

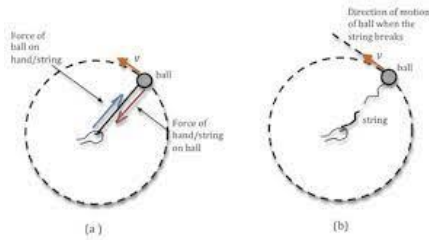
第六章：平面运动

6.1 曲线运动

1. _____是指运动轨迹为曲线的运动。
2. 曲线运动中物体_____和_____一直在改变。



3. 物体在某一点的速度的方向是曲线在这一点_____。



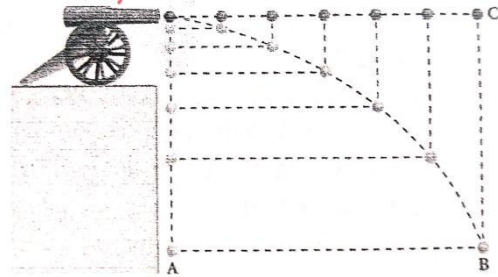
4. 速度是矢量，既有大小，又有方向。当速度的方向改变，就表示速度发生了变化，也就是具有_____。
5. 当物体加速度的方向/受合力的方向与它速度方向_____时，物体将做曲线运动。

6.2 抛射体运动

1. 物体向外扔出时，受到_____的作用下所做的运动就称为抛射体运动。
2. 在空中做抛射运动的物体
 - 只受到_____的作用
 - 忽略_____

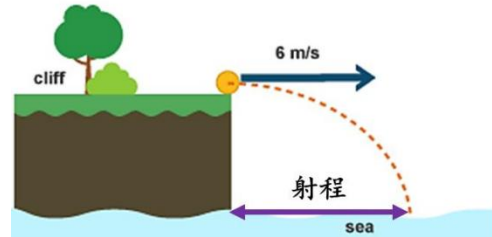
3. 抛射体运动可看成：

- _____
- _____

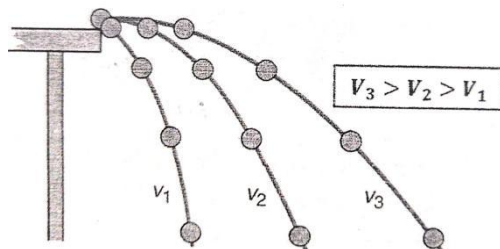


平抛运动

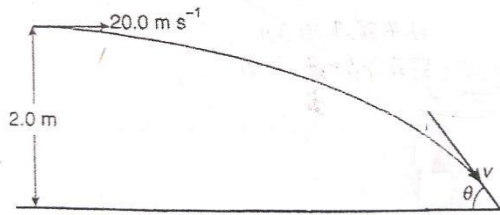
1. 物体以一定的_____抛出时，所做的曲线运动就是_____。
2. 水平方向的分速度：_____
竖直方向的分速度：_____
3. 在抛射运动中，从物体被抛出的地点的水平距离叫做_____。



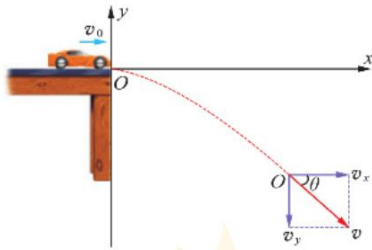
4. 物体的_____，它飞出的_____。但是，无论物体初速度大小如何，他们总是同时落地。



例子:



1. 一皮球从 2m 高的建筑沿水平方向
 抛射。皮球的初速度为 20ms^{-1} 。
 求
 - a) 皮球到达地面所需的时间 [0.64s]
 - b) 皮球落地时的速度 [20.96ms^{-1} , 17.38°]
 - c) 皮球的水平射程 [12.78m]
3. 一石块在高 100m 的塔顶, 以
 10ms^{-1} 的速度水平抛出, 求
 - a) 石块到达地面所需的时间 [4.52s]
 - b) 石块落地时候的速度 [45.39ms^{-1} , 77.27°]
 - c) 石块落地点距塔脚的水平距离 [45.2m]



2. 一辆玩具小车从 0.8m 高的平台上
 以 3ms^{-1} 的水平速度飞出, 求
 - a) 小车到达地面所需的时间 [0.4s]
 - b) 小车落地时的速度 [4.97ms^{-1} , 52.86°]
 - c) 小车的水平射程 [1.21m]

统考题:

一个小球从某高出以初速度 v_0 水平抛出, 落地时的末速度为 v_1 , 则其运动时间是多少?

