

上海交通大学 试 卷 (物理 144A 卷)

(2014 至 2015 学年 第 2 学期 试 卷 2015 年 6 月 30 日)

班级号 _____ 学号 _____ 姓名 _____
 课程名称 _____ 大学物理 _____ 成绩 _____

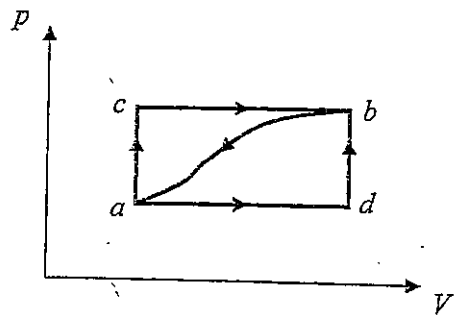
注意: (1) 试卷共三张; (2) 填空题空白处写上关键式子, 可参考给分, 计算题要列出必要的方程和解题的关键步骤; (3) 不要将订书钉拆掉。

一、填空题 (56 分)

1、(本小题 4 分) 利用多普勒效应监测车速, 固定波源发出频率为 ν 的超声波, 当汽车向波源行驶时, 与波源安装在一起的接收器接收到从汽车反射回来的波的频率为 ν' 。已知空气中的声速为 u , 则车速为 _____。

2、(本小题 6 分) 一系统由如图所示的 a 状态沿 acb 到达 b 状态, 有 330J 热量传入系统, 而系统做功 120J。经 adb 过程, 系统做功 42J, 则传入系统的热量为 _____。

当系统由 b 状态沿曲线 ba 返回状态 a 时, 外界对系统做功为 84J, 则系统 _____ (填“吸收”或“放出”) 的热量为 _____。



3、(本小题 6 分) 转动着的飞轮的转动惯量为 J , 在 $t=0$ 时角速度为 ω_0 。此后飞轮经历制动过程, 阻力矩 M 的大小与角速度 ω 的平方成正比, 比例系数为 k (k 为大于 0 的常数)。当 $\omega = \omega_0/3$

时, 飞轮的角加速度大小 $\beta =$ _____。从开始制动到 $\omega = \omega_0/3$ 所经过的时间 $t =$ _____。

4、(本小题3分) 质量为 m 的小孩站在半径为 R 的水平平台边缘上, 平台可以绕通过其中心的竖直光滑固定轴自由转动, 转动惯量为 J , 平台和小孩开始时均静止。当小孩突然以相对于平台为 V 的速率在台边沿逆时针转向走动时, 则此平台相对地面旋转的角速度大小为_____。

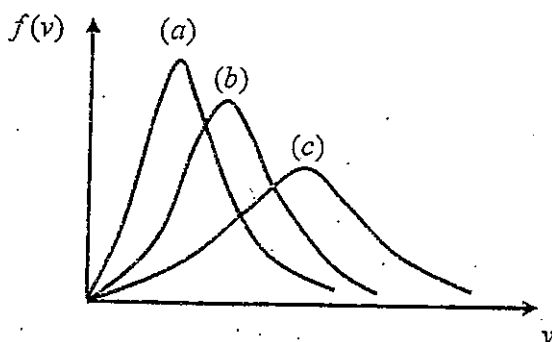
5、(本小题6分) 一质点作简谐振动, 速度最大值 $u_m = 2.0 \times 10^{-1} \text{ m/s}$, 振幅 $A = 6.0 \times 10^{-2} \text{ m}$, 则质点振动的角频率 $\omega =$ _____ rad/s; 若从该质点速度为正的最大值时开始计时, 质点振动的初相位 $\varphi =$ _____。

6、(本小题6分) 一定量理想气体, 从同一状态开始使其体积由 V_1 膨胀到 $2V_1$, 分别经历以下三种过程: (1) 等压过程; (2) 等温过程; (3) 绝热过程。其中: _____过程气体对外做功最多; _____过程气体内能增加最多; _____过程气体吸收的热量最多。

7、(本小题4分) 图示曲线为处于同一温度 T 时氦(原子量4)、氖(原子量20)和氩(原子量40)三种气体分子的速率分布曲线。其中

曲线 (a) 是_____气分子的速率分布曲线;

曲线 (c) 是_____气分子的速率分布曲线。



我承诺，我将严格遵守考试纪律。

承诺人：_____

题号	—	二 1	二 2	二 3	二 4
得分					
批阅人(流水阅卷教师签名处)					

8、(本小题6分) 设有 N 个分子，其速率分布函数为 $f(v) = \begin{cases} Cv & (0 \leq v \leq V_0) \\ 0 & (v > V_0) \end{cases}$ ，其中 V_0 为已知量，则常数 C 为_____，分子的平均速

率为_____，分子的方均根速率为_____。

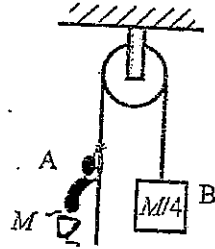
9、(本小题6分) 两星之间的距离为 1.8×10^{10} 米，一飞船以 $0.6c$ 的速度沿两星连线方向飞行。在星体上的观测者测得飞船掠过这两星间距所用的时间为_____，飞船上的宇航员测得的时间为_____，两星间的距离又为_____。(c 取 3×10^8 米/秒)

10、(本小题3分) 在标准状态下，可视为理想气体的氧气(刚性分子)和氮气的体积比 $V_1/V_2 = 1/3$ ，则其内能之比 E_1/E_2 为_____。

11、(本小题6分) 体积为 V 的容器内装有质量为 m ，摩尔质量为 M 的氦气，设容器以速度 v 作定向运动，今使容器突然停止，气体的定向运动机械能全部转化为分子热运动的动能，则平衡后氦气的温度增量 ΔT 为_____；氦气的压强增量 Δp 为_____。

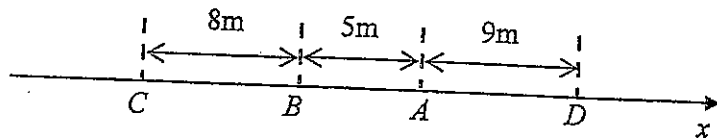
二、计算题 (44 分)

1、(本题12分) 如图所示, 轻绳绕过一半径为 R 的定滑轮, 滑轮轴光滑, 滑轮的质量为 $M/4$, 均匀分布在其边缘上, 绳子A端有一质量为 M 的人抓住了绳端, 而在绳的另一端B系了一质量为 $M/4$ 的重物。已知滑轮对轴的转动惯量 $J=MR^2/4$, 设人从静止开始相对绳以匀加速度 a 向上爬时, 绳与滑轮间无相对滑动, 求B端重物上升的加速度及人拉绳子的力。



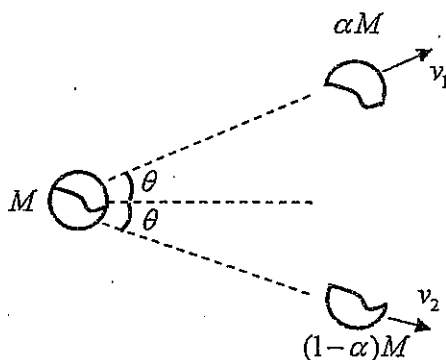
2、(本题 10 分) 如图所示, x 轴上点 B 与 C 、 A 与 B 、 A 与 D 的间距分别为 8m 、 5m 和 9m , 一平面简谐波以速度 $u = 20\text{m/s}$ 沿 x 轴向右传播, 点 A 的简谐振动方程为 $y_A = 3 \times 10^{-2} \cos(4\pi t)\text{m}$ 。

- (1) 以 B 为坐标原点, 写出波动式;
- (2) 写出传播方向上点 D 的简谐振动方程;
- (3) 求 B 与 C 两点间振动的相位差 $\varphi_B - \varphi_C$ 。



3、(本题 12 分) 如图所示, 一质量为 M 的物体以动能 E 运动, 但不转动, 由于一个内部弹簧装置的作用, 此物体被分成两块不转动的刚体, 它们的质量分别为 αM 和 $(1-\alpha)M$, 并分别沿着物体最初运动方向两侧各成 θ 角的方向移动。

- (1) 求这两块刚体速度的大小;
- (2) α 为何值时弹簧提供的能量最小并求此最小能量。



4、(本题 10 分) 某理想气体, 其过程方程为 $p^{\frac{1}{2}}V = \text{常数}$, 问:

- (1) 该气体的温度与压强有何关系?
- (2) 当气体膨胀时温度是升高还是降低?
- (3) 利用热容定义 $C = \frac{dQ}{dT}$, 求此过程中气体的摩尔热容。(用该气体定容摩尔热容 $C_{V,m}$ 与普适气体恒量 R 表示)。

14-15年 144 学时 参考答案

一、填空题

1、 $\frac{u(\nu' - \nu)}{\nu' + \nu}$ (4分) B卷: $\frac{u(\nu - \nu_0)}{\nu + \nu_0}$

2、252J; 放出; $\pm 294J$ (正负都正确)。 (2+2+2分) B卷: 262J; 放出; $\pm 284J$

3、 $\beta = \frac{k\omega_0^2}{9J}$; $t = \frac{2J}{k\omega_0}$ (3+3分) B卷: $\beta = \frac{k\omega_0^2}{16J}$; $t = \frac{3J}{k\omega_0}$

4、 $\omega = \frac{mVR}{J + mR^2}$ (3分) B卷: $\omega = \frac{mVr}{J + mr^2}$

5、3.333; $-\frac{\pi}{2}$ (3+3分) B卷: 5; $-\frac{\pi}{2}$

6、等压过程; 等压过程; 等压过程 (2+2+2分)

7、氩; 氦 (2+2分) B卷: 氦; 氩

8、 $\frac{2}{V_0^2}$; $\frac{2V_0}{3}$; $\frac{\sqrt{2}}{2}V_0$ (2+2+2分) B卷:

9、100s; 80s; $1.44 \times 10^{10} \text{m}$ (2+2+2分) B卷: 200s; 160s; $2.88 \times 10^{10} \text{m}$

10、 $\frac{5}{9}$ (3分) B卷: $\frac{5}{12}$

11、 $\Delta T = \frac{Mv^2}{3R}$; $\Delta p = \frac{mv^2}{3V}$ (3+3分)

二、计算题

1、解: 以B为研究对象

$$T_B - \frac{M}{4}g = \frac{M}{4}a_B \quad 2\text{分}$$

以A为研究对象

$$T_A - Mg = Ma_A \quad 2\text{分}$$

以滑轮为研究对象

$$T_A R - T_B R = J\alpha \quad 2\text{分}$$

$$J = MR^2/4$$

约束关系

$$a_B = R\alpha \quad 2\text{分}$$

$$a_A = a - a_B \quad 2\text{分}$$

$$\text{解得: } a_B = \frac{1}{2}g + \frac{2}{3}a \quad 1\text{分} \quad T_A = \frac{1}{2}Mg + \frac{1}{3}Ma \quad 1\text{分}$$

$$2、\text{解: (1) } y_B = 3 \times 10^{-2} \cos[4\pi t + \pi] \text{m}$$

$$y_B = 3 \times 10^{-2} \cos\left[4\pi\left(t - \frac{x}{20}\right) + \pi\right] \text{m} \quad 4\text{分}$$

$$(2) y_D = 3 \times 10^{-2} \cos\left[4\pi t - \frac{9}{5}\pi\right] \text{m} \quad 4\text{分}$$

$$(4) \varphi_B - \varphi_C = -\frac{8}{5}\pi \quad 2\text{分}$$

3、解: (1) 物体初速度为 v_0

$$E = \frac{1}{2}Mv_0^2$$

动量守恒定律

$$Mv_0 = \alpha Mv_1 \cos\theta + (1-\alpha)Mv_2 \cos\theta \quad 2\text{分}$$

$$\alpha Mv_1 \sin\theta = (1-\alpha)Mv_2 \sin\theta \quad 2\text{分}$$

$$v_1 = \frac{\sec\theta}{\alpha} \sqrt{\frac{E}{2M}} \quad 1\text{分}$$

$$v_2 = \frac{\sec\theta}{1-\alpha} \sqrt{\frac{E}{2M}} \quad 1\text{分}$$

$$(2) E' = \frac{1}{2}\alpha Mv_1^2 + \frac{1}{2}(1-\alpha)Mv_2^2 = \frac{E \sec^2\theta}{4\alpha(1-\alpha)} \quad 3\text{分}$$

$$\Delta E = E' - E = E \left[\frac{\sec^2\theta}{4\alpha(1-\alpha)} - 1 \right] \quad 1\text{分}$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \text{ 时, } \quad 1\text{分} \quad \Delta E_{\min} = E \tan^2\theta \quad 2\text{分}$$

4、解：(1) 理想气体状态方程：

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

$$V = \frac{m}{Mp}RT$$

$$Tp^{\frac{1}{2}} = \text{常数} \quad 2 \text{分}$$

(2) $TV = \text{常数}$ 膨胀时温度降低 2分

$$(3) C = \frac{dQ}{dT} = \frac{dE + pdV}{dT} = C_{V,m} + \frac{pdV}{dT} \quad 2 \text{分}$$

$$\text{由 } pV = RT \quad \text{得 } pdV + Vdp = RdT \quad 1 \text{分}$$

$$\text{由 } p^{\frac{1}{2}}V = \text{常数} \quad \text{得 } 2pdV + Vdp = 0 \quad 1 \text{分}$$

$$-pdV = RdT$$

$$C = C_{V,m} - R \quad 2 \text{分}$$

注意：(3) 直接利用多方指数公式，结果正确得 3 分。

上海交通大学试卷(物理144A卷)

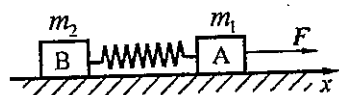
(2013至2014学年第2学期试卷 2014年6月23日)

班级号 _____ 学号 _____ 姓名 _____
 课程名称 _____ 大学物理 _____ 成绩 _____

注意: (1) 试卷共三张; (2) 填空题空白处写上关键式子, 可参考给分, 计算题要列出必要的方程和解题的关键步骤; (3) 不要将订书钉拆掉; (4) 第四张为草稿纸。

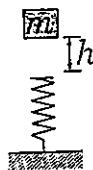
一、填空题(62分)

1、(本小题4分) 如图所示, 质量分别为 m_1 和 m_2 的两滑块A和B通过一轻弹簧水平连接后置于水平桌面上, 滑块与桌面间的动摩擦因数均为 μ , 系统在水平向右拉力的作用下匀速运动, 如突然撤消拉力, 则刚撤消后瞬间, 滑块A加速度大小为 _____。



2、(本小题4分) 如图所示, 质量为 m 的物体位于直立的轻弹簧正上方 h 处, 从静止开始下落。若弹簧的劲度系数为 k , 不考虑空气阻力, 物体能获得的最大动能

是 _____。



3、(本小题3分) 一质点做匀速率圆周运动, 速率为 v , 周期为 T , 则在 $\Delta t = 3T/4$ 时间内, 该质点位移的大小为 _____。

4、(本小题6分) 如图所示, 有一小球在某液体中竖直下落, 在 $t=0$ 时刻, 小球的速度为 $v_0 \vec{j}$

(\vec{j} 为方向向下之单位矢量), 它在液体中的加速度为 $\vec{a} = -k v \vec{j}$, k 为一正值常量。则小球速率 v 随时间变化关系为 _____; 从 $t=0$ 时刻开始,

小球经历的路程 s 随时间变化关系为 _____。



我承诺，我将严格遵守考试纪律。

承诺人：_____

题号	一	二 1	二 2	二 3	二 4
得分					
批阅人(流水阅卷教师签名处)					

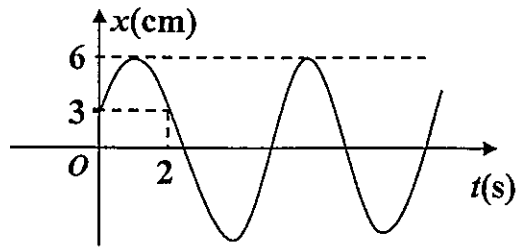
5、(本小题 4 分) 利用多普勒效应监测车速，固定在地面上的波源发出频率为 ν_0 的超声波，当汽车向波源行驶时，与波源安装在一起的接收器接收到从汽车反射回来的波的频率为 ν_1 。已知空气中的声速为 u ，则车速为_____。

6、(本小题 4 分) 设有一水平的匀质圆盘，其质量为 M ，半径为 R ，可绕过圆心竖直轴转动。初始时圆盘静止，然后有一质量为 m 的人从静止开始相对圆盘以恒速率 u 沿圆盘边缘行走，则在地面参考系中圆盘角速度大小为_____ (人可看成质点处理)。

7、(本小题 6 分) 粒子的静质量为 m_0 ，按照狭义相对论，当其动能等于其静能时，其质量为_____；其动量为_____。

8、(本小题 3 分) 有一特殊的轻弹簧，当弹簧形变为 x 时，弹性力大小为 $F = kx^3$ ， k 为一正值常量。现将弹簧水平放置于光滑的水平面上，一端固定，另一端与质量为 m 的滑块相连且处于自然长度状态。今沿弹簧长度方向给滑块一个冲量，使其在极短时间内获得一速度 v 而压缩弹簧，则弹簧被压缩的最大长度为_____。

9、(本小题 3 分) 有一弹簧振子的振动曲线如图所示, 则该弹簧振子的周期为_____。

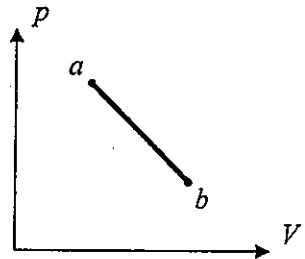


10、(本小题 3 分) 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播, 各质点的振幅为 2cm , 某时刻相距 20m 的两质点的位移都为 1cm , 但运动方向相反, 则这列波可能的最长波长为_____。

11、(本小题 3 分) 一定量的单原子理想气体按 “ $pV^2 = \text{恒量}$ ” 规律膨胀, 则气体在此过程中一定_____ (填: “吸收” 或 “放出”) 热量。

12、(本小题 4 分) 1mol 理想气体经历如图所示的过程 ab , 由初态 a 变到终态 b , 已知 $p_a = 10^5 \text{Pa}$, $V_a = 1\text{m}^3$, $p_b = 5 \times 10^4 \text{Pa}$, $V_b = 2\text{m}^3$, 则该理想气体在 ab 过程中经历的

最高温度为_____。

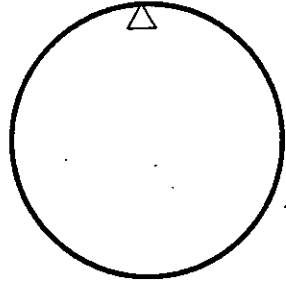


13、(本小题 3 分) 自由度为 i 的一定量刚性分子理想气体, 当其体积为 V , 压强为 p 时, 其内能为_____。

14、(本小题 6 分) 某种理想气体, 分子总数为 N , 单个分子的质量为 m , 气体分子速率分布函数为 $f(v)$, 则分子速率处于 $[v_1, v_2]$ 区间内的分子数为 _____, 分子速率处于 $[v_1, v_2]$ 区间内分子的平动动能总和为 _____。

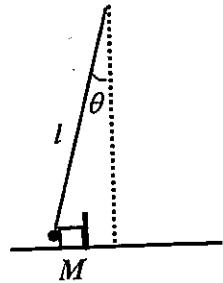
15、(本小题 3 分) 如图所示, 质量为 m 半径为 R 的均质细圆环, 在与圆环平面平行的竖直面内, 在重力作用下绕环上一点作小振幅无阻尼自由振动, 则其振动周期

