2021 春大物 C 复习

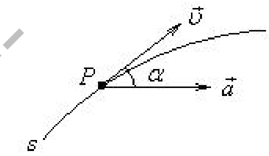
一、填空题&答案

1. 切向加速度表示质点速度____大小____变化的快慢;法向加速度表示质点速度____方向____变化的快慢。

2. 切向加速度和法向加速度是____自然____坐标系中质点加速度的两个分量。

3. 质点的运动方程为$\vec{r}=a\cos\omega t\vec{i}+b\sin\omega t\vec{j}$，式中$a$、$b$和$\omega$均是正常数，则该质点的加速度为$\vec{a}=$____$-w^2r$____。

4. 速度是____位矢____对时间的一阶导数, 是矢量。



题 5 图

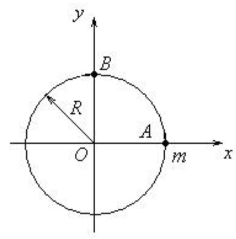
5. 质点沿如题 5 图所示的曲线s运动，已知在点P的速度$\vec{v}$与加速度$\vec{a}$的夹角为α, 则此时轨迹的曲率半径$\rho=$____$v^2/a\sin\alpha$____。

6. 速率是____路程____对时间的一阶导数，是标量。

7. 质点运动时，若 $a_t\equiv0,a_n\equiv0,v\neq0$，则质点做____匀速直线____运动。

8. 某物体从$t=0$起，在沿x方向的力$F=(3+4t)$ N 的作用下运动了 3 s，则作用力的冲量为____27____$\text{N}\cdot\text{s}$。

9. 如题 9 图所示，质量为m的质点以速率v绕坐标原点O沿逆时针方向作半径为R的匀速率圆周运动，从点$A(R,0)$运动到点$B(0,R)$这一过程中动量的变化$\Delta\vec{p}=$____$-mv(i+j)$____。



题 9 图

10. 质量为m的质点在Oxy平面内运动，其运动方程为$\vec{r}=A\cos\omega t\vec{i}+B\sin\omega t\vec{j}$，式中$A$、$B$和$\omega$均为正常数，则任一时刻，质点的动量$\vec{p}=$____$-mwA\sin wti+mwB\cos wtj$____。

11. 质量$m=2\text{kg}$的质点的运动方程为$\vec{r}=[(6t^2-1)\vec{i}+(3t^2+3t-1)\vec{j}]$ m，则该质点所受的力$\vec{F}=$____$24i+12j$____ N。

12. 系统内质点间相互作用的内力之矢量和为____0____。

13. 一弹簧悬挂质量为 2kg 的砝码时伸长 4.9cm，如要将该弹簧拉长 9.8cm，则需对它做功____0.49____J。

14. 质点在几个作用力下的位移 $\Delta\vec{r}=(4\vec{i}-5\vec{j}+6\vec{k})$ m，其中一个力为恒力 $\vec{F}=(-3\vec{i}-5\vec{j}+9\vec{k})$ N，则这个力在此位移过程中所做的功为____67____ J。

15. 地球半径为 R_E，质量为 M_E，万有引力常数为 G。一颗质量为 m 的陨石从可视为无穷远的外空落到地球上，则引力所做的功为____$GM_E m/R_E$____。

16. 芭蕾舞演员开始自转时的角速度为 ω_0，转动惯量为 J，当他将手臂收回时，其转动惯量减少为 $\frac{1}{3}J$，在忽略所有阻力矩的情况下，角速度将变为__$3\omega_0$____。

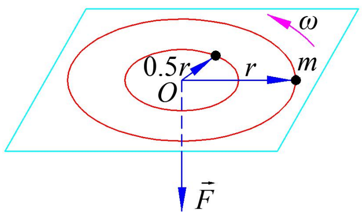
17. 某滑冰者转动的角速度原为 ω_0，转动惯量为 J，被另一滑冰者作用，角速度变为 $\omega=\sqrt{2}\omega_0$，则另一滑冰者对他施加的力矩所做的功为____$\frac{1}{2}JW^2$____。

18. 系统内质点间相互作用的内力对任一定轴的力矩的矢量和为____0____。

19. 刚体绕定轴做匀加速转动，刚体上质点的切向加速度的大小___不变___；法向加速度的大小__增大__。（两空均选“增大”、“减小”或“不变”填写）。

20. 质量为 m 的质点在 Oxy 平面内运动，其运动方程为 $\vec{r}=A\cos\omega t\vec{i}+B\sin\omega t\vec{j}$，式中 A、B 和 ω 均为常数，对坐标原点 O 的角动量 $\vec{L}=$____$mABwk$____。

21. 如题 21 图所示，光滑的水平面上有一质量为 m 的质点，拴在一根穿过圆盘中心光滑小孔 O 的轻绳上。开始时，质点离中心距离为 r，并以角速度 ω 转动，现以变力 $\vec{F}$ 向下拉绳，将质点拉至离中心 $0.5r$ 时，质点转动的角速度变为__4w____。



