宁波市高二物理竞赛试题

考试时间 3 小时，满分 140 分

一.（共 30 分，每小题 5 分）

1. 分子直径的数量级是______m, 1g 水含有的水分子个数为___________.(取三位有效数字)

2. 如果规定：使质量 1kg 的物体产生 $5m/s^2$ 加速度的力的大小规定为 1N，那么，牛顿第二定律 $F = kma$ 中的 k =___________,重力加速度 g =____________，质量为 10kg 的物体所受的重力 G =____________.

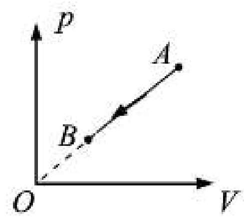
3. 一个小物体竖直上抛，然后又回到抛出点，已知小物体抛出时的初动能为 E，返回抛出点时的速度为 v，该过程克服空气阻力做功为 $E/2$. 若小物体竖直上抛的初动能为 $2E$，设空气阻力大小恒定，则物体返回抛出点时（　　　）

A. 动能为 $3E/2$　　　　　　B. 动能为 E

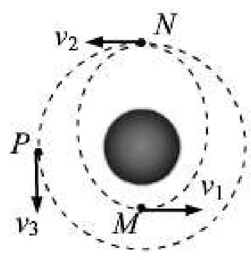
C. 速度大小为 $\sqrt{2}v$　　　　　D.速度大小为 $2v$

4. 测得人造卫星围绕地球表面运行的周期为 T_1，又测得在地面上摆长为 L 的单摆，作小角度摆动时的周期为 T_2，根据这些测量数据，可推算出地球半径 R=______.

5. 一定质量的理想气体由状态 A 变化到状态 B，变化过程气体压强与体积的变化关系如图所示，已知气体在状态 A 时的温度为 T_1，在状态 B 时温度为 T_2，则气体在状态 A 时的体积 V_A 与在状态 B 时的体积 V_B 之比 V_A:V_B=____________.



6. 我国发射神舟号飞船时，先将飞船发送到一个椭圆轨道上，其近地点 M 距地面 200km，远地点 N 距地面 340km. 进入该轨道正常运行时，通过 M、N 点时的速率分别是 v_1、v_2，加速度分别为 a_1、a_2. 当某次飞船通过 N 点时，地面指挥部发出指令，点燃飞船上的发动机，使飞船在短时间内加速后进入离地面 340km 的圆形轨道，开始绕地球做匀速圆周运动. 这时飞船的速率为 v_3(如图中 P 点所示)，加速度为 a_3. 比较 v_1、v_2、v_3 及 a_1、a_2、a_3 的大小，下列结论正确的(　　　)

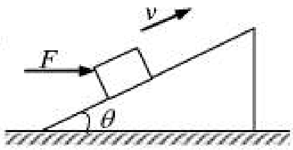


A. $v_1 > v_3 > v_2$，$a_1 > a_3 > a_2$　　　　B. $v_1 > v_2 > v_3$，$a_1 > a_2 = a_3$

C. $v_1 > v_2 = v_3$，$a_1 > a_2 > a_3$　　　　D. $v_1 > v_3 > v_2$，$a_1 > a_2 = a_3$

二. 今有 A、B、C 三个相同的立方体铜块，构成一个与外界绝热的系统，A 的温度 t_A=200℃，另两铜块的温度 $t_B = t_C$ = 0℃，在该系统内，试问用什么方法能使 A 铜块的温度低于其它二铜块的温度？给出具体的计算，写出明确的结果. [10 分]

三. 一个质量为 m 的木块, 在固定的倾角为 θ 的斜面上恰能匀速下滑.

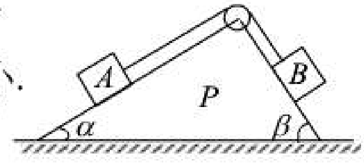


(1) 求出木块与斜面的滑动摩擦因数.

