

第 5 章

1. 曲线运动：物体的运动轨迹为一条曲线的运动。

曲线运动中，质点在某一点的速度（运动方向），沿曲线在这一点的切线方向。

2. 曲线运动是变速运动。（速度方向时刻改变）

3. 物体做曲线运动的条件：当物体所受合力的方向与它的速度方向不在同一直线上时，物体做曲线运动。

4. 类似力的合成与分解，运动也可以进行合成与分解。运动的合成与分解遵循平行四边形定则和三角形定则。在高中阶段，运动的合成与分解通常指运动学量（ x, v, a, F ）的合成与分解。

重要结论：（1）两个匀速直线运动的合运动一定是匀速直线运动。

（2）一个匀速直线运动和一个匀变速直线运动的合运动一定是曲线运动。

（3）两个直线运动的合运动可以是曲线运动也可以是直线运动。

（4）合运动与分运动具有同时性，独立性，同体性

5. 抛体运动：物体只在重力作用下，以一定的初速度抛出所发生的运动。

分类：平抛运动，竖直上抛，斜抛运动。

特别注意：做抛体运动的物体只受重力，加速度都为 g ，它们都是匀变速运动。

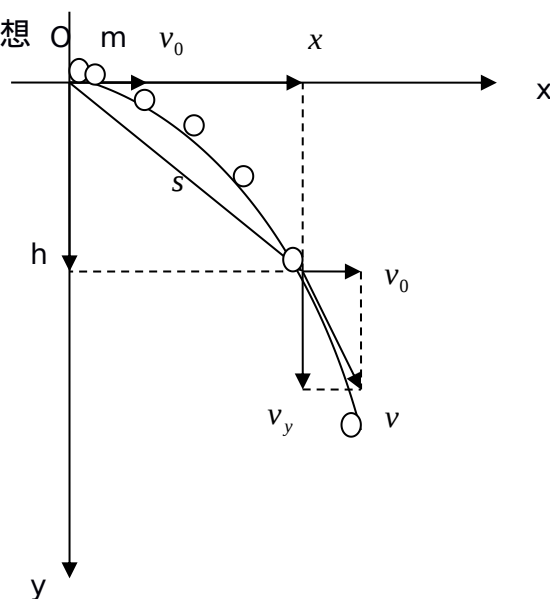
研究抛体运动的方法：运动的合成与分解、化曲为直的思想

6. 平抛运动：物体只在重力作用下，以

一定的水平初速度 v_0 抛出所发生的运动。如右图所示：

规律：

- 水平方向的分运动：速度为 v_0 的匀速直线运动
- 分速度： v_0 ；分位移： $x = v_0 t$
- 竖直方向的分运动：自由落体运动
- 分速度： $v_y = gt$ ； $v_y^2 = 2gh$ ；分位移： $h = \frac{1}{2}gt^2$
- 平抛运动的速度： $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2}$ 方向： $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_0}$
- 平抛运动的位移： $s = \sqrt{x^2 + h^2}$ 方向： $\tan \beta = \frac{h}{x}$



7. 圆周运动：物体沿着圆周运动。描述圆周运动的物理学量及其单位：

$$v(m/s), \omega(rad/s), n(r/s), T(s), a_n, a_\tau (m/s^2)$$

各物理量间关系： $v = \frac{\Delta l}{\Delta t}, \omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}, n = \frac{\text{圈数}}{\text{时间}}, v = \frac{2\pi r}{T}, \omega = \frac{2\pi}{T}, v = r\omega, n = \frac{1}{T}$

向心加速度表达式： $a_n = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = (\frac{2\pi}{T})^2 r$

向心力表达式： $F_n = ma_n = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r = m(\frac{2\pi}{T})^2 r$

匀速圆周运动中，物体所受合力完全等于向心力。

变速圆周运动、一般的曲线运动中，物体所受合力一部分提供向心力，一部分提供切向力。

第 6 章

1. 日心说比地心说更完善，但是日心说的观点并非都正确。

2. 开普勒行星运动定律：

(1) 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。

(2) 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。

(3) 所有行星的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。

4. 万有引力定律：自然界中任何两个物体都相互吸引，引力的方向在他们的连线上，引力的大小与物体的质量 m_1 和 m_2 的乘积成正比，与它们之间的距离 r 的二次方成反比。

即： $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ ，其中 G 叫做引力常量， $G = 6.67 \times 10^{-11} N \cdot m^2 / kg^2$

5. 两个重要的等量关系：

(1) 设天体 M 表面的重力加速度为 g ，忽略该天体自转，则一质量为 m 的物体在该天体表面所受重力等于该天体对物体的万有引力。即： $mg = G \frac{Mm}{r^2}$ ，其中 r 为物体到天体中心的距离