题 21 图

22. 已知 $f(\upsilon)$ 是麦克斯韦速率分布函数，则处于平衡态的理想气体中，速率不大于 υ_p 的分子数占总分子数的比率可表示为 ____$\int f(v)dv$____。

23. 已知 $f(\upsilon)$ 是麦克斯韦速率分布函数，则 $\int_0^{\infty} f(\upsilon)\mathrm{d}\upsilon$ 等于____1____。

24. 绝热过程中，系统的内能减小了 950J，那么系统对外做功为__950__ J。

25. 若单原子分子理想气体在等压过程中内能增加了 1000J，那么吸收的热量为____5000/3____ J。

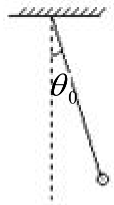
26..理想气体等温膨胀时，气体从单一热源吸收的热量全部用来对外做功，这__不违反____ 热力学第二定律的开尔文表述。（选“违反”、“不违反”填写）

27.致冷机中热量从低温物体传向高温物体，这____不违反____热力学第二定律的克劳修斯表述。（选“违反”、“不违反”填写）

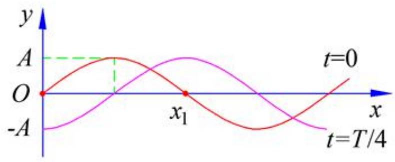
28. 一个弹簧振子的振幅增大到两倍时，振子的最大速度为原来的___2___倍。

29. 一个弹簧振子的振幅增大到两倍时，振子的最大加速度为原来的___2___倍。

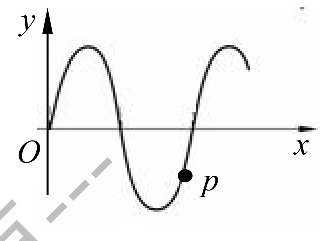
30. 周期为T、最大摆角为θ_0 $(\theta_0 < 0.1\mathbf{rad})$的单摆在$t=0$时处于如题 6 图所示的位置。若取顺时针方向为角位移正方向，则其初相位$\phi_0 =$_____π_________。



题 30 图



题 32 图



题 33 图

31. 一质点同时参与两个在同一直线上的简谐振动，$x_1 = \mathbf{0.06cos(3}t+\boldsymbol{\pi}\mathbf{/3)m}$ 和 $x_2 = 0.04\cos(3t-2\boldsymbol{\pi}/\mathbf{3})\mathrm{m}$， 则其合振动的振幅为__0.02__m；初相为___$\pi/3$_____。

32. 如题 32 图所示为一简谐波在$t=0$时刻与$t=T/4$时刻（T为周期）的波形图，则原点处质点的振动初相为_____$\pi/2$_______。

33. 一平面简谐波在某时刻的波形如题 33 图所示，若此时点p处介质质元的振动动能在增长，则该波沿Ox轴___负___方向传播（选“正”、“负”填写）。

34. 设平面简谐波的波动表达式为$y(x,t) = A\cos\left[\omega\left(t-\dfrac{x-x_0}{u}\right)+\phi_{x0}\right]$，其中$\omega\dfrac{x-x_0}{u}$表示$x$点处质元的振动______落后于________$x_0$点处质元振动的相位。（选“超前于”、落后于”填写）。

35. 如果入射波的表达式为$y_1 = A\cos 2\pi(t/T + x/\lambda)$，在$x=0$处发生反射，反射后波的强度不变，入射波与反射波形成的驻波在反射点为波腹，则反射波在反射点$x=0$处的振动表达式为$y_{Or} =$______$A\cos 2\pi(t/T)$________________。

36. 如果入射波的表达式为$y_1 = A\cos 2\pi(t/T + x/\lambda)$，在$x=0$处发生反射，反射后波的强度不变，入射波与反射波形成的驻波在反射点为波腹，则反射波的表达

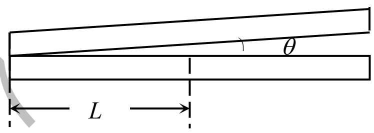
式为 $y_2 =$ __ $A\cos 2\pi(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda})$ ____。

37. 一列平面简谐波频率为200Hz，波速为6.0m/s，则波长为__0.03__m；在波的传播方向上有两质点的振动相位差为5π/6，则此两质点平衡位置的距离为__0.0125____m。

38. 一列平面简谐波的波动表达式为 $y = 0.2\cos(\pi t - \pi x/2)\mathrm{m}$，则 x 处介质质点的振动速度 υ 的表达式是___$-0.2\pi\sin(\pi t-\pi x/2)$______m/s。

39. 一列平面简谐波的波动表达式为 $y = 0.2\cos(\pi t - \pi x/2)\mathrm{m}$，则 x 处介质质点的加速度 a 的表达式是____$-0.2\pi^2\cos(\pi t-\pi x/2)$____m/s^2。

40. 用波长为 λ 的单色光垂直照射到如题40图所示的空气劈尖上，从反射光中观察干涉条纹，距顶点为 L 处是暗条纹。如使劈尖角 $\theta(\theta \quad 1)$ 连续变大，直到该点处再次出现暗条纹为止，该点处的空气膜厚的增量 $\Delta e =$___$\lambda/4n$___。