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| A. $\frac{v_1 - v_0}{g}$ | B. $\frac{v_1 - v_0}{2g}$ |
| C. $\frac{v_1^2 - v_0^2}{2g}$ | D. $\frac{\sqrt{v_1^2 - v_0^2}}{g}$ |

2017 年

4. 一皮球以 20ms^{-1} 的速度，水平地从一高 15m 的墙头踢落，求 1s 后皮球的位置和速度。
[20m , 4.9m , 22.67ms^{-1} , 26.1°]

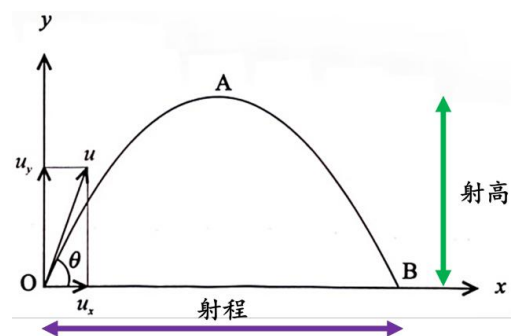
5. 一炮弹在崖顶以 100ms^{-1} 的水平初速度射向海面， 5s 后撞入水面，求
- 炮弹的射程 [500m]
 - 崖的高度 [122.5m]

6. 一位滑雪运动员由A点沿水平方向跃起，到B点着陆。测得A、B间距离 $l=40\text{m}$ ，山坡倾角 $\theta=30^\circ$ ，试计算运动员在空中飞行的时间和起跳的速度。
[2.02s , 17.15ms^{-1}]

7. 一个小球从 1m 高的桌面上水平抛出，落到地面的位置与桌面边缘的水平距离为 2.4m ，求小球离开桌面边缘时的初速度。 [5.31ms^{-1}]

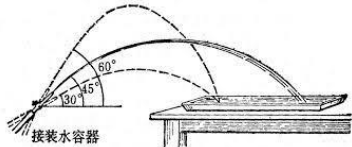
斜抛运动

- 物体以_____抛出时候，物体所做的运动就是_____。
- 斜抛运动可看成_____和_____的合成。斜抛运动和平抛运动唯一不同之处是：斜抛运动时，物体的_____和_____都有分量。
- 水平方向的分速度，_____，
竖直方向的分速度，_____。
- 在抛射运动中，物体到达的最高点叫做_____。从物体被抛出的地点到落地的地点的水平距离叫做_____。



5. 斜抛运动的特点:

- 物体上升至最高点 A 所需的时间, 即是物体以 $u_y = u \sin \theta$ 的初速度竖直上升抛至最高点所需的时间。
- 射程随着抛射角的增大而增大, _____ 射程最远; 继续增大抛射角, 射程反而减小。



- 物体在斜抛运动过程中, _____。

例子:

1. 某人把一块小石块以 60° 斜向上抛出, 抛出时的速度为 10ms^{-1} 。求

- a) 石头的射高 [3.83m]
- b) 石头的最小速度 [5ms^{-1}]
- c) 石头着地所需的时间 [1.77s]
- d) 石头的水平射程 [8.85m]

2. 一炮弹以 250ms^{-1} 的初速度与水平面成 45° 斜向上射出。求

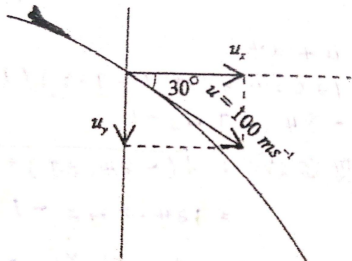
- a) 炮弹的射高 [1594.39m]
- b) 炮弹的最小速度 [176.78ms^{-1}]
- c) 炮弹的飞行时间 [36.08s]
- d) 炮弹的水平射程 [6377.79m]

3. 一座炮台置于 60m 高的崖边, 以与水平线成 40° 的方向发射一颗炮弹, 炮弹离炮口的速度为 120ms^{-1} 。求

- a) 炮弹的射高 [363.56m]
- b) 炮弹落至地面的时间 [16.48s]
- c) 炮弹的末速度 [124.8ms^{-1}]
- d) 炮弹的水平射程 [1514.93m]

4. 在投掷铅球大赛上，小明以与水平线成 45° 的方向抛出铅球，铅球的初速度为 20ms^{-1} 。若小明的身高为 1.7m ，求
- 铅球的射高 [11.90m]
 - 铅球落至地面的时间 [3s]
 - 铅球的末速度 [20.82ms^{-1}]
 - 铅球的水平射程 [42.43m]

6. 一物体以 37° 的抛射角从地面斜向上抛射，若初速为 30ms^{-1} ，求 3s 物体的速度。 [26.51 ms^{-1}]



5. 一架战斗机以 100ms^{-1} 的速度及 30° 的俯角俯冲，并在 1960m 的高度放出炸弹。求
- 炸弹的飞行时间 [15.54s]
 - 炸弹碰地时的速度 [220.04ms^{-1}]
 - 炸弹的水平射程 [1345.8m]

统考题：

一物体以 25ms^{-1} 的速度斜向上抛射。若抛射角是 35° ，经 2 秒后，它的速度的大小是多少？

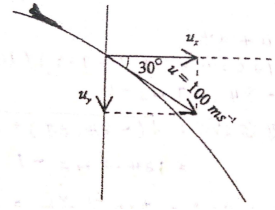
- A. 22.4ms^{-1} B. 21.1ms^{-1}
C. 20.6ms^{-1} D. 18.2ms^{-1}

