

**A. Basic Problems**

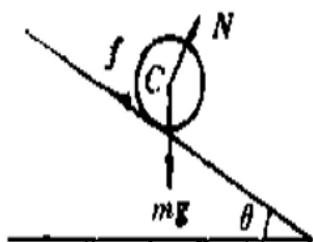
1. 一艘宇宙飞船以速度  $0.8c$  中午飞经地球，此时飞船上和地球上的观察者都把自己的时钟拨到 12 点.
  - (a) 按飞船上的时钟与午后 12:30 飞经一星际宇航站，该站相对地球固定，其时钟指示的是地球时间，按宇航站的时间，飞船到达该站的时间是多少？
  - (b) 按地球上的坐标测量，宇航站离地球多远？
  - (c) 在飞船时间午后 12:30 从飞船发送无线电信号到地球，问地球何时（按地球时间）接收到信号？
  - (d) 若地球上的地面站在接收到信号后立即发出回答信号，问飞船何时（按飞船时间）接收到回答信号？
2. 有两个中子 A 和 B，沿同一直线相向运动，在实验室中测得每个中子的速率为  $\beta c$ . 试证明在中子 A 的静止系中测得的中子 B 的总能量为

$$E = \frac{1 + \beta^2}{1 - \beta^2} m_0 c^2$$

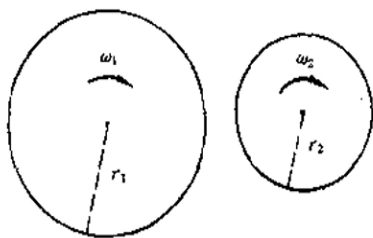
其中  $m_0$  为中子的静质量

3. 设有一能量为  $h\nu$  的光子和静止质量为  $m_0$  的静止原子组成的系统，问该系统的质心速度是多少？
4. 利用质能关系  $E = mc^2$ ，运动定律  $F = \frac{d}{dt}(mu)$  及动能定理  $dE = Fdx$  等关系，证明粒子的质量公式  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$ .

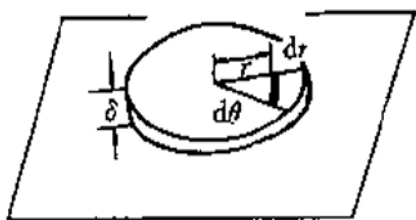
5. 一静止质量为  $m_0$  的粒子受到  $x$  方向的恒力  $F$  作用, 沿  $x$  轴运动. 设  $t = 0$  时粒子处于  $x = 0$  处, 初速度  $u_0 = 0$ , 试求在任意时刻  $t$ , 粒子的速度、加速度和位置.
6. 如图, 一具有圆形周边, 质量对其中心对称分布的物体 (如实心圆柱体、空心圆筒、球等), 在一倾角为  $\theta$  的斜面上作无滑滚动. 设摩擦系数为  $\mu$ , 求使该物体只滚不滑时,  $\theta$  的取值范围, 并讨论空心圆筒、实心圆柱体和球的具体情况.



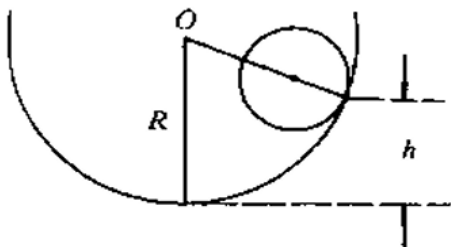
7. 两个均匀圆柱各自独立地绕它们自身的轴转动, 两轴互相平行. 一个圆柱半径为  $r_1$ , 质量为  $m_1$ , 另一个半径为  $r_2$ , 质量为  $m_2$ . 开始时它们分别以角速度  $\omega_1$  和  $\omega_2$  沿同一方向转动, 然后移动它们, 使它们的边缘相互接触, 当它们达到稳定状态以后, 问每一个圆柱体的最终角速度是多少?



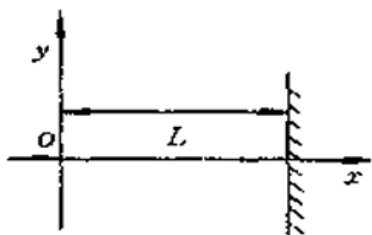
8. 一半径为  $R$ , 质量为  $M$  的均匀圆盘放在水平桌面上, 盘与桌面之间的滑动摩擦系数为  $\mu$ , 若盘开始时以角速度  $\omega_c$  自转, 试求经过多少时间盘停止转动.