题40图

41. 在牛顿环实验中，若平凸透镜沿竖直方向平移，在平移过程中发现某级明条纹处由最亮逐渐变成最暗，则平凸透镜位移的大小为___$\lambda/4$_____。

42. 折射率为 n 的均匀透明的平行平面薄膜处于空气中，波长为 λ 的单色光从空气垂直入射到上面，要使反射光增强，膜的厚度至少应为___$\lambda/4n$___。

43. 对于空气劈尖，在棱边处出现___暗_____条纹，这成为"半波损失"的证据。

44. 光强分别为 I_1 和 I_2 的两相干光同时传播到 P 点，两列光波引起的振动的相位差为 $\Delta\phi$，则 P 点的光强 $I =$__$I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\Delta\phi$____。

45. 在夫琅禾费单缝衍射中，缝宽为 a，波长为 λ，则零级亮纹的半角宽度为___$\arcsin\frac{\lambda}{a}$__。

46. 在夫琅禾费单缝衍射中，接收屏上第三级明条纹所对应的单缝处波面可划分为___7__个半波带。**暗纹__6__个**

47. 在牛顿环实验中，若平凸透镜沿竖直方向平移，在平移过程中发现某级明条纹处由最亮逐渐变成最暗，则平凸透镜位移的大小为___$\lambda/4$____。

48. 一束光入射到两种透明介质的分界面上时，发现只有透射光而无反射光。这束光是以<u>　　**布儒斯特**　　　　</u>角入射的，其振动方向<u>　**平行于**　</u>入射面。（选”垂直于”、“平行于”填写）

49. 当自然光照射在偏振片上时，偏振片只让某一特定方向的光振动通过，这个方向称为偏振片的<u>　**偏振化方向**　</u>。

50. 两偏振片 P_1 和 P_2 平行放置且偏振化方向成 θ 角，光强为 I_0 的自然光垂直入射在 P_1 上，然后再通过 P_2，则通过 P_2 的光强为<u>　$0.5I_0\cos^2\theta$　</u>。

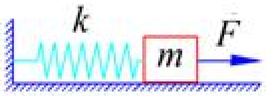
二、计算题

51. 质点沿 x 轴运动，已知加速度 $a = 12t^2\ \mathrm{m/s^2}$，$t = 0$ 时，$\upsilon_0 = -4\ \mathrm{m/s}$，$x_0 = 10\ \mathrm{m}$，求质点的：**(1)**速度 $\upsilon(t)$；**(2)**运动方程 $x(t)$；**(3)** 前 **3** 秒内的位移和路程。

52. 有一质点沿 x 轴作直线运动，运动方程为 $x(t) = (4.5t^2 - 2t^3)\mathrm{m}$。求质点**(1)**在第 **2** s 内的平均速度 $\bar{\upsilon}$；**(2)**在第 **2** s 末的速度 υ；**(3)** 在第 **2** s 末的加速度 a；**(4)**在第 **2** s 内的路程 s。

53. 质量 $m = 4\mathrm{kg}$ 的物体在力 $F = (4 + 6t^2)\mathrm{N}$ 的作用下运动沿 x 轴运动，$t = 0$ 时，速度 $\upsilon_0 = -2\ \mathrm{m/s}$。求物体**(1)** 2s 末的速度；**(2)** 2s 末的加速度；**(3)**前 2s 内，力 F 对物体所做的功。

54. 如题 **54** 图所示，劲度系数为k的轻弹簧水平放置，左端固定，右端系一质量为m的物体，物体与水平面间的滑动摩擦系数为μ。开始时，弹簧为原长，现以大于物体与水平面间的最大静摩擦力的水平恒力$\vec{F}$将物体自平衡位置开始向右拉动，求系统的最大弹性势能。



题 54 图

55. 质量为m的人（视为质点）站在半径为R、质量$M=2m$的匀质水平圆台的中心，人和水平圆台组成的系统以角速度ω_0绕通过圆盘中心的竖直固定光滑轴OO'转动。如果人从圆台的中心走到转台边缘并随转台一起转动，**(1)**分别写出人在圆台中心时与在边缘时，系统的转动惯量J_0与J；**(2)**人在圆台中心时,系统角动量L_0的大小；**(3)**人在圆台边缘时，系统转动的角速度ω。

56. 1mol 水蒸气在$100^{\circ}\mathrm{C}$下分解成氢气和氧气，如将三种气体均视为刚性分子理想气体，则内能增加了多少？

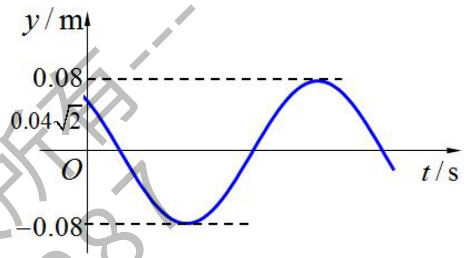
57. 当温度为$0^{\circ}\mathrm{C}$时，求：（1）N_2分子的平均平动动能和平均转动动能；（2）$7g N_2$气体的内能。[$R=8.31\mathrm{J/(mol\ K)}$，$k=1.38\times10^{-23}\mathrm{J/K}$]