2006 年

7. 一子弹以 37° 的抛射角， 200ms^{-1} 的速度，从枪口斜向上射出，求子弹达 400m 高空的时间，当时的速度大小及水平射程。

$$[3.96\text{s}, +179.33\text{ms}^{-1}, 632.52\text{m}]$$

$$[20.6\text{s}, -179.33\text{ms}^{-1}, 3290.38\text{m}]$$



9. 一架战斗机以 100ms^{-1} 的速度及 30° 的俯角俯冲时，向地面的一个目标投下一颗炸弹，炸弹在 5s 后击中目标。求

a) 飞机投弹时的高度 [372.5m]

b) 飞机与目标的水平距离 [433m]

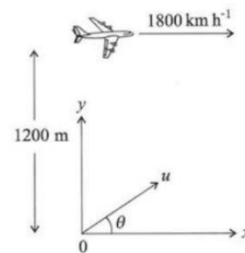
8. 一巴士以 10ms^{-1} 之速度行驶，巴士上一人沿垂于巴士行驶的方向以 20ms^{-1} 的速度向上抛出一小石，假设抛出点离地面的高度为 2.5m 。求

a) 小石抛出后与车前进方向之夹角 [63.43°]

b) 小石抛出时之实际速度（合速度） [22.36 ms^{-1}]

c) 小石着地点与抛出点之水平距离 [42m]

统考题：



士兵用飞弹射击入侵的飞机。飞机以 1800kmh^{-1} 的速度，在离水平面 1200m 的高空水平匀速直线飞行。当飞机正飞跃士兵上空时，一飞弹从发射台射出，并在飞弹的抛物轨迹最高点处击中飞机。设飞机与飞弹在同一垂直平面内且 $g = 10\text{ms}^{-2}$ ，求

a) 飞弹从发射至击中飞机的时间

b) 飞弹发射的初速度和抛射体

2016 年

6.3 匀速圆周运动

1. 物体的运动轨迹是圆的运动叫_____。

2. 做圆周运动的物体在相等的时间
内所通过的弧长相等，此运动叫
做_____。

切线速度	
定义	物体通过的弧长与时间之比
公式	$v = \frac{s}{t}$ $v = \text{切线速度}$ $s = \text{圆弧长度}$ $t = \text{时间}$
单位	ms^{-1}
标矢性	矢量（沿圆弧切线方向）

角速度	
定义	半径扫过的角度与时间之比
公式	$\omega = \frac{\theta}{t}$ $\omega = \text{角速度}$ $\theta = \text{角度 (rad)}$ $t = \text{时间}$
单位	$rads^{-1}$
标矢性	矢量
关系	$v = r\omega$ $r = \text{半径}$

周期	
定义	物体运动一周所需的时间
公式	$T = \frac{2\pi}{\omega}$ $T = \text{周期}$ $\omega = \text{角速度}$
单位	s
标矢性	标量

频率	
定义	物体在一秒内所转过的圈数
公式	$f = \frac{1}{T}$ $f = \text{频率}$ $T = \text{周期}$
单位	Hz
标矢性	标量

3. 切线速度/角速度/周期/频率描述
匀速圆周运动的快慢。

例子:

1. 电钟秒针的尖端距转轴轴心 0.3m。

试求:

- 秒针的周期 [60s]
- 秒针的频率 [0.0167Hz]
- 秒针的角速度 [0.105rads⁻¹]
- 秒针尖端的切线速度 [0.032ms⁻¹]

2. 电钟时针的尖端距转轴轴心 0.2m。

试求

- 时针的周期 [43200s]
- 时针的频率 [2.31 × 10⁻⁵Hz]
- 时针的角速度 [1.45 × 10⁻⁴rads⁻¹]
- 时针的切线速度 [2.91 × 10⁻⁵ms⁻¹]

3. 半径为 75m 的摩天轮在竖直平面
内做匀速转动，角速度为 4.2 ×
10⁻³rads⁻¹。求其

- 周期 [1496s]
- 频率 [6.68 × 10⁻⁴Hz]
- 切线速度 [0.315ms⁻¹]

4. 人造卫星在离地面 400km 的高空绕着地球做匀速圆周运动。地球半径是 $6.4 \times 10^6 m$ 。人造卫星的切线速度为 $7.6 \times 10^6 m s^{-1}$ 。求人造卫星绕地球运动的

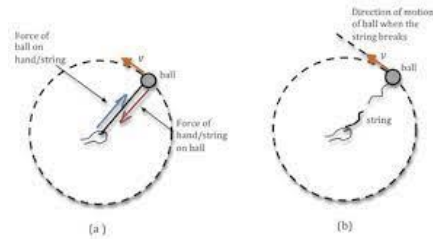
- a) 角速度 [0.0112 rads⁻¹]
 b) 周期 [562.18s]
 c) 频率 [$1.78 \times 10^{-3} Hz$]

5. 半径为 10cm 的砂轮，设 0.2s 转一圈。
- a) 求砂轮旋转的角速度 [31.4 rads⁻¹]
 b) 砂轮上离转轴不同距离的点，它们的角速度和线速度是否相同。 [相同，不相同]
 c) 求离转轴最远处的切线速度 [3.14 m s⁻¹]

