一 选择题 (共48分)

1. (本题 3分)(1817)

所谓“黑体”是指的这样的一种物体，即

(A) 不能反射任何可见光的物体.

(B) 不能发射任何电磁辐射的物体.

(C) 能够全部吸收外来的任何电磁辐射的物体.

(D) 完全不透明的物体. [ ]

2. (本题 3分)(4403)

绝对黑体是这样一种物体，它

(A) 不能吸收也不能发射任何电磁幅射.

(B) 不能反射也不能发射任何电磁辐射.

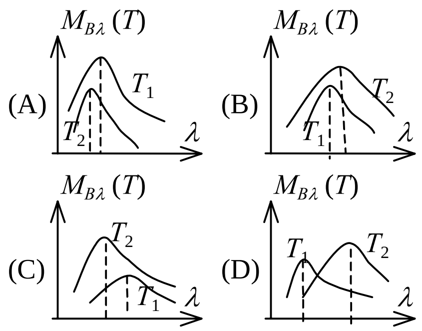
(C) 不能发射但能全部吸收任何电磁辐射.

(D) 不能反射但可以全部吸收任何电磁辐射. [ ]

3. (本题 3分)(4404)

下面四个图中，哪一个正确反映黑体单色辐出度 $M_{B\lambda}(T)$随λ 和 T 的变化关系，已知 $T_2 > T_1$.

[ ]



4. (本题 3分)(5810)

把表面洁净的紫铜块、黑铁块和铝块放入同一恒温炉膛中达到热平衡. 炉中这三块金属对红光的辐出度（单色辐射本领）和吸收比（单色吸收率）之比依次用 M_1 / a_1、M_2 / a_2和 M_3 / a_3表示，则有

(A) $\frac{M_1}{a_1} > \frac{M_2}{a_2} > \frac{M_3}{a_3}$.   (B) $\frac{M_2}{a_2} > \frac{M_1}{a_1} > \frac{M_3}{a_3}$.

(C) $\frac{M_3}{a_3} > \frac{M_2}{a_2} > \frac{M_1}{a_1}$.   (D) $\frac{M_1}{a_1} = \frac{M_2}{a_2} = \frac{M_3}{a_3}$. [ ]

5. (本题 3分)(1821)

黑体的温度 T 升高一倍，它的辐射出射度（总发射本领）增加

(A) 1 倍.   (B) 3 倍.

(C) 7 倍.   (D) 15 倍. [ ]

6. (本题 3分)(4406)

在加热黑体过程中，其最大单色辐出度（单色辐射本领）对应的波长由 0.8 μm 变到 0.4 μm，则其辐射出射度（总辐射本领）增大为原来的

(A) 2 倍.   (B) 4 倍.

(C) 8 倍.   (D) 16 倍. [ ]

7. (本题 3分)(4406)

在加热黑体过程中，其最大单色辐出度（单色辐射本领）对应的波长由 0.8 μm 变到 0.4 μm，则其辐射出射度（总辐射本领）增大为原来的

(A) 2 倍．　　(B) 4 倍．

(C) 8 倍．　　(D) 16 倍．　　[　　]

8. (本题 3分)(4985)

普朗克量子假说是为解释

(A) 光电效应实验规律而提出来的．

(B) X 射线散射的实验规律而提出来的．

(C) 黑体辐射的实验规律而提出来的．

(D) 原子光谱的规律性而提出来的．　　[　　]

9. (本题 3分)(4528)

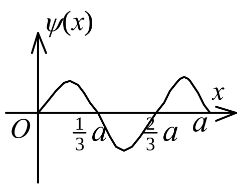
一维无限深方势阱中，已知势阱宽度为 a．应用测不准关系估计势阱中质量为 m 的粒子的零点能量为

(A) $\hbar/(ma^2)$．　　(B) $\hbar^2/(2ma^2)$．

(C) $\hbar^2/(2ma)$．　　(D) $\hbar/(2ma^2)$．　　[　　]

10. (本题 3分)(4205)

粒子在一维无限深方势阱中运动．下图为粒子处于某一能态上的波函数 $\psi(x)$ 的曲线．粒子出现概率最大的位置为



(A) $a/2$．

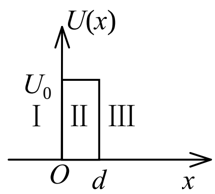
(B) $a/6$，$5a/6$．

(C) $a/6$，$a/2$，$5a/6$．

(D) 0，$a/3$，$2a/3$，a ．　　[　　]