58. $1\mathrm{mol}$理想气体在$400\mathrm{K}$和$300\mathrm{K}$两热源之间进行卡诺热机循环。设气体在一次循环过程中从高温热源吸收的热量为$6.0\times10^{3}\mathrm{J}$。求在一次循环过程中（1）所做的功；（2）向低温热源放出的热量。

59. 一个卡诺热机，当高温热源的温度为$227^{0}\mathrm{C}$、低温热源的温度为$27^{0}\mathrm{C}$时，一次循环的净功是$16000\mathrm{J}$，今维持低温热源的温度和两绝热线均不变，提高高温热源的温度，使其一次循环的净功增为$20000\mathrm{J}$。求：(1)高温热源温度提高前，热机效率、一次循环吸收的热量、放出的热量；(2) 高温热源温度提高后，一次循环吸收的热量、放出的热量；热机效率。（吸收的热量、放出的热量按循环过程中的定义计算）。

60. 一列平面余弦波表达式为 $y=2\cos(3t-4x)\,\text{m}$。求：(1)波的波速 u、角频率 ω 和波长 λ；(2) $x=1\text{m}$ 点的振动表达式；(3) $t=1\text{s}$ 时的波形表达式；(4)任一 x 处质点的振动速度表达式。

61. 沿 x 轴负方向传播的平面余弦横波的波长 $\lambda=1\text{m}$，周期 $T=0.5\text{s}$，已知原点处质点振动图像 $y-t$ 曲线如题 61 图所示。求（1）原点处质点的振动初相；(2) 原点处质点的振动表达式；（3）波动表达式。



题 61 图

62. 一油轮漏出折射率为 n_2 的油污染了某海域，在折射率为 n_3 的海水表面形成一层厚度为 e 的薄薄的油污。设空气的折射率 $n_1=1$，且 $n_3>n_2$，当太阳光垂直入射于油膜上时，(1)求油膜上、下两界面的两束反射光之间的光程差；(2)如 $e=4400\text{Å}$，$n_2=1.20$，$n_3=1.33$，太阳光中可见光的波长范围为 $4000\text{Å}-7600\text{Å}$，如果潜水员潜入该区域水下向上观察，将看到油层呈什么颜色?（各色光波长范围：红 $6220\text{Å}-7600\text{Å}$，橙 $5970\text{Å}-6220\text{Å}$，黄 $5770\text{Å}-5970\text{Å}$，绿 $4920\text{Å}-5770\text{Å}$ 、蓝、靛 $4920\text{Å}-4550\text{Å}$，紫 $3500\text{Å}-4550\text{Å}$）

63. 两块长度10cm的平玻璃片，一端互相接触成棱边，另一端用厚度为0.004mm的纸片隔开，形成空气劈形膜。以波长为500nm的平行光垂直照射，观察反射光的等厚干涉条纹。求：(1)相邻两明(暗)纹的厚度差与距离；(2)在厚度为e处空气膜上、下两界面的两束反射光的光程差；(3)全部10cm的长度内呈现的明纹数。

64. 一束波长为λ=5000Å的平行光垂直照射在一个单缝上。如果所用的单缝的宽度$a = 0.5\text{mm}$，缝后紧挨着的薄透镜焦距$f = 1\text{m}$，求：(1)中央明条纹的角宽度；(2)中央亮纹的线宽度；(3)第一级暗纹与第二级暗纹的距离。

65. 单缝的宽度$a = 0.4\text{mm}$，缝后紧挨着的薄透镜焦距为$f = 0.8\text{m}$。一束波长为λ=5000Å的平行光垂直照射在该单缝上。求：(1)中央明条纹的角宽度；(2)如两相邻暗纹中心的距离为1.0mm，求波长λ。

二、计算题答案

51. **质点沿 x 轴运动，已知加速度 $a=12t^2\ \mathrm{m/s^2}$，$t=0$ 时，$\upsilon_0=-4\ \mathrm{m/s}$，$x_0=10\ \mathrm{m}$，求质点的：(1)速度 $\upsilon(t)$；(2)运动方程 $x(t)$；(3) 前 3 秒内的位移和路程。**

解 (1) 由 $a=\dfrac{\mathrm{d}\upsilon}{\mathrm{d}t}=12t^2$ 得 $\qquad \mathrm{d}\upsilon=12t^2\mathrm{d}t$

考虑初始条件，积分 $\displaystyle\int_{-4}^{\upsilon}\mathrm{d}\upsilon=\int_0^t 12t^2\mathrm{d}t$

得 $\upsilon=(-4+4t^3)\mathrm{m/s}$ **(2 分)**

(2) 由 $\upsilon=\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$，得 $\qquad \mathrm{d}x=\left(-4+4t^3\right)\mathrm{d}t$

考虑初始条件，积分 $\displaystyle\int_{10}^{x}\mathrm{d}x=\int_0^t\left(-4+4t^3\right)\mathrm{d}t$