6. 旋转餐厅转动一周所需的时间约为 1h，餐桌离转轴中心约为 20m，求餐桌的切线速度。若顾客走到离转轴中心的 0.5m 处，求顾客的线速度。
 [0.035 m s⁻¹, $8.73 \times 10^{-4} m s^{-1}$]

6.4 向心力

1. 当绳子断裂时，小球就会沿着切线方向飞出去。可见，有一个力一直拉着小球做匀速圆周运动。



2. 这个力的方向总是指向圆心，所以称为_____。

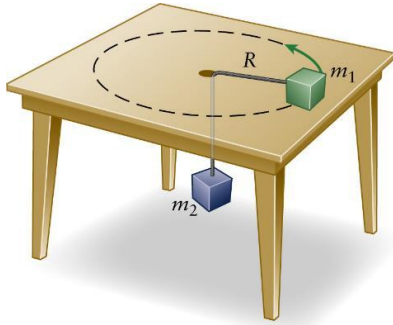
项目	向心力
来源	重力、弹力、摩擦力等各种力，也可以是几个力的合力或某个力的分力。
定义	物体做匀速圆周运动时所受的合力方向始终指向圆心。
公式	$F_c = m r \omega^2 / \frac{m v^2}{r} / \frac{m r \cdot 4 \pi^2}{T^2}$ $F_c = \text{向心力}$ $m = \text{质量}$ $r = \text{圆周半径}$ $\omega = \text{角速度}$ $v = \text{切线速度}$ $T = \text{周期}$
单位	N
标矢性	矢量（指向圆心）

3. 根据牛顿第二运动定律，做匀速圆周运动的物体必然会具有向心加速度。向心加速度的方向总是指向圆心。

项目	向心加速度
定义	物体做匀速圆周运动的加速度
公式	$a_c = r \omega^2 / \frac{v^2}{r} / \frac{r \cdot 4 \pi^2}{T^2}$ $a_c = \text{向心加速度}$ $\omega = \text{角速度}$ $r = \text{圆周半径}$ $v = \text{切线速度}$ $T = \text{周期}$
单位	m s ⁻²
标矢性	矢量（指向圆心）

水平面内的圆周运动

1. 在圆周运动中，最简单的是水平方向的匀速圆周运动。



2. 此向心力由绳子的张力所提供。

例子：

1. 一物体在一水平面上以等速 9ms^{-1} 绕半径为 1.5m 做圆周运动。若物体的质量为 3kg ，求它的

- a) 向心加速度 $[54\text{ms}^{-1}]$
b) 向心力 $[162\text{N}]$

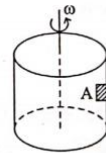
2. 一质量为 5kg 的物体在半径为 2m 的水平圆周上，以 3rads^{-1} 的角速度做圆周运动，试求它所受的

- a) 向心加速度 $[18\text{ms}^{-1}]$
b) 向心力 $[90\text{N}]$

3. 一质量为 3kg 的铁球，系于长 0.5m 的绳上。绳子另一端固定在平滑的地上。使铁球在地面做匀速圆周运动。若其切线速度为 10ms^{-1} 。求绳子的拉力。 $[600\text{N}]$

4. 一质量为 20g 的银币放置在离转轴 50cm 处，此桌子以的角速度做圆周运动。求银币与桌子之间的摩擦力。 $[0.09\text{N}]$

统考题：

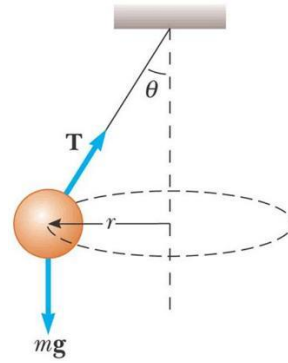


- 0.5kg 的物体 A 紧贴在半径为 0.3m 的圆筒内壁，并随圆筒以作匀速圆周运动。（取 $g = 10\text{ms}^{-2}$ ）

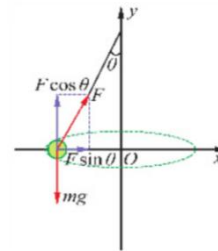
- a) 试画出物体 A 的受力图并表示各力。
b) i. 求物体 A 所受到的静摩擦力。
ii. 求物体 A 对圆筒内壁的压力。

2003 年

5. 质量为 1000kg 的汽车沿转角半径为 35m 的水平道路行驶。轮胎与路面之间的摩擦力为 4000N 。在汽车不打滑的情况下，求汽车最高行驶速度。
[11.83ms^{-1}]



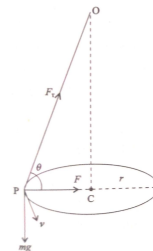
6. 质量为 2kg 的物体以 0.1s 的周期绕一半径为 0.5m 的圆周运动，求物体的向心力？
[3947.8N]



例子:

1. 圆锥摆中小球的质量为 1kg ，摆线长为 1m 。小球在水平面内做半径为 0.6m 的匀速圆周运动。问：
- 摆线的拉力为多大？ [12.25N]
 - 小球的向心力是多少？ [7.35N]
 - 摆球的周期是多少？ [1.8s]