11. (本题 3分)(1903)

一矩形势垒如图所示，设 U_0 和 d 都不很大．在 I 区中向右运动的能量为 E 的微观粒子，



(A) 如果 $E > U_0$，可全部穿透势垒 II 进入 III 区

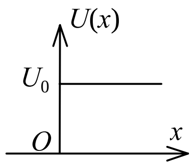
(B) 如果 $E < U_0$，都将受到 $x = 0$ 处势垒壁的反射，不可能进入 II 区．

(C) 如果 $E < U_0$，都不可能穿透势垒 II 进入 III 区．

(D) 如果 $E < U_0$，有一定概率穿透势垒 II 进入 III 区．　　[　　]

12. (本题 3分)(5814)

粒子在外力场中沿 x 轴运动，如果它在力场中的势能分布如附图所示，则对于能量为 $E > U_0$ 向右运动的粒子，



(A) 在 $x < 0$ 区域，只有粒子沿 x 轴正向运动的波函数；在 $x > 0$ 区域，波函数为零.

(B) 在 $x < 0$ 和 $x > 0$ 区域都只有粒子沿 x 轴正向运动的波函数.

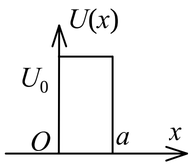
(C) 在 x <0 区域既有粒子沿 x 轴正向运动的波函数，也有沿 x 轴负方向运动的波函数；在 x >0 区域只有粒子沿 x 轴正向运动的波函数.

(D) 在 x <0 和 x >0 两个区域内都有粒子沿 x 轴正向和负向运动的波函数.

[　　]

13. (本题 3分)(5815)

粒子在外力场中沿 x 轴运动，如果它在力场中的势能分布如附图所示，对于能量为 $E < U_0$ 从左向右运动的粒子，若用 ρ_1、ρ_2、ρ_3 分别表示在 $x < 0$，$0 < x < a$，$x > a$ 三个区域发现粒子的概率，则有



(A) $\rho_1 \neq 0$，$\rho_2 = \rho_3 = 0$.

(B) $\rho_1 \neq 0$，$\rho_2 \neq 0$，$\rho_3 = 0$.

(C) $\rho_1 \neq 0$，$\rho_2 \neq 0$，$\rho_3 \neq 0$.

(D) $\rho_1 = 0$，$\rho_2 \neq 0$，$\rho_3 \neq 0$.

[　　]

14. (本题 3分)(4993)

量子力学得出，频率为 ν 的线性谐振子，其能量只能为

(A) $E = h\nu$.

(B) $E = nh\nu$，　($n = 0$，1，2，3……).

(C) $E = \frac{1}{2}nh\nu$，($n = 0$，1，2，3……).

(D) $E = (n+\frac{1}{2})h\nu$，　($n = 0$，1，2，3……).

[　　]

15. (本题 3分)(4216)

根据量子力学原理，氢原子中，电子绕核运动的动量矩 L 的最小值为

(A) 0.　　(B) $\hbar$.　　(C) $\hbar/2$.　　(D) $\sqrt{2}\hbar$.　　[　　]

16. (本题 3分)(5710)

若氢原子中的电子处于主量子数 $n = 3$ 的能级，则电子轨道角动量 L 和轨道角动量在外磁场方向的分量 L_z 可能取的值分别为

(A) $L = \hbar$，$2\hbar$，$3\hbar$；　$L_z = 0, \pm\hbar, \pm 2\hbar, \pm 3\hbar$.

(B) $L = 0$，$\sqrt{2}\hbar$，$\sqrt{6}\hbar$；　$L_z = 0, \pm\hbar, \pm 2\hbar$.

(C) $L = 0$，$\hbar$，$2\hbar$；　$L_z = 0, \pm\hbar, \pm 2\hbar$.

(D) $L = \sqrt{2}\hbar$，$\sqrt{6}\hbar$，$\sqrt{12}\hbar$；$L_z = 0, \pm\hbar, \pm 2\hbar, \pm 3\hbar$.

[　　]

二 填空题 (共98分)

17. (本题 3分)(1818)

用文字叙述热辐射的基尔霍夫定律的内容是：__________________________

____.

18. (本题 3分)(1822)

用文字叙述黑体辐射的斯特