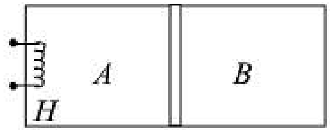
(2) 现对木块施加一水平的推力 F, 使木块沿斜面匀速向上滑动, 如图所示, 求 F 的大小. [10 分]

四. 如图所示, 一个截面是三角形的物体 P 平放在水平地面上, 它的两个斜面与水平的夹

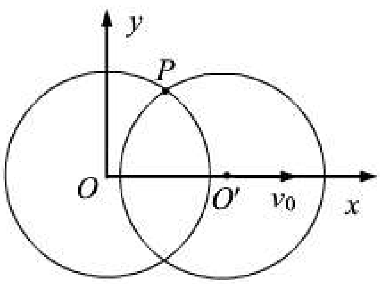
角分别为 α、β, 且 $\alpha<\beta$, P 的顶端装有一定滑轮, 一轻质细绳跨过定滑轮后连接 A、B 二个质量相等的滑块, 连接后细绳与各自的斜面平行, 所有接触面都不计摩擦. (1) 若 P 固定不动, 求 A、B 的加速度大小. (2) 若 P 向右做匀加速运动, 加速度多大时能使 A、B 与斜面不发生相对滑动. [12 分]



五. 在一具有绝热壁的刚性圆柱形密闭气缸内, 有一绝热活塞, 活塞可在气缸内无摩擦地滑动, 气缸左端装有电热器 H, 可用于加热气体. 起初活塞在气缸中央位置把气缸分成体积相等的 A、B 两室, A、B 内各充有 n =2.0mol 的 He 气, 温度都为 T= 280K. 现用电热器加热气体, 加热完毕并经过一定时间后, 得知 A 室内气体压强变为加热前的 1.5 倍, B 室的体积变为原来的 0.75 倍. 求电热器传给气体的热量. (本题要用到的相关知识: 一定质量的理想气体, 其状态发生变化时, 压强 p 与体积 V 的乘积与热力学温度 T 成正比, 即: $\frac{pV}{T}$ = 恒量. 每摩尔 He 气每升高 1K 温度增加的内能为 12.5J)　　[12 分]

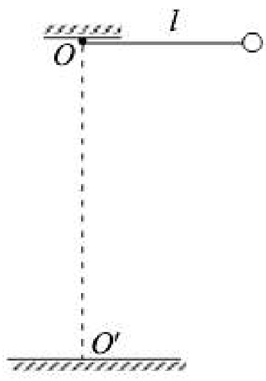


六. 如图所示, 在 xy 平面上有两个半径均为 R 的圆, 左圆圆心固定在坐标原点 O, 右圆圆心 O' 沿 x 轴以速度 v_0 作匀速直线运动, t= 0 时刻两圆心重合. 试求两圆交点之一 P 点的速率 v 和加速度 a 与时间 t 的关系. [14 分]



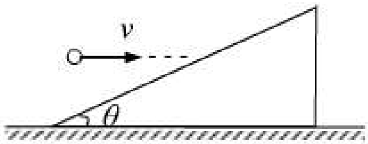
七. 一条很轻的细皮筋一端系在天花板上，另一端挂一个小锤，因而使皮筋伸长了 x_0=10cm. 现把小锤稍微挪移平衡位置后释放，使小锤在竖直方向作小幅度的振动，不计空气阻力，计算小锤振动的周期. 假定细皮筋作用在小锤上的拉力大小可有下式表示: $F = k_1\Delta x + k_2\Delta x^3$，其中$\Delta x$ 表示皮筋的伸长量，$k_1 = 294$ N/m，$k_2 = 9800$ N/m^3. [14 分]

八. 如图所示，一条长为 l 的细绳把一个质量为 m 小球悬于天花板下，再把细绳拉直呈水平后无初速释放，途中细绳断裂，结果小球落地点 O'恰在悬挂点 O 的正下方，已知天花板到地面的距离是 $\frac{63}{32}l$，