为 _____。



16、(本小题 3 分) 如图所示, 长为 l 的轻质摆线连接质量为 m 的小球, 开始时摆线偏离竖直方向的角度为 θ , 小球与处于光滑水平面上质量为 M 的滑块光滑接触 (摆线未接触滑块), 滑块右侧有一挡板。突然抽去挡板时, 小球对滑块作用力的大小

为 _____。



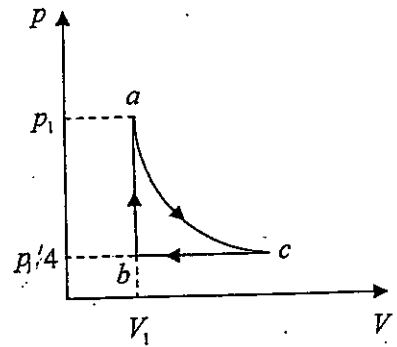
二、计算题 (38 分)

1、(本题 8 分) 自行车内胎可视为截面为圆形的环状气体容器，圆形截面的半径为 3cm，环的平均半径为 30cm。若车胎内的气体压强为 2.5atm，当时的气温为 27°C 。试估算内胎中充入气体的分子数 ($1\text{atm} = 10^5\text{Pa}$ ，玻耳兹曼常数 $k_B = 1.38 \times 10^{-23}\text{J/K}$)

2、(本题 12 分) 如图所示，一定量的刚性双原子理想气体，从初状态 $a(p_1, V_1)$ 开始，经等温过程达到状态 c ，再经过等压过程达到状态 b ，最后经过等体过程回到状态 a 而完成一个循环。

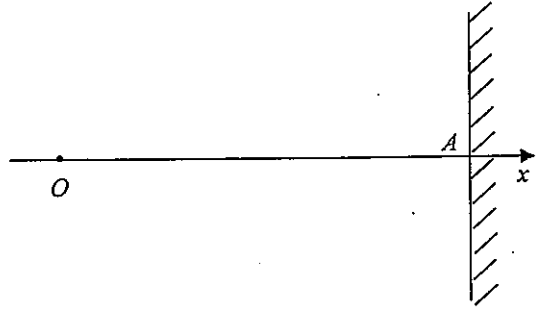
已知气体处于状态 b 时压强为 $\frac{p_1}{4}$ ，求：

- (1) ba 过程中系统吸收的热量， ac 过程中系统做的功；
- (2) cb 过程中系统放出的热量及内能的增量；
- (3) 该循环的效率。



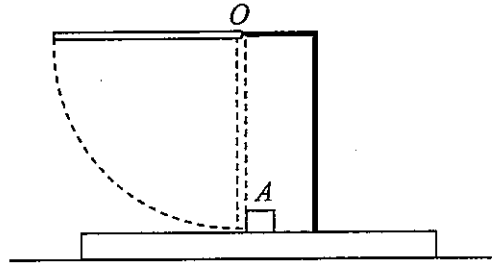
3、(本题 6 分) 如图所示, 一沿 x 方向传播的波, 在固定端 A 点处反射。 O 点处的质点由入射波引起的振动方程为 $y_O = A \cos(\omega t)$ 。已知入射波的波长为 λ , $OA = 1.5\lambda$ 。设振幅不衰减, 以 O 点为坐标原点, x 轴向右为正, 求:

- (1) 入射波波动式;
- (2) 反射波波动式;
- (3) 合成驻波波动式。



4、(本题 12 分) 如图所示, “Γ”形刚性支架固连在底面积足够大的木板上, 木板放在水平桌面上, 其与桌面间的摩擦因数为 μ , 木板与支架的总质量为 M 。长度为 l 质量为 m 的匀质刚性细杆可以绕支架顶端轴 O 自由旋转。现将细杆拉到水平位置后由静止释放, 在细杆下摆过程中假设木板不移动, 当细杆摆至竖直位置时, 与固连在木板上不计质量的小木块 A 发生完全非弹性碰撞。求:

- (1) 细杆摆至竖直位置时角速度的大小;
- (2) 释放细杆瞬间地面受到的压力;
- (3) 碰撞后系统相对地面移动的最大距离。



一、填空题

1、 $(m_1 + m_2)gm/m_1$ (4分) B卷: $(m_1 + m_2)gm/m_2$

2、 $mgh + \frac{m^2 g^2}{2k}$ (4分) B卷: 2、5 互换

3、 $\frac{\sqrt{2vT}}{2\pi}$ (3分) B卷: 3、7 互换

4、 $v = v_0 e^{-kt}$; $s = \frac{v_0}{k}(1 - e^{-kt})$ (3+3分)

5、 $\frac{n_r - n_0}{n_r + n_0}u$ (4分) B卷: 2、5 互换

6、 $\frac{2mu}{MR + 2mR}$ (4分) B卷: $\frac{2mu}{Mr + 2mr}$

7、 $2m_0$; $\sqrt{3}m_0c$ (3+3分) B卷: 3、7 互换

8、 $\sqrt[4]{\frac{2mv^2}{k}}$ (3分) B卷: $\sqrt[4]{\frac{2Mv^2}{k}}$

9、 6s (3分) B卷: 9s

10、 60m (3分) B卷: 30m

11、 放出 (3分)

12、 $p = 7.5 \times 10^4 \text{ Pa}$, $V_b = 1.5 \text{ m}^3$, $T = \frac{pV}{R} = 1.35 \times 10^4 \text{ K}$ (4分)

13、 $\frac{i}{2}pV$ (3分)

14、 $\int_{v_1}^{v_2} Nf(v)dv$, $\int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{2}mv^2 Nf(v)dv$ (3+3分)

15、 $2\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$ (3分) B卷: $2\pi\sqrt{\frac{2r}{g}}$

16、 $N = \frac{mg \sin \theta \cos \theta}{\cos^2 \theta + \frac{m}{M}}$ (3分) B卷: $N = \frac{mg \sin \alpha \cos \alpha}{\cos^2 \alpha + \frac{m}{M}}$

二、计算题

1、解: $V = (\pi r^2) \times (2\pi R) \approx 0.005(\text{m}^3)$ (3分)

$$p = nk_B T, \quad n = \frac{p}{k_B T} = \frac{2.5 \times 10^5}{1.38 \times 10^{-23} \times 300} = 6.038 \times 10^{25} / \text{m}^3 \quad (3分)$$

$$N = nV \approx 3 \times 10^{23} (\text{个}) \quad (2分)$$

$$\text{或者 } \nu = \frac{pV}{RT} = \frac{2.5 \times 10^5 \times 0.005}{8.31 \times 300} \approx 0.5 (\text{mol}) \quad (3分)$$

$$N = N_A \nu \approx 3 \times 10^{23} (\text{个}) \quad (2分)$$

B卷: $n = \frac{p}{k_B T} = \frac{1.25 \times 10^5}{1.38 \times 10^{-23} \times 300} = 3.0319 \times 10^{25} / \text{m}^3, \quad N = nV \approx 1.5 \times 10^{23} (\text{个})$

2、解: 设 c 状态的体积为 V_2 , 则由于 a, c 两状态的温度相同, $p_1 V_1 = p_1 V_2 / 4$ 故

$$V_2 = 4 V_1$$

$$(1) Q_{ba} = \nu \frac{5}{2} R(T_a - T_b) = \frac{5}{2} (p_a - p_b) V_1 = \frac{15}{8} p_1 V_1 \quad (2分)$$

$$A_{ac} = 2 p_1 V_1 \ln 2 \quad (2分)$$

$$(2) Q_{cb} = \nu \frac{7}{2} R(T_a - T_b) = \frac{7}{2} (p_a - p_b) V_1 = \frac{21}{8} p_1 V_1 \quad (2分)$$

$$\Delta E = -\frac{15}{8} p_1 V_1 \quad (2分)$$

$$(3) \eta = \frac{Q_{ba} + Q_{ac} - Q_{cb}}{Q_{ba} + Q_{ac}} = 1 - \frac{Q_{cb}}{Q_{ba} + Q_{ac}} = \frac{16 \ln 2 - 6}{16 \ln 2 + 15} \quad (4分)$$

B卷: (1)、(2) 互换

3、解: $y_\lambda = A \cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x)$ (2分)

$$y_{\bar{\lambda}} = A \cos(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda} x - 6\pi \pm \pi) = -A \cos(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda} x) \quad (2分)$$

$$y_{\text{合}} = 2A \sin(\frac{2\pi}{\lambda} x) \sin(\omega t) \quad (2分)$$

B卷: $y_{\bar{\lambda}} = A \cos(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda} x - 5\pi \pm \pi) = A \cos(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda} x)$

$$y_{\text{合}} = 2A \cos(\frac{2\pi}{\lambda} x) \cos(\omega t)$$

4、解：(1) 依机械能守恒得 $\frac{1}{2}J\omega^2 - mg\frac{l}{2} = 0$, $\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{3g}{l}}$ (2分)

(2) 在水平位置释放时作用在细杆上的重力对 O 的力矩为

$$M_z = mg\frac{l}{2}$$

则细杆的角加速度为 $\beta = \frac{M_z}{J} = \frac{lmg/2}{ml^2/3} = \frac{3g}{2l}$ (1分)

细杆的质心加速度为 $\begin{cases} a_{ct} = \frac{l}{2}\beta = \frac{l}{2} \times \frac{3g}{2l} = \frac{3}{4}g \\ a_{cn} = \frac{l}{2}\omega_0^2 = 0 \end{cases}$ 其中 $\omega_0 = 0$ 为初始时刻细杆的角速度。

由质心运动定理 $mg - N = ma_{ct}$, (2分) 得轴 O 给杆之作用力 $N = \frac{1}{4}mg$,

压力: $\frac{1}{4}mg + Mg$ (2分)

(3) 系统水平方向动量守恒 $m\frac{1}{2}l\omega = (m+M)V \Rightarrow V = \frac{m}{2(m+M)}\sqrt{3gl}$ (2分)

动能定理

$$-(m+M)g\mu x_{\max} = 0 - \frac{1}{2}(m+M)V^2 \quad (2分) \quad \Rightarrow x_{\max} = \frac{3l}{8\mu} \frac{m^2}{(m+M)^2} \quad (1分)$$

上海交通大学试卷 (物理 144A 卷)

(2012 至 2013 学年第 2 学期 试卷 2013 年 6 月 24 日)

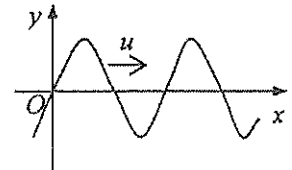
班级号 _____ 学号 _____ 姓名 _____
 课程名称 _____ 大学物理 _____ 成绩 _____

注意: (1) 试卷共三张; (2) 填空题空白处写上关键式子, 可参考给分, 计算题要列出必要的方程和解题的关键步骤; (3) 不要将订书钉拆掉。

一、填空题 (58)

1、(本小题 3 分) 如图所示为沿 x 轴正方向传播的平面简谐波在 $t = 0$ 时刻的波形。若波的表达式为 $y = A \cos\left(\omega\left(t - \frac{x}{u}\right) + \varphi\right)$, 其中 ω 为波的角频率, u 为波速, x 为空间点的坐标,

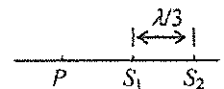
则坐标原点 O 处质点振动的初相位 φ 为 _____。



2、(本小题 3 分) 两相干波源 S_1 和 S_2 相距 $\lambda/3$ (λ 为波长), S_1 的相位比 S_2 的相位超前 $\frac{\pi}{3}$,

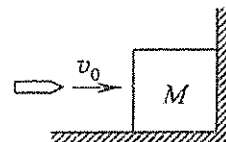
在 S_1, S_2 的连线上, S_1 左侧各点 (例如图中 P 点) 两列波引起的两谐振动的相位差

$\varphi_1 - \varphi_2 =$ _____。



3、(本小题 4 分) 一质点从 $t=0$ 时刻开始做半径为 R 的圆周运动, 在 t 时刻, 质点的速度大小 $v=b-ct$, 其中 b, c 均为正的常量。当质点的速度为零时, 质点沿圆周运动了 _____ 圈; t 时刻质点加速度的大小为 _____。

4、(本小题 3 分) 如图所示, 木块静止于光滑水平地面并紧靠着墙。质量为 m 的子弹以水平速度 v_0 射入并静止于其中, 设子弹入射过程中木块 M 不反弹, 则墙壁对木块的冲量大小为 _____。



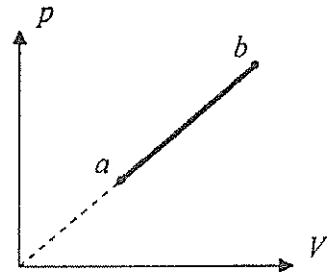
我承诺，我将严格遵守考试纪律。

承诺人：_____

题号	—	二 1	三 2	二 3	二 4
得分					
批阅人(流水阅卷教师签名处)					

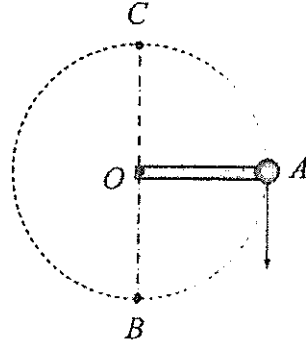
5、(本小题 6 分) 一定量理想气体 (分子自由度为 i)，在等压过程中吸热 Q ，对外做功 A ，内能增加 ΔE ，则 A/Q 等于_____； $\Delta E/Q$ 等于_____。

6、(本小题 3 分) 某单原子理想气体经历如图所示的过程 ab ，由初态 a 变到终态 b ，则该理想气体在 ab 过程中的摩尔热容量为_____。



7、(本小题 3 分) 质量为 M ，半径为 R 的匀质圆盘形转台位于水平面内，可绕过其中心的固定竖直轴转动，初始时角速度为 ω_0 。 $t=0$ 时刻开始有一质量也为 M 的人相对圆盘转台以恒速率 v 沿半径方向从转台中心轴处向边缘走去，则转台角速度大小与时间 t 的函数关系为_____。(人可看成质点处理)

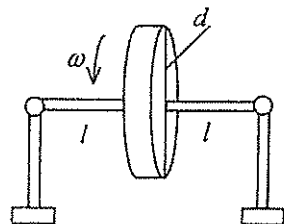
8、(本小题 6 分) 如图所示, 一根质量为 m , 长为 l 的匀质细杆, 一端连接一个质量也为 m 的小球, 细杆可绕另一端 O 无摩擦地在竖直平面内转动。现将小球从水平位置 A 向下抛射, 使球恰好能到达最高点 C 。则下抛初速度大小为 _____; 在最低点 B 时, 细杆对球的作用力大小为 _____。



9、(本小题 6 分) 设在 S' 系中有一粒子, 原来静止于原点 O' , 在某一时刻该粒子分裂为相等的两半 A 和 B, 分别以速度 u 沿 x' 轴的正向和反向运动。设另一参考系 S 以速度 u 沿 x' 轴反向运动, 则 S 系中测得 B 的速度大小为 _____, A 的速度为大小为 _____; S 系中测得 A 和 B 的质量比 $\frac{m_A}{m_B}$ 为 _____。

(本题要考虑相对论效应)

10、(本小题 4 分) 演示用的回转仪如图所示, 轮的直径为 d , 轮轴从轮两侧各伸出 l , 且两端做成光滑的球形。轮的质量为 m , 可视为全部均匀分布在轮之边缘上, 轮轴的质量忽略不计。两个等高的支架上端具有半球形的光滑槽, 将轮轴两端的小球放在支架的球形槽内, 使轮轴水平。当轮子以角速度 ω 绕轮轴旋转时, 撤掉一个支架, 使车轮发生进动。则进动角速度大小为 _____。



11、(本小题 3 分) 某质点在保守力场中的势函数可写成 $E_p = \frac{a}{x^{12}} - \frac{b}{x^6}$, 式中 a 、 b 为恒量,

那么该质点在 x 处所受的保守力 $F =$ _____。

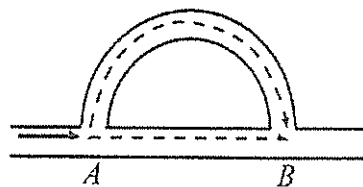
12、(本小题 4 分) 一可逆卡诺热机, 低温热源的温度为 27°C , 热机效率为 50% , 其高温热源温度为_____ K。今欲将该热机效率提高到 60% , 若低温热源温度保持不变, 则高温热源的溫度应提高_____ K。

13、(本小题 6 分) 设有 N 个分子, 其速率分布函数为 $f(v) = \begin{cases} C & (0 \leq v \leq V_0) \\ 0 & (v > V_0) \end{cases}$, 其中 V_0

为已知量, 则常数 C 为_____, 分子的平均速率为_____, 分子的方均根速率为_____。

14、(本小题 4 分) 干涉消声器结构如图所示, 当发电机噪声经过排气管达到 A 时分成两路在 B 点相遇, 声波干涉相消。若频率 $\nu = 170\text{Hz}$, 则弯管与直管的长度差至少应

为_____。(声波的速度 $u = 340\text{m/s}$)



二、计算题（42分）

1、（本题9分）一内胆容积为 V 的轮胎充气后压强为 p_0 ，因轮胎缓慢漏气，胎内气体压强随时间 t 按如下规律变化

$$p = p_0 e^{-\frac{\alpha S \sqrt{T}}{V} t}$$

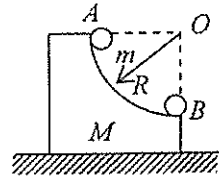
式中 α 为常数， S 为针孔的面积， T 为胎内气体温度。假设在漏气过程中，气体温度不变，求：

- (1) 轮胎内气体压强下降25%需多长时间？
- (2) 轮胎压强下降25%时，泄漏气体占气体总量的比例为多大？

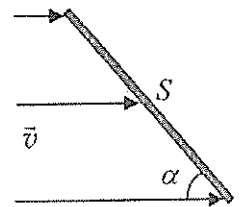
2、（本题10分）一端悬挂的轻弹簧下端挂一物体，最初用手将物体托住，使弹簧处于竖直的原长状态，然后放手，此系统便在弹簧弹性限度内上下振动起来，物体最低位置在初始位置下方 l 处。（1）证明该系统做简谐振动并求其振动频率；（2）求物体在初始位置下方 $\frac{3}{4}l$ 处时速度的大小。

3、(本题 13 分) 如图所示, 光滑水平面上有一质量为 M , 半径为 R 的 $1/4$ 圆弧形物块处于静止状态, 圆弧表面光滑, 另有一质量为 m 的小球从其顶端 A 由静止开始沿圆弧自由滑到底端 B (B 位于圆弧圆心的正下方)。求:

- (1) 小球滑到底端 B 时小球与圆弧形物块相对地面速度的大小;
- (2) 小球滑到底端 B 时小球对圆弧形物块的压力;
- (3) 在地面参考系中小球从 A 沿圆弧自由滑到底端 B 过程中, 圆弧形物块的支撑力对小球所做的功。



4、(本题 10 分) 如图所示, 有一面积为 S 的风筝静止于空中, 风向沿水平方向向右, 风速 \bar{v} 与风筝平面夹角为 α 。假设空气与风筝间无摩擦作用, 流动空气与风筝接触后, 沿风筝平面向四周散开。设空气的密度为 ρ , 问风筝平面与风的夹角 α 为多少时, 风筝可获得最大竖直向上的升力, 并求此最大升力。



144 学时 参考答案

一、填空题

1、 $\frac{\pi}{2}$ (3分) B卷: 1、2 互换

2、 π or $-\pi$ (3分) B卷: 1、2 互换

3、 $\frac{b^2}{4\pi Rc}; \frac{\sqrt{R^2c^2+(b-ct)^4}}{R}$ (2+2分) B卷: $\frac{a^2}{4\pi Rb}; \frac{\sqrt{R^2b^2+(a-bt)^4}}{R}$

