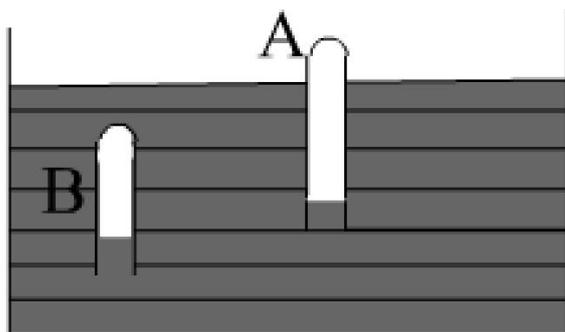




## 2018年复旦附中自主招生物理真题整理

【例 1】一斜面长 10 米，高 1 米，一重 100 牛的物块恰好能沿此斜面匀速向下滑动，若以平行于斜面的力  $F$  将此物块匀速推上斜面，则  $F = \underline{\hspace{2cm}}$  N。

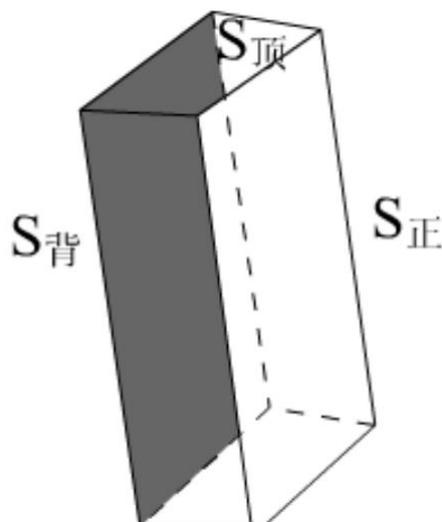
【例 2】如图所示，试管 A 漂浮在水面上，试管 B 悬浮在水中，试管 A 与试管 B 都封闭有一定量的空气，以下说法正确的是（ ）



- A. 将试管 A 上提一微小距离，放手后试管 A 不会回到原来位置
- B. 将试管 A 下压一微小距离，放手后试管 A 会回到原来位置
- C. 将试管 B 上提一微小距离，放手后试管 B 会回到原来位置
- D. 将试管 B 下压一微小距离，放手后试管 B 会回到原来位置

【例 3】下雨了。如果忘了带伞又必须在雨中行走，是走还是跑才能被雨少淋？美国 Discovery 探索频道的节目《流言终结者》中，两位实验专家通过控制变量法得到的结论是跑步比走路淋雨多。但节目中也提及美国北卡罗来州的两名气象学家曾做过这个实验，得到结果却是跑步比走路淋的雨少 40%。同样的问题的出了两个截然相反的结论。让我们建立如下物理模型，讨论这个问题。

淋雨量问题涉及的主要因素有：单位体积降雨量  $\rho$ ，竖直雨速  $v_{雨}$ ，水平风速  $v_{风}$ ，人的行走速度  $v_{人}$  (当跑步时， $v_{人}$  比较大)，行走的直线距离  $L_1$  和人的淋浴面积。人可简化为一个长方体模型，如图所示，可能被淋到的面为： $S_{顶}$ ， $S_{正}$  (代表人的正面)， $S_{背}$ 。若以上条件均已知，则



- (1) 在无风的情况下，即  $v_{\text{风}} = 0$ ，人在雨中行走或跑步， $S_{\text{顶}}$ ， $S_{\text{正}}$ ， $S_{\text{背}}$ 三个面中，哪个面的淋雨为 0？
- (2) 请写出无风时，淋雨量不为 0 的各面的淋雨量的表达式。由此，在无风的情况，是走还是跑才能被雨少淋？
- (3) 若有风，且背面有风，求雨滴相对于地面的速度大小，并写出总淋雨量的表达式，说明是走还是跑才能被雨少淋。