(2) 在高中阶段，天体的运动当做匀速圆周运动来处理，环绕天体所受万有引力提供向心力。

即： $G \frac{Mm}{r^2} = ma_{\text{向}} \rightarrow a_{\text{向}} = G \frac{M}{r^2} \rightarrow$ 卫星轨道半径越大，向心加速度越小。

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \rightarrow \text{卫星轨道半径越大, 速度越小。}$$

$$G \frac{Mm}{r^2} = mr\omega^2 \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}} \rightarrow \text{卫星轨道半径越大, 角速度越小。}$$

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}} \rightarrow \text{卫星轨道半径越大, 周期越大。}$$

6. 宇宙速度:

第一宇宙速度: 物体在天体表面附近做匀速圆周运动的速度。 $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$, 其中 M、R 为天体的质量、半径。

对于地球来说, 第一宇宙速度为 7.9km/s 又叫最小的发射速度、最大的环绕速度; 第二宇宙速度为 11.2km/s 又叫脱离速度, 挣脱地球的引力, 绕太阳运动; 第三宇宙速度为 16.7km/s 又叫逃逸速度, 挣脱太阳的引力, 逃离太阳系。

曲线运动

一、选择题

1. 关于曲线运动, 以下说法正确的是 ()

- | | |
|-------------------------|---------------------|
| A. 曲线运动是一种变速运动 | B. 做曲线运动的物体合外力一定不为零 |
| C. 做曲线运动的物体所受的合外力一定是变化的 | D. 曲线运动不可能是一种匀变速运动 |

2. 关于平抛运动, 下列说法中正确的是 ()

- | | |
|----------------|----------------------------|
| A. 平抛运动是匀速运动 | B. 平抛运动是匀变速曲线运动 |
| C. 平抛运动不是匀变速运动 | D. 作平抛运动的物体落地时速度方向一定是竖直向下的 |

3. 做平抛运动的物体，在水平方向通过的最大距离取决于（ ）

- A . 物体的高度和受到的重力 B . 物体受到的重力和初速度
C . 物体的高度和初速度 D . 物体受到的重力、高度和初速度

4. 在高 h 处以初速度 v_0 将物体水平抛出，它们落地与抛出点的水平距离为 s ，落地时速度为 v_1 ，则此物体从抛出到落地所经历的时间是（不计空气阻力）（ ）

A、 $\frac{s}{v_0}$ B、 $\sqrt{\frac{2h}{g}}$ C、 $(v_1 - v_0)/g$ D、 $\frac{\sqrt{v_1^2 - v_0^2}}{g}$

5. 对于匀速圆周运动的物体，下列物理量中不断变化的是（ ）

- A. 转速 B.角速度 C.周期 D. 线速度

6. 列车轨道在转弯处外轨高于内轨，其高度差由转弯半径与火车速度确定。若在某转弯处规定行驶速度为 v ，则下列说法中正确的是：（ ）

- ①当以速度 v 通过此弯路时，火车重力与轨道面支持力的合力提供向心力；②当以速度 v 通过此弯路时，火车重力、轨道面支持力和外轨对轮缘侧弹向力的合力提供向心力；③当速度大于 v 时，轮缘侧向挤压外轨；④当速度小于 v 时，轮缘侧向挤压外轨。

- A. ①③ B. ①④ C. ②③ D. ②④

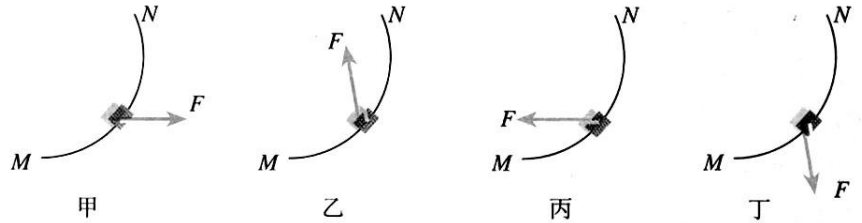
7. 质量为 m 的飞机，以速率 v 在水平面上做半径为 r 的匀速圆周运动，空气对飞机作用力的大小等于（ ）

A、 $m\sqrt{g^2 + \frac{v^4}{r^2}}$ B、 $m\sqrt{g^2 - \frac{v^4}{r^2}}$ C、 mg D、 $m\frac{v^2}{r}$

8. 雨滴由静止开始下落，遇到水平方向吹来的风，下列说法中正确的是（ ）

- A. 风速越大，雨滴下落的时间越长 B. 风速越大，雨滴着地时的速度越大
C. 雨滴下落的时间与风速无关 D. 雨滴着地时的速度与风速无关

9. 一辆汽车在水平公路上转弯，沿曲线由 M 向 N 行驶，速度逐渐减小。如图甲、乙、丙、丁分别画出了汽车转弯时所受合力 F 的四种方向，正确的是(



A. 甲图

B. 乙图

C. 丙图

D. 丁图

10. 一石英钟的分针和时针的长度之比为 $3:2$ ，均可看作是匀速转动，则()