4、 mv_0 (3分)

5、 $\frac{2}{i+2}; \frac{i}{i+2}$ (3+3分) B卷: $\frac{i}{i+2}; \frac{2}{i+2}$

6、 $2R$ (3分)

7、 $\omega = \frac{R^2\omega_0}{R^2+2u^2t^2}$ (3分) B卷: $\omega = \frac{r^2\omega_0}{r^2+2v^2t^2}$

8、 $\frac{3}{2}\sqrt{gl}; \frac{11}{2}mg$ (3+3分) B卷: 8、9、10 互换

9、0; $\frac{2uc^2}{c^2+u^2}; \frac{c^2+u^2}{c^2-u^2}$ (2+2+2分) B卷: 8、9、10 互换

10、 $\frac{4gl}{d^2\omega}$ (4分) B卷: 8、9、10 互换

11、 $12\frac{a}{x^{13}}-6\frac{b}{x^7}$ (3分) B卷: $12\frac{c}{x^{13}}-6\frac{d}{x^7}$

12、600K; 150K (4分) B卷: 500K; 250K (4分)

13、 $\frac{1}{V_0}; \frac{V_0}{2}; \frac{\sqrt{3}}{3}V_0$ (2+2+2分)

13、1m (4分) B卷: 0.5m

二、计算题

1、解：(1) 由题意

$$\frac{p}{p_0} = e^{-\frac{\alpha S \sqrt{T}}{V} t}$$

则

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = 1 - e^{-\frac{\alpha S \sqrt{T}}{V} t} \quad (2 \text{ 分})$$

按照题意，当轮胎内压强下降 25% 时，

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = 0.25 = 1 - e^{-\frac{\alpha S \sqrt{T}}{V} t} \quad (1 \text{ 分})$$

则需时为

$$t = -\frac{V \ln 0.75}{\alpha S \sqrt{T}} = \frac{V \ln(4/3)}{\alpha S \sqrt{T}} \quad (2 \text{ 分})$$

$$(2) \text{ 因 } pV = \frac{m}{M} RT$$

$$\text{有 } m = \frac{MV}{RT} p, \quad m_0 = \frac{MV}{RT} p_0 \quad (2 \text{ 分})$$

所以

$$\frac{m_0 - m}{m_0} = \frac{p_0 - p}{p_0} = 25\% \quad (2 \text{ 分})$$

故有 25% 的气体泄漏。

B 卷：0.25、0.75 改为 0.5，25% 改为 50%

2、(1) 以平衡位置为坐标原点，坐标轴向上为正。

设弹簧劲度系数为 k ，物体质量为 m ，平衡位置处弹簧伸长量 $\frac{l}{2}$ 满足

$$mg = k \frac{l}{2}, \text{ 得 } \frac{k}{m} = \frac{2g}{l} \quad (2 \text{ 分})$$

当物体在位置 x 处时，由牛顿第二定律有

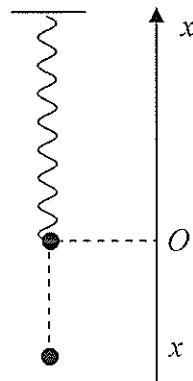
$$-mg - k(x - \frac{l}{2}) = ma$$

$$a + \frac{k}{m} x = 0 \quad (2 \text{ 分})$$

故该系统做简谐振动，频率为 $\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2g}{l}}$ (2 分)

(2) 以平衡位置为坐标原点、重力势能与弹性势能零点，由机械能守恒定律有

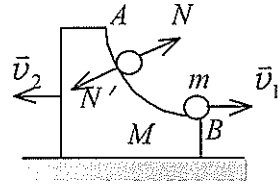
$$\frac{1}{2} k \left(\frac{l}{2}\right)^2 = \frac{1}{2} k \left(\frac{l}{4}\right)^2 + \frac{1}{2} m v^2 \quad (2 \text{ 分})$$

得物体在初始位置下方 $\frac{3}{4}l$ 处时速度大小 $v = \frac{\sqrt{3}}{4} \sqrt{2gl}$ (2 分)

用旋转矢量法可得同样结果，同样给分！

B 卷：l 改为 L。

3、



解：选 M 、 m 、地球为系统，机械能守恒。选 M 、 m 为系统，水平方向动量守恒。令 m 到 B 时， m 、 M 对地的速度分别为 \bar{v}_1 、 \bar{v}_2 ，且都沿水平方向。

$$mgR = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2 \quad 2 \text{ 分}$$

$$Mv_2 - mv_1 = 0 \quad 2 \text{ 分}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2MgR}{m+M}} \quad 1 \text{ 分}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2mgR}{M + M^2/m}} \quad 1 \text{ 分}$$

$$m \frac{(v_1 + v_2)^2}{R} = N - mg \quad 2 \text{ 分}$$

小球对圆弧形物块的压力 $N' = N = 3mg + \frac{2m^2g}{M}$ 1 分

$$N' \text{ 对 } M \text{ 所做的功 } A' = \frac{1}{2}Mv_2^2 = \frac{m^2gR}{m+M} \quad 2 \text{ 分}$$

N' 、 N 为一对力，所做功之和为 $A + A' = 0$ 与参考系选择无关，则

$$A = -A' = -\frac{m^2gR}{m+M} \quad 2 \text{ 分}$$

B 卷：R 改为 r。

4、 解：风速 \bar{v} 在垂直于风筝平面方向上的分量为 $v \sin \alpha$ ， (2分)

单位时间与风筝平面有作用的空气是以 S 为底，斜高为 v 的斜柱体内的空气，该斜柱体的体积为 $Sv \sin \alpha$ ，空气质量为 $\rho(Sv \sin \alpha)$ (2分)

按照动量定理，风对风筝平面形成的正压力为

$$F = \rho(Sv \sin \alpha)v \sin \alpha, \quad (2分)$$

该力在竖直方向的分量即为升力，即

$$F_{\text{升}} = F \cos \alpha = \rho(Sv \sin \alpha)v \sin \alpha \cos \alpha = \rho S v^2 \sin^2 \alpha \cos \alpha, \quad (1分)$$

$$\text{由 } \frac{dF_{\text{升}}}{d(\cos \alpha)} = 0, \text{ 得 } \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{3} \quad (1分)$$

$$F_{\text{升}} \text{ 有极大值 } F_{\text{升}, \max} = \frac{2\sqrt{3}}{9} \rho S v^2 \quad (2分)$$

上海交通大学试卷 (物理 144A 卷)

(2011 至 2012 学年 第 2 学期)

2012/6/4

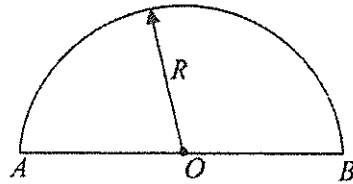
班级号 _____ 学号 _____ 姓名 _____

课程名称 _____ 大学物理 _____ 成绩 _____

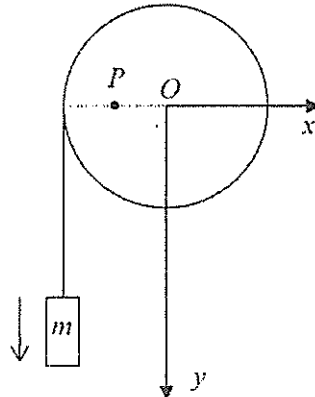
注意: (1) 试卷共三张。(2) 填空题空白处写上关键式子, 可参考给分。计算题要列出必要的方程和解题的关键步骤。(3) 不要将订书钉拆掉。(4) 第四页是草稿纸。

一、填空题 (共 56 分)

1、(本题 3 分) 如图所示, 一质点在 1 秒内沿半径 $R=1\text{m}$ 的圆周从 A 点运动到 B 点 (AB 为直径), 则该时间内质点的平均速度大小为 _____。



2、(本题 8 分) 如图所示装置, 半径为 $R=0.1\text{m}$ 的定滑轮可绕通过 O 点垂直于纸面的转轴转动, 连接重物 m 的柔软绳索紧绕在该轮上。设重物 m 下落的规律为: $y=2t^2+5$ (t 的单位为 s , y 的单位为 m), 则在 t 时刻, 重物 m 速度大小为 _____, 加速度大小为 _____; 距离 O 轴 $\frac{1}{2}R$ 处轮上 P 点切向加速大小为 _____, 法向加速度大小为 _____。



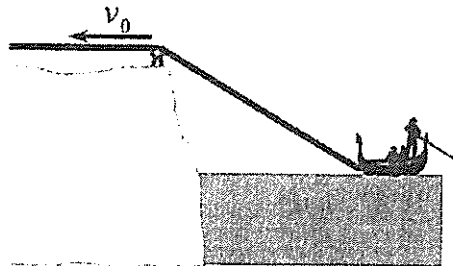
我承诺，我将严格遵守考试纪律。

承诺人：_____

题号	一	二	三	四
	1	2	3	4
得分				
批阅人(流水阅卷教师签名处)				

3、(本题3分) 已知水星的半径是地球半径的0.4倍，质量为地球的0.04倍。设在地球表面上的重力加速度为 g ，则水星表面上的重力加速度为_____ (不考虑行星的自转)。

4、(本题3分) 如图所示，湖中有一小船，有人用绳绕过岸上一定高度处的定滑轮拉湖面上的船向岸边运动。设该人以匀速率 v_0 收绳，绳不可伸长，则小船加速度方向向_____ (填左或右)。



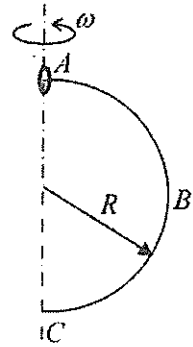
5、(本题6分) 质量为 m 的小球自高为 y_0 处沿水平方向以速率 v_0 抛出，与地面碰撞后跳起的最大高度为 $\frac{y_0}{2}$ ，水平速率为 $\frac{v_0}{2}$ ，则碰撞过程中

(1) 地面对小球的竖直方向冲量的大小为_____；

(2) 地面对小球的水平方向冲量的大小为_____。

6、(本题 3 分) 质量为 m 的子弹以速率 v_0 射入沙土中, 设子弹所受阻力大小与速度大小成正比, 比例系数为 k , 忽略子弹的重力, 则子弹进入沙土的最大深度为_____。

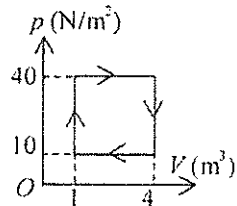
7、(本题 6 分) 将质量为 m 的均匀金属丝弯成一半径为 R 的半圆环, 其上套有一质量也等于 m 的小珠, 小珠可在此半圆环上无摩擦地运动, 这一系统可绕固定在地面上的竖直轴转动, 如图所示。开始时小珠(可看作质点)位于半圆环顶部 A 处, 系统绕轴旋转的角速度大小为 ω 。半圆环相对竖直轴的转动惯量为_____, 小珠滑到环的中点 B 处时环的角速度量值为_____, 小珠滑到环的底部 C 处时环的角速度量值为_____。



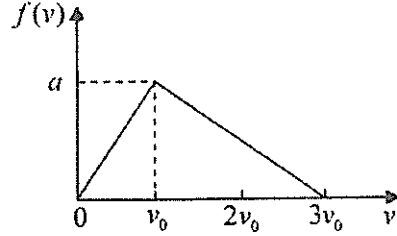
8、(本题 3 分) 要使静止质量为 m_0 的电子从速度 $v_1 = 0.8c$ 增加到 $v_2 = 0.9c$, 必须对它做的功为_____。

9、(本题 4 分) 一质点沿 x 轴作简谐振动, 振幅为 12cm , 周期为 2s 。当 $t = 0$ 时, 位移为 6cm , 且向 x 轴正方向运动, 则质点振动方程为_____, 质点第一次回到平衡位置时, $t =$ _____ s 。

10、(本题 3 分) 气体经历如图所示的一个循环过程, 在这个循环中, 外界传给气体的净热量是_____。



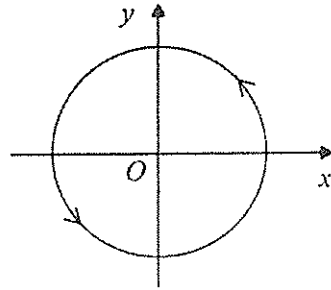
11、(本题 4 分) 假设有 N 个电子组成的电子气, 其速率分布函数 $f(v)$ 与 v 的关系如图所示, 则 a 的大小为 _____ (用 v_0 表示), 速率小于 v_0 的电子数为 _____ 个。



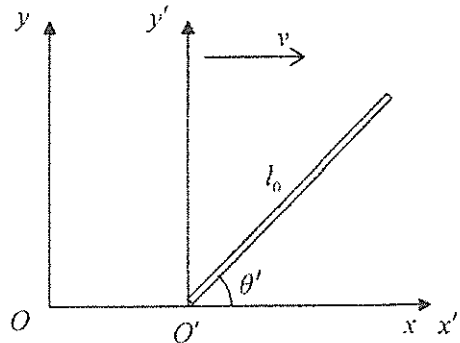
12、(本题 4 分) 1mol 理想气体由初态 p_0 、 V_0 开始, 经一等温过程吸收热量 $Q = p_0 V_0$ 后到达终态, 则终态体积为 _____, 此过程中系统熵的增量为 _____。

13、(本题 3 分) 如图所示, 一质点同时参与两个方向相互垂直、频率相同的简谐振动, 其轨道为一个圆。已知 x 方向的振动方程为 $x = 6 \cos(\omega t + \frac{1}{2}\pi)$, 质点在圆上沿逆时针方向运动, 则 y 方向的振动方程应

为 _____。



14、(本题 3 分) 如图所示, 一根静止长度为 l_0 的直尺相对 S' 参考系静止, 直尺与 x' 轴的夹角为 θ' , S' 参考系相对 S 参考系以速度 v 沿 x 方向运动, 则在 S 参考系中直尺的长度为 _____。



二、计算题（共 44 分）

1、（本题 10 分）质点沿 x 轴正向运动，加速度为 $a = -kv^2$ ， k 为已知正值常数。设初始时刻质点从原点出发时速度为 v_0 ，求运动方程 $x = x(t)$ 。

2、（本题 10 分）一定量刚性双原子理想气体在从体积 V_1 变化到 V_2 的过程中，体积随压强的

变化为 $p = \frac{a}{V^2}$ ，其中 a 为已知常数。求：

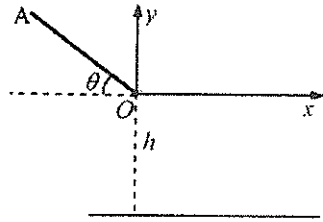
- (1) 气体对外所做的功；
- (2) 气体从外界吸收的热量。

3、(本题 10 分) 一拉直了的绳索两端固定, 长度为 4m, 波在绳中的传播速度为 $v = 35\text{m/s}$ 。绳上形成一定的驻波, 除端点外其间有 3 个波节, 驻波波腹处振幅为 0.1m, $t = 0$ 时绳上各点均经过平衡位置。绳索沿 x 轴水平放置, 以其左端为坐标原点, 求:

- (1) 绳索振动频率;
- (2) 驻波的表达式。

4、(本题 14 分) 如图所示, 长为 l 的匀质细杆 OA 绕通过 O 点的水平转轴在竖直平面内顺时针转动, O 点距离地面高度为 h 。当细杆转至与水平方向夹角为 θ 时, 角速度大小为 ω , 此时细杆脱离转轴, 以后细杆仅在重力作用下运动。

- (1) 如果 $\theta = \frac{\pi}{2}$, h 为何值时, 杆之 A 端竖直着地;
- (2) 取图示坐标系, 以细杆脱离转轴为 $t = 0$ 时刻, 在细杆着地前, 求细杆 A 端的运动方程。



144 学时 参考答案

一、填空题

1、(3分) 2m/s

B 卷: 4m/s

2、(8分) $4t \text{ m/s}, 4 \text{ m/s}^2, 2 \text{ m/s}^2, 80t^2 \text{ m/s}^2$ B 卷: $2t \text{ m/s}, 2 \text{ m/s}^2, 1 \text{ m/s}^2, 20t^2 \text{ m/s}^2$

3、(3分) 0.25g

4、(3分) 左

5、(6分) $m(1+\sqrt{2})\sqrt{gy_0}, \frac{1}{2}mv_0$ B 卷: 5、10 互换

6、(3分) $\frac{m}{k}v_0$ B 卷: 6、8 互换

7、(6分) $\frac{mR^2}{2}, \frac{\omega}{3}, \omega$

8、(3分) $\frac{m_0}{\sqrt{0.19}}c^2 - \frac{m_0}{\sqrt{0.36}}c^2$

9、(4分) $x=12\cos(\pi t - \frac{\pi}{3}), \frac{5}{6}\text{s}$

10、(3分) 90J

11、(4分) $a = \frac{2}{3v_0}, \frac{1}{3}N$ B 卷: 11、12 互换

12、(4分) eV_0, R or 8.31J/K

13、(3分) $y=6\cos(\omega t)$

14、(3分) $l = \sqrt{l_x^2 + l_y^2} = l_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}\cos^2 q\phi}$

二、计算题

1、解: $\frac{dv}{dt} = -kv^2$ (2分) $\int_{v_0}^v \frac{dv}{v^2} = \int_0^t -kdt$ (2分)

$$v = \frac{v_0}{1+v_0kt}$$
 (2分) $\frac{dx}{dt} = \frac{v_0}{1+v_0kt}$ (2分)

$$x = \int_0^t \frac{v_0}{1+v_0kt} dt = \frac{\ln(1+v_0kt)}{k}$$
 (2分)

2、解：(1) 在这过程中，气体做功 $A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$ (1分)

$$\therefore A = \int_{V_1}^{V_2} \frac{a}{V^2} dV = -\frac{a}{V} \Big|_{V_1}^{V_2} = a \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right); \quad (3分)$$

(2) 由热力学第一定律

$$\begin{aligned} Q = E_2 - E_1 + A &= \frac{5}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) + A \\ &= \frac{5}{2} a \left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right) + a \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right) \\ &= \frac{3}{2} a \left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right) \end{aligned} \quad (3分)$$

3、解：(1) $2A = 0.1\text{m}$, $4 \frac{\lambda}{2} = 4\text{m} \Rightarrow \lambda = 2\text{m}$ (3分)

$$\therefore \nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{35}{2} \text{Hz}; \quad (3分)$$

$$(2) \nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{35}{2} \text{Hz} \Rightarrow \omega = 35\pi$$

$t = 0$ 时绳上各点均经过平衡位置，绳索沿 x 轴水平放置，以其左端为坐标原点，则

$$\text{驻波的表达式为 } y = 2A \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right) \sin(\omega t) = 0.1 \sin(\pi x) \sin(35\pi t) \quad (4分)$$

B 卷: $v = 25\text{m/s}$

4、解：细杆脱离 O 点后，仅在重力作用下运动。其质心做抛体运动，同时细杆绕质心以角速度 ω 在竖直平面内顺时针转动。取图示坐标系，设 $t = 0$ 时刻细杆脱离 O 点。

$$(1) \text{ 如果 } \theta = \frac{\pi}{2}, \text{ 则质心 } y \text{ 坐标 } y_c = \frac{l}{2} - \frac{1}{2}gt^2 \quad (1分)$$

设在 t_1 时刻，细杆之 A 端竖直着地，则 $\omega t_1 = (2n+1)\pi$, ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$) (2分)

$$y_c = -h + \frac{l}{2} \quad (1分)$$

$$\text{由此得: } h = \frac{1}{2}g \left[\frac{(2n+1)\pi}{\omega} \right]^2, (n = 0, 1, 2, 3, \dots) \quad (2分)$$

