引力吗?



【知识深化】

1. 万有引力定律的表达式: $F=G\frac{m_1m_2}{r^2}$, 其中 $G=6.67\times 10^{-11}\text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$, 叫引力常量, 由英国物理学家卡文迪什在实验中测出.

2. 万有引力定律公式的适用条件

[深度思考] 有人说: 根据 $F=G\frac{m_1m_2}{r^2}$ 可得当 r 趋近于零时, 万有引力将趋于无穷大, 这种说法对吗?

例 2: 下列关于万有引力的说法正确的是()

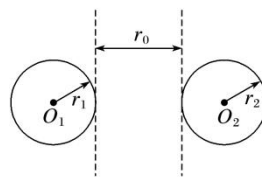
- A. 牛顿测出了引力常量 G
- B. 对于质量分布均匀的球体, 公式 $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$ 中的 r 指两球心之间的距离
- C. 因地球质量远小于太阳质量, 故太阳对地球的引力远小于地球对太阳的引力
- D. 设想把一物体放到地球的中心(地心), 则该物体受到地球的万有引力无穷大

例 3: 要使两物体(两物体始终可以看作质点)间的万有引力减小到原来的 $\frac{1}{8}$, 可采用的方法是()

- A. 使两物体的质量都减为原来的 $\frac{1}{2}$, 距离保持不变
- B. 使两物体的质量都减为原来的 $\frac{1}{2}$, 距离增至原来的 2 倍
- C. 使其中一个物体的质量减为原来的 $\frac{1}{2}$, 距离增至原来的 2 倍
- D. 使两物体的质量及它们之间的距离都减为原来的 $\frac{1}{2}$

例 4: 如图所示, 两球间的距离为 r_0 . 两球的质量分布均匀, 质量分别为 m_1 、 m_2 , 半径分别为 r_1 、 r_2 , 引力常量为 G , 则两球间的万有引力大小为()

- A. $G \frac{m_1m_2}{r_0^2}$
- B. $G \frac{m_1m_2}{r_1^2}$
- C. $G \frac{m_1m_2}{(r_1+r_2)^2}$
- D. $G \frac{m_1m_2}{(r_1+r_2+r_0)^2}$



三、万有引力和重力的关系

【导学探究】 如图所示, 人站在地球(地球被视为规则的球体)的不同位置, 比如赤道、两极或者其他位置, 人随地球的自转而做半径不同的匀速圆周运动, 请思考:

- (1) 人在地球的不同位置, 受到的万有引力大小一样吗?
- (2) 人在地球的不同位置, 什么力提供向心力? 大小相同吗? 受到的重力大吗?
- (3) 有人说: 重力就是地球对物体的吸引力, 对吗?

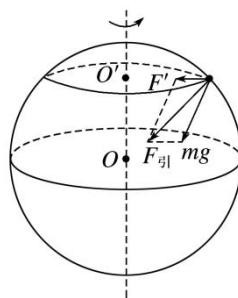


小 一 样

【知识深化】

1. 地球表面处重力与万有引力的关系

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 mg , 如图所示.



(1)当物体在两极时： $mg_0 = F_{引}$ ，重力达到最大值， $mg_0 = G\frac{Mm}{R^2}$ ，方向与引力方向相同，指向地心。

(2)当物体在赤道上时：

$F' = m\omega^2 R$ 最大，此时重力最小，

$$mg_1 = G\frac{Mm}{R^2} - m\omega^2 R$$

方向与引力方向相同，指向地心。

(3)从赤道到两极：随着纬度增加，向心力 $F' = m\omega^2 R'$ 减小， F' 与 $F_{引}$ 夹角增大，所以重力 mg 在增大，重力加速度增大。

因为 F' 、 $F_{引}$ 、 mg 不在一条直线上，重力 mg 与万有引力 $F_{引}$ 方向有偏差，重力大小 $mg < G\frac{Mm}{R^2}$ 。

(4)由于地球自转角速度非常小，在忽略地球自转的情况下，认为 $mg = G\frac{Mm}{R^2}$ 。

2. 重力与高度的关系

若距离地面的高度为 h ，则 $mg' = G\frac{Mm}{(R+h)^2}$ (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。

例 5：地球可近似看成球形，由于地球表面上物体都随地球自转，所以有()

- A. 物体在赤道处受到的地球引力等于两极处，而重力小于两极处
- B. 赤道处的角速度比南纬 30° 大
- C. 地球上物体的向心加速度都指向地心，且赤道上物体的向心加速度比两极处大
- D. 地面上的物体随地球自转时提供向心力的是重力

例 6：火星半径是地球半径的 $\frac{1}{2}$ ，火星质量大约是地球质量的 $\frac{1}{9}$ ，那么质量为 50 kg 的宇航员(地球表面的重力加速度 g 取 10 m/s^2)