得运动方程 $\qquad x=(t^4-4t+10)\mathrm{m}$ **(2 分)**

(3) $x(0)=10\mathrm{m}$，$x(3)=79\mathrm{m}$，前 2 秒内质点的位移

$\Delta x=x(3)-x(0)=69\mathrm{m}$ 。 **(2 分)**

令 $\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=4t^3-4=0$，即当 $t=1\mathrm{s}$，质点速度改变符号，由负变为正，质点到达左边最远处，

此时 $x(1)=7\mathrm{m}$，得前 3 秒内质点的路程

$\Delta s=\left|x(1)-x(0)\right|+\left|x(3)-x(1)\right|=3+72=75\,(\mathrm{m})$ **(4 分)**

52. **有一质点沿 x 轴作直线运动，运动方程为 $x(t)=(4.5t^2-2t^3)\mathrm{m}$ 。求质点(1)在第 2 s 内的平均速度 $\bar{\upsilon}$；(2)在第 2 s 末的速度 υ；(3) 在第 2 s 末的加速度 a；(4)在第 2 s 内的路程 s 。**

解 (1) $x(1)=2.5\ \mathrm{m}$ $x(2)=2\ \mathrm{m}$ $\Delta x=x(2)-x(1)=-0.5\ \mathrm{m}$，$\bar{\upsilon}=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}=-0.5\ \mathrm{m/s}$ **(2 分)**

(2) $\upsilon=(9t-6t^2)\mathrm{m/s}$，$\upsilon(2)=-6\mathrm{m/s}$ **(2 分)**

(3) $a=(9-12t)\mathrm{m/s^2}$，$a(2)=-15\mathrm{m/s^2}$ **(2 分)**

(4) 令 $\upsilon=9t-6t^2=0$，得 $t=1.5\mathrm{s}$，$\upsilon=0$，此时质点速度改变方向，由正变为负，质点到达距原点最远处，$x(1.5)=3.375\mathrm{m}$，第 **2** s 内质点的路程为

$s=\left|x(1.5)-x(1)\right|+\left|x(1.5)-x(2)\right|=0.875+1.375=2.25(\mathrm{m})$ **(4 分)**

53. 质量$m=4\text{kg}$的物体在力$F=(4+6t^2)\text{N}$的作用下运动沿x轴运动，$t=0$时，速度$\upsilon_0=-2\ \text{m/s}$。求物体(1) 2s 末的速度；(2) 2s 末的加速度；(3)前 2s 内，力F对物体所做的功。

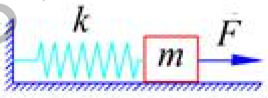
解 (1) 2 s 内作用力的冲量 $I=\int_0^2 F\text{d}t=\int_0^2(4+6t^2)\text{d}t=24\ \text{N}\cdot\text{s}$，根据动量定理

$I=m\upsilon-m\upsilon_0$，得 2 s 末 $\upsilon(2)=\upsilon_0+\dfrac{I}{m}=-2+\dfrac{24}{4}=4(\text{m/s})$ **(4 分)**

(2) $a(2)=\dfrac{F(2)}{m}=\dfrac{4+6\times2^2}{4}=7\ (\text{m/s}^2)$ **(2 分)**

(3) 由动能定理 $W=\dfrac{1}{2}m\upsilon^2(2)-\dfrac{1}{2}m\upsilon^2(0)=\dfrac{1}{2}\times4\times4^2-\dfrac{1}{2}\times4\times(-2)^2=24(\text{J})$ **(4 分)**

54. 如题 54 图所示，劲度系数为k的轻弹簧水平放置，左端固定，右端系一质量为m的物体，物体与水平面间的滑动摩擦系数为μ。开始时，弹簧为原长，现以大于物体与水平面间的最大静摩擦力的水平恒力$\vec{F}$将物体自平衡位置开始向右拉动，求系统的最大弹性势能。



题 54 图

解 取物体和弹簧组成的系统为研究对象。

起初系统的机械能为零，即$E_0=0$； **(2 分)**

当物体速度为零时，弹簧伸长最大，设为x，弹性势能最大，$E=\dfrac{1}{2}kx^2$。 **(2 分)**

运动过程中F的功为Fx、摩擦力的功$-fx$。

由功能原理得 $Fx+(-fx)=\dfrac{1}{2}kx^2$，解得 $x=\dfrac{2(F-\mu mg)}{k}$， **(3 分)**

弹簧的弹性势能 $E_\text{p}=\dfrac{1}{2}kx^2=\dfrac{2(F-\mu mg)^2}{k}$ **(3 分)**

55. 质量为m的人（视为质点）站在半径为R、质量$M=2m$的匀质水平圆台的中心，人和水平圆台组成的系统以角速度ω_0绕通过圆盘中心的竖直固定光滑轴OO'转动。如果人从圆台的中心走到转台边缘并随转台一起转动，(1)分别写出人在圆台中心时与在边缘时，系统的转动惯量J_0与J；(2)人在圆台中心时,系统角动量L_0的大小；(3)人在圆台边缘时，系统转动的角速度ω。