求: 细绳所能承受的最大拉力. [17 分]

九. 在光滑的水平面上静止地放着一质量为 M 的光滑斜面，斜面的倾角 θ 为 37°. 现有质量为 m 的光滑小球以初速度 v=5 m/s 水平地打到斜面上，设所有碰撞均为弹性碰撞，小球弹起后与斜面再次发生碰撞(斜面足够长),求第二次碰撞点与第一次碰撞点在斜面上相距多远？ (已知 m/M=25/63，g =10m/s^2，sin37°=0.6, 小球与斜面碰撞时小球的重力可忽略) [21 分]



宁波市高二物理竞赛试题参考答案及评分标准

一.(共 30 分，每小题 5 分)

1. 10^{-10} ， 3.34×10^{22}个 [2 分, 3 分] 2. $\frac{1}{5}$ ， 9.8m/s^2， 19.6N [2 分，1 分，2 分]

3. B, C [只选一个给 2 分, 多选、错选无分] 4. $\frac{T_1^2}{T_2^2}L$

5. $\sqrt{T_1}:\sqrt{T_2}$ 6. D

二.(10 分) 解: 设铜块的比热容为 c，质量为 m.

第一步: 让 A 与 B 接触，达到热平衡后的温度设为 t_1，则

$cm(t_A-t_1)=cm(t_1-t_B)$ [1 分]

解得: $t_1=(t_A+t_B)/2=100$ ℃ [1 分]

第二步: 让 A 与 C 接触，达到热平衡后的温度设为 t_2，则

$cm(t_1-t_2)=cm(t_2-t_C)$ [2 分]

解得: $t_2=(t_1+t_C)/2=50$ ℃ [1 分]

第三步: 让 B 与 C 接触，达到热平衡后的温度为 t_3，则

$cm(t_1-t_3)=cm(t_3-t_2)$ [2 分]

解得: $t_3=(t_1+t_2)/2=75$ ℃ [1 分]

这样最后 A、B、C 的温度分别为: 50℃、75℃、75℃，符合题目要求. [2 分]

三. (10 分)解: (1) 因为木块在斜面上能匀速下滑，所以有

$mg\sin\theta=\mu mg\cos\theta$ [2 分]

得: $\mu=\tan\theta$ [1 分]

(2) 加一水平推力 F，使木块沿斜面向上匀速滑动时，有

$F\cos\theta=mg\sin\theta+\mu(mg\cos\theta+F\sin\theta)$ [4 分]

解得: $F=mg\dfrac{(\sin\theta+\mu\cos\theta)}{\cos\theta-\mu\sin\theta}=mg\dfrac{\sin\theta+\tan\theta\cdot\cos\theta}{\cos\theta-\tan\theta\cdot\sin\theta}$

$$= mg\frac{2\tan\theta}{1-\tan^2\theta} = mg\cdot\tan 2\theta$$ [3 分]

四. (12 分) 解: (1) P 固定时, A、B 的加速度大小相等, 设为 a_1, 以 F 表示绳的张力, 则

滑块 A: $F - mg\sin\alpha = ma_1$ [1 分]

滑块 B: $mg\sin\beta - F = ma_1$ [1 分]

解得: $a_1 = g\cdot(\sin\beta - \sin\alpha)/2$ [2 分]

(2) 设 P 向右的加速度为 a, A、B 相对斜面不发生滑动时, A、B 的加速度也为 a, 仍用

F 表示绳中的张力, 则:

滑块 A 沿斜面方向: $F - mg\sin\alpha = ma\cos\alpha$ [3 分]

滑块 B 沿斜面方向: $mg\sin\beta - F = ma\cos\beta$ [3 分]

解得: $a = g\frac{\sin\beta - \sin\alpha}{\cos\beta + \cos\alpha} = g\cdot\tan\frac{\beta-\alpha}{2}$ [2 分]