(2) 质心做抛体运动，其运动方程为

$$x_c = -\frac{l}{2} \cos \theta + \frac{l}{2} \omega \sin \theta t \quad (2分)$$

$$y_c = \frac{l}{2} \sin \theta + \frac{l}{2} \omega \cos \theta t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (2分)$$

考虑到细杆同时绕质心以角速度 ω 在竖直平面内顺时针转动，则细杆 A 端的运动方程

$$\text{为 } x_A = -\frac{l}{2} \cos \theta + \frac{l}{2} \omega \sin \theta t - \frac{l}{2} \cos(\theta + \omega t) \quad (2分)$$

$$y_A = \frac{l}{2} \sin \theta + \frac{l}{2} \omega \cos \theta t - \frac{1}{2}gt^2 + \frac{l}{2} \sin(\theta + \omega t) \quad (2分)$$

上海交通大学试卷 (物理 144A 卷)

(2010 至 2011 年 第 2 学期)

(2010-6-27)

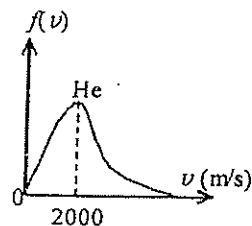
班级号 _____ 学号 _____ 姓名 _____

课程名称 _____ 大学物理 _____ 成绩 _____

注意: (1) 试卷共三张。(2) 填空题空白处写上关键式子, 可参考给分。计算题要列出必要的方程和解题的关键步骤。(3) 第四张是草稿纸。

一、填空题 (共 58 分)

1、(本题 6 分) 氦气分子的速率分布曲线如图所示, 试在图上画出同温度下氢气分子的速率分布曲线的大致情况, 氦分子在该温度时的最可几速率为 _____; 方均根速率为 _____。



2、(本题 4 分) 可逆卡诺热机工作在温度为 $T_1 = 400 \text{ K}$ 的高温热源和温度为 $T_2 = 300 \text{ K}$ 的低温热源之间, 在一个循环过程中卡诺热机对外做的净功 $A = 200 \text{ J}$, 则该卡诺热机在一个循环过程中向低温热源释放热量 $Q_2 =$ _____。

3、(本题 4 分) 热力学第二定律的开尔文表述和克劳修斯表述是等价的, 表明在自然界中与热现象有关的实际宏观过程都是不可逆的, 开尔文表述指出了

_____ 的过程是不可逆的, 而克劳修斯表述指出了

_____ 的过程是不可逆的。

4、(本题 6 分) 有一瓶质量为 M 的氢气(视为刚性双原子分子的理想气体, 摩尔质量为 M_{mol}),

温度为 T , 则氢分子的平均平动动能为 _____, 氢分子的平均动能为 _____,

该瓶氢气的内能为 _____。

我承诺，我将严格遵守考试纪律。

承诺人：_____

题号	—	二 1	三 2	三 3	三 4
得分					
批阅人(流水阅卷教师签名处)					

5、(本题4分)在平衡状态下，已知理想气体分子的麦克斯韦速率分布函数为 $f(v)$ 、一个分子的质量为 m 、最可几速率为 v_p ，试说明下列各式的物理意义：

(1) $\int_{v_p}^{\infty} f(v)dv$ 表示_____；

(2) $\int_0^{\infty} \frac{1}{2}mv^2 f(v)dv$ 表示_____。

6、(本题2分)某理想气体等温压缩到给定体积时外界对气体做功 $|A_1|$ ，又经绝热膨胀返回原来体积时气体对外做功 $|A_2|$ ，则整个过程中气体内能的增量 $\Delta E =$ _____。

7、(本题4分)已知分子数密度为 n ，速度分布函数为 $F(v_x, v_y, v_z)$ ，则速度分量在 $v_x \sim v_x + dv_x$ ， $v_y \sim v_y + dv_y$ ， $v_z \sim v_z + dv_z$ 区间中的分子数密度为

_____；

在 dt 时间内与面元 dA 相碰在该速度区间的分子数为

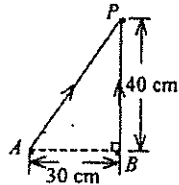
_____。

8、(本题4分)声源的频率为 ν ，以速度 v_s 向静止的观察者运动。如空气在流动，风速为 u_s ，

方向从声源吹向观察者，则观察者听到的频率为_____ (声音在静止空气中的传播速度为 u)。

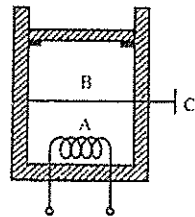
9、(本题4分)两个同方向,同频率的简谐振动,其合振动的振幅为 $10\sqrt{3}\text{cm}$,与第一个振动的相位差为 $\frac{\pi}{6}$ 。若第一个振动的振幅为 10cm 。则第二个振动的振幅为_____；两简谐振动的相位差为_____。

10、(本题4分)图中 A 、 B 是两个相干的点波源,它们的振动相位差为 π (反相)。 A 、 B 相距 30cm ,观察点 P 和 B 点相距 40cm ,且 $\overline{PB} \perp \overline{AB}$ 。若发自 A 、 B 的两波在 P 点处最大限度地互相削弱,则波长最长可以达到_____。



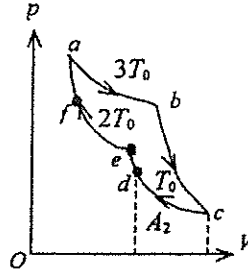
11、(本题6分)一平面简谐波,频率为 ν ,波速为 u ,在横截面积为 S 的管内空气中传播,若在 $t(t \gg \frac{1}{\nu})$ 的时间内通过截面的能量为 E ,则通过截面的平均能流为_____；波的平均能流密度为_____；波的平均能量密度为_____。

12、(本题6分)如图所示,一圆柱形绝热容器,其上方活塞由侧壁突出物支持着,其下方容积共 10L ,被隔板 C 分成体积相等的 A 、 B 两部分。下部 A 装有 2mol 氦气(视为理想气体),温度为 27°C ;上部 B 为真空。抽开隔板 C ,使气体充满整个容器(10L),且平衡后气体对活塞的压力正好与活塞自身重量平衡。抽开 C 板后,气体的终态温度为_____，此过程中气体的熵变为_____；若随后通过电阻丝对气体缓慢加热使气体膨胀到 14L ,此过程中气体的熵变为_____。



13、(本题 4 分) 一热力学系统做如图所示的可逆循环过程, 其中 ab 、 cd 、 ef 均为等温过程, 其相应的温度分别为 $3T_0$ 、 T_0 、 $2T_0$; bc 、 de 、 fa 均为绝热过程。设该循环过程所包围的面积为 A_1 , cd 过程曲线下的面积为 A_2 , 则 $cdefa$ 过程中系统熵的增量为

为 _____。



二、计算题 (共 42 分)

1、(本题 10 分) 已知某粒子系统中粒子的速率分布函数为

$$f(v) = \begin{cases} Kv^3 & 0 \leq v \leq v_0 \\ 0 & v_0 < v < \infty \end{cases}$$

求: (1) 比例常数 K ;

(2) 粒子的平均速率 \bar{v} ;

(3) 速率 v_1 , 使得速率在 $0 - v_1$ 之间的粒子占总粒子数为 $\frac{1}{16}$ 。

上海交通大学试卷 (144A卷)

(2010至2011学年 第2学期)

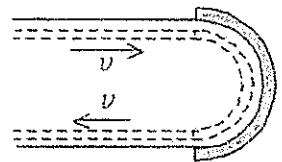
班级号 _____ 学号 _____ 姓名 _____

课程名称 大学物理 成绩 _____

注意: (1) 试卷共四张。(2) 填空题空白处写上关键式子, 可参考给分。计算题要列出必要的方程和解题的关键步骤。(3) 不要将订书钉折掉。

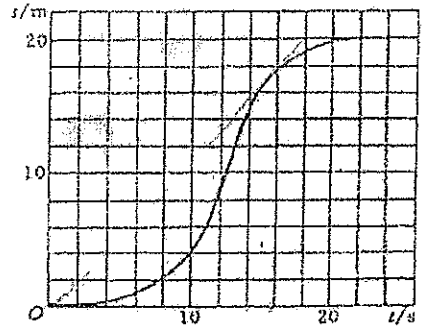
一、填空题 (共 54 分)

1、(本小题 4 分) 水流流过一个固定的涡轮叶片, 如图所示。水流流过叶片曲面前后的速率都等于 v , 每单位时间流向叶片的水的质量保持不变且等于 Q , 则水作用于叶片的力大小为 _____。



的力大小为 Qv 。

2、(本小题 4 分) 质点作直线直进运动, 运动路程 s 随时间 t 变化规律如图所示。则在前 26 秒的运动过程中, 质点的平均速度为 $\frac{10}{13}$ m/s, 在某一时刻 t_0 时, 质点的瞬时速度等于



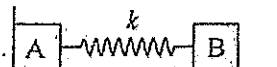
从 $t=0$ 到 t_0 时间内质点的平均速度, 则 $t_0 =$ 13 s。

$\frac{s}{t_0} = v_{t_0} \quad t_0 = \frac{s}{v_{t_0}}$

3、(本小题 6 分) 两个质量都为 m 的木块 A、B, 用一劲度系数为 k 的轻弹簧连接, 放在光滑的水平面上, A 紧靠墙。现用力推 B, 使弹簧压缩 x 后由静止释放。如以两木块和弹簧为系统,

则系统质心加速度的最大值为 $\frac{kx}{2m}$; 系统质心速度的最大值为

为 $\sqrt{\frac{kx}{m}}$



$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2$

$v = \sqrt{\frac{kx}{m}}$
 $\frac{mv}{1+m} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{kx}{m}}$

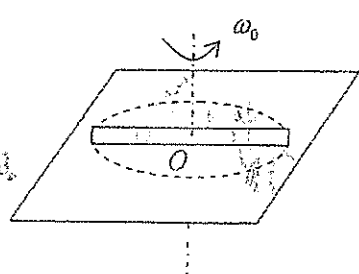
$kx = 2ma_c$

4、(本小题 6 分) 如图所示, 一均匀细杆长为 $3l$, 质量为 m , 平放在摩擦系数为 μ 的水平桌面上。设开始时杆以角速度 ω_0 绕过中心 O 且垂直于桌面的轴转动, 则作用于杆的摩擦力矩大小 $M =$ $\frac{3}{2}\mu mg l$, 从开始到停止转动所需时间 $\Delta t =$ $\frac{2l}{\mu g}$ 。

Handwritten solution for Q4:

$$M = \int \frac{dM}{dx} dx = \int \mu \cdot \frac{m}{3l} \cdot x \cdot dx = \frac{1}{2} \mu m x^2 \Big|_0^{3l} = \frac{9}{2} \mu m l$$

$$\Delta t = \frac{I \omega_0}{M} = \frac{\frac{1}{12} m (3l)^2 \omega_0}{\frac{9}{2} \mu m l} = \frac{2l \omega_0}{\mu g}$$



Handwritten notes for Q4:

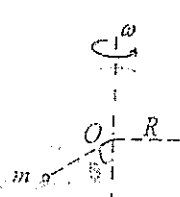
$$M = \int \mu \cdot \frac{m}{3l} \cdot x \cdot dx = \frac{1}{2} \mu m x^2 \Big|_0^{3l} = \frac{9}{2} \mu m l$$

5、(本小题 4 分) 科学家们使两个带正电的相同重离子加速后沿同一条直线相向运动而发生猛烈碰撞, 试图以此模拟宇宙大爆炸初期的情形。为了使碰撞前的动能尽可能地转化为内能, 关键是设法使这两个重离子在碰撞前瞬间的速度相等。

Handwritten solution for Q5:

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} m (v_1 - v_2)^2 = \frac{1}{2} m (v_1 - v_2)^2$$

6、(本小题 4 分) 一小球可以在半径为 R 的竖直圆环上作无摩擦滑动。今使圆环以角速度 ω 绕圆环竖直直径转动。如小球可以停在除了底部与顶部之外环上某一点, 则角速度 ω 最小应大于 $\omega = \sqrt{\frac{g}{R}}$ 。



Handwritten solution for Q6:

$$m \omega^2 R \sin \theta = m g \cos \theta$$

$$\omega^2 = \frac{g \cos \theta}{R \sin \theta} = \frac{g}{R} \cot \theta$$

$$\omega_{min} = \sqrt{\frac{g}{R}}$$

7、(本小题 6 分) 如图所示, 劲度系数为 k_1 的轻弹簧分别与质量为 m_1 、 m_2 的物体 1、2 连接; 劲度系数为 k_2 的轻弹簧上端与物体 2 相连, 下端压在桌面上, 整个系统处于平衡状态。现将物体 1 缓慢地向上竖直提起, 直到下面弹簧的下端刚脱离桌面。在此过程中, 物体 2 的重力势能增加了 $m_2 g \cdot \frac{m_1 + m_2}{k_2}$, 物体 1 的重力势能增加了 $m_1 g (x_{20} + x_1) = m_1 g (\frac{m_1 + m_2}{k_2} + \frac{m_1 g}{k_1})$ 。

Handwritten solution for Q7 (part 1):

$$m_2 g \cdot \frac{m_1 + m_2}{k_2}$$

Handwritten solution for Q7 (part 2):

$$m_1 g (x_{20} + x_1) = m_1 g (\frac{m_1 + m_2}{k_2} + \frac{m_1 g}{k_1})$$

Handwritten notes for Q7:

在平衡时, 物体 1 的重力势能增加了 $m_1 g x_1$, 物体 2 的重力势能增加了 $m_2 g x_2$ 。

由平衡条件: $k_1 x_1 = m_1 g$, $k_2 x_2 = m_1 g + m_2 g$

物体 1 的重力势能增加了 $m_1 g x_1$, 物体 2 的重力势能增加了 $m_2 g x_2$ 。



Handwritten solution for Q7:

$$k_1 x_1 = m_1 g$$

$$k_2 x_2 = m_1 g + m_2 g$$

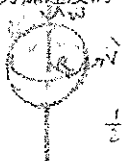
$$m_1 g = F_1$$

$$m_1 g + m_2 g = F_2$$

$$x_2 = \frac{m_1 g + m_2 g}{k_2}$$

8、(本小题 4 分) 一个匀速转动的球形行星, 在其赤道上某点的速度是 v ; 行星转动的效应使其赤道上的重力加速度是两极处重力加速度的一半。则在该行星两极处质点的逃逸速度

为 $2v$ 。



赤道: $mg = G \frac{Mm}{R^2} - m\omega^2 R$ $g_p = \frac{GM}{R^2}$
 $g = g_p (1 - \omega^2 R^2 / g_p)$ $\frac{g}{g_p} = \frac{1}{2} \Rightarrow \omega^2 R^2 = \frac{1}{2} \frac{g}{g_p}$
 $\frac{1}{2} \frac{1}{R} v^2 = \frac{GM}{R^2} - \frac{GM}{R^2} = 0$ $\frac{1}{2} v^2 = R g_p = 0$ $v^2 = 2 R g_p = 4 v^2$

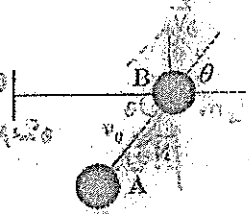
9、(本小题 6 分) 在 S 系中的 x 轴上相隔为 Δx 处有两只相对 S 系静止的同步钟 A 和 B , 在 S' 系的 x' 轴上有一只相对 S' 系静止的钟 A' 。设 S' 系相对于 S 系的运动速度为 v , 沿 x 轴方向, 且当 A' 与 A 相遇时, 刚好两钟的读数均为零。那么当 A' 钟与 B 钟相遇时, 在 S 系中 B 钟的读数是 $\frac{\Delta x}{v}$, 此时在 S' 系中 A' 钟的读数是 $\frac{\Delta x}{v} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ 。

10、(本小题 6 分) 光滑水平面上有一质量为 m_2 的光滑球 B , 用一不能伸长的轻绳系于定点。另一质量为 m_1 的光滑球 A , 在与绳成 θ 角的方向以速度 v_0 与球 B 发生正碰。若恢复系数 e

已知, 则二球碰后球 A 速率为 _____

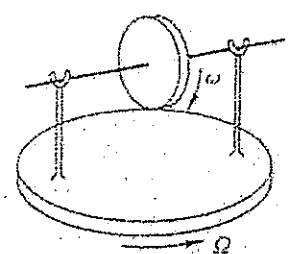
球 B 速率为 $\frac{(1+e)m_1 v_0 \sin \theta}{m_2 + m_1 \sin^2 \theta}$ (设碰前绳已拉直)。

$e = \frac{v_B \sin \theta + v_A}{v_0}$ $m_1 v_0 \sin \theta = m_2 v_B - m_1 v_A \sin \theta$
 $e v_0 = v_B \sin \theta + v_A$ $m_1 v_0 \sin \theta = m_2 \frac{e v_0 - v_A}{\sin \theta} - m_1 v_A \sin \theta$
 $v_B = \frac{e v_0 - v_A}{\sin \theta}$ $m_1 v_0 \sin \theta = m_2 e v_0 - m_2 v_A - m_1 v_A \sin^2 \theta$
 $v_A = \frac{m_2 e v_0 - m_1 v_0 \sin^2 \theta}{m_2 + m_1 \sin^2 \theta}$
 $v_B = \frac{m_2 e v_0 + m_1 v_0 \sin \theta (m_2 + m_1 \sin^2 \theta) - m_2 e v_0 + m_1 v_0 \sin^2 \theta}{\sin \theta (m_2 + m_1 \sin^2 \theta)} = \frac{m_1 v_0 \sin \theta (e + 1)}{\sin \theta (m_2 + m_1 \sin^2 \theta)}$



11、(本题 4 分) 如图所示, 一飞轮以 ω 的角速度高速转动, 其转动惯量为 J , 支架上飞轮的转轴与圆台面平行。为了使水平圆台以恒定角速度 Ω 转动 ($\Omega \ll \omega$), 则所需加在圆台上的力矩大小为 $J \omega \Omega$ 。

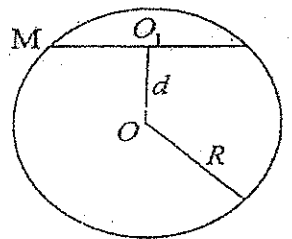
$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{L}$ $L = J \vec{\omega}$ $\vec{M} = \Omega J \omega$



二、计算题（共46分）

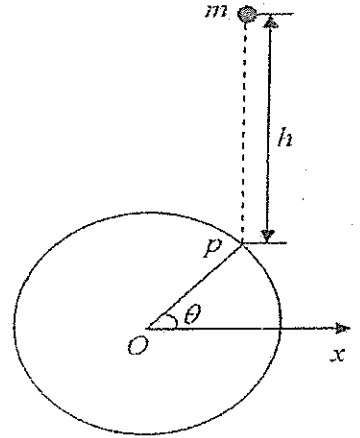
1、（本小题10分）两个粒子 A 和 B ，静止质量均为 m_0 。相对地面粒子 A 静止，粒子 B 的动能为 $6m_0c^2$ 。设 A 、 B 两粒子相撞并结合成为一个复合粒子。求复合粒子相对地面的运动速度以及复合粒子的静止质量。

2、（本题10分）如图所示，质量为 m 的质点沿圆上的光滑弦运动。此质点受一指向圆心 O 的引力作用，引力大小与质点到 O 点的距离成反比，比例常量为 k 。开始时质点位于 M 位置，初速为零。已知圆半径为 R ， $OO_1=d$ 。求质点通过弦中点 O_1 时的速度。