(1)在火星表面上受到的重力是多少？

(2)若宇航员在地球表面能跳 1.5 m 高，那他在火星表面能跳多高？

[课后作业] 完成课后作业

[课后感悟] _____

江苏省仪征中学 2021—2022 学年度第一学期高一物理学科作业

7.2 万有引力定律

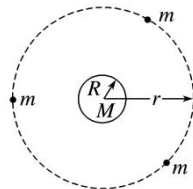
研制人：熊小燕

审核人：邱勇

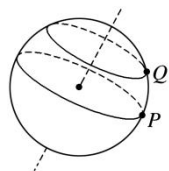
班级：_____ 姓名：_____ 学号：_____ 时间：2022.03.15 作业时长：30 分钟

[基础练习]

- 关于行星对太阳的引力，下列说法正确的是()
 - 行星对太阳的引力提供了行星做匀速圆周运动的向心力
 - 行星对太阳的引力大小与行星的质量成正比，与行星和太阳间的距离成反比
 - 太阳对行星的引力公式是由实验得出的
 - 太阳对行星的引力公式是由开普勒定律和行星绕太阳做匀速圆周运动的规律推导出来的
- 若想检验“使月球绕地球运动的力”与“使苹果落地的力”遵循同样的规律，在已知月地距离约为地球半径 60 倍的情况下，需要验证()
 - 地球吸引月球的力约为地球吸引苹果的力的 $\frac{1}{60^2}$
 - 月球公转的加速度约为苹果落向地面加速度的 $\frac{1}{60^2}$
 - 自由落体在月球表面的加速度约为地球表面的 $\frac{1}{6}$
 - 苹果在月球表面受到的引力约为在地球表面的 $\frac{1}{60}$
- 关于引力常量 G ，下列说法中正确的是()
 - 在国际单位制中，引力常量 G 的单位是 $\text{N}\cdot\text{m}^3/\text{kg}^2$
 - 引力常量 G 的大小与两物体质量的乘积成正比，与两物体间距离的平方成正比
 - 引力常量 G 在数值上等于两个质量都是 1 kg 的可视为质点的物体相距 1 m 时的相互吸引力
 - 引力常量 G 是不变的，其数值大小由卡文迪什测出，与单位制的选择无关
- 如图所示，三颗质量均为 m 的地球卫星等间隔分布在半径为 r 的圆轨道上，设地球质量为 M ，半径为 R ，引力常量为 G ，下列说法正确的是()
 - 地球对一颗卫星的引力大小为 $\frac{GMm}{(r-R)^2}$
 - 一颗卫星对地球的引力大小为 $\frac{GMm}{R^2}$
 - 两颗卫星之间的引力大小为 $\frac{Gm^2}{3r^2}$
 - 三颗卫星对地球引力的合力大小为 $\frac{3GMm}{r^2}$
- 2020 年 11 月 24 日 4 时 30 分，“嫦娥五号”在中国文昌航天发射场发射成功，若“嫦娥五号”在地面时受地球的万有引力为 F ，则当其上升到离地距离为地球半径的 2 倍时所受地球的万有引力为()
 - $\frac{F}{3}$
 - $\frac{F}{4}$
 - $\frac{F}{9}$
 - $\frac{F}{16}$
- 关于重力和万有引力的关系，下列说法错误的是()
 - 地面附近物体所受的重力就是万有引力
 - 重力是由于地面附近的物体受到地球的吸引而产生的
 - 在不太精确的计算中，可以认为物体的重力等于万有引力
 - 严格来说重力并不等于万有引力，除两极处物体的重力等于万有引力外，在地球其他各处的重力都略小于万有引力
- 如图所示， P 、 Q 是质量均为 m 的两个质点，分别置于地球表面不同纬度上，如果把地球看成是一个质量分布均匀的球体， P 、 Q 两质点随地球自转做匀速圆周运动，则下列说法正确的是()



- A. P 、 Q 所受地球引力大小相等
 B. P 、 Q 做圆周运动的向心力大小相等
 C. P 、 Q 做圆周运动的线速度大小相等
 D. P 、 Q 两质点的重力大小相等



8. 设地球表面重力加速度为 g_0 , 物体在距离地心 $4R$ (R 是地球的半径) 处, 由于地球的引力作用而产生的加速度为 g , 则 $\frac{g}{g_0}$ 为 ()

- A. 1 B. $\frac{1}{9}$ C. $\frac{1}{4}$ D. $\frac{1}{16}$

9. 地球半径为 R , 地球表面的重力加速度为 g , 若高空中某处的重力加速度为 $\frac{g}{2}$, 则该处距地球表面的高度为 ()

- A. $(\sqrt{2}-1)R$ B. R C. $\sqrt{2}R$ D. $2R$

[能力练习]

10. 火星的质量约为地球质量的 $\frac{1}{10}$, 半径约为地球半径的 $\frac{1}{2}$, 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