五. (12 分) 解: 在电热器加热前, A、B 室中气体的压强和体积分别记为 p 和 V_0, 则加热后 A 室内气体压强为 $1.5p$, 体积为 $1.25V_0$, 温度设为 T_A. B 室内气体压强为 $1.5p$, 体积为 $0.75V_0$, 温度设为 T_B. 那么

对 A 室中气体: $\frac{pV_0}{T} = \frac{1.5p\times 1.25V_0}{T_A}$ [2 分]

即 $\frac{T_A}{T} = \frac{15}{8}$ 得 $\Delta T_A = \frac{7}{8}T$ [2 分]

对 B 室中气体: $\frac{pV_0}{T} = \frac{1.5p\times 0.75V_0}{T_B}$ [2 分]

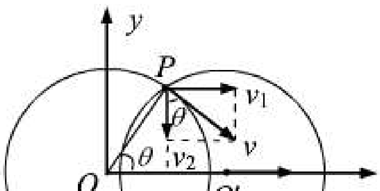
即 $\frac{T_B}{T} = \frac{9}{8}$ 得 $\Delta T_B = \frac{1}{8}T$ [2 分]

电热器传给气体的热量 Q 等于气缸内 He 气增加的内能, 所以

$Q = 12.5n\Delta T_A + 12.5n\Delta T_B = 12.5nT = 7000$ J [4 分]

六. (14 分) 解: 交点 P 的速度 v 如图中所示, v 的水平分量

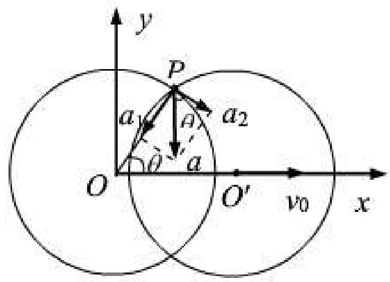
$v_1 = \frac{v_0}{2}$ [2 分]



图中 $\sin\theta=\dfrac{\sqrt{R^2-(\frac{v_0 t}{2})^2}}{R}=\dfrac{\sqrt{4R^2-v_0^2t^2}}{2R}$ [2 分]

则 $v=\dfrac{v_1}{\sin\theta}=\dfrac{Rv_0}{\sqrt{4R^2-v_0^2t^2}}$ [3 分]

交点 P 沿 x 方向无加速度，又因为 v_2 是逐渐增大的，所以 P 点的加速度 a 沿 $-y$ 方向，将



a 分解成 a_1 和 a_2，如图所示. [2 分]

其中 $a_1=\dfrac{v^2}{R}$ [2 分]

$a=\dfrac{a_1}{\sin\theta}=\dfrac{v^2}{R\cdot\sin\theta}=\dfrac{2R^2v_0^2}{\sqrt{(4R^2-v_0^2t^2)^3}}$ [3 分]

七. (14 分)解：设小锤的质量为 m，小锤在平衡位置时： $mg=k_1x_0+k_2x_0^3$ [2 分]

小锤向下偏离平衡位置的位移为 x 时，作用在小锤上的回复力(规定向下为正方向)

$F=-[(k_1(x_0+x)+k_2(x_0+x)^3]+mg$ [3 分]

$=-[k_1x_0+k_1x+k_2(x_0^3+3x_0^2x+3x_0x^2+x^3)]+mg$

$=-(k_1x_0+k_2x_0^3)+mg-k_1x-k_2(3x_0^2x+3x_0x^2+x^3)$

因为小锤做小幅度振动，x 是一个小量，上式中含 x^2、x^3 的项可忽略，那么

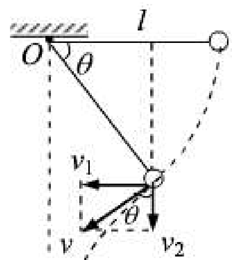
$F=-(k_1+3k_2x_0^2)x=-kx$ [5 分]