3、(本题 14 分) 如图所示, 半径为 R 质量为 $2m$ 的均质圆盘可绕与纸面垂直的光滑水平轴转动。有一质量为 m 的粘土由静止落下, 下落高度 h 后碰撞到静止圆盘的边沿, 并附着其上, 碰撞点 p 与圆心 O 的连线与水平 x 轴的夹角为 θ 。求

- (1) 碰撞后瞬间圆盘角速度的大小;
- (2) p 点转到 x 轴位置时圆盘角速度的大小。



4、(本题 12 分) 某人用木桶从深井中打水, 水的密度为 ρ 。木桶的质量为 m_0 , 刚开始提桶时 ($t = 0$), 桶内装有质量为 m 的水, 由于桶底部有一个面积为 S 的小洞, 桶内的水相对于桶以恒定速率 u ($u < \sqrt{\frac{m_0 g}{\rho S}}$) 从洞口流出, 在水漏光前,

(1) 如果人以恒定的速率向上提桶, 求提桶力随时间变化关系;

(2) 如果人以恒力 F 向上提桶, 求水桶在时刻 t 的速率。设 $t = 0$ 时桶静止。

144 学时 参考答案

一、填空题

1、(4分) $2vQ$

B卷: $4vQ$

2、(2+2分) $\frac{10}{13}, \frac{16}{7}$ B卷: $\frac{10}{11}, 16$

3、(3+3分) $\frac{kx}{2m}, \frac{x}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}$ B卷: $\frac{kx}{m}, x\sqrt{\frac{k}{m}}$

4、(3+3分) $\frac{3\mu}{4}mgl; \frac{l\omega_0}{\mu g}$ B卷: $\frac{\mu}{2}mgl; \frac{2l\omega_0}{3\mu g}$

5、(4分) 速率或速度

6、(4分) $\sqrt{\frac{g}{R}}$

7、(3+3分) $m_2(m_1+m_2)g^2/k_2; m_1(m_1+m_2)(k_1+k_2)g^2/(k_1k_2)$ B卷: 互换

8、(4分) $2v$ B卷: v

9、(3+3分) $\frac{\Delta x}{v}; \frac{\Delta x\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}{v}$

10、(3+3分) $\pm \frac{m_1 \sin^2 \theta - em_2}{m_2 + m_1 \sin^2 \theta} v_0, \frac{(1+e)m_1 \sin \theta}{m_2 + m_1 \sin^2 \theta} v_0$ B卷: 互换

11、(4分) $J\omega\Omega$ B卷: $2J\omega\Omega$

二、计算题

1、 $E_k = mc^2 - m_0c^2 \Rightarrow v = \frac{4\sqrt{3}}{7}c$ (2分) $mv = Mv_f$ (2分)

$m_0c^2 + 7m_0c^2 = Mc^2$ (2分)

$M = 8m_0,$

$v_f = \frac{\sqrt{3}}{2}c$ (1+1分)

$M_0 = 8m_0\sqrt{1-\frac{v_f^2}{c^2}} = 4m_0$ (2分)

B卷: $E_k = mc^2 - m_0c^2 \Rightarrow v = \frac{\sqrt{35}}{6}c$ (2分) $mv = Mv_f$ (2分)

$m_0c^2 + 6m_0c^2 = Mc^2$ (2分)

$M = 7m_0$

$v_f = \frac{\sqrt{35}}{7}c$ (1+1分)

$M_0 = 7m_0 \sqrt{1 - \frac{v_f^2}{c^2}} = \sqrt{14}m_0$ (2分)

$F = 4 \frac{k}{R-x}$

$s = \int \sqrt{R^2 - d^2 - (R-x)^2 - d^2} dx$
 $dg = - \frac{2(R-x)(-dx)}{2\sqrt{R^2 - d^2 - (R-x)^2 - d^2}}$
 $F = \int \frac{k(R-x)^2 - d^2}{R-x} ds$

2、解：以 O_1 为原点建立坐标如图。

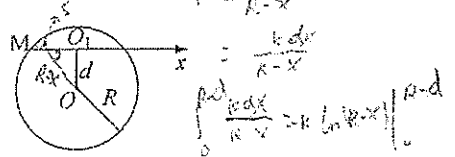
$F = -\frac{k}{r}, F \cos \theta = -\frac{k}{r} \cdot \frac{x}{r} = -k \frac{x}{x^2 + d^2} = ma$ (2分)

$-k \frac{x}{x^2 + d^2} = m v \frac{dv}{dx}$ (2分)

$\therefore \int v dv = -\frac{k}{m} \int_{-\sqrt{R^2-d^2}}^0 \frac{x}{x^2 + d^2} dx$ (2分)

$\frac{1}{2}v^2 = -\frac{k}{2m} \ln(x^2 + d^2) \Big|_{-\sqrt{R^2-d^2}}^0 = \frac{k}{m} \ln \frac{R}{d}$ (2分)

$v = \pm \sqrt{\frac{2k}{m} \ln \frac{R}{d}}$ (2分) B卷: m 改为 $2m$



3、解：由自由落体

$mgh = \frac{1}{2}mv^2$

$\Rightarrow v = \sqrt{2gh}$ (2分)

由角动量守恒

$mvR \cos \theta = J\omega_0$

$J = \frac{1}{2}MR^2 + mR^2 = 2mR^2$ (3分)

$\omega_0 = \frac{\sqrt{2gh}}{2R} \cos \theta$ (3分)

由机械能守恒

$mgR \sin \theta + \frac{1}{2}J\omega_0^2 = \frac{1}{2}J\omega^2$ (3分)

$\omega = \sqrt{\frac{gh}{2R^2} \cos^2 \theta + \frac{g}{R} \sin \theta}$ (3分)

B卷: R 改为 $R/2$

$W_0 = \frac{\sqrt{2gh}}{R} \cos \theta$
 $W = \sqrt{\frac{2gh}{R^2} \cos^2 \theta + \frac{2g}{R} \sin \theta}$

4、解：利用动力学方程 $m \frac{d\bar{v}}{dt} = \bar{F} + \bar{u} \frac{dm}{dt}$ (2分)

$\frac{dm}{dt} = -\rho S u$ (2分)

$F = (m_0 + m - \rho S u t)g - \rho S u^2$ (2分)

$(m_0 + m - \rho S u t) \frac{dv}{dt} = F - (m_0 + m - \rho S u t)g + \rho S u^2$ (3分)

$v = \frac{\rho S u^2 + F}{\rho S u} \ln \left(\frac{m_0 + m}{m_0 + m - \rho S u t} \right) - gt$ (3分) B卷: m_0 改为 M

上海交通大学试卷（物理 144A 卷）

（ 2009 至 2010 学年 第 2 学期 ）

班级号 _____ 学号 _____ 姓名 _____

课程名称 _____ 大学物理 _____ 成绩 _____

注意：（1）试卷共三张。（2）填空题空白处写上关键式子，可参考给分。计算题要列出必要的方程和解题的关键步骤。（3）不要将订书钉拆掉。（4）第四页是草稿纸。

一、填空题（每空 3 分，共 48 分）

1、（本题 3 分）一束速率为 v 的水流垂直喷射竖直墙面，水与墙面撞击后即附着于墙面，随后自行流失。设水流的横截面积为 S ，密度为 ρ ，则水流对墙面产生的压力大小

为_____。

2、（本题 9 分）质量为 m 的行李，垂直地轻放在传送带上，传送带的速率为 v ，它与行李间的摩擦系数为 μ ，则行李将在传送带上滑动的时间为_____；行李在这

段时间内相对地面运动的距离为_____；被摩擦所耗费的能量

为_____。

3、（本题 9 分）一质点运动方程为 $\vec{r} = A(e^{\alpha t}\vec{i} + e^{-\alpha t}\vec{j})$ ， A 与 α 都为正的常数。则质点轨

道方程为_____，质点在 $t = -\frac{1}{\alpha}$ 到 $t = \frac{1}{\alpha}$ 之间 $\Delta\vec{r}$ 为_____，

任意时刻 t 的速度 \vec{v} 为_____。

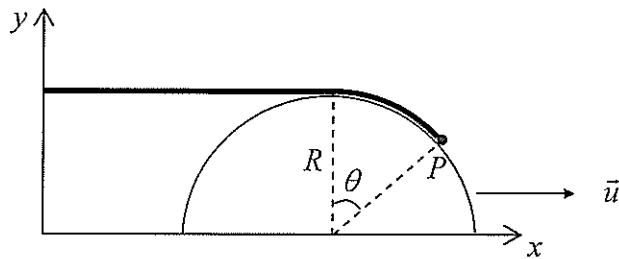
4、(本题 6 分) 一质点沿半径为 R 的圆周运动, 在 $t = 0$ 时经过 P 点, 此后它的速率 v 按 $v = A + Bt^2$ (A, B 为正的已知常量) 变化。则 t 时刻该质点的切向加速度分量

$a_t =$ _____, 法向加速度分量 $a_n =$ _____。

5、(本题 6 分) 如图所示, 在半径为 R 的半圆柱面上有一系在不可伸长绳子一端的小球 P , 绳子的另一端水平地连在墙上。当小球处于半圆柱面上的角度为 θ 时, 半圆柱面向右以速度

\bar{u} 运动, 则此时小球相对地面速度的 x 分量 v_x 为 _____,

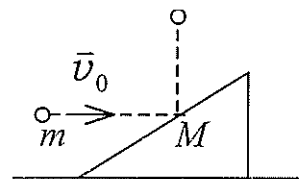
y 分量 v_y 为 _____。



6、(本题 6 分) 质量 m 的小球, 以水平速度 \bar{v}_0 与光滑桌面上质量为 M 的静止斜劈作完全弹性碰撞后竖直弹起, 则碰后斜劈的运动速度大小为 _____; 小球上升

的高度为 _____; 小球上升

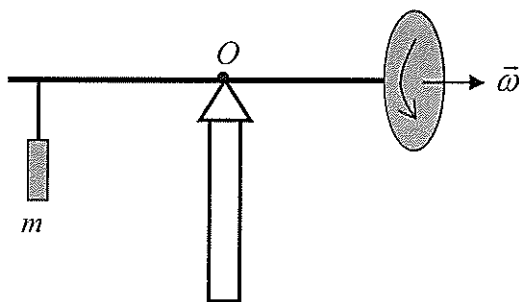
的高度为 _____ ($M > m$)。



7、(本题 3 分) 一滑冰者开始时张开手臂绕自身竖直轴旋转, 其转动动能为 E_0 , 转动惯量为 J_0 , 若他将手臂收拢, 其转动惯量变为 $\frac{4}{5}J_0$, 则其转动动能将变为 _____ (摩擦不计)。

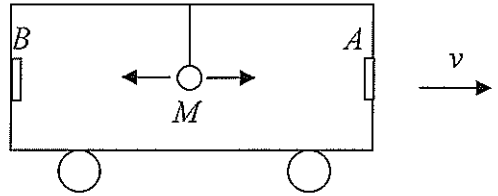
8、(本题 3 分) 有 A 和 B 两根相互平行的米尺, 相对地面各以 $v = 0.6c$ 的速度相向运动, 运动方向平行于尺子的长度方向。则任一尺子上的观测者测量另一尺子的长度为 _____。

9、(本题 3 分) 一杠杆回转仪如图所示。圆盘高速绕自转轴转动, 当圆盘与支点 O 另一端的重物 m 平衡时, 圆盘保持角速度 $\bar{\omega}$ 大小不变, 方向向右, 系统处于稳定状态。将重物 m 向支点 O 移近后, 从上向下看, 系统将 _____ (填顺时针或逆时针) 回转。

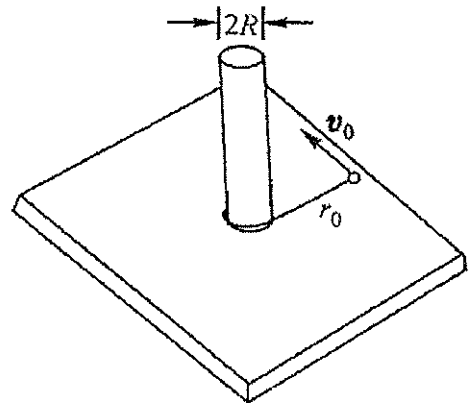


二、问答题（共 10 分）

1、（本题 5 分）设一车厢以匀速 v 在地面上行驶，在车厢中点有一闪光灯 M 发出瞬时闪光，并由车厢前后壁设置的光接收器 A 和 B 接收。请按光速不变原理简单分析车厢和地面两个参考系中 A 和 B 接收到光信号这两个事件的同时性问题。



2、（本题 5 分）系于细绳一端的质点在光滑的水平面上运动，同时细绳逐渐缠绕在竖直圆柱上，使质点与圆柱中心的距离逐渐缩短，如图所示。试问，在此过程中，质点对圆柱中心（圆柱对称轴与水平面的交点）的角动量是否守恒？为什么？



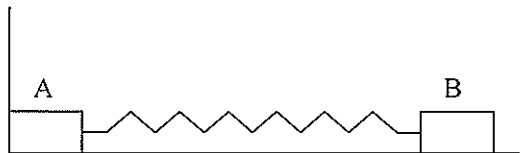
三、计算题: (共 42 分)

1、(本题12分) 有 n 个人站在静止于铁轨上的平板车上, 每个人的质量均为 m , 平板车的质量为 M 。他们以相对于平板车的速度 u 向后跳离平板车。设平板车与轨道间无摩擦力。

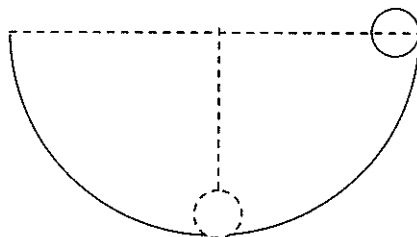
- (1) 若所有的人同时跳下, 则平板车的速度是多少;
- (2) 若他们一个一个地跳下, 则平板车的最终速度又是多少;
- (3) 以上两种情况中哪一种的最终速度大些。

2、(本题10分) 两个质量都为 m 的木块A、B, 用一劲度系数为 k 的轻弹簧连接, 放在光滑的水平面上, A紧靠墙。现用力推B, 使弹簧压缩 $2x$ 后由静止释放。求:

- (1) 释放后A、B两木块速度相等时的瞬时速度的大小;
- (2) 弹簧的最大伸长量。

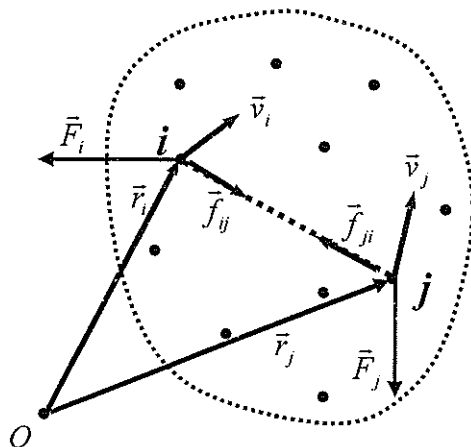


3、(本题 10 分) 一质量为 m , 半径为 r 的均质实心小球沿圆环形导轨自静止开始无滑动滚下, 圆环形导轨在铅直面内, 半径为 R 。最初, 小球质心与圆环中心同高度。求小球运动到最低点时质心的速率以及其作用于导轨的压力 (半径为 r 的均质实心小球绕其对称轴的转动惯量为 $J = \frac{2}{5}mr^2$)。



4、(本题 10 分) 对于 N 个质点组成的质点系 $\{m_i\}$, 设在 t 时刻, 第 i 个质点 m_i 的位置矢量为 \vec{r}_i (参考点为 O)、速度为 \vec{v}_i , 受到的外力为 \vec{F}_i , 第 j 个质点 m_j 对第 i 个质点 m_i 的作用力为 \vec{f}_{ij} , \vec{f}_{ij} 沿 m_j 和 m_i 的连线方向。试由牛顿第二定律导出该质点系的角动量定理:

$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$ (其中: \vec{M} 为所有外力对参考点 O 的总外力矩, \vec{L} 为质点系对同一参考点的总角动量)。



2010 年力学 (144 学时) 参考答案

一、填空题

1、 $S\rho v^2$ B 卷: $4S\rho v^2$

2、 $\frac{v}{g\mu}$, $\frac{v^2}{2g\mu}$, $\frac{1}{2}mv^2$ B 卷: $\frac{2v}{g\mu}$, $\frac{2v^2}{g\mu}$, $2mv^2$

3、 $xy = A^2$, $\Delta\vec{r} = A(e^{-1}\vec{i} + A(e^{-1} - e)\vec{j})$, $\vec{v} = \alpha A(e^{\alpha\vec{i}} - e^{-\alpha}\vec{j})$

B 卷: $\Delta\vec{r} = A(e^{-1} - e)\vec{i} + A(e - e^{-1})\vec{j}$, $\vec{v} = \alpha A(-e^{-\alpha}\vec{i} + e^{\alpha}\vec{j})$

4、 $2Bt$, $\frac{(A+Bt^2)^2}{R}$ B 卷: $2At$, $\frac{(B+At^2)^2}{R}$

5、 $u - u\cos\theta$, $u\sin\theta$ B 卷: $u\sin\theta$, $u - u\cos\theta$

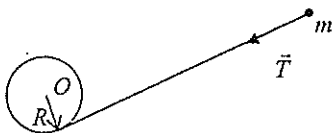
6、 $\frac{mv_0}{M}$, $\frac{v_0^2}{2g} \frac{M-m}{M}$

7、 $\frac{5}{4}E_0$ B 卷: $\frac{4}{3}E_0$

8、0.47(m) B 卷: 0.22(m)

9、逆时针

二、问答题

1、车厢参考系: $MA = MB$, 光速为 c , 故光接收器 A 和 B 同时接收到光信号。(2分)地面参考系: 光速仍为 c , 但光接收器 A 和 B 随车厢运动, 光接收器 B 迎着光, 应该比光接收器 A 早接收到光信号。(3分) 光接收器 A 和 B 互换 (B 卷)2、不守恒 (2分) 如图所示, 作用在质点 m 上绳子的张力 \vec{T} 对 O 点的力矩不为零, 故质点对圆柱中心的角动量不守恒。(3分)

二、计算题

1、(1) 由于平板车与轨道间无摩擦力，系统的总动量守恒。

若所有人同时以速度 u 向后跳离平板车，设车获得的相对于地面的速度为 v ，则人相对地面的速度为 $(u-v)$ 。根据动量守恒定律，取向前为正方向，则有

$$0 = Mv - nm(u-v)$$

得

$$v = \frac{nm u}{M + nm} \quad (4分)$$

(2) 若 n 个人相继跳离平板车，第一个人跳离车，有关系式

$$0 = [M + (n-1)m]v_1 - m(u-v_1)$$

得

$$v_1 = \frac{m}{M + nm} u \quad (1分)$$

第二个人跳离车，车速数由 v_1 增大到 v_2 ，有关系式

$$[M + (n-1)m]v_1 = [M + (n-2)m]v_2 - m(u-v_2)$$

得

$$v_2 - v_1 = \frac{m}{M + (n-1)m} u \quad (1分)$$

第三个人跳离车，车速数值由 v_2 增大为 v_3 ，有关系式

$$[M + (n-2)m]v_2 = [M + (n-3)m]v_3 - m(u-v_3)$$

得

$$v_3 - v_2 = \frac{m}{M + (n-2)m} u$$

依此类推，第 n 个人最后跳离车，车速数值由 v_{n-1} 增大到最终速度 v_n ，于是可得

$$v_n - v_{n-1} = \frac{m}{M + m} u$$

把上述 n 个等式相加，则得到当 n 个人相继跳离车后，小车的最终速度

$$v_n = \sum_{k=1}^n \frac{m}{M + km} u \quad (3分)$$

(3) 因为

$$\frac{m}{M + m} > \frac{m}{M + 2m} > \dots > \frac{m}{M + nm}$$

所以

$$\sum_{k=1}^n \frac{m}{M+km} > \frac{nm}{M+nm}$$

则 $v_n > v$

即 n 个人相继跳离车后, 车增加的速度的数值大于 n 个人同时跳离车后车所增加的速度的数值。 (3分)

n 换为 N (B 卷)