A. 分针和时针转一圈的时间之比为 $1:60$

B. 分针和时针的针尖转动的线速度之比为 $40:1$

C. 分针和时针转动的周期之比为 $1:6$

D. 分针和时针转动的角速度之比为 $12:1$

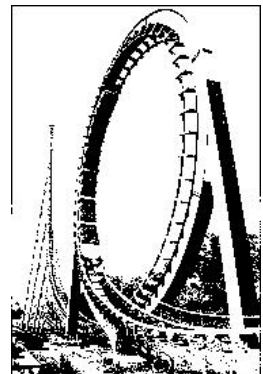
11. 如图所示，乘坐游乐园的翻滚过山车时，质量为 m 的人随车在竖直平面内旋转，下列说法正确的是()

A. 车在最高点时人处于倒坐状态，全靠保险带拉住，没有保险带，人就会掉下来

B. 人在最高点时对座位仍可能产生压力

C. 人在最低点时对座位的压力等于 mg

D. 人在最低点时对座位的压力大于 mg



12. 下列实例属于超重现象的是 ()

A. 汽车驶过拱形桥顶端

B. 荡秋千的小孩通过最低点

C. 跳水运动员被跳板弹起，离开跳板向上运动

D. 火箭点火后加速升空

13. 有长短不同，材料相同的同样粗细的绳子，各拴着一个质量相同的小球在光滑水平面上做匀速圆周运动，那么()

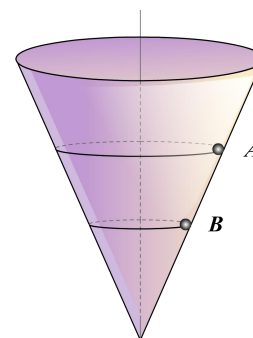
A. 两个小球以相同的线速度运动时，长绳易断

B. 两个小球以相同的角速度运动时，长绳易断

C. 两个球以相同的周期运动时，短绳易断

D. 不论如何，短绳易断

14. 一个内壁光滑的圆锥形筒的轴线垂直水平面，圆锥筒**固定**，有质量相同的小球 A 和 B 沿着筒的内壁在水平面内各自做匀速圆周运动，如图所示， A 的运动半径较大，则 ()



- A. A 球的角速度必小于 B 球的角速度
- B. A 球的线速度必小于 B 球的线速度
- C. A 球的运动周期必大于 B 球的运动周期
- D. A 球对筒壁的压力必大于 B 球对筒壁的压力

三、计算题 17. (10 分) 河宽 $d = 100\text{m}$ ，水流速度 $v_1 = 3\text{m/s}$ ，船在静水中的速度是 $v_2 = 4\text{m/s}$ ，求：

- (1) 欲使船渡河时间最短，船应怎样渡河？最短时间是多少？
- (2) 欲使船航行距离最短，船应怎样渡河？渡河时间多长？

18. 图所示的是双人花样滑冰运动员中男运动员拉着女运动员做圆锥摆运动的精彩场面，若女运动员伸直的身体与竖直方向偏角为 θ ，质量为 m ，重心位置做匀速圆周运动的半径为 r ，求男运动员对女运动员的拉力大小及两人转动的角速度。(女运动员已离开冰面)

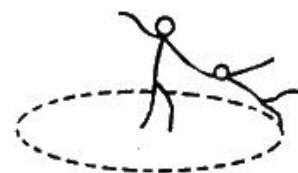
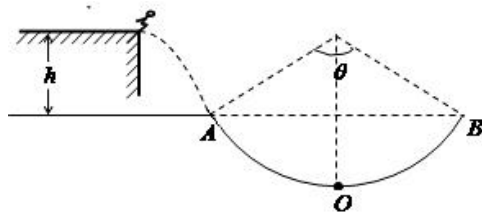


图 5 - 51

19. (12分) 如图所示, 一玩滚轴溜冰的小孩 (可视作质点) 质量为 $m=30\text{kg}$, 他在左侧平台上滑行一段距离后平抛, 恰能无碰撞地从 A 进入光滑竖直圆弧轨道并沿轨道下滑, A 、 B 为圆弧两端点, 其连线水平. 已知圆弧半径为 $R=1.0\text{m}$, 对应圆心角为 $\theta=106^\circ$, 平台与 AB 连线的高度差为 $h=0.8\text{m}$. (计算中取 $g=10\text{m/s}^2$, $\sin 53^\circ=0.8$, $\cos 53^\circ=0.6$) 求:



(1) 小孩平抛的初速度

(2) 若小孩运动到圆弧轨道最低点 O 时的速度为 $v_x = \sqrt{33}\text{ m/s}$, 则小孩对轨道的压力为多大.