7. 月球绕地球一周需时 27.3 日。设其轨道为半径等于 $3.85 \times 10^8\text{m}$ 的圆周，求月球的向心加速度。
[$2.73 \times 10^{-3}\text{ms}^{-2}$]



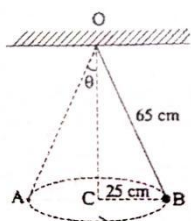
2. 质量为 2kg 的摆球，系于长度为 1m 的绳子。以恒定的角速度旋转形成水平圆周运动，半径为 0.5m 。试求：
- 绳的拉力 [22.63N]
 - 小球的向心力 [11.32N]
 - 摆球的周期 [1.87s]

圆锥摆

1. 作用在摆球上的力有绳子的弹力和摆球的重量。
- _____ = 绳子的竖直分力
 - _____ = 绳子的水平分力

- a) 小球的向心力 [12N]
- b) 角度 θ [39.22°]
- c) 绳的拉力 [18.97N]

统考题:



质量为 500g 的摆球系在一长为 65cm 的绳上，并以等速率绕半径为 25cm 的水平圆周回转。

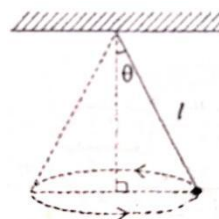
- a) 画出摆球在位置 A 时的受力图
- b) 求摆球的回转周期
- c) 求绳子的张力

1997 年

4. 飞机以 180ms^{-1} 的速度在半径 20km 的水平圆上飞行。当飞机转弯时，连接到机舱顶部的铅垂线倾斜。求

- a) 飞机的向心加速度 [1.62ms^{-2}]
- b) 角度 θ 的值 [9.39°]

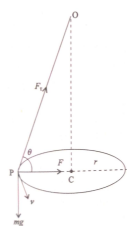
统考题:



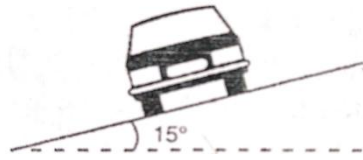
一单摆的摆长为 l 。当摆锤在一水平面上以等角速度 ω 绕铅垂线旋转时，摆线与沿垂线的夹角为 θ 。 $\theta =$ _____。

- A. $\cos^{-1} \frac{g}{l\omega^2}$
- B. $\tan^{-1} \frac{g}{l\omega^2}$
- C. $\sin^{-1} \frac{g}{l\omega^2}$
- D. $\cos^{-1} gl\omega^2$

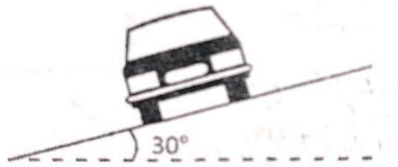
1998 年



3. 质量为 1.5kg 的摆球，以 4rads^{-1} 的角速度在半径为 0.5m 的水平圆上做匀速圆周运动。求:



5. 有一汽车以 v 的速度拐弯，拐弯半径为 60m ，拐弯处的倾角为 15° 。如果路面光滑，为了避免汽车打滑，求汽车的行驶速度 v 。
[12.55ms^{-1}]



6. 在某路段汽车向左拐弯，汽车的运动可看作是半径为 100m 的圆周运动。若其路面光滑，路面的倾斜角为 30° ，求汽车拐弯时的车速。
[23.79ms^{-1}]

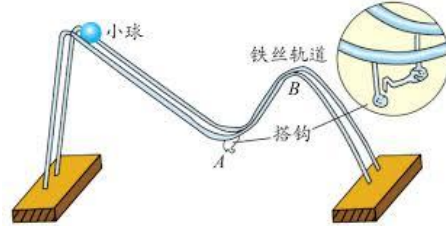
统考题：

某段高速公路上有一道半径为 100m 的弯道，某汽车正以 90kmh^{-1} 的时速行驶。如果路面光滑，为了避免汽车打滑，则其路面的倾斜角度应为多少？

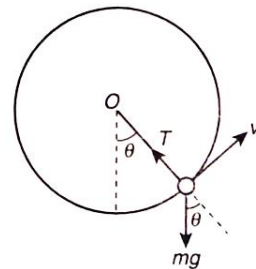
2011 年

竖直平面内的圆周运动

1. 物体做竖直平面圆周运动时，速度将随着圆周运动的变化而变化。



2. 竖直平面内的圆周运动公式：



$$F_c = T - mg\cos\theta$$

$$T = F_c + mg\cos\theta$$

- a) 当物体在最低点时， $\theta = 0^\circ$ 。

- b) 当物体和绳子在水平面上时， $\theta = 90^\circ$ 。

- c) 当物体在最高点时， $\theta = 180^\circ$ 。

3. 物体来到_____时，绳子所承受的压力最大。此时绳子比较容易断裂。
4. 物体要达到最高点需具有_____的速度。否则物体无法完成圆周运动。（当物体处在最高点时，绳必须是拉紧）