#### 【例 4】

#### 一、正文：

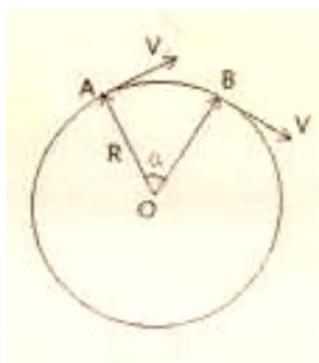
### 圆周运动

大家学习了有关物体运动的知识，但研究的基本都是直线运动，而直线运动是物体运动的最简单形式，实际生活中，绝大部分物体的运动都不是直线运动，所以我们有必要对物体运动的研究进行拓展，而今天我们要研究的是最简单曲线运动之一的圆周运动。

物体在以某点为圆心半径为  $R$  的圆周上运动，即物体运动时其轨迹是圆周的运动叫“圆周运动”，它是一种最常见的曲线运动。例如吊扇、车轮、皮带轮等都做圆周运动。圆周运动分为匀速圆周运动和变速圆周运动（如：竖直平面内绳/杆转动小球、竖直平面内的单摆运动）。在圆周运动中，最常见和最简单的是匀速圆周运动（匀速圆周运动实际上是指速度大小始终保持不变的圆周运动）



物理学中人们提出一系列物理量来描述匀速圆周运动（如图）：



$$v = \frac{s}{t}$$

（3）角速度  $\omega$ ：物体沿圆周从 A 点运动到 B 点通过的弧长所对圆心角  $\alpha$ （ $\alpha$  采用弧度制，单位是弧长。弧度制与角度制的换算： $180^\circ = \pi$ （弧度）与所用时间  $t$  的比值。

$$\omega = \frac{\alpha}{t}$$

$$F = m \frac{v^2}{r} = m r \omega^2 = m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 r$$

做圆周运动的物体一旦失去向心力的作用，它会怎样运动呢？如果物体受的合力不足以提供向心力，它会怎样运动呢？经过分析可以知道，如果向心力突然消逝，物体由于惯性，会沿切线方向飞出去。如果物体受的合力不足以提供向心力，物体虽不能沿切线方向飞出去，但会逐渐远离圆心，这两种运动都叫离心运动。

地球绕着太阳公转、八大行星绕着太阳公转等都可以看作匀速圆周运动，而这些匀速圆周运动所需的向心力由物体之间的万有引力提供。

万有引力存在于任何两个物体之间，是由质量引起的相互吸引力。力的作用方向在两小物体的连线上，其大小与两物体的质量成正比，与两物体的距离平方成反比。万有引力定律是牛顿追索地面上的物体受到重力作用的原因而发现的，1687 年正式发表。以  $m_1$ 、 $m_2$  表示



两物体的质量， $r$  表示两者之间的距离，则相互吸引的力  $F$  为：

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

式中  $G$  称为万有引力常数，这就是万有引力定律的数学表达式。严格地说，上式是对两质点而言的。因为“两物体之间的距离”一语指的是两个质点（有质量无体积的点）的距离。如果一个质点，另一个是有限体，则可把有限体分割成许多质点，并求出它们引力的和，就能得到整个有限体对质点的作用力。牛顿曾证明：一个质量分布均匀的球体对球外一质点的引力同整个球体质量集中在球心的情况无异。牛顿用万有引力定律证明了开普勒定律、月球绕地球的运动、潮汐的成因和地球两极较扁等自然现象。牛顿的万有引力定律是天体力学的基础。人造卫星，月球和行星探测器的轨道，都是以这个定律为基础来计算的。万有引力存在的实验证明和引力常数  $G$  的测定是卡文迪什于 1798 年做出的，目前引力常数的公认值是  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$ 。

正因为万有引力的存在，十九世纪四十年代**奥本·勒维耶**通过经典力学分析天王星轨道的摄影后预测勒海王星的位置。十九世纪末天文学家根据对海王星的观察推测有其他行星摄动天王星轨道。