2、(1) 由机械能守恒定律, 得弹簧自然伸长瞬间木块 B 的速度

$$\frac{1}{2}k(2x)^2 = \frac{1}{2}mv_B^2, \quad v_B = 2\sqrt{\frac{k}{m}}x \quad (3分)$$

由动量守恒定律, 得释放后 A、B 两木块速度相等时的瞬时速度的大小

$$mv_B = 2mv_c, \quad v_c = \sqrt{\frac{k}{m}}x. \quad (3分)$$

(2) 弹簧的最大伸长时 A、B 两木块速度相等, 由机械能守恒定律由

$$\frac{1}{2}k(2x)^2 = \frac{1}{2}2mv_c^2 + \frac{1}{2}kx_m^2, \quad x_m = \sqrt{2}x \quad (4分)$$

x 换为 $\frac{x}{2}$ (B 卷)

3、机械能守恒:

$$mg(R-r) = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{2}{3}mr^2\right)\omega^2 \quad (3分)$$

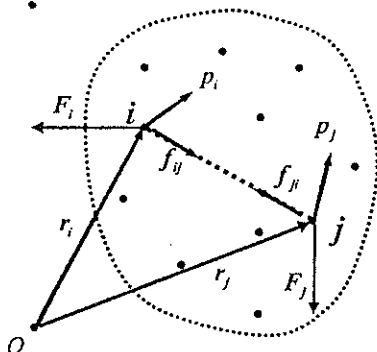
$$\omega = v/r \quad (2分)$$

$$v = \sqrt{\frac{10}{7}(R-r)g} \quad (2分)$$

$$\text{质心运动定律} \quad N - mg = m \frac{v^2}{R-r} \Rightarrow N = 2\frac{3}{7}mg \quad (3分)$$

m 换为 M (B 卷)

4、



对参考点 O ，质点系的总角动量： $L = \sum_i L_i = \sum_i (r_i \times m_i v_i)$ (2分)

求质点系总角动量对时间的微商得

$$\frac{dL}{dt} = \frac{d(\sum_i r_i \times m_i v_i)}{dt} = \sum_i \frac{dr_i}{dt} \times m_i v_i + \sum_i r_i \times m_i \frac{dv_i}{dt} \quad (1分)$$

上式中 $\sum_i \frac{dr_i}{dt} \times m_i v_i = \sum_i v_i \times m_i v_i = 0$ (1分)

利用牛顿第二定律

$$m_i \frac{dv_i}{dt} = F_i + \sum_{j \neq i} f_{ij} \quad (2分)$$

得 $\frac{dL}{dt} = \sum_i r_i \times \left(F_i + \sum_{j \neq i} f_{ij} \right) = \sum_i r_i \times F_i + \sum_i \sum_{j \neq i} r_i \times f_{ij}$ (1分)

因为内力总是成对出现的，而作用在质点 i 和 j 上的一对内力 f_{ij} 和 f_{ji} 相对参考点 O 的力矩

的矢量和为零 $M_{ij} + M_{ji} = r_i \times f_{ij} + r_j \times f_{ji} = (r_i - r_j) \times f_{ij} = r_{ij} \times f_{ij} \equiv 0$ (2分)

则所有内力的力矩矢量和为零。

因此 $\frac{dL}{dt} = \sum_i r_i \times F_i = M_{\text{外}}$ (1分)

上海交通大学试卷（物理特别卷）

（2009至2010年第2学期）

（2010-6-30）

班级号 _____ 学号 _____ 姓名 _____

课程名称 _____ 大学物理 _____ 成绩 _____

注意：（1）本试卷为未参加期中考试同学的专门试卷；（2）填空题空白处写上关键式子，可参考给分；计算题要列出必要的方程和解题的关键步骤；（3）不要将订书钉拆掉；（4）第四张是草稿纸；

一、填空题（本题共48分）

1、（本题4分） ν mol 的某种理想气体，状态按 $V = a/\sqrt{p}$ 的规律变化（式中 a 为正值常量， p 为压强），当气体体积从 V_1 膨胀到 V_2 时，则气体所做的功为 _____，

气体温度的变化 $T_1 - T_2$ 为 _____。

2、（本题6分）用总分子数 N 、气体分子速率 v 和速率分布函数 $f(v)$ 表示下列各量：

(1) 速率大于 v_0 的分子数 = _____；

(2) 速率大于 v_0 的那些分子的平均速率 = _____；

(3) 多次观察某一分子的速率，发现其速率大于 v_0 的概率 = _____。

3、（本题4分）一定量的理想气体贮于某一容器中，温度为 T ，单个气体分子的质量为 m 。根据理想气体分子模型和统计假设，分子速度在 x 方向的分量的下列平均值

$\overline{v_x} =$ _____； $\overline{v_x^2} =$ _____。

4、（本题4分）在一个以匀速 U 运动的容器中，盛有 1mol 单个分子质量为 m 的某种单原子理想气体。若使容器突然停止运动（机械能全部转化为内能），则气体状态达到平衡后，其

温度的增量 $\Delta T =$ _____。

我承诺，我将严格遵守考试纪律。

承诺人：_____

题号	—	二 1	二 2	二 3	二 4	二 5
得分						
批阅人(流水阅卷教师签名处)						

5、(本题 4 分) 在惯性参考系 S 中，有两个静止质量都是 m_0 的粒子 A 和 B ，分别以速度 v 沿同一直线相向运动，相碰后合在一起成为一个粒子，则合成粒子静止质量 M_0 的值

为 _____。

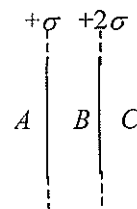
6、(本题 4 分) 可逆卡诺热机工作在温度为 $T_1 = 450 \text{ K}$ 的高温热源和温度为 $T_2 = 300 \text{ K}$ 的低温热源之间，在一个循环过程中卡诺热机向低温热源释放热量 $Q_2 = 400 \text{ J}$ ，则该卡诺热机在

一个循环过程中对外做的净功 $W =$ _____。

7、(本题 6 分) 两个平行的“无限大”均匀带电平面，其电荷面密度分别为 $+\sigma$ 和 $+2\sigma$ ，

如图所示，则 A 、 B 、 C 三个区域的电场强度分别为： $E_A =$ _____，

$E_B =$ _____， $E_C =$ _____ (设方向向右为正)。



8、(本题 6 分) 已知双原子分子间相互作用的势能函数为:

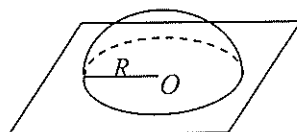
$$E_p(x) = \frac{A}{x^{12}} - \frac{B}{x^6}$$

式中 A 、 B 为常量, x 为两原子间距离。则原子间相互作用力的函数式为

_____;

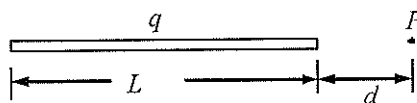
分子势能的极小值为_____。

9、(本题 2 分) 如图所示, 有一面电荷密度为 σ 的无限大均匀带电平面, 以平面上的一点 O 为中心, R 为半径作一半球面, 则通过此半球面的电通量为_____。



10、(本题 4 分) 如图所示, 真空中一长为 L 的均匀带电细直杆, 总电荷量为 q , 取无穷远处为电势零点, 则在直杆延长线上距杆的一端距离为 d 的 P 点的电势

为_____。

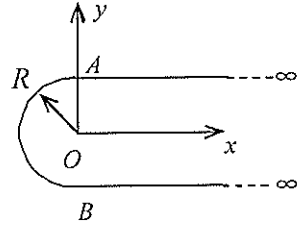


11、(本题 4 分) 一飞船静长 l_0 , 以速度 u 相对于恒星系作匀速直线飞行, 飞船内一小球从尾部运动到头部, 宇航员测得小球运动速度为 v , 则恒星系观察者测得小球的运动时间

为_____。

二、计算题 (本题共 52 分)

1、(本题 8 分) 电荷线密度为 λ 的“无限长”均匀带电细线，弯成图示形状。若半圆弧 AB 的半径为 R ，试求圆心 O 点的场强。



2、(本题 12 分) 体积为 V_0 的绝热容器，用绝热板分隔成为体积相同的两部分。A 内储有 1mol

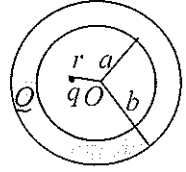
单原子理想气体，B 内储有 2mol 双原子理想气体，A、B 两部分压强均为 p_0 。求

(1) A、B 两部分气体各自的内能；

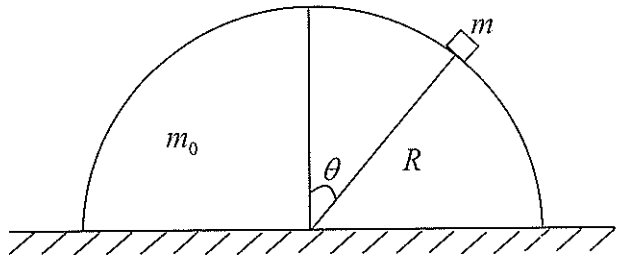
(2) 抽出绝热板，两种气体混合后达到平衡态时系统的温度和总压强。

3、(本题 10 分) 如图所示, 一内半径为 a 、外半径为 b 的金属球壳, 带有电荷量 Q , 在球壳空腔内距离球心 r 处有一点电荷 q 。设无限远处为电势零点, 试求:

- (1) 球壳内外表面上的电荷量;
- (2) 球心 O 点处, 由球壳内表面上电荷产生的电势;
- (3) 球心 O 点处的电势。



4、(本题 12 分) 如图所示, 在光滑水平面上有一表面光滑, 半径为 R , 质量为 m_0 的半球, 在半球顶部放一质量为 m 的小物块, 小物块受微小扰动而下滑。(1) 求物块滑至 θ 角位置时相对半球的速率, 设此时小球未脱离半球; (2) 如物块脱离半球时 $\theta = 45^\circ$, 求 $\frac{m_0}{m}$ 的值。



5、(本题 10 分) ν mol 的某种理想气体, 开始时处于压强为 p_1 , 体积为 V_1 的状态。经等压膨胀过程, 体积变为 V_2 。然后经绝热膨胀过程, 体积变为 V_3 。最后经等温压缩过程回到始态。设 V_1 和 V_2 已知, 求此循环的效率。

09-10 144 学时 参考答案

2010.6.30

一、填空题

1、 $a^2(1/V_1 - 1/V_2)$, $\frac{a^2}{vR}(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2})$ B 卷: 互换

2、 $\int_0^\infty Nf(v)dv$, $\frac{\int_0^\infty vf(v)dv}{\int_0^\infty f(v)dv}$, $\int_0^\infty f(v)dv$

B 卷: $\int_0^\infty f(v)dv$, $\int_0^\infty Nf(v)dv$, $\frac{\int_0^\infty vf(v)dv}{\int_0^\infty f(v)dv}$

3、 0 , $\frac{kT}{m}$ B 卷: 互换

4、 $\frac{mu^2}{3k}$ B 卷: $\frac{mv^2}{3k}$

5、 $nv_x dt dA f(v_x) f(v_y) f(v_z) dv_x dv_y dv_z$

6、 200(J) B 卷: 100(J)

7、 $-3\sigma/(2\varepsilon_0)$, $-\sigma/(2\varepsilon_0)$, $3\sigma/(2\varepsilon_0)$

B 卷: $3\sigma/(2\varepsilon_0)$, $-3\sigma/(2\varepsilon_0)$, $-\sigma/(2\varepsilon_0)$

8、 $-8.0 \times 10^{-15} \text{ J}$, $-5 \times 10^4 \text{ V}$

B 卷: $-4.0 \times 10^{-15} \text{ J}$, $-2.5 \times 10^4 \text{ V}$

9、 $\frac{\pi R^2 \sigma}{2\varepsilon_0}$ B 卷: $\frac{\pi R^2 \sigma}{\varepsilon_0}$

10、 $\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 L} \ln \frac{L+d}{d}$ B 卷: $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 L} \ln \frac{L+d}{d}$

11、 $P, -P, 0$ B 卷: $-P, 0, P$

二、计算题

1、解：以 O 点作坐标原点，建立坐标如图所示。

半无限长直线 $A\infty$ 在 O 点产生的场强 \vec{E}_1 ，

$$\vec{E}_1 = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 R} (-\vec{i} - \vec{j}) \quad (2 \text{分})$$

半无限长直线 $B\infty$ 在 O 点产生的场强 \vec{E}_2 ，

$$\vec{E}_2 = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 R} (-\vec{i} + \vec{j}) \quad (2 \text{分})$$

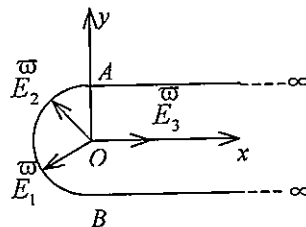
半圆弧线段在 O 点产生的场强 \vec{E}_3 ，

$$\vec{E}_3 = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 R} \vec{i} \quad (2 \text{分})$$

由场强叠加原理， O 点合场强为

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = 0 \quad (2 \text{分})$$

λ 换为 2λ (B 卷)



$$2、(1) E_A = \frac{3}{2} RT_A = \frac{3}{4} p_0 V_0, \quad E_B = 2 \frac{5}{2} RT_B = \frac{5}{4} p_0 V_0 \quad (2+2 \text{分})$$

(2) 由热力学第一定律有：

$$E = \frac{3}{2} RT + 2 \frac{5}{2} RT = 2 p_0 V_0 \quad (2 \text{分})$$

$$T = \frac{4}{13} \frac{p_0 V_0}{R} \quad (2 \text{分})$$

$$p = \frac{\nu_1 + \nu_2}{V_0} RT = \frac{3}{V_0} RT = \frac{12}{13} p_0 \quad (4 \text{分})$$

V_0 换为 $4V_0$ (B 卷)

3、解：(1) 由静电感应，金属球壳的内表面上有感生电荷 $-q$ ，外表面上带电荷 $q+Q$ 。 (2分)

(2) 不论球壳内表面上的感生电荷是如何分布的，因为任一电荷元离 O 点的距离都是 a ，所以由这些电荷在 O 点产生的电势为

$$U_{-q} = \frac{\int dq}{4\pi\epsilon_0 a} = \frac{-q}{4\pi\epsilon_0 a} \quad (2 \text{分})$$

(3) 球心 O 点处的总电势为分布在球壳内外表面上的电荷和点电荷 q 在 O 点产生的电势的代数和

$$U_O = U_q + U_{-q} + U_{Q+q} \quad (2 \text{分})$$

$$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} + \frac{Q+q}{4\pi\epsilon_0 b} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 b} \quad (4 \text{分})$$

q 换为 $2q$ (B 卷)

4、解：未插入介质板时的电容为(设极板电荷为 Q ，场强为 E_0)

$$C_0 = \frac{Q}{E_0 d} = \varepsilon_0 \frac{S}{d} \quad (3 \text{分})$$

插入介质板后，设 Q 不变，两极板间电势差为

$$U = \frac{2}{3} E_0 d + \frac{1}{3} E d = \frac{E_0 d}{3} \left(2 + \frac{1}{\varepsilon_r} \right)$$

$$\text{则电容变成} \quad C = \frac{Q}{U} = \frac{3Q}{E_0 d} \left(\frac{\varepsilon_r}{1+2\varepsilon_r} \right) = \frac{3\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{d(1+2\varepsilon_r)} \quad (5 \text{分})$$

$$\text{电容改变量} \quad \Delta C = C - C_0 = \frac{3\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{d(1+2\varepsilon_r)} - \frac{\varepsilon_0 S}{d} = \frac{\varepsilon_0 S(\varepsilon_r - 1)}{d(1+2\varepsilon_r)} \quad (2 \text{分})$$

作法二：未插入介质时， $C_0 = \varepsilon_0 S/d$

插入介质后看成二个电容串联，

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{2d/3}, \quad C_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{d/3}$$

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{3\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{d(1+2\varepsilon_r)} \quad (5 \text{分})$$

$$\Delta C = C - C_0 = \frac{\varepsilon_0 S(\varepsilon_r - 1)}{d(1+2\varepsilon_r)} \quad (2 \text{分})$$

5、解：在 pV 图上本题所述循环如图所示，其中 $a \rightarrow b$ 是等压过程， $b \rightarrow c$ 是绝热过程， $c \rightarrow a$ 是等温过程。设气体定压摩尔热容量为 C_p ，则其在等压过程中所吸热量 Q_p 为

$$Q_p = \nu C_p (T_2 - T_1) = C_p p_1 (V_2 - V_1) / R \quad (2 \text{分})$$

气体在等温压缩过程放出的热量绝对值 $|Q_T|$ 为

$$|Q_T| = p_1 V_1 \ln(V_3 / V_1) \quad (2 \text{分})$$

$$\text{循环效率} \quad \eta = 1 - \frac{|Q_T|}{Q_p} = 1 - \frac{RV_1 \ln(V_3 / V_1)}{C_p (V_2 - V_1)} \quad (2 \text{分})$$

由绝热过程方程得

$$p_1 V_2^\gamma = p_2 V_3^\gamma$$

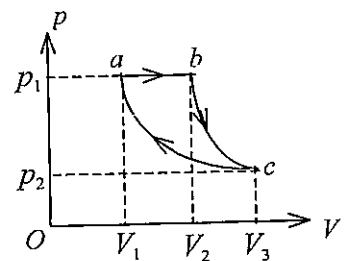
由等温过程方程得

$$p_1 V_1 = p_2 V_3$$

$$\therefore V_3 / V_1 = (V_2 / V_1)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad (2 \text{分})$$

$$\text{又} \quad \therefore \frac{\gamma}{\gamma-1} = \frac{C_p / C_V}{(C_p / C_V) - 1} = \frac{C_p}{C_p - C_V} = \frac{C_p}{R} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{则:} \quad \eta = 1 - \frac{RV_1 \ln(V_3 / V_1)}{C_p (V_2 - V_1)} = 1 - \frac{V_1 \ln(V_2 / V_1)}{V_2 - V_1} \quad (1 \text{分})$$



上海交通大学试卷（物理 144A 卷）

（ 2008 至 2009 学年 第 2 学期 ） 2009-4-15

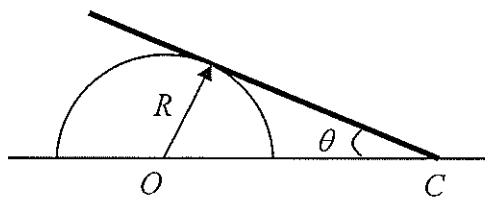
班级号 _____ 学号 _____ 姓名 _____
 课程名称 _____ 大学物理 _____ 成绩 _____

注意：（1）试卷共三张。（2）填空题空白处写上关键式子，可参考给分。计算题要列出必要的方程和解题的关键步骤。（3）不要将订书钉拆掉。（4）第四页是草稿纸。

一、填空题（共 52 分）

1、（本小题 4 分）参考系 S 中，一粒子沿 x 轴作匀速运动，从坐标原点运动到 $x = x_0$ 处，经历时间为 Δt ，则该过程对应的固有时为_____。

2、（本小题 4 分）如图所示，一细杆可以绕通过 C 点的水平轴转动，半径为 R 的半圆环向右以匀速 v 运动，运动过程中细杆恒与半圆环相切。当细杆与水平线的交角为 θ 时，其绕水平转轴转动角