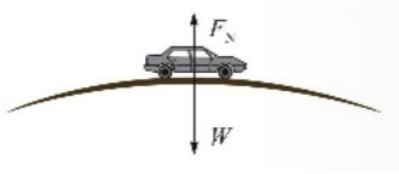
$$T \geq 0$$

$$\frac{mv^2}{r} - mg \geq 0$$

$$\frac{mv^2}{r} \geq mg$$

$$v \geq \sqrt{gr}$$

5. 汽车以恒定速率通过一座拱桥，在桥顶时对桥面的压力是_____。

**例子:**

1. 摆球系在一长为 1m 的绳上, 并进行竖直圆周运动, 摆球运动到圆周运动最高点的最小速度是多大? [3. 13ms^{-1}]

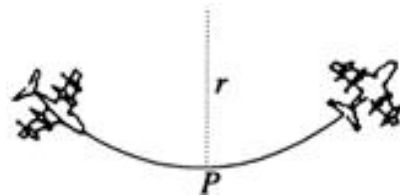


2. 表演“水流星”节目时, 杯子沿半径为 0.8m 的圆周运动, 杯子运动到圆周运动最高点的最小速度是多大? [2. 8ms^{-1}]

3. 质量为 25kg 的小孩坐在秋千板上, 秋千绳子长度为 2.5m 。如果秋千板摆到最低点时, 小孩运动速度是 5ms^{-1} , 求此时绳子的张力。 [495N]

4. 长为 0.5m 的细绳系着一个质量为 3kg 的小球。小球在竖直平面内做圆周运动, 通过最高点时小球的速率为 2.5ms^{-1} , 求此绳子的张力。 [8. 1N]

5. 质量为 1.5kg 的摆球系在一长为 1m 的绳上, 并进行竖直圆周运动。摆球最大的切线速度为 7ms^{-1} , 求绳子所受的最大张力。 [88. 2N]



6. 飞机由俯冲转为拉起一段轨迹可以看作圆弧。如果圆弧半径为 180m 。飞行员的重量为 70kg , 飞机经过最低点的速度为 360kmh^{-1} , 求这时飞行员对座位的压力。 [4575N]

统考题:

一重为 900N 的机师想要让滑翔机做竖直平面上的圆周运动，当机身自最高点倒转向下时，机师将对座位施加 500N 的力。若滑翔机以 50ms^{-1} 的速度飞行，则此圆的半径是多少？

- A. 142m B. 156m
C. 164m D. 178m

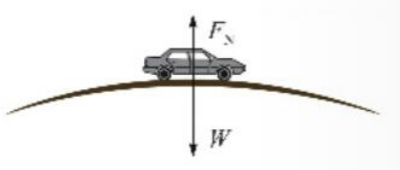
2006 年

统考题:

质量为 m 的汽车，以速率 v 通过半径为 r 的凸面桥，在桥面最高点时，桥面对汽车的反作用力的大小是多少？

- A. mg B. $\frac{mv^2}{r}$
C. $mg - \frac{mv^2}{r}$ D. $mg + \frac{mv^2}{r}$

2006 年

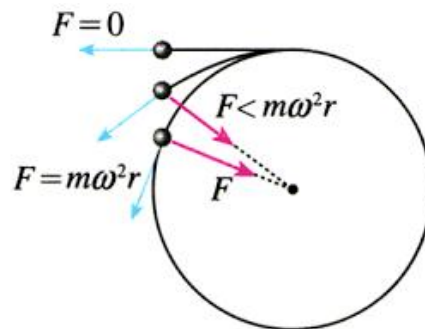


7. 汽车的质量为 800kg ，桥拱的半径为 50m ，当汽车到达桥顶时的速度为 5ms^{-1} ，此时汽车对桥面的压力有多大？ [7440N]

8. 一辆质量为 500kg 的汽车静止在一座半径为 40m 的圆弧形拱桥顶部，求：
- a) 此时汽车对桥的压力是多大？ [4900N]
- b) 如果汽车以的速度经过桥的顶部，则汽车对桥的压力是多大？ [3650N]
- c) 汽车以多大速度通过桥的顶部时，对桥的压力恰好为零。 [19.80ms⁻¹]

6.5 离心运动及其运用

- 做圆周运动的物体，由于具有_____，总是有沿着圆周切线飞出去的侧向。
- 物体之所以没有飞出去，是因为它受到向心力的作用。
- 一旦向心力消失，物体就会沿着切线方向飞出；当向心力不足时，物体就会逐渐远离圆心。此运动被称为_____。

