

合肥工业大学《大学物理B(上)》



答案 P4

一、问答题(40 分, 每题 10 分, 共 4 题)

1、(10 分)角动量守恒定律是什么?直升机尾部装有螺旋桨,试简述尾桨的作用。

2、(10 分) 经典力学的相对性原理是什么? 爱因斯坦的相对性原理是什么? 两者有何不同?

3、(10 分) 请表述热力学第二定律, 并解释其统计意义。

4、(10 分) 简述简谐振动、简谐波和驻波的能量特点。

二、计算题（60 分，每题 10 分，共 6 题）

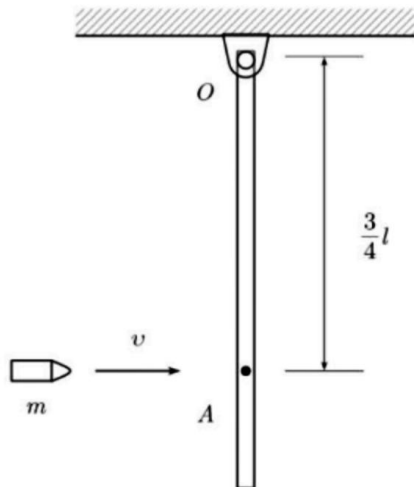
1、（10 分）摩托车快艇以速度 v_0 行驶，它受到的摩擦力与速度平方成正比，设比例系数为常量 k ，则可表示为 $F = -kv^2$ 。设摩托快艇的质量为 m ，当摩托快艇发动机关闭后，（1）求速度 v 对时间的变化规律；（2）求速度 v 与路程 x 之间的关系。

2、（10 分）一质量为 m 的陨石从距地面高 h 处，由静止开始落向地面。设地球半径为 R ，引力常数为 G_0 ，地球质量为 M ，忽略空气阻力。求：

（1）陨石下落过程中，万有引力作的功是多少？

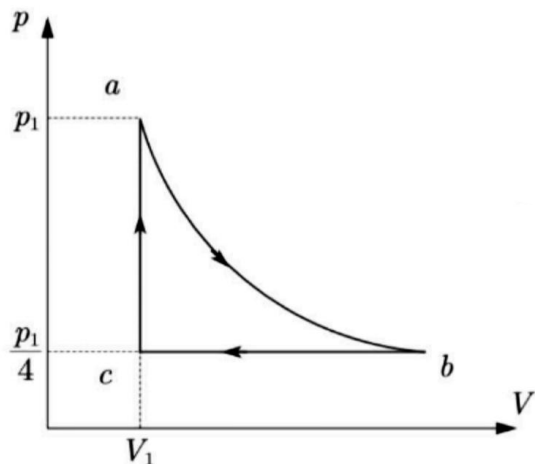
（2）陨石落地时的速度大小？

3、（10 分）长为 l 的均匀木棒，质量 M ，可绕水平轴 O 在竖直平面内转动，开始时棒自然地竖直悬垂。现有质量 m 的子弹以速度 v 的速率从 A 点射入棒中，假定 A 点与 O 点的距离为 $\frac{3}{4}l$ ，如下图所示。求：（1）棒开始运动时的角速度；（2）棒的最大偏转角。



4、(10 分) 根据相对论力学, 动能为 E_k 的电子, 其运动速度为多少? (c 表示真空中的光速, 电子的静能为 $m_0 c^2$)

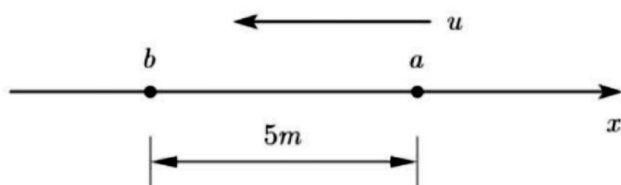
5、(10 分) 如图所示, 有一定量的理想气体, 从初状态 $a(p_1, V_1)$ 开始, 经过一个等温过程达到压强为 $\frac{p_1}{4}$ 的 b 态, 再经过一个等压过程达到状态 c , 最后经等体过程而完成一个循环 (理想气体为单原子分子)。求: (1) 该循环过程中 ab 过程、 bc 过程、 ca 过程的 Q_1 , Q_2 , Q_3 。(2) 求整个循环中系统对外做功 A 以及热机效率。($\ln 4 = 1.39$)



6、(10 分) 一平面波在介质中以速度 $u = 20\text{m/s}$ 沿 x 轴负方向传播, 如图。已知 a 点的振动表达式为 $y_a = 3\cos 4\pi t$, t 的单位为 s 。

(1) 以 a 点为坐标原点, 写出波动表达式;

(2) 以 b 点为坐标原点, 写出波动表达式。



2017-2018 学年第二学期参考答案

一、问答题(40 分, 每题 10 分, 共 4 题)

- 1、【解析】(1) 系统不受合外力矩或所受合外力矩之和为零时, 系统的角动量保持不变。(4 分)
 (2) 直升机发动前总角动量为零。发动后旋翼旋转在系统内产生一个竖直方向上的角动量。因角动量守恒, 机身同时要作危险的反方向旋转。尾部竖直平面内旋转的尾桨可以产生一反向力矩, 以抵消使机身反向旋转的角动量。(6 分)