解 取人和转台为系统，在人走动的过程中，系统受的外力有重力与轴处约束力，均不

产生力矩，系统角动量守恒。 **(2 分)**

(1) 人在圆台中心时，$J_0 = \frac{1}{2}MR^2$，在边缘时，$J = \frac{1}{2}MR^2 + mR^2$， **(2 分)**

(2) 人在圆台中心时，$L_0 = \frac{1}{2}MR^2\omega_0$； **(2 分)**

(3) 在边缘时 $L = \left(mR^2 + \frac{1}{2}MR^2\right)\omega$， **(2 分)**

由 $L = L_0$，得 $\omega = \dfrac{\frac{1}{2}MR^2}{mR^2 + \frac{1}{2}MR^2}\omega_0$， **(1 分)**

代入 $M = 2m$，得 $\omega = \frac{1}{2}\omega_0$ **(1 分)**

56.1mol 水蒸气在 $100^\circ\mathrm{C}$ 下分解成氢气和氧气，如将三种气体均视为刚性分子理想气体，则内能增加了多少？

解 1mol 水蒸气能分解成1mol 氢气和 0.5mol 氧气。 （2 分）

水蒸气分子的自由度 $i = 6$，氢气和氧气两者分子的自由度均为 $i = 5$。 （2 分）

1mol 水蒸气的内能为 $1 \times \frac{6}{2}RT = 3RT$， （2 分）

1mol 氢气和 0.5mol 氧气的内能为 $1 \times \frac{5}{2}RT + 0.5 \times \frac{5}{2}RT = \frac{7.5}{2}RT$， （2 分）

内能增加了 $\frac{7.5}{2}RT - 3RT = 1.5RT = 1.5 \times 8.31 \times (273 + 100) = 4649\ (\mathrm{J})$ （2 分）

57. 当温度为 $0^\circ\mathrm{C}$ 时，求：（1）N_2 分子的平均平动动能和平均转动动能；（2）$7\mathrm{g}N_2$ 气体的内能。[$R = 8.31\mathrm{J/(mol\ K)}$，$k = 1.38 \times 10^{-23}\mathrm{J/K}$]

解 （1）平均平动动能为

$$\overline{\varepsilon_{\mathrm{kt}}} = \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times 273 = 5.65 \times 10^{-21}\ (\mathrm{J})$$ **(3 分)**

平均转动动能为

$$\overline{\varepsilon_{\mathrm{kr}}} = \frac{2}{2}kT = 1.38 \times 10^{-23} \times 273 = 3.76 \times 10^{-21}\ (\mathrm{J})$$ **(3 分)**

（2）$7\mathrm{g}N_2$ 气体的内能为

$$E=\frac{M}{M_{\mathrm{mol}}}\frac{5}{2}RT=\frac{7\times10^{-3}}{28\times10^{-3}}\times\frac{5}{2}\times8.31\times273=1.42\times10^{3}\left(\mathrm{J}\right)$$ **(4 分)**

58. 1mol 理想气体在 400K 和 300K 两热源之间进行卡诺热机循环。设气体在一次循环过程中从高温热源吸收的热量为 $6.0\times10^{3}\mathrm{J}$ 。求在一次循环过程中（1）所做的功；（2）向低温热源放出的热量。

解 （1）$\eta_{\mathrm{C}}=1-\frac{T_2}{T_1}=1-\frac{300}{400}=25\%$， **(2 分)**

由 $\eta_{\mathrm{C}}=\frac{W}{Q_1}$， $W=\eta_{\mathrm{C}}Q_1=0.25\times6.0\times10^{3}=1.5\times10^{3}(\mathrm{J})$ **(4 分)**

（2） $Q_2=Q_1-W=6.0\times10^{3}-1.5\times10^{3}=4.5\times10^{3}(\mathrm{J})$ **(4 分)**

59. 一个卡诺热机，当高温热源的温度为 $227^{0}\mathrm{C}$、低温热源的温度为 $27^{0}\mathrm{C}$ 时，一次循环的净功是 16000J，今维持低温热源的温度和两绝热线均不变，提高高温热源的温度，使其一次循环的净功增为 20000J。求：(1)高温热源温度提高前，热机效率、一次循环吸收的热量、放出的热量；(2) 高温热源温度提高后，一次循环吸收的热量、放出的热量；热机效率。（吸收的热量、放出的热量按循环过程中的定义计算）。

解（1） $\eta_{\mathrm{C1}}=1-\frac{T_2}{T_1}=1-\frac{300}{500}=40\%$ **(1 分)**

由 $\eta_{\mathrm{C1}}=\frac{W}{Q_1}$，吸热为 $Q_1=\frac{W}{\eta_{\mathrm{C1}}}=\frac{16000}{0.40}=4.0\times10^{4}(\mathrm{J})$ **(2 分)**

放热为 $Q_2=Q_1-W=40000-16000=24000(\mathrm{J})$ **(2 分)**

(2)依题意，高温热源源提高后,仍保持低温热源温度（即等温压缩线）与两条绝热线均不变，可知此时一次循环放热为

$Q_2'=Q_2=24000\mathbf{J}$ **(2 分)**

吸热为 $Q_1'=Q_2'+W'=24000+20000=44000(\mathrm{J})$ **(2 分)**

$$\eta_C' = \frac{W'}{Q_1'} = \frac{20000}{44000} = 45.4\% \qquad \textbf{(1 分)}$$