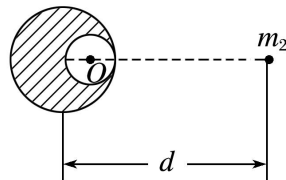
11. 据报道, 在太阳系外发现了首颗“宜居”行星, 设其质量为地球质量的 k 倍, 其半径为地球半径的 p 倍, 由此可推知该行星表面的重力加速度与地球表面重力加速度之比为 ()

- A. $\frac{k}{p}$ B. $\frac{k}{p^2}$ C. $\frac{k^2}{p}$ D. $\frac{k^2}{p^2}$

12. 一个质量均匀分布的球体, 半径为 $2r$, 在其内部挖去一个半径为 r 的球形空穴, 其表面与球面相切, 如图所示. 已知挖去小球的质量为 m , 在球心和空穴中心连线上, 距球心 $d=6r$ 处有一质量为 m_2 的质点, 求:

(1) 被挖去的小球挖去前对 m_2 的万有引力为多大?

(2) 剩余部分对 m_2 的万有引力为多大?



[提升练习]

★13. 假设地球是一半径为 R 、质量分布均匀的球体. 一矿井深度为 d . 已知质量分布均匀的球壳对壳内物体的引力为零. 矿井底部和地面处的重力加速度大小之比为 ()

- A. $1-\frac{d}{R}$ B. $1+\frac{d}{R}$ C. $(\frac{R-d}{R})^2$ D. $(\frac{R}{R-d})^2$

7.2 《万有引力定律》补充练习

1. 已知地球质量为月球质量的 81 倍，地球半径约为月球半径的 4 倍。若在月球和地球表面同样高度处，以相同的初速度水平抛出物体，抛出点与落地点间的水平距离分别为 $s_{\text{月}}$ 和 $s_{\text{地}}$ ，则 $s_{\text{月}}: s_{\text{地}}$ 约为()
- A. 9: 4 B. 6: 1 C. 3: 2 D. 1: 1
2. 关于行星运动的规律，下列说法符合史实的是()
- A. 开普勒在牛顿定律的基础上，导出了行星运动的规律
- B. 开普勒在天文观测数据的基础上，总结出了行星运动的规律
- C. 开普勒总结出了行星运动的规律，找出了行星按照这些规律运动的原因
- D. 开普勒总结出了行星运动的规律，发现了万有引力定律
3. 可视为质点的甲、乙两物体相距一定距离，当质量分别为 m 和 $5m$ 时万有引力为 F 。若仅将甲物体质量增为 $2m$ ，乙物体质量减为 $3m$ 时，万有引力将()
- A. 大于 F B. 等于 F C. 小于 F D. 不能判断
4. 火星的质量约为地球质量的 $\frac{1}{10}$ ，半径约为地球半径的 $\frac{1}{2}$ ，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
5. 太阳的质量是月球的 2.7×10^7 倍，太阳到地球的距离大约是月球到地球的距离的 3.9×10^2 倍，则太阳对地球的引力跟月球对地球引力之比是()
- A. $\frac{169}{30000}$ B. $\frac{30000}{169}$ C. $\frac{13}{900000}$ D. $\frac{900000}{13}$
6. 某行星为质量分布均匀的球体，半径为 R ，质量为 M 。科研人员研究同一物体在该行星上的重力时，发现物体在“两极”处的重力为“赤道”上某处重力的 1.1 倍。已知引力常量为 G ，则该行星自转的角速度为()
- A. $\sqrt{\frac{GM}{10R^3}}$ B. $\sqrt{\frac{GM}{11R^3}}$ C. $\sqrt{\frac{1.1GM}{R^3}}$ D. $\sqrt{\frac{GM}{R}}$
7. 设地球是半径为 R 的均匀球体，质量为 M ，若把质量为 m 的物体放在地球的中心，则物体受到的地球的万有引力大小为()
- A. 零 B. 无穷大
- C. $G \frac{Mm}{R^2}$ D. 无法确定
8. 在物理学的发展过程中，许多物理学家作出了重要贡献。下列叙述正确的是()
- A. 开普勒发现万有引力定律 B. 安培最早提出电场的概念

C. 库仑最早测得元电荷 e 的数值

D. 卡文迪许比较准确的测量并算出引力常量

9. 如果认为行星围绕太阳做匀速圆周运动，那么下列说法中正确的是（ ）

A. 行星受到太阳的万有引力，万有引力提供行星圆周运动的向心力

B. 行星受到太阳的万有引力，行星运动不需要向心力

C. 行星同时受到太阳的万有引力和向心力

D. 行星受到太阳的万有引力与它运行的向心力相等

10. 一个质量为 M 的匀质实心球，半径为 R 。如果从球上挖去一个直径为 R 的球，放在与被挖球相距为 d 的地方，求下列两种情况下，两球之间的万有引力分别是多大，并指出在什么条件下，以下两种情况计算结果相同。

(1) 如图甲所示，从球的正中心挖去；

(2) 如图乙所示，从与球面相切处挖去。