速度的大小为_____。

3、（本小题 6 分）如图所示，长为 l 的木板 A 的质量为 M ，板上右端有质量为 m 的物块 B （不计大小），物块与木板间的滑动摩擦系数为 μ ，它们一起静止在光滑的水平面上。问

质量为 m 的物块 C 至少以 _____ 的速率与木板左端发生完全非弹性碰撞，方可使 B 脱离 A 板。



我承诺，我将严格遵守考试纪律。

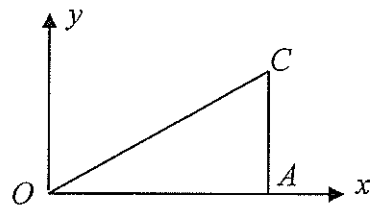
承诺人：_____

题号	71	一	二	三	四
得分					
批阅人(流水阅卷教师签名处)					

4、(本小题 4 分) 一质点在 xy 平面内运动，运动方程为 $y = t^2$ ， $x = 2t$ 。则任一时刻该质点切向加速度 a_t 为_____。

5、(本小题 4 分) 已知地球半径 R ，地球表面处重力加速度为 g 。若以地面为零势能点，质量 m 的物体处在距地面 $2R$ 处，其势能为_____；若以无限远处为零势能点，其势能为_____。

6、(本小题 4 分) 已知 $\vec{F} = 2y\vec{i} + x^2\vec{j}$ (N)， C 点坐标为 $(2, 1)$ (m)，沿路径 OAC 力 \vec{F} 所做的功为_____，沿路径 OC 力 \vec{F} 所做的功为_____。

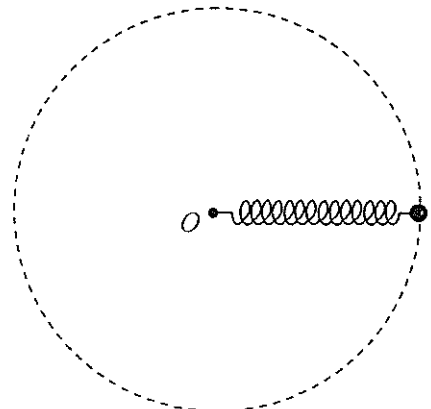


7、(本小题 6 分) 一质量为 m 的质点在直角坐标下的运动方程为 $\vec{r} = a\cos(\omega t)\vec{i} + b\sin(\omega t)\vec{j}$ ，其中 a 、 b 、 ω 皆为常数。则此质点所受合力对原点的力矩

$\vec{M} =$ _____；质点对原点的角动量

$\vec{L} =$ _____。

8、(本小题 6 分) 如图所示，在光滑的水平面上有



一段原长为 r_0 劲度系数为 k 的轻弹簧, 其一端固定于水平面上的 O 点, 另一端系一质量为 m

的小球, 小球以匀速率 v 绕 O 点做半径为 r 的圆周运动 (v 与 r 的关系为 $m \frac{v^2}{r} = k(r - r_0)$)。

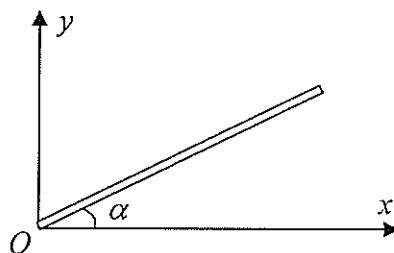
在某一时刻后很短的时间内, 小球受到一沿径向向外冲量的作用, 使其获得一沿径向向外的速度 u 。在以后的运动过程中, 为求小球离开 O 点的最大距离 R 和最大距离时小球的速率 v_R 所需的两个方程式是

(1) _____;

(2) _____。

9、(本小题 4 分) 如图所示, 质量为 m 、长度为 l 的均匀细杆在 xy 平面内, 与 x 轴夹角为 α , 其一端在 origin O 。

则此杆对 x 轴的转动惯量为_____。



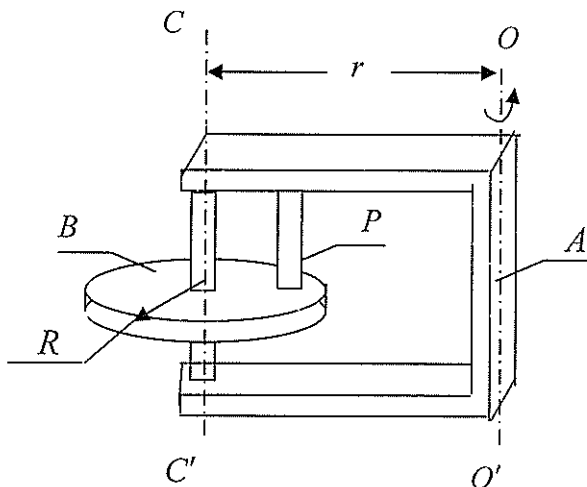
10、(本小题 6 分) 如图所示, 半径为 R 质量为 m 且均匀分布的一圆柱形转子 B , 它的中心轴 $C-C'$ 安装在可绕 $O-O'$ 轴转动的框架 A 上, 两轴相距 r , 转子可以通过插销 P 被框架锁住。设框架受力矩 M 而转动, 试计算下列两种情况下, 框架 A 的角加速度。(不计框架 A 的质量, 不计摩擦)

(1) B 可以自由转动时框架 A 的

角加速度大小为_____;

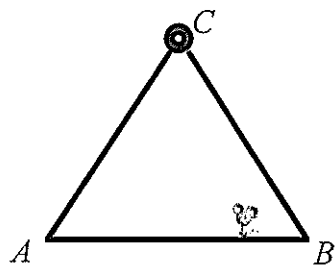
(2) B 被插销锁住时框架 A 的

角加速度大小为_____。



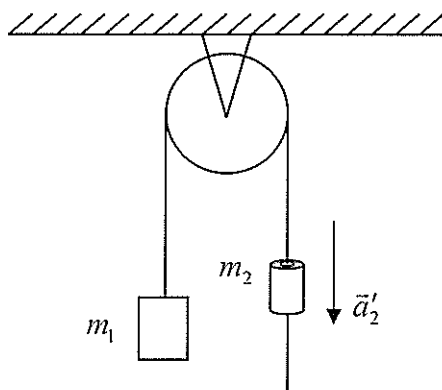
11、(本小题 4 分) 如图所示, 质量分布均匀、边长为 L 的正三角形框架可以绕通过 C 点的水平转轴无摩擦地转动。在三角形框架的下边框上有一质量为 m 的小老鼠在 A 、 B 两点之间往复运动, 且三角形框架下边框始终保持水平状态, 则小老鼠从 A 点运动到 B 点所

用时间为_____。(设重力加速度为 g)

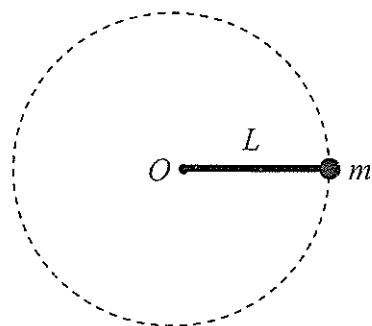


二、计算题: (共 48 分)

1、(本小题 12 分) 一条轻绳跨过一轻滑轮(滑轮与轴间摩擦可忽略), 在绳的一端挂一质量为 m_1 的物体, 在另一侧有一质量为 m_2 的环, 求当环相对于绳以恒定的加速度 a'_2 沿绳向下滑动时, 物体和环相对地面的加速度各是多少? 环与绳间的摩擦力多大?



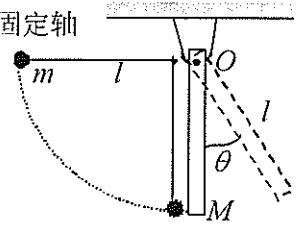
2、(本小题 11 分) 如图所示, 一条质量分布均匀的绳子, 质量为 M , 长度为 L , 一端拴在 O 点, 另一端连一质量为 m 的小球, 在光滑的水平面上绕 O 点以恒定的角速



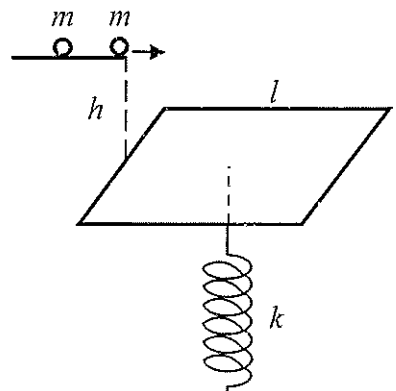
度 ω 旋转。求距 O 点为 r 处绳中的张力 $T(r)$ 。

3、(本题 12 分) 长为 l 的匀质细杆，可绕过杆的一端 O 点的水平光滑固定轴转动，开始时静止于竖直位置。紧挨 O 点悬一单摆，轻质摆线的长度也是 l ，摆球质量为 m 。单摆从水平位置由静止开始自由摆下，摆球与细杆作完全弹性碰撞，且碰撞后摆球正好静止。求：

- (1) 细杆的质量 M ;
- (2) 细杆摆起的最大角度 θ 。



4、(本题 13 分) 如图所示，质量为 m ，边长为 l 的正方形板与弹簧相连，弹簧的劲度系数为 k ，另一端固定于地面，



板处于平衡状态；质量为 m 的第一个小球在水平面上以一定速度垂直于板的左边缘水平抛出，并与板发生完全非弹性碰撞，水平面与板间高度差为 h ，抛出点在板的左边缘正上方；然后类似抛出同质量的第二个小球。(1)第一个小球与板碰撞后，板与小球系统的振动周期为多少？(2)为了使第二个小球与板不发生碰撞，其抛出速度的最小值为多少？在此种情况下，两小球抛出的时间差又是多少？(假定在任何情况下板始终保持水平，且忽略板水平方向的运动)

上海交通大学试卷（物理 144A 卷）

（2008 至 2009 年 第 2 学期）

班级号 _____ 学号 _____ 姓名 _____

课程名称 _____ 大学物理 _____ 成绩 _____

注意：（1）试卷共三张。（2）填空题空白处写上关键式子，可参考给分。计算题要列出必要的方程和解题的关键步骤。（3）第四张是草稿纸。

一、填空题（本题共 54 分）

1、（本题 4 分）已知分子质量为 m 的理想气体在温度为 T 的平衡态下满足麦克斯韦速率分布

布函数 $f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} \exp\left(-\frac{mv^2}{2kT}\right)v^2$ 。则在同一温度下，对于氢气及氧气来讲，它

们的速率在 $v_p \rightarrow v_p + 0.01v_p$ 的分子数占总分子数的百分比的比值为 _____。

2、（本题 4 分） $\left(\int_{v_1}^{v_2} vf(v)dv\right) : \left(\int_{v_1}^{v_2} f(v)dv\right)$ 的物理意义是：_____

_____。

3、（本题 4 分）设有两种理想气体，它们的分子数分别为 N_1 、 N_2 ，在同一温度下，其各自

的速率分布函数分别为 $f_1(v)$ 、 $f_2(v)$ 。试问在此温度下，两种理想气体组成的混合气体的速

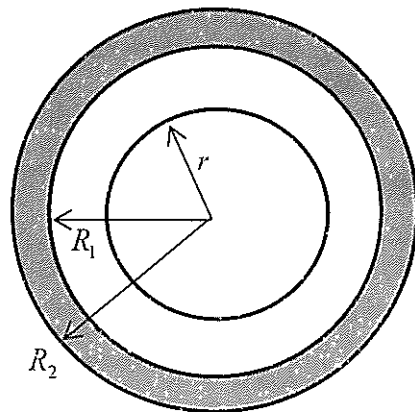
率分布函数 $f(v) =$ _____。

4、（本题 4 分）半径为 r 的导体球，外套一个与其共心且不带电的导体球壳，导体球壳内半径为 R_1 ，外半径

为 R_2 。当内部导体球带电量为 q 时，以无限远处为电势

零点，则内部导体球的电势

为 _____。



我承诺，我将严格遵守考试纪律。

承诺人：_____

题号	—	二 1	二 2	二 3	二 4
得分					
批阅人(流水阅卷教师签名处)					

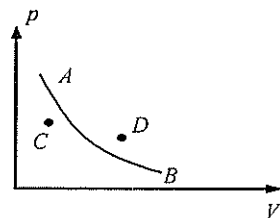
5、(本题4分)设两个物体A和B有相同的质量 m 和比热容 c ,温度分别为 T_1 和 T_2 ($T_1 > T_2$)。若使两物体热接触并达到热平衡,则在整个过程中两物体总的熵变为 $\Delta S =$ _____。

6、(本题4分)在_____条件下,理想气体分子热运动的平均自由程 $\bar{\lambda}$ 与温度 T 成正比;在_____条件下, $\bar{\lambda}$ 与 T 无关。(设气体分子的有效直径一定)

7、(本题6分) $(p + \frac{m^2}{M^2} \frac{a}{V^2})(V - \frac{m}{M} b) = \frac{m}{M} RT$ 称为范德瓦耳斯方程,式中 $\frac{m}{M} b$ 和 $\frac{m^2}{M^2} \frac{a}{V^2}$ 的物理意义分别为: _____
_____、_____。

将1 mol 范德瓦耳斯气体在保持温度 T 不变的条件下来积从 V_1 膨胀到 V_2 时,气体内能变化为: _____。

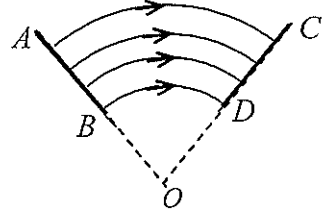
8、(本题4分)在右图中, AB 为一理想气体等温线, C 态与 D 态在 AB 线两侧,则 D 态的温度_____ C 态的温度。
(填:高于或低于)



9、(本题8分)设一半径为 R 的均匀带电的橡皮球面,带电量为 Q 。若用外力把此均匀带电的橡皮球面半径变为 $2R$,则此时均匀带电的橡皮球面的电势为: _____,球面内的电场强度为: _____,橡皮球面的静电场能为: _____。在上述过程中该外力和橡皮球面内的弹性力做的总功为: _____。(选无穷远点为电势零点)

10、(本题 4 分) 如图所示, 假设导体板 AB 、 CD 间静电场的电场线形状是以 O 点为中心的同心圆弧。则该静电场中一点的电场强度的大小与该点到 O 点的距离 r 的关系为_____。

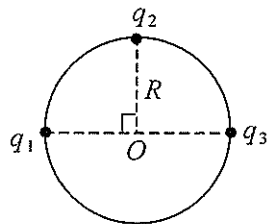
(填: 成正比或成反比)



11、(本题 4 分) 如果理想气体的体积按照 $pV^3 = C$ (C 为正的常量) 的规律从 V_1 膨胀到 V_2 ,

则它所做的功为_____;
膨胀过程中气体的温度_____ (填升高、降低或不变)。

12、(本题 4 分) 如图所示有三个点电荷 q_1 、 q_2 和 q_3 , 分别静止于圆周上的三个点。设无穷远处为电势零点, 则该电荷系统的静电相互作用能为_____。

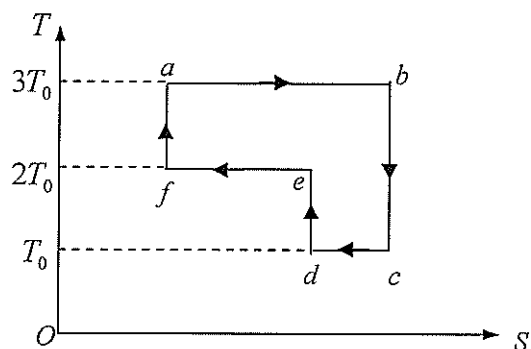


二、推导题、计算题 (本题共 46 分)

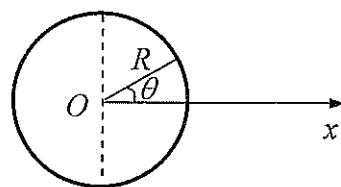
1、(本题 12 分) 设理想气体的温度为 T , 分子数密度为 n , 分子质量为 m , 分子平均平动动能为 $\bar{\epsilon}_t = \frac{1}{2} m \overline{v^2}$ 。试用理想气体分子运动模型和统计假设推导平衡态下理想气体的压强公式 $P = \frac{2}{3} n \bar{\epsilon}_t$ 。

2、(本题 12 分) 如图所示为一理想气体系统经历的可逆循环过程 ($abcdefa$) 的温熵图。

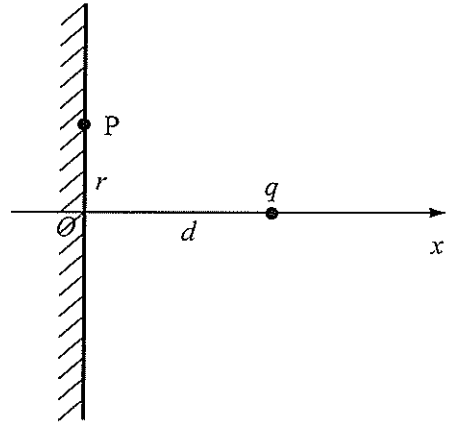
整个循环过程中系统对外所做的净功为 A_2 , $c \rightarrow d$ 过程中外界对系统做功大小为 A_1 , 求该循环的效率。



3、(本题 12 分) 设半径为 R 的均匀介质球在外电场中发生均匀感应极化, 已知单位体积中介质分子数为 n , 每个分子的感应电矩为 $q_0 \bar{l}$, \bar{l} 沿 x 轴正方向。求介质球内的极化强度矢量 \bar{P} 、介质球面上的极化电荷面密度以及极化电荷在球心处的电场强度。



4、(本题 10 分) 设一导体占有 $x \leq 0$ 的半无限大空间, 在导体右侧距离导体表面为 d 处有一点电荷 q 。求导体表面上距原点 O 为 r 的 P 点处的感应面电荷密度 $\sigma(r)$ 。



144 学时参考答案

一、选择、填空题 (本题共 54 分)

1、1:1 2、理想气体中, 处于 v_1 到 v_2 速率区间内的分子的平均速率

3、
$$f(v) = \frac{N_1 f_1(v) + N_2 f_2(v)}{N_1 + N_2};$$

4、
$$\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_1} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_2} \quad (\text{B 卷: } \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_2} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_1});$$

5、
$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = cm \left(\ln \frac{T_3}{T_1} + \ln \frac{T_3}{T_2} \right), \quad T_3 = \frac{1}{2}(T_1 + T_2) \quad (\text{B 卷: } m \text{ 换为 } M)$$

6、气体压强 p 恒定时; 分子数密度 n 恒定时; (B 卷两空位置调换)。7、 $\frac{m}{M} a$ 是分子斥力对气体可压缩体积的修正, 或分子斥力对气体分子空间运动范围的修正; $\frac{m^2}{M^2} \frac{a}{V^2} b$ 分子引力对气体压强的修正 (称为气体的内压强) (B 卷两空位置互换);

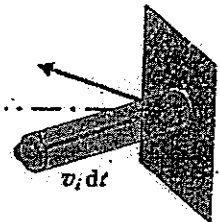
$$\Delta E = \frac{a}{V_1} - \frac{a}{V_2} \quad 8、\text{高于 (B 卷: 低于)}$$

9、 $\frac{Q}{8\pi\epsilon_0 R}$; 0; $\frac{Q^2}{16\pi\epsilon_0 R}$; $-\frac{Q^2}{16\pi\epsilon_0 R}$ (B 卷: $\frac{Q}{12\pi\epsilon_0 R}$; 0; $\frac{Q^2}{24\pi\epsilon_0 R}$; $-\frac{Q^2}{12\pi\epsilon_0 R}$)

10、成反比。 11、 $\frac{C}{2} \left(\frac{1}{V_1^2} - \frac{1}{V_2^2} \right)$, 升高 (B 卷: $\frac{C}{3} \left(\frac{1}{V_1^3} - \frac{1}{V_2^3} \right)$)

12、 $\frac{1}{8\pi\epsilon_0 R} (\sqrt{2}q_1q_2 + q_1q_3 + \sqrt{2}q_2q_3)$, (B 卷: $\frac{1}{8\pi\epsilon_0 r} (\sqrt{2}q_1q_2 + q_1q_3 + \sqrt{2}q_2q_3)$)

二、计算题:

1、解: 先分析第 i 组分子对压强的贡献, 设 dA 法向为 x 轴。一次碰撞单分子动量变化 $2mv_{ix}$, 在 dt 时间内与 dA 碰撞的分子数: $n_i v_{ix} dt dA$ (2分)这些分子给器壁的冲量为: $2mv_{ix} n_i v_{ix} dt dA$ (2分)

所有分子在 dt 时间内传给 dA 的冲量为: $dl = \sum_{(v_x > 0)} 2mn_i v_x^2 dt dA = \sum_i mn_i v_x^2 dt dA$, (4分)

$$\text{所以: } P = \frac{dl}{dt dA} = nm \bar{v_x^2} = \frac{1}{3} nm \bar{v^2} = \frac{2}{3} n \bar{\epsilon}_1 \quad (4分)$$

2、解: 循环一周系统的熵变为零, 即: $\frac{Q_1}{3T_0} - \frac{Q_2}{T_0} - \frac{Q_3}{2T_0} = 0$ (1) (3分)

系统净吸热为系统对外所作的净功: $Q_1 - Q_2 - Q_3 = A_2$ (2) (3分)

$$Q_2 = A_1 \quad (3) \quad (1分)$$

得: $Q_1 = Q_{ab} = 3(A_2 - A_1)$, (3分) 所以: $\eta = \frac{A_2}{Q_{ab}} = \frac{A_2}{3(A_2 - A_1)}$ (2分)

(注意: B 卷答案中的 A_1 和 A_2 互换!)