我们相信，通过以上内容的阅读，你已经对匀速圆周运动有了一个初步的了解，接下来，请回答以下问题：

## 二、问题：

1、判断以下说法是否正确：正确打“√”，错误打“×”

- ①  $360^\circ = 2\pi$ ， $45^\circ = \pi/4$  ( )
- ② 匀速圆周运动的物体，周期越小，转的越快( )
- ③ 不同的匀速圆周运动中，相同时间内线速度大的物体一定比线速度小的物体转的圈数多。( )
- ④ 对匀速圆周运动的物体进行受力分析的时候，向心力一定要画，因为它是客观存在的。( )
- ⑤ 万有引力定律可以解释人造卫星绕地球做匀速圆周运动的原因，万有引力提供向心力。( )

2、匀速圆周运动中，描述运动的物理量有半径  $R$ 、线速度  $v$ 、角速度  $\omega$ 、周期  $T$  等，



请依据你的理解，写出一些这些物理量之间的关系式（尽可能多）。

3、地球在自西向东旋转，可以看作匀速圆周运动。若质量相等的两位同学，小吴在上海，小张在北京，试比较两者的转动半径、周期、角速度、线速度、所需向心力之间的大小关系并说明理由。

4、太阳系中，有八大行星绕太阳旋转，近似看作匀速圆周运动。火星和地球是其中两个行星。若已知火星绕太阳转的半径大于地球的转动半径，且它们做圆周运动的向心力仅由太阳对其万有引力提供，试比较两者的角速度、线速度、周期之间的大小关系并说明理由。

5、宇宙中天体都有各自的运动形式。双星系统是指由两颗恒星组成，相对于其他恒星来说，位置看起来非常靠近恒星系统，通常可忽略其他星体对它们的引力作用，且这两颗恒星各自在轨道上环绕着共同质量中心旋转的恒星系统。双星系统中恒星的轨道周期可以短于一小时（如猎犬座  $AM$ ），或是数天（天琴座  $\beta$  型变星），但是也有长达数十万年的（环绕着南门二（半人马座  $\alpha AB$ ）的比邻星）

若宇宙中存在一些离其他恒星较远的、由质量相等的三颗星组成的三星系统，请说出稳定的三星系统存在的构成形式并说明存在的原因。（至少一种，多则加分）

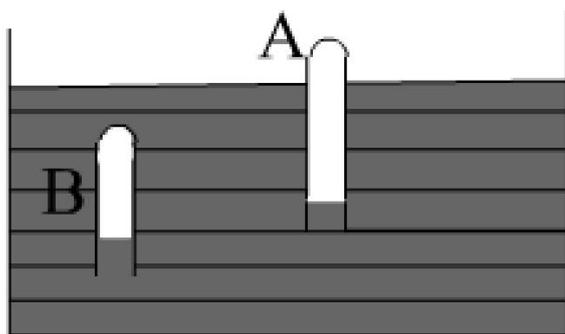


## 2018复旦附中自主招生物理真题整理答案

【例 1】一斜面长 10 米，高 1 米，一重 100 牛的物块恰好能沿此斜面匀速向下滑动，若以平行于斜面的力  $F$  将此物块匀速推上斜面，则  $F= \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$ 。

【答案】20

【例 2】如图所示，试管 A 漂浮在水面上，试管 B 悬浮在水中，试管 A 与试管 B 都封闭有一定量的空气，以下说法正确的是（ ）

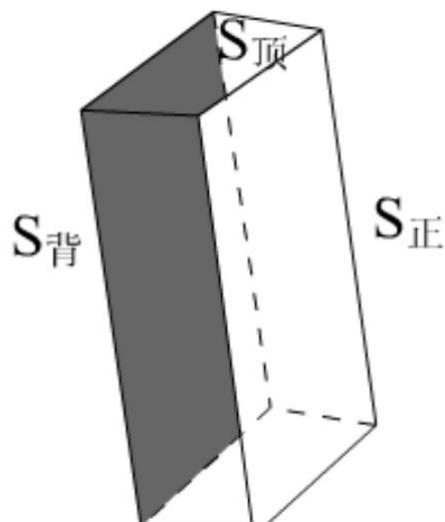


- A. 将试管 A 上提一微小距离，放手后试管 A 不会回到原来位置
- B. 将试管 A 下压一微小距离，放手后试管 A 会回到原来位置
- C. 将试管 B 上提一微小距离，放手后试管 B 会回到原来位置
- D. 将试管 B 下压一微小距离，放手后试管 B 会回到原来位置