曲线运动单元测试题参考答案

1.AB 2.B 3.C 4.ABD 5.D 6.A 7.A 8.BC 9.C 10.D 11.BD 12.BD 13.B 14.AC 15.ABC

16 (1) 保证小球的初速度方向沿水平方向-----4分 (2) 1.5 m/s -----4分

17(10分)解: (1) 设船与岸成 θ 角向对岸行驶, 如图答 1-1 所示, 则当船行至对岸时,

$$s_2 = \frac{d}{\sin \theta}, \quad t = \frac{s_2}{v_2} = \frac{d}{v_2 \sin \theta}.$$

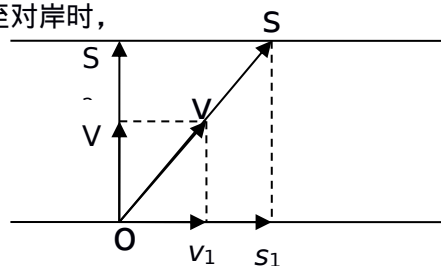
当 $\sin \theta = 1$ 时, t 最小, 即船应沿垂直与河岸的方向渡河.-----2分

$$t_{\min} = \frac{d}{v_2} = \frac{100}{4}\text{ s} = 25\text{ s} \text{-----3分}$$

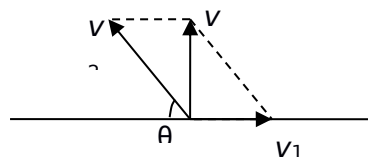
(2) 欲使船航行距离最短, 需使船的实际位移 (合位移)

与河岸垂直, 设此时船的开行速度 v_2 与岸成 φ 角, 如图答 1-2 所示.

$$\text{则 } \cos \varphi = \frac{v_1}{v_2} = \frac{3}{4}, \text{-----2分}$$



图答 1-1



图答 1-2

$$v = \sqrt{v_2^2 - v_1^2} = \sqrt{4^2 - 3^2} \text{ m/s} = \sqrt{7} \text{ m/s}, \text{ -----1 分 } t = \frac{d}{v} = \frac{100}{\sqrt{7}} \text{ s} = \frac{100\sqrt{7}}{7} \text{ s} \text{ (或等于 37.8s)} \text{ -----2 分}$$

18. (10 分) 答案:由平行四边形定则 (或正交分解法) 得 $F_T = mg/\cos\theta$ --4 分,

由牛顿第二定律: $F_{\text{合}} = m\omega^2 r$, -----2 分

由题意有 $F_{\text{合}} = mg\tan\theta$ -----2 分 $\omega = \sqrt{\frac{g \tan\theta}{r}}$ -----2 分

19 (12 分) 解: (1) 由于小孩无碰撞进入圆弧轨道, 即小孩落到 A 点时速度方向沿

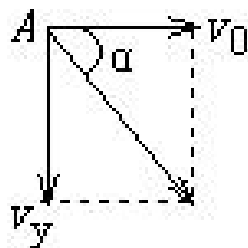
A 点切线方向 (如图) 则: $\tan 53^\circ = \frac{v_y}{v_x}$ -----2 分

又由: $h = \frac{1}{2}gt^2$ 得: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0.4\text{s}$ -----2 分

而: $v_y = gt = 4 \text{ m/s}$ -----2 分 联立以上各式得: $v_0 = 3 \text{ m/s}$ -----1 分

(2) 在最低点, 据牛顿第二定律, 有: $F_N - mg = m \frac{v_x^2}{R}$ -----2 分

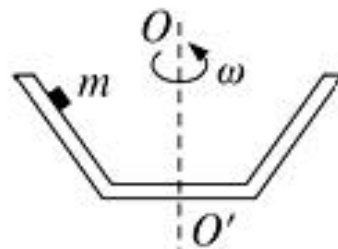
代入数据解得 $F_N = 1290\text{N}$ -----1 分 由牛顿第三定律可知, 小孩对轨道的压力为 1290N -----2 分



【补偿题】1. 如图所示装置绕竖直轴匀速旋转, 有一紧贴内壁的小物体,

物体随装置一起在水平面内匀速转动的过程中所受外力可能是 ()

- A. 重力、弹力
- B. 重力、弹力、滑动摩擦力
- C. 下滑力、弹力、静摩擦力
- D. 重力、弹力、静摩擦力



2. 如图所示, 将完全相同的两个小球 A、B, 用长 $L=0.8 \text{ m}$ 的细绳悬于以

$v_0 = 4 \text{ m/s}$ 向右匀速运动的小车的顶部, 两球恰与小车前后壁接触, 由于某

种原因, 小车突然停止运动, 此时悬线的拉力之比 $F_B : F_A$ 为 ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

()

- A. 1 : 4
- B. 1 : 3
- C. 1 : 2
- D. 1 : 1