3、解: 由极化强度的定义得: $\bar{P} = \frac{\sum_i \bar{p}_i}{\Delta V} = nq_0 \bar{l}$ (4分)

$$\sigma = \bar{P} \cdot \bar{e}_n = nq_0 l \cos \theta = \sigma' \cos \theta \quad (4分)$$

一个圆环上极化电荷产生场强 $dE = -\frac{\sigma' \cos \theta}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{R \cos \theta}{R^3} \cdot 2\pi R \sin \theta \cdot R d\theta$, (2分)

$$E = \int_0^\pi \frac{\sigma'}{2\epsilon_0} \cos^2 \theta d\cos \theta = -\frac{\sigma'}{3\epsilon_0} = -\frac{nq_0 l}{3\epsilon_0} \quad (2分) \quad (\text{负号代表和 } x \text{ 方向相反})$$

4、解: 在静电平衡时, 导体内侧的电场强度为零; 设在 P 点附近的导体表面的感应电荷面密度为 $\sigma(r)$. 在 P 点附近的导体表面取微元 dS , 在 dS 的内侧无限靠近 dS 的一点处, σdS

所产生的场在水平方向的分量大小为 $\frac{\sigma(r)}{2\epsilon_0}$ (3分)

由电场叠加原理, 在 dS 的内侧无限靠近 dS 的一点处水平方向的电场满足

$$\frac{\sigma(r)}{2\epsilon_0} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{d}{(d^2 + r^2)^{3/2}} = 0 \quad (4分)$$

$$\therefore \sigma(r) = -\frac{qd}{2\pi(d^2 + r^2)^{3/2}} \quad (3分)$$

(B 卷答案把 A 卷中的 q 换为 Q , d 换为 l)

上海交通大学试卷（物理 144A 卷）

（2006 至 2007 学年 第 2 学期）

班级号 _____ 学号 _____ 姓名 _____

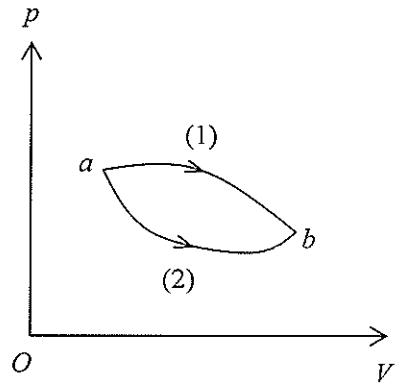
课程名称 大学物理 成绩 _____

注意：（1）试卷共三张。（2）填空题空白处写上关键式子，可参考给分。计算题要列出必要的方程和解题的关键步骤。（3）不要将订书钉拆掉。（4）第四张是草稿纸。

一、选择题（每小题 3 分，共 24 分）

1、1mol 理想气体从 $p-V$ 图上初态 a 分别经历如图所示的(1) 或(2)过程到达末态 b 。已知 $T_a < T_b$ ，则这两过程中气体吸收的热量 Q_1 和 Q_2 的关系是

- (A) $Q_1 > Q_2 > 0$. (B) $Q_2 > Q_1 > 0$.
 (C) $Q_2 < Q_1 < 0$. (D) $Q_1 < Q_2 < 0$.



选: _____

2、有容积不同的 A 、 B 两个容器， A 中装有单原子分子理想气体， B 中装有双原子分子理想气体，若两种气体的压强相同，那么，这两种气体的单位体积的内能 $(E/V)_A$ 和 $(E/V)_B$ 的关系：

- (A) $(E/V)_A < (E/V)_B$ ； (B) $(E/V)_A > (E/V)_B$ ；
 (C) $(E/V)_A = (E/V)_B$ ； (D) 不能确定。

选: _____

3、若 $f(v)$ 为气体分子速率分布函数， N 为分子总数， m 为分子质量，则 $\int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{2}mv^2 Nf(v)dv$ 的物理意义是

- (A) 速率为 v_2 的各分子的总平动动能与速率为 v_1 的各分子的总平动动能之差；
 (B) 速率为 v_2 的各分子的总平动动能与速率为 v_1 的各分子的总平动动能之和；
 (C) 速率处在速率间隔 $v_1 \sim v_2$ 之内的分子的平均平动动能；
 (D) 速率处在速率间隔 $v_1 \sim v_2$ 之内的分子平动动能之和。

选: _____

我承诺，我将严格遵守考试纪律。

承诺人：_____

题号	一	二	三 1	三 2	三 3	三 4	四
得分							
批阅人(流水阅卷教师签名处)							

4、甲说：“由热力学第一定律可证明任何热机的效率不可能等于1。”乙说：“热力学第二定律可表述为效率等于100%的热机不可能制造成功。”丙说：“由热力学第一定律可证明理想气体卡诺热机(可逆的)循环的效率等于 $1 - (T_2/T_1)$ ”对以上说法，有如下几种评论，哪种是正确的？

- (A) 甲、乙、丙全对； (B) 甲、乙、丙全错；
(C) 乙对，甲、丙错； (D) 乙、丙对，甲错。

选：_____

5、一均匀带电球面，电荷面密度为 σ ，球面内电场强度处处为零，球面上面元 dS 带有的电荷，在球面内各点产生的电场强度

- (A) 处处为零； (B) 不一定都为零；
(C) 处处不为零； (D) 无法判定。

选：_____

6、半径为 R 的均匀带电球面，电荷面密度为 σ ，则在球面外侧距离球面 R 处的电场强度大小为：

- (A) $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ ； (B) $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ ； (C) $\frac{\sigma}{4\epsilon_0}$ ； (D) $\frac{\sigma}{8\epsilon_0}$ 。

选：_____

7、密立根油滴实验，是利用作用在油滴上的电场力和重力平衡而测量电荷的，其电场由两块带电平行板产生。实验中，半径为 r 、带有两个电子电荷的油滴保持静止时，两块极板的电势差为 U_{12} 。当电势差增加到 $4U_{12}$ 时，半径为 $2r$ 的油滴保持静止，则该油滴所带的电荷为：

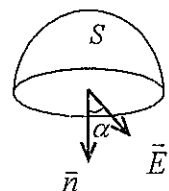
- (A) $2e$ ； (B) $4e$ ； (C) $8e$ ； (D) $16e$ 。

选：_____

8、在电场强度为 \vec{E} 的均匀电场中作一半径为 r 的半球面 S ， S 边线所在

平面的法线方向单位矢量 \vec{n} 与 \vec{E} 的夹角为 α ，则通过半球面 S 的电通量(取弯面向外为正)为

- (A) $\pi r^2 E$ ； (B) $2\pi r^2 E$ ；
(C) $-\pi r^2 E \sin \alpha$ (D) $-\pi r^2 E \cos \alpha$ 。

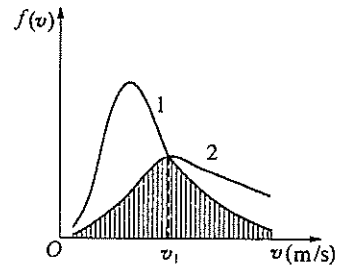


选：_____

二、填空题 (共 27 分)

1、(本小题 4 分) 热水瓶胆的两壁间距为 $s = 5\text{mm}$ ，中间是 $t = 27^\circ\text{C}$ 的氮气，氮分子有效直径 $d = 3.1 \times 10^{-10}\text{m}$ ，则瓶胆两壁间氮气的压强 $p \leq$ _____ 才能起到较好的保温作用。

2、(本小题 4 分) 如图所示的两条曲线 1 和 2 分别表示同种理想气体分子在温度 T_1 和 T_2 时的麦克斯韦速率分布曲线。已知 $T_1 < T_2$ ，曲线 2 的峰值恰在两曲线的交点，对应于 $v = v_1$ ，阴影部分的面积为 S_0 ，则曲线 1 对应的最概然速率为 _____；



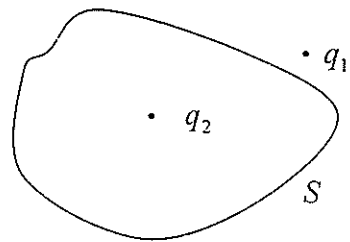
温度分别为 T_1 和 T_2 时，分子速率小于 v_1 的“分子数占分子总数百分比”之差为 _____。

3、(本小题 3 分) 绝热容器被隔板分成两半，每边体积都是 V_0 ，左边充满某种理想气体，压强为 p_0 ，右边是真空。当把隔板抽出时，左边的气体向真空作自由膨胀，达到平衡后，气体的压强为 _____。

4、(本小题 6 分) 带电量分别为 q_1 和 q_2 的两个点电荷单独在空间各点产生的静电场强分别为 \vec{E}_1 和 \vec{E}_2 ，空间各点总场强为 $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ 。现在作一封闭曲面 S ，如图所示，则

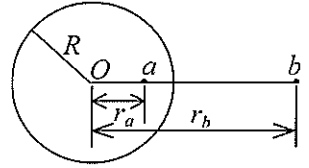
$$\oint_S \vec{E}_1 \cdot d\vec{S} = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \underline{\hspace{4cm}}$$



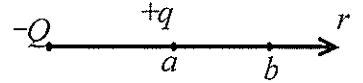
5、(本小题 5 分) 正电荷均匀分布在半径为 R 的球形体积中(如图所示), 电荷体密度为 ρ , 则球内 a 点和球外 b 点的

电势差 $U_{ab} =$ _____.



6、(本小题 5 分) 在电量为 $-Q$ 的点电荷的静电场中, 把电量为 $+q$ 的点电荷从 a 点移到 b 点, 如图所示.

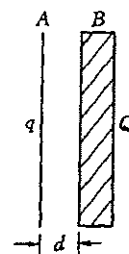
则电场力的功 $A =$ _____.



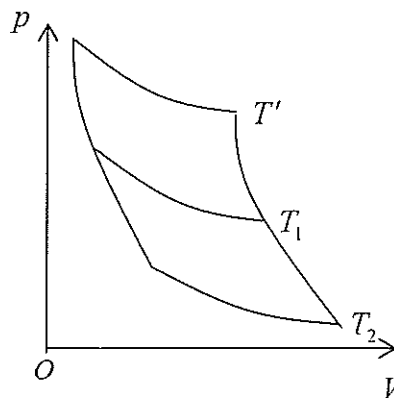
三、计算题 (共 44 分)

1、(本题 11 分) 一半径为 R 的“无限长”圆柱形带电体的电荷体密度为 $\rho = Ar (r < R)$, 式中 A 为大于零的常量, 试求圆柱体内、外各点场强大小和方向.

2、(本题 11 分) 面积 S 很大的均匀带电平面 A 与导体板 B 平行放置, 两者间距 d 远小于板的线度, 如图所示. 设平面 A 带电 q , 板 B 带电总量为 Q , 求板 B 两侧面上的面电荷密度及 AB 之间的电势差 U_{AB} .



3、(本题 11 分) 一可逆卡诺热机的高温热源温度为 T_1 , 低温热源温度为 T_2 , 其每次循环对外作的净功为 A_1 , 今维持低温热源温度不变, 提高高温热源的温度到 T' (未知), 使其每次循环对外作的净功为 A_2 , 若两个卡诺循环都工作在相同的两条绝热线之间, 求: (1) 第二个循环高温热源的温度 T' ; (2) 第二个循环热机的效率.



4、(本题 11 分) 1 mol 某种气体服从状态方程 $p(V-b) = RT$ (式中 b 为常量, R 为普适气体常量), 内能为 $E = C_V T + E_0$ (式中 C_V 为定体摩尔热容, 视为常量; E_0 为常量). 试证明如下两个结论:

(1) 该气体的定压摩尔热容 $C_p = C_V + R$.

(2) 在准静态绝热过程中, 气体满足方程 $p(V-b)^\gamma = \text{恒量}$. ($\gamma = C_p / C_V$)

四、分析论述题 (本题 5 分)

目前地球大气中 H_2 的含量远低于地球早期大气中 H_2 的含量, 其原因可能是多方面的, 若仅从气体分子运动论的观点, 如何解释这一现象?

参考答案 (144A)

一、选择 (3×8=24分)

1、A 2、A 3、D 4、D 5、C 6、C 7、B 8、D.

二、填空:

$$1、p \leq \frac{kT}{\sqrt{2\pi d^2 s}} = 1.94(\text{Pa}). \quad (4 \text{分}) \quad 2、v_{p_1} = \sqrt{\frac{2RT_1}{\mu}} = v_1 \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}; 1 - S_0. \quad (2+2 \text{分})$$

$$3、\frac{p_0}{2}, \quad (3 \text{分}) \quad 4、0; \frac{q_2}{\epsilon_0}. \quad (3+3 \text{分})$$

$$5、U_{ab} = \frac{\rho}{6\epsilon_0} \left(3R^2 - r_a^2 - \frac{2R^3}{r_b} \right). \quad (5 \text{分}) \quad 6、A = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right) < 0 \quad (5 \text{分})$$

三、计算:

1、解: 高斯定理 (2分) 高斯面 (1分) 穿过高斯面的电通量为: $2\pi rhE$. (1分)

$$\text{在 } (r < R), \sum q_i = \int_0^r 2\pi Ahr^2 dr = \frac{2}{3}\pi Ahr^3 \quad (1 \text{分})$$

$$E_1 = \frac{Ar^2}{3\epsilon_0}. \quad (2 \text{分})$$

$$\text{在 } (r > R), \sum q_i = \int_0^R 2\pi Ahr^2 dr = \frac{2}{3}\pi AhR^3. \quad (1 \text{分})$$

$$E_2 = \frac{AR^3}{3\epsilon_0 r}. \quad (2 \text{分}) \quad \text{方向沿径向向外.} \quad (1 \text{分})$$

2、解: 设 A 面的电荷面密度为 σ_A , B 板相对于 A 面的电荷面密度为 σ_1 , 相背 A 面的电荷

$$\text{面密度为 } \sigma_2, \text{ 得: } \sigma_A = q/S \quad (1 \text{分})$$

$$(\sigma_1 + \sigma_2)S = Q \quad (1 \text{分})$$

$$\frac{\sigma_A}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} = 0 \quad (3 \text{分})$$

$$\text{得: } \sigma_1 = \frac{Q-q}{2S}, \sigma_2 = \frac{Q+q}{2S}, \quad (1+1 \text{分})$$

$$E = \frac{\sigma_A}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} \quad (2 \text{分})$$

$$U_{AB} = Ed = \frac{(q-Q)d}{2\epsilon_0 S} \quad (2 \text{分})$$

3、解：对于第一个循环有

$$Q_1 = Q_2 + A_1 \quad (1 \text{分})$$

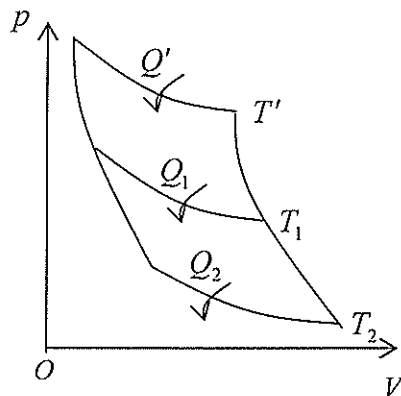
$$\frac{Q_2 + A_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (2 \text{分})$$

$$\text{由此得 } Q_2 = \frac{T_2}{T_1 - T_2} A_1 \quad (1 \text{分})$$

对于第二个循环有 $Q' = Q_2 + A_2$ (1分)

$$\frac{Q'}{Q_2} = \frac{T'}{T_2} \quad (2 \text{分})$$

$$\text{由此得 } T' = \frac{(A_1 - A_2)T_2 + A_2T_1}{A_1} \quad (2 \text{分})$$



$$\text{第二个循环之效率为 } \eta = 1 - \frac{T_2}{T'} = \frac{A_2(T_1 - T_2)}{(A_1 - A_2)T_2 + A_2T_1} \quad (2 \text{分})$$

4、证：由 $E = C_V T + E_0$ ，有 $dE = C_V dT$ ① (1分)

由状态方程，在 1 mol 该气体的微小变化中有

$$pdV + (V - b)dp = RdT \quad (2 \text{分})$$

(1) 在等压过程中， $dp = 0$ ，由 ② $pdV = RdT$

$$\text{热力学第一定律} \quad dQ = dE + pdV \quad (1 \text{分})$$

$$\text{故} \quad (dQ)_p = C_V dT + RdT$$

$$\text{定压摩尔热容} \quad C_p = (dQ)_p / dT = C_V + R \quad (2 \text{分})$$

(2) 绝热过程中 $dQ = 0$,

$$\text{有} \quad dE = C_V dT = -pdV \quad (1 \text{分})$$

$$\text{由②, ③两式消去 } dT \text{ 得} \quad (V - b)dp + p\left(1 + \frac{R}{C_V}\right)dV = 0 \quad (1 \text{分})$$

$$\text{其中} \quad 1 + \frac{R}{C_V} = \frac{C_p}{C_V} = \gamma \quad (1 \text{分})$$

$$\text{此式改写成} \quad dp/p + \gamma dV/(V - b) = 0 \quad (1 \text{分})$$

$$\text{积分得} \quad \ln p + \gamma \ln(V - b) = \text{恒量} \quad \therefore p(V - b)^\gamma = \text{恒量}. \quad (1 \text{分})$$

四、分析论述题

(1) 根据麦克斯韦气体分子速率分布函数，同一温度下，由于 H_2 分子质量轻，其速率大于逃逸速率的分子所占比率大，久而久之，大气中 H_2 分子的含量越来越少。

(2) 根据玻耳兹曼分布，质量小的分子较多地处于高空，容易脱离地球的引力，造成其在大气中的含量越来越少。

(3) 其他解释。

只要能正确地给出一种解释，就给 5 分。