可见小锤做小幅度的振动可认为是简谐运动，它振动的周期

$T=2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}=2\pi\sqrt{\dfrac{k_1x_0+k_2x_0^3}{g\cdot(k_1+3k_2x_0^2)}}$ [2 分]

$=2\times3.14\times\sqrt{\dfrac{294\times0.1+9800\times0.1^3}{9.8\times(294+3\times9800\times0.1^2)}}\ \mathrm{s}=0.52\ \mathrm{s}$

[2 分]



八. (17 分)解：设小球在图中θ 位置时，细绳的张力达到其所能承受的值 F_m，此时小球的速度设为 v，如图所示，则

$mgl\cdot\sin\theta=\frac{1}{2}mv^2$ [2 分]

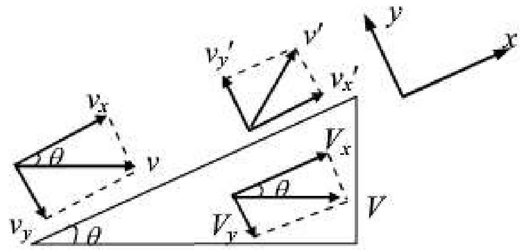
$F_m-mg\sin\theta=m\frac{v^2}{l}$ [3 分]

$v\sin\theta\cdot t=l\cos\theta$ [3 分]

$v\cos\theta\cdot t+\frac{1}{2}gt^2=\frac{63}{32}l-l\sin\theta$ [3 分]

解得: $F_m=2mg$ [6 分]

九.（21 分）解: 碰后设小球的速度为 v', 斜面的速度为 V, 将它们沿 x、y 方向分解, 如图所示. 小球与斜面碰撞时, 由于其自身的重力可忽略, 且斜面和球都光滑, 所以碰撞期间小球沿斜面方向不受力, 因此有



$v_x=v_x'$ (1) [2 分]

根据系统水平方向动量守恒有

$mv_x\cos\theta+mv_y\sin\theta=mv_x'\cos\theta-mv_y'\sin\theta+MV$ (2) [3 分]

根据系统机械能守恒有

$\frac{1}{2}mv_x^2+\frac{1}{2}mv_y^2=\frac{1}{2}mv_x'^2+\frac{1}{2}mv_y'^2+\frac{1}{2}MV^2$ (3) [3 分]

由(1)、(2)、(3)式解得: $v_y'=\frac{M-m\sin^2\theta}{M+m\sin^2\theta}v_y=\frac{9}{4}$ m/s [2 分]

$V=\frac{2m\sin\theta}{M+m\sin^2\theta}v_y=\frac{5}{4}$ m/s [2 分]

选斜面为参考系, 在该参考系中, 沿 x、y 方向的速度记为 v_x'' 、v_y'',

$v_x''=v_x'-V\cos\theta=4\text{m/s}-\frac{5}{4}\times\frac{4}{5}\text{ m/s}=3\text{m/s}$ [2 分]

$v_y''=v_y'+V\sin\theta=\frac{9}{4}\text{ m/s}+\frac{5}{4}\times\frac{3}{5}\text{ m/s}=3\text{m/s}$ [2 分]

由 y 方向的分运动可确定二次碰撞的时间间隔

$t=\frac{2v_y''}{g\cos\vartheta}=\frac{2\times3}{10\times0.8}\text{s}=\frac{3}{4}\text{s}$ [2 分]

由 x 方向的分运动可求小球与斜面二次碰的距离

$$s = v_x'' \cdot t - \frac{1}{2} g \sin\theta \cdot t^2 = 3 \times \frac{3}{4}\,\mathrm{m} - \frac{1}{2} \times 10 \times \frac{3}{5} \times \left(\frac{3}{4}\right)^2\,\mathrm{m} = \frac{9}{16}\,\mathrm{m} \qquad [3\text{分}]$$