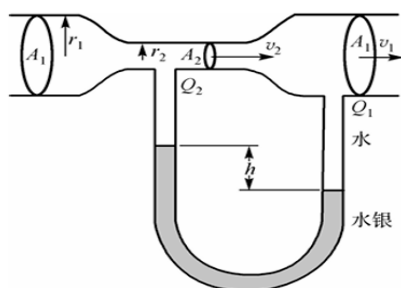
9. 一小球在球形碗底做微小振动，求证在其振幅比较小时，这种振动是简谐振动，并计算振动的周期. 设小球的半径为  $r$ ，球形碗的半径为  $R$ ，小球在碗内的运动可以看成是无滑动的滚动.



10. 质点  $m$ ，以某一定点为中心按周期  $T$  做简谐运动. 当质点通过中心时，在微小时间  $\Delta t$  内施力  $F$  使质点加速，试求振幅  $A$  的变化.
11. 长方形匀质薄板，长为  $a$ ，宽为  $b$ ，质量为  $m$ ，在此薄板的中线上取一点  $A$ ，使板绕  $A$  点在垂直平面内做微小的自由振动. 当  $A$  距中心  $O$  多远时，振动频率最大？并求最大频率.
12. 设距某一反射壁  $L$  处有一波源（如图）发出圆频率为  $\omega$ ，振幅为  $A$  的平面波，波传播的速度为  $v$ . 若选振源处为坐标原点  $O$ ，求：
- 此平面波的表达式
  - 反射波的表达式（设在反射处存在半波损失，即波在该处有  $\pi$  的相位突变）
  - 合成波的表达式
  - 在距  $O$  点  $\frac{L}{3}$  处的振动规律



13. 一固定的超声源发出频率为 100 kHz 的超声波. 一汽车向超声源迎面驶来, 在超声源处接收到从汽车反射回来的超声波, 其频率从差频装置中测出为 110 kHz, 设空气中的声速为 300 m/s, 计算汽车的行驶速度.
14. 如图, 一水平管下装有一 U 型管, U 型管内盛有水银. 已知水平管中粗、细部处的横截面积分别为:  $A_1 = 5.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ ,  $A_2 = 1.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ , 当水平管中有水流做定常流动时, 测得 U 型管中水银面的高度差  $h = 3.0 \times 10^{-2} \text{ m}$ , 求水流在粗管处的流速  $v_1$ .



15. 论述题: 为什么在静止流体中的一点, 各个方向的压强都是相同的?

## B. Advanced Problems

1. 一个非常低速的  $K^-$  粒子和一个静止的质子 p 发生相互作用, 产生一个  $\pi^+$  粒子和一个  $x$  粒子. 在均匀强磁场中测得  $\pi^+$  和  $x$  粒子运动轨迹的曲率半径均为 34.0 cm. 已知磁场的磁感应强度大小为  $B = 1.70 \text{ Wb/m}^2$ , 其方向垂直于  $\pi^+$  和  $x$  粒子运动轨迹. 已知  $\pi^+$ 、 $K^-$  和质子 p 的静质量分别为  $139.6 \text{ MeV}/c^2$ 、 $493.8 \text{ MeV}/c^2$ 、 $938.3 \text{ MeV}/c^2$ , 试求:

(a)  $x$  粒子的电荷

(b)  $\pi^+$  粒子的速度和能量

(c)  $x$  粒子的静止质量

2. 半人马座  $\alpha$  星与地球相距 4.3 l.y.. 两个孪生兄弟中的一个 A 乘坐速度为  $0.8c$  的宇宙飞船去该星旅行, 他在往程和返程途中每隔 0.01 a 的时间 (飞船静止参考系的时间) 发出一个无线电信号, 另一个留在地球上的孪生兄弟 B, 也在相应过程中每隔 0.01 a 的时间 (地球静止参考系的时间) 发出一个无线电信号.

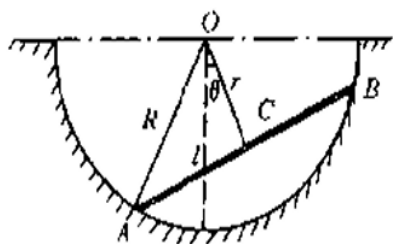
(a) 在 A 到达该星以前, B 收到多少个 A 发出的信号?

(b) 在 A 到达该星以前, A 收到多少个 B 发出的信号?

(c) A 和 B 各自共收到多少个从对方发出的信号?

(d) 当 A 返回地球时, A 比 B 年轻了几岁? 试证明两孪生兄弟都同意此观点.

3. 如图所示, 匀质杆长为  $2l$ , 置于半径为  $R$  的光滑圆弧形滑槽内, 求杆在平衡位置附近做微振动的周期.



4. 一个半径  $r = 0.10 \times 10^{-2} m$  的小气泡在黏滞液体中上升, 液体的黏滞系数  $\eta = 0.11 Pa \cdot s$ , 密度为  $0.72 \times 10^3 kg/m^3$ . 求其上升的收尾速度.