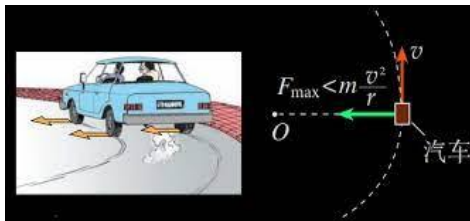


离心运动的应用

1. 洗衣机脱水时利用离心运动把附在衣服上的水分甩掉。
2. 医院常用的离心分离器加快液体重悬浮微粒的沉淀。

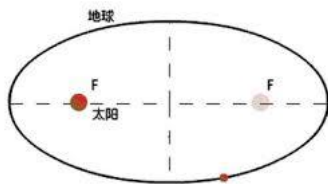
离心运动的危害

1. 汽车转弯时，所需的向心力是由轮胎与地面间的摩擦力提供的。若转弯时速度过大，所需的向心力大于摩擦力，汽车将做离心运动造成事故。

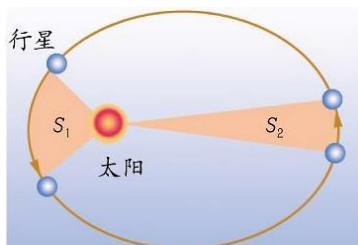


6.6 行星的运动及开普勒定律

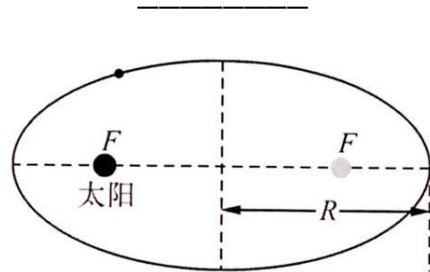
1. 德国天文学家开普勒发现了太阳系行星运动的三大定律（开普勒行星运动定律）
 - a) 开普勒第一定律（轨道定律）所有行星绕太阳运动的轨道都是_____，太阳处在椭圆的一个焦点上。



- b) 开普勒第二定律（面积定律）对每个行星而言，太阳与行星的连线在_____扫过的_____。行星靠近太阳时速度大，远离太阳时速度小。

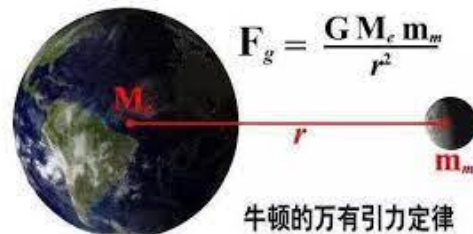


- c) 开普勒第三定律（周期定律）所有行星轨道的半长轴的三次方跟它的公转周期的二次方的比值都相等。



2. 开普勒行星运动定律的近似处理：
 - a) 行星绕太阳运动的_____，太阳处在_____。
 - b) 行星绕太阳做圆周运动的角速度（或线速度）大小不变，即行星做_____。
 - c) 将椭圆轨道的半长轴近似为行星轨道的_____。

6.7 万有引力定律

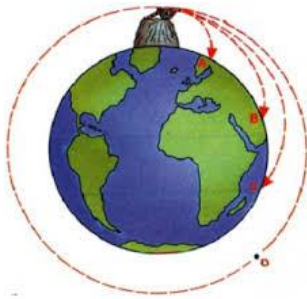


项目	万有引力定律
定义	引力的大小与物体的质量 M 和 m 的乘积成正比、与它们之间的距离 r 的二次方成反比。
公式	$F = G \frac{Mm}{r^2}$ F = 万有引力 G = 引力常量 M/m = 质量 r = 两球心的距离
单位	N
标矢性	矢量（两个物体的连线上）

1. 尽管自然界中任何两个物体之间都存在着引力，但一般物体间的引力非常小，常常忽略不计。而我们能明显感觉到地球引力的作用是由于地球的质量很大。

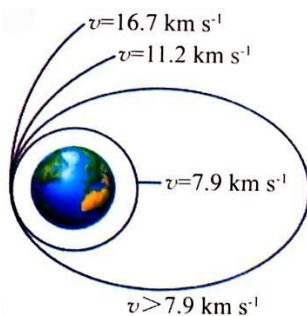
宇宙速度

1. 牛顿认为：把一个物体从地面某高出水平抛出，速度一次比一次大，落地点也就一次比一次远。如果速度足够大，物体就不再落回地面，它将绕地球转动，成为地球的人造卫星。



2. 三大宇宙速度

- a) 第一宇宙速度 (7.9kms^{-1})
物体恰好环绕地球做匀速圆周运动。物体的速度 $7.9\text{kms}^{-1} < v < 11.2\text{kms}^{-1}$ ，它仍绕地球运行，但运行轨迹是_____。
- b) 第二宇宙速度 (11.2kms^{-1})
物体脱离地球的束缚，而围绕太阳运行。
- c) 第三宇宙速度 (16.7kms^{-1})
物体脱离太阳的束缚，而飞到太阳系外成为自由天体。



例子:

1. 地球和月球的质量分别为 $6.0 \times 10^{24}\text{kg}$ 和 $7.4 \times 10^{22}\text{kg}$ 。若地球与月球相距 $3.8 \times 10^8\text{m}$ ，求月球和地球之间的万有引力。
[$2.05 \times 10^{20}\text{N}$]
2. 一颗人造卫星的质量为 221kg ，运行轨道距地面最近为 266km （近地点），最远为 1826km （远地点）。卫星运动到近地点和远地点所受的引力各为多大？
（地球半径： 6400km ，地球质量： $6 \times 10^{24}\text{kg}$ ）
[1991.54N , 1307.80N]
3. 月球的质量为 $7.4 \times 10^{22}\text{kg}$ ，半径为 1737km ，求月球表面的自由落体加速度。
[1.64ms^{-2}]
4. 宇航员成功踏上半径为 $7 \times 10^7\text{m}$ 的木星。该宇航员测得木星表面的自由落体加速度为 24.79ms^{-2} 。求木星的质量。
[$1.82 \times 10^{27}\text{kg}$]