【答案】B

【例 3】下雨了。如果忘了带伞又必须在雨中行走，是走还是跑才能被雨少淋？美国 Discovery 探索频道的节目《流言终结者》中，两位实验专家通过控制变量法得到的结论是跑步比走路淋雨多。但节目中也提及美国北卡罗来州的两名气象学家曾做过这个实验，得到结果却是跑步比走路淋的雨少 40%。同样的问题的出了两个截然相反的结论。让我们建立如下物理模型，讨论这个问题。

淋雨量问题涉及的主要因素有：单位体积降雨量  $\rho$ ，竖直雨速  $v_{\text{雨}}$ ，水平风速  $v_{\text{风}}$ ，人的行走速度  $v_{\text{人}}$  (当跑步时， $v_{\text{人}}$  比较大)，行走的直线距离  $L_1$  和人的淋浴面积。人可简化为一个长方体模型，如图所示，可能被淋到的面为： $S_{\text{顶}}$ ， $S_{\text{正}}$  (代表人的正面)， $S_{\text{背}}$ 。若以上条件均已知，则



$$\begin{cases} Q_{\text{正}} = \rho S_{\text{正}} L_1 \\ Q_{\text{上}} = \rho S_{\text{上}} \frac{L_1}{v_{\text{人}}} v_{\text{雨}} \end{cases}, \text{ 因此跑的才能被雨少淋}$$

$$(3) v = \sqrt{v_{\text{雨}}^2 + v_{\text{风}}^2}, Q = \begin{cases} \rho S_{\text{上}} \frac{L_1}{v_{\text{人}}} v_{\text{雨}} + \rho S_{\text{正}} \frac{L_1}{v_{\text{人}}} (v_{\text{人}} - v_{\text{雨}}) ; v_{\text{人}} \geq v_{\text{雨}} \\ \rho S_{\text{上}} \frac{L_1}{v_{\text{人}}} v_{\text{雨}} ; v_{\text{人}} = v_{\text{雨}} \\ \rho S_{\text{上}} \frac{L_1}{v_{\text{人}}} v_{\text{雨}} + \rho S_{\text{正}} \frac{L_1}{v_{\text{人}}} (v_{\text{雨}} - v_{\text{雨人}}) ; v_{\text{人}} \leq v_{\text{雨}} \end{cases}$$



## 【例 4】

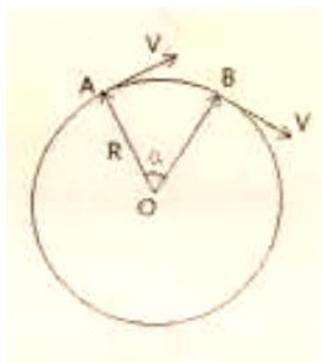
### 一、正文：

## 圆周运动

大家学习了有关物体运动的知识，但研究的基本都是直线运动，而直线运动是物体运动的最简单形式，实际生活中，绝大部分物体的运动都不是直线运动，所以我们有必要对物体运动的研究进行拓展，而今天我们要研究的是最简单曲线运动之一的圆周运动。

物体在以某点为圆心半径为  $R$  的圆周上运动，即物体运动时其轨迹是圆周的运动叫“圆周运动”，它是一种最常见的曲线运动。例如吊扇、车轮、皮带轮等都做圆周运动。圆周运动分为匀速圆周运动和变速圆周运动（如：竖直平面内绳/杆转动小球、竖直平面内的单摆运动）。在圆周运动中，最常见和最简单的是匀速圆周运动（匀速圆周运动实际上是指速度大小始终保持不变的圆周运动）