60. 一列平面余弦波表达式为 $y = 2\cos(3t\text{-}4x)\,\text{m}$ 。求：(1)波的波速 u 、角频率 ω 和波长 λ；(2) $x = 1\text{m}$ 点的振动表达式；(3) $t = 1\text{s}$ 时的波形表达式；(4)任一 x 处质点的振动速度表达式。

解 (1)将表达式化为 $y = 2\cos 3\left(t\text{-}\dfrac{x}{3/4}\right)$， (1 分)

与标准形式 $y = A\cos\omega\left(t - x/u\right)$ 比较得， $u = \dfrac{3}{4}\text{m/s}$ ， ω=3 ，

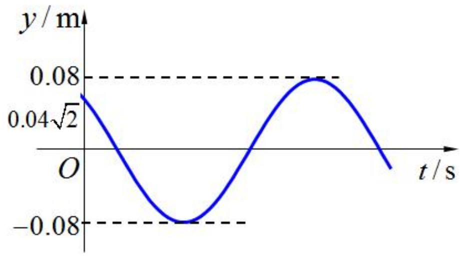
$u = \lambda\nu, \lambda = u/\nu = u/\left(\omega/2\pi\right) = \dfrac{3/4}{\left(3/2\pi\right)} = \dfrac{\pi}{2}(\text{m})$ 。 (5 分)

(2) $y\big|_{x=1} = 2\cos(3t\text{-}4)\,\text{m}$ (1 分)

(3) $y\big|_{t=1} = 2\cos(3\text{-}4x)\,\text{m} = 2\cos(4x\text{-}3)\,\text{m}$ (1 分)

(4) $\upsilon = \dfrac{\partial y}{\partial t} = -6\sin(3t\text{-}4x)\,\text{m/s}$ (2 分)

61. 沿 x 轴负方向传播的平面余弦横波的波长 $\lambda = 1\text{m}$，周期 $T = 0.5\text{s}$，已知原点处质点振动图像 $y - t$ 曲线如题 61 图所示。求（1）原点处质点的振动初相；（2）原点处质点的振动表达式；（3）波动表达式。



题 61 图

解 设波动表式为 $y = A\cos\left[\omega\left(t + x/u\right) + \phi_0\right]$ 。

由题意与题图可知，$A = 0.08\text{m}$， $\omega = 2\pi/T = 4\pi$， $u = \lambda/T = 2\text{m/s}$ 。 (2 分)

(1) $t = 0$时，原点处质点位于 $y = 0.04\sqrt{2}\text{m}$ 且向 y 轴负方向运动，得初相为 $\phi_0 = \pi/4$ (4 分)

(2)原点处质点的振动表达式 $y_O = 0.08\cos(4\pi t + \pi/4)\text{m}$ (2 分)

(3)波动表达式 $y = 0.08\cos\left[4\pi(t + x/2) + \pi/4\right]\text{m}$ (2 分)

62. 一油轮漏出折射率为n_2的油污染了某海域，在折射率为n_3的海水表面形成一层厚度为e的薄薄的油污。设空气的折射率$n_1=1$，且$n_3>n_2$，当太阳光垂直入射于油膜上时，（1）求油膜上、下两界面的两束反射光之间的光程差；（2）如$e=4400\,\mathrm{\AA}$，$n_2=1.20$，$n_3=1.33$，太阳光中可见光的波长范围为$4000\,\mathrm{\AA}-7600\,\mathrm{\AA}$，如果潜水员潜入该区域水下向上观察，将看到油层呈什么颜色?（各色光波长范围：红$6220\,\mathrm{\AA}-7600\,\mathrm{\AA}$，橙$5970\,\mathrm{\AA}-6220\,\mathrm{\AA}$，黄$5770\,\mathrm{\AA}-5970\,\mathrm{\AA}$，绿$4920\,\mathrm{\AA}-5770\,\mathrm{\AA}$、蓝、靛$4920\,\mathrm{\AA}-4550\,\mathrm{\AA}$，紫$3500\,\mathrm{\AA}-4550\,\mathrm{\AA}$）

解 这是一个薄膜干涉的问题

（1）$n_1<n_2<n_3$，在油层上、下两界面，光都是从光疏到光密界面反射，都有半波损失，两反射光束之间合计存在偶数次（2次）半波损失，所以之间没有附加光程差,光程差为

$$\Delta=2n_2e \qquad \text{（2 分）}$$

（2）油层呈现的颜色应该是两反射光能够实现干涉相消的单色光的颜色。

$$2n_2e=(2k+1)\frac{\lambda}{2},k=0,1,2,\cdots,\ \lambda=\frac{4n_2e}{2k+1}, \qquad \text{（2 分）}$$