【考点延伸】《考试宝典》知识点四 4.2——刚体动力学

- 2、【解析】(1) 力学规律对所有惯性系等价。(4 分)
 (2) 所有惯性系对于描述物理现象都是等价的。(4 分)
 (3) 前者仅限于力学规律, 对应绝对时空观, 采用伽利略变换; 后者适用于一切自然规律, 对应相对论时空观, 采用洛伦兹变换。(2 分)

【考点延伸】《考试宝典》知识点六 6.1——狭义相对论

- 3、【解析】(1) 克劳修斯表述为: 热量不能自发地从低温物体转移到高温物体。开尔文表述为: 不可能从单一热源取热使之完全转换为有用的功而不产生其他影响。(6 分)
 (2) 封闭系统内部发生的热学过程总是向熵增加的方向进行。(4 分)

【考点延伸】《考试宝典》知识点十 10.4——热力学第二定律

- 4、【解析】(1) 简谐振动系统是孤立系统, 机械能守恒, 动能和势能反相位变化。(3 分)
 (2) 简谐行波的每个质元不是孤立系统, 不断地接受和传递能量, 其动能和势能作同相位变化。(3 分)
 (3) 驻波即驻而不行, 没有能量的定向传递, 能量在相邻的波腹和波节间进行转移, 势能主要集中在波节(附近), 动能主要集中在波腹(附近)。(4 分)

【考点延伸】《考试宝典》知识点十二——振动与波动

二、计算题(60 分, 每题 10 分, 共 6 题)

- 1、【解析】(1) $m \frac{dv}{dt} = -kv^2$, $-\frac{m}{k} \int_{v_0}^v \frac{dv}{v^2} = \int_0^t dt$, $\frac{1}{v} = \frac{1}{v_0} + \frac{kt}{m}$, $v = \frac{mv_0}{m + kv_0 t}$ (5 分)

$$(2) m \frac{dv}{dt} = m \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = -kv^2, \int_{v_0}^v \frac{dv}{v} = \int_0^x -\frac{k}{m} dx, v = v_0 e^{-\frac{k}{m}x} \quad (5 \text{ 分})$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点二 2.1——牛顿运动定律

- 2、【解析】(1) $W = -G_0 M m \int_{R+h}^R \frac{dr}{r^2} = \frac{G_0 M m h}{R(R+h)}$ (5 分)

$$(2) \frac{G_0 M m h}{R(R+h)} = \frac{1}{2} m v^2 - 0 \text{ 得 } v = \sqrt{2 G_0 M \frac{h}{R(R+h)}} \quad (5 \text{ 分})$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点三 3.2——势能与机械能守恒定律

- 3、【解析】(1) $L_0 = \frac{3}{4} l m v$ $L = J \omega = \left[m \left(\frac{3}{4} l \right)^2 + \frac{1}{3} M l^2 \right] \omega$ $L = L_0$

$$\omega = \frac{3 m v l}{4 J} = \frac{36 m v}{27 m l + 16 M l} \quad (5 \text{ 分})$$

$$(2) h_1 = \frac{1}{2}l - \frac{1}{2}l\cos\theta \quad h_2 = \frac{3}{4}l - \frac{3}{4}l\cos\theta \quad -mgh_2 - Mgh_1 = 0 - \frac{1}{2}J\omega^2 \quad (5 \text{ 分})$$

$$\cos\theta = \frac{2Mgl + 3mgl - 2J\omega^2}{2Mgl + 3mgl}$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点四 4.2——刚体动力学

$$4、【解析】E_K = E - E_0 = (\gamma - 1)m_0c^2 \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad v = \frac{c\sqrt{E_K^2 + 2E_Km_0c^2}}{E_K + m_0c^2}$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点六 6.4——狭义相对论动力学基础

$$5、【解析】(1) p_1V_1 = \frac{p_1}{4}V_2, \quad V_2 = 4V_1, \quad Q_1 = p_1V_1\ln\frac{V_2}{V_1} = p_1V_1\ln 4 \quad (6 \text{ 分})$$

$$Q_2 = \nu C_p(T_c - T_b) = -\frac{15}{8}p_1V_1, \quad Q_3 = \nu C_v(T_a - T_c) = \frac{9}{8}p_1V_1.$$

$$(2) \Delta E = 0, \quad Q = A, \quad A = Q_1 + Q_2 + Q_3 = p_1V_1\ln 4 - \frac{3}{4}p_1V_1 \quad (4 \text{ 分})$$

$$\eta = \frac{A}{Q_1 + Q_3} = \frac{\ln 4 - \frac{3}{4}}{\ln 4 + \frac{9}{8}} = 25.4\%$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十一——热力学基础

6、【解析】(1) a 点为坐标原点, 振动为 $y_a = 3\cos 4\pi t$, 波沿负方向传播, $u = 20\text{m/s}$, 则波的表达式为:

$$y_1(x, t) = 3\cos\left[4\pi\left(t + \frac{x}{20}\right)\right] (\text{m}) \quad (5 \text{ 分})$$

$$(2) b \text{ 点为坐标原点, 则波的表达式为: } y_2(x, t) = 3\cos\left[4\pi\left(t + \frac{x}{20} - \frac{1}{4}\right)\right] (\text{m}) \quad (6 \text{ 分})$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十二 12.3——机械波