5. 某行星的质量是地球质量的 6 倍，其半径是地球半径的 3 倍，求此行星表面的自由落体加速度。
[6.53ms⁻²]
6. 金星半径是地球半径的 0.95，质量为地球质量的 0.82，金星表面的自由落体加速度是多大？
[8.9ms⁻²]
7. 地球的自由落体加速度为 9.8ms⁻²。已知地球的半径为 6400km，求地球的质量及其平均密度。
[6 × 10²⁴kg, 5.48 × 10³kgm⁻³]
8. 土星的重力加速度为 10.5ms⁻²。已知土星的质量为 5.68 × 10²⁶kg，求土星的半径及其平均密度。
[6 × 10⁷m, 625kgm⁻³]

统考题：

月球表面的自由落体加速度为地球表面的 $\frac{1}{6}$ ，月球和地球的直径比率则为 $\frac{5}{18}$ 。求月球和地球的质量比率。

- A. 3:5 B. 5:108
C. 25:48 D. 25:1994

2007 年

统考题：

已知地球表面的平均重力加速度是 g ，地球的半径 R ，万有引力常数是 G ，则地球的平均密度是_____。

- A. $\frac{3G}{4\pi R^2 g}$ B. $\frac{3g}{4\pi R G}$
C. $\frac{g}{R^2 G}$ D. $\frac{g}{R G}$

2003 年

9. 木卫二是木星的第四大卫星之一，它绕着木星作圆周运动。木卫二的质量是 $4.8 \times 10^{22} \text{kg}$ ，公转轨道半径是 $6.7 \times 10^8 \text{m}$ ，木星的质量为 $1.9 \times 10^{27} \text{kg}$ ，求

- a) 木卫二和木星之间的万有引力 $[1.36 \times 10^{22} \text{N}]$
 b) 木卫二的角速度 $[2.05 \times 10^{-5} \text{rads}^{-1}]$
 c) 木卫二的运动周期 $[3.06 \times 10^5 \text{s}]$

10. 一人造卫星在距离地面 400km 的高空绕地球做圆周运动。求

- a) 卫星的角速度 $[1.13 \times 10^{-3} \text{rads}^{-1}]$
 b) 卫星的切线速度 $[7684 \text{ms}^{-1}]$
 c) 卫星的运动周期 $[5568 \text{s}]$
 (地球半径: 6400km, 地球质量: $6 \times 10^{24} \text{kg}$)

统考题:

地球质量为 $6 \times 10^{24} \text{kg}$ ，半径为 $6.4 \times 10^6 \text{m}$ ，求

- a) 某物体绕地球作圆周运动的最短周期
 b) 物体运行轨道之速度

2009 年

11. 月球环绕地球作圆周运动，其运动周期大约为 27.3 天，与地球的距离大约为 $3.8 \times 10^8 \text{m}$ 。试估计地球的质量。 $[5.82 \times 10^{24} \text{kg}]$

12. 土卫六又称为泰坦 (Titan)，是环绕土星运行的一颗卫星。其公转周期大约为 15.95 天，与土星的距离大约为 $1.22 \times 10^9 \text{m}$ 。试估计土星的质量。 $[5.66 \times 10^{26} \text{kg}]$

统考题：

地球的公转周期大约为 365 天，与太阳的距离大约为 $1.5 \times 10^{11}m$ 。试估计太阳的质量。

2013 年

是一件很困难的事情。谁也没有想到，居然有三位年轻的天文学家攻克了这一难题，而且他们是用笔和纸“找”到了这颗遥远的行星，而不是用望远镜观察到的。所以，海王星又称被为“笔尖上的星球”。这三个年轻人就是加勒、亚当斯和勒威耶。

由于海王星离太阳十分遥远，几乎是地球到太阳的 30 倍。所以它在自己的轨道上绕太阳公转一周大概需要 164.8 年的时间。从 1846 年被发现到 2011 年，海王星正好围绕太阳公转一圈了。

知识拓展：



海王星：笔尖下发现的行星

自从牛顿发现万有引力之后，天文学家就开始利用它来计算行星的运动轨迹，甚至能够计算出木星、土星或火星在天空中的具体位置。不过，当天文学家利用同样的方法来计算天王星的位置时，却出现了一定的误差。这让天文学家感到苦恼，难道是牛顿的万有引力出了问题吗？大多数人都相信万有引力是没有问题的，他们猜测在天王星的轨道外，肯定有一颗没有发现的行星，它正和人类玩着“躲猫猫”的游戏，而且不断用引力影响着天王星的运动。

这颗和天文学家玩着“躲猫猫”游戏的行星，离地球非常遥远，甚至比天王星还遥远，它的光芒也很微弱，想要在茫茫宇宙中找到它的踪影，肯定