由此得

$$k=0,\lambda=\frac{4n_2e}{2\times0+1}=21120\,\mathrm{\AA}\text{；}\qquad k=1,\lambda=\frac{4n_2e}{2\times1+1}=7040\,\mathrm{\AA}\text{；}$$

$$k=2,\lambda=\frac{4n_2e}{2\times2+1}=4224\,\mathrm{\AA}\text{；}\qquad k=3,\lambda=\frac{4n_2e}{2\times3+1}=3017\,\mathrm{\AA} \qquad \text{（3 分）}$$

潜水员看到的油膜呈紫红色。该问也可通过透射光的干涉相长条件求解。（3 分）

63. 两块长度10cm的平玻璃片，一端互相接触成棱边，另一端用厚度为0.004mm的

纸片隔开，形成空气劈形膜。以波长为500nm 的平行光垂直照射，观察反射光的等厚干涉条纹。求：(1) 相邻两明 (暗) 纹的厚度差与距离；(2) 在厚度为 e 处空气膜上、下两界面的两束反射光的光程差；(3) 全部10cm 的长度内呈现的明纹数。

解 (1) 相邻两明 (暗) 纹的厚度差 $\Delta e = \lambda / 2 = 2.5 \times 10^{-7}\,\mathrm{m}$ ，相邻明纹之间的距离

$$l = \frac{\Delta e}{\sin\theta} \approx \frac{2.5\times10^{-7}}{\dfrac{0.004\times10^{-3}}{10\times10^{-2}}}\mathrm{m} = 6.25\times10^{-3}\mathrm{m} \qquad (3\text{ 分})$$

(2) **光在**空气劈形膜**上界面反射，是从光密到光疏界面反射，无半波损失，在下界面反射，是从光疏到光密界面反射，存在半波损失，两束反射光合计存在奇数次（1 次），所以之间有附加光程差** $\lambda/2$ ，取空气的折射率为 1，光程差为 $\Delta = 2e + \lambda/2$ **(2 分)**

(3) 明纹条件为 $\Delta = 2e + \lambda/2 = k\lambda$， $k = 1,2,3,\cdots$ **(2 分)**

$$k_{\max} = \frac{2e_{\max}}{\lambda} + \frac{1}{2} = \frac{2\times0.004\times10^{-3}}{500\times10^{-9}} + \frac{1}{2} = 16.5$$

k 只能取整数，所以全部10cm 的长度内呈现的明纹数为 16 条。 **(3 分)**

64. 一束波长为 λ=5000**Å** 的平行光垂直照射在一个单缝上。如果所用的单缝的宽度 $a = 0.5\mathrm{mm}$ ，缝后紧挨着的薄透镜焦距 $f = 1\mathrm{m}$ ，求：(1) 中央明条纹的角宽度；(2) 中央亮纹的线宽度；(3) 第一级暗纹与第二级暗纹的距离。

解 (1) 中央明纹半角宽度 $\theta_1 = \arcsin\dfrac{\lambda}{a}$，角宽度 $2\theta_1 = 2\arcsin\dfrac{\lambda}{a}$,

由于 $\dfrac{\lambda}{a} = \dfrac{5000\times10^{-10}}{0.5\times10^{-3}} = 0.001 << 1$，故 $\theta_1 \approx \dfrac{\lambda}{a} = 0.001\mathrm{rad}$， $2\theta_1 \approx 0.002\mathrm{rad}$ **(3 分)**

（2） $l_0 = 2f\tan\theta_1 \approx 2f\sin\theta_1 \approx 2f\dfrac{\lambda}{a} = 2\times1\times\dfrac{5\times10^{-7}}{5\times10^{-4}}\mathrm{m} = 2\mathrm{mm}$ **(3 分)**

(3) 暗纹的位置 $x_k = f\tan\theta_k \approx f\sin\theta_k = f\,k\dfrac{\lambda}{a}$， $\Delta x = x_2 - x_1 = \dfrac{f\lambda}{a} = 1\mathrm{mm}$ **(4 分)**

65. 单缝的宽度 $a = 0.4\mathrm{mm}$ ，缝后紧挨着的薄透镜焦距为 $f = 0.8\mathrm{m}$ 。一束波长为 λ=5000**Å** 的平行光垂直照射在该单缝上。求：(1) 中央明条纹的角宽度；(2) 如两相邻暗纹

中心的距离为1.0mm，求波长λ。

解 (1)中央明纹半角宽度 $\theta_1=\arcsin\dfrac{\lambda}{a}$，角宽度$2\theta_1=2\arcsin\dfrac{\lambda}{a}$,

由于$\dfrac{\lambda}{a}=\dfrac{5000\times10^{-10}}{0.4\times10^{-3}}=0.00125<<1$，故 $\theta_1\approx\dfrac{\lambda}{a}=0.00125\text{rad}$，$2\theta_1\approx0.0025\text{rad}$ (5分)

（2）暗纹的位置$x_k=f\tan\theta_k\approx f\sin\theta_k=f\,k\dfrac{\lambda}{a}$， $\Delta x=x_{k+1}-x_k=\dfrac{f\lambda}{a}$,

$$\lambda=\frac{a\Delta x}{f}=\frac{4\times10^{-4}\times1\times10^{-3}}{0.8}\text{m}=5\times10^{-7}\text{m}=5000\,\mathring{\text{A}}$$ （5分）