物理学中人们提出一系列物理量来描述匀速圆周运动（如图）：



$$v = \frac{s}{t}$$

(7) 角速度  $\omega$ ：物体沿圆周从 A 点运动到 B 点通过的弧长所对圆心角  $\alpha$ （ $\alpha$  采用弧度制，单位是弧长。弧度制与角度制的换算： $180^\circ = \pi$ （弧度）与所用时间  $t$  的比值。

$$\omega = \frac{\alpha}{t}$$

(8) 周期  $T$ ：做匀速圆周运动的物体，转过一周所用的时间。

任何物体在做匀速圆周运动时需要一个力，这个力要不断改变速度的方向，只有合适大



$$F = m \frac{v^2}{r} = mr\omega^2 = m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 r$$

做圆周运动的物体一旦失去向心力的作用，它会怎样运动呢？如果物体受的合力不足以提供向心力，它会怎样运动呢？经过分析可以知道，如果向心力突然消逝，物体由于惯性，会沿切线方向飞出去。如果物体受的合力不足以提供向心力，物体虽不能沿切线方向飞出去，但会逐渐远离圆心，这两种运动都叫离心运动。

地球绕着太阳公转、八大行星绕着太阳公转等都可以看作匀速圆周运动，而这些匀速圆周运动所需的向心力由物体之间的万有引力提供。

万有引力存在于任何两个物体之间，是由质量引起的相互吸引力。力的作用方向在两小物体的连线上，其大小与两物体的质量成正比，与两物体的距离平方成反比。万有引力定律是牛顿追索地面上的物体受到重力作用的原因而发现的，1687年正式发表。以  $m_1$ 、 $m_2$  表示两物体的质量， $r$  表示两者之间的距离，则相互吸引的力  $F$  为：

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

式中  $G$  称为万有引力常数，这就是万有引力定律的数学表达式。严格地说，上式是对两质点而言的。因为“两物体之间的距离”一语指的是两个质点（有质量无体积的点）的距离。如果一个质点，另一个是有限体，则可把有限体分割成许多质点，并求出它们引力的和，就能得到整个有限体对质点的作用力。牛顿曾证明：一个质量分布均匀的球体对球外一质点的引力同整个球体质量集中在球心的情况无异。牛顿用万有引力定律证明了开普勒定律、月球绕地球的运动、潮汐的成因和地球两极较扁等自然现象。牛顿的万有引力定律是天体力学的基础。人造卫星，月球和行星探测器的轨道，都是以这个定律为基础来计算的。万有引力存在的实验证明和引力常数  $G$  的测定是卡文迪什于 1798 年做出的，目前引力常数的公认值是  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$ 。

正因为万有引力的存在，十九世纪四十年代**奥本·勒维耶**通过经典力学分析天王星轨道的摄影后预测勒海王星的位置。十九世纪末天文学家根据对海王星的观察推测有其他行星摄动天王星轨道。

我们相信，通过以上内容的阅读，你已经对匀速圆周运动有了一个初步的了解，接下来，



请回答以下问题：

## 二、问题：

1、判断以下说法是否正确：正确打“√”，错误打“×”

⑥  $360^\circ = 2\pi$ ， $45^\circ = \pi/4$  ( )

⑦ 匀速圆周运动的物体，周期越小，转的越快( )

⑧ 不同的匀速圆周运动中，相同时间内线速度大的物体一定比线速度小的物体转的圈数多。( )

⑨ 对匀速圆周运动的物体进行受力分析的时候，向心力一定要画，因为它是客观存在的。( )

⑩ 万有引力定律可以解释人造卫星绕地球做匀速圆周运动的原因，万有引力提供向心力。( )

6、匀速圆周运动中，描述运动的物理量有半径  $R$ 、线速度  $v$ 、角速度  $\omega$ 、周期  $T$  等，请依据你的理解，写出一些这些物理量之间的关系式（尽可能多）。

7、地球在自西向东旋转，可以看作匀速圆周运动。若质量相等的两位同学，小吴在上海，小张在北京，试比较两者的转动半径、周期、角速度、线速度、所需向心力之间的大小关系并说明理由。

8、太阳系中，有八大行星绕太阳旋转，近似看作匀速圆周运动。火星和地球是其中两个行星。若已知火星绕太阳转的半径大于地球的转动半径，且它们做圆周运动的向心力仅由太阳对其万有引力提供，试比较两者的角速度、线速度、周期之间的大小关系并说明理由。

9、宇宙中天体都有各自的运动形式。双星系统是指由两颗恒星组成，相对于其他恒星



来说，位置看起来非常靠近恒星系统，通常可忽略其他星体对它们的引力作用，且这两颗恒星各自在轨道上环绕着共同质量中心旋转的恒星系统。双星系统中恒星的轨道周期可以短于一小时（如猎犬座 AM），或是数天（天琴座  $\beta$  型变星），但是也有长达数十万年的（环绕着南门二（半人马座  $\alpha AB$ ）的比邻星）

若宇宙中存在一些离其他恒星较远的、由质量相等的三颗星组成的三星系统，请说出稳定的三星系统存在的构成形式并说明存在的原因。（至少一种，多则加分）

**【答案】**

1、 $\times$ ， $\sqrt$ ， $\times$ ， $\times$ ， $\sqrt$

$$2、v = \frac{2\pi R}{T}, \omega = \frac{2\pi}{T}, v = R\omega$$

$0^\circ$ ，上海的纬度为  $31.23^\circ$ ，北京的纬度为  $39.90^\circ$ 。纬度越高，做匀速圆周运动的半径越小。地球上随地球自转的物体角速度均相等，且都为地球的自转角速度。

$$\omega_{\text{小吴}} = \omega_{\text{小张}}, \text{ 因为 } \omega = \frac{2\pi}{T}, \text{ 所以 } T_{\text{小吴}} = T_{\text{小张}};$$

北京的纬度高于上海，小张做匀速圆周运动的半径小于小吴， $r_{\text{小张}} < r_{\text{小吴}}$

因为  $v = r\omega$ ，所以  $v_{\text{小吴}} > v_{\text{小张}}$

$$F_{\text{向心}} = ma_{\text{向心}} = mr\omega^2, \text{ 所以 } F_{\text{向心小张}} > F_{\text{向心小吴}}$$

4、因为火星和地球做圆周运动的向心力仅由太阳对其万有引力提供，

$$\text{所以 } F_{\text{向心}} = F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

已知火星绕太阳转的半径大于地球的转动半径，所以  $r_{\text{火星}} > r_{\text{地球}}$

$$F_{\text{向心}} = F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_2 r \omega^2, \omega = \sqrt{\frac{Gm_1}{r^3}} \text{ (} m_1 \text{ 为太阳的质量, } r \text{ 为行星到太阳的}$$

距离)，可知  $\omega_{\text{火星}} < \omega_{\text{地球}}$



$$F_{\text{向心}} = F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_2 \frac{v^2}{r}, \quad v = \sqrt{\frac{Gm_1}{r}} \quad (\text{m}_1 \text{ 为太阳的质量, } r \text{ 为行星到太阳的}$$

距离), 可知  $v_{\text{火星}} < v_{\text{地球}}$

$$F_{\text{向心}} = F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_2 r \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2, \quad T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{Gm_1}} \quad (\text{m}_1 \text{ 为太阳的质量, } r \text{ 为行星到}$$

太阳的距离), 可知  $T_{\text{火星}} > T_{\text{地球}}$

5、(1)三颗星球 A、B、C，其中星球 B 不公转，A、C 两星球绕着星球 B 做半径相同的公转。

(2)三颗星球 A、B、C，其连线构成一个等边三角形，绕着三个行星的等效质心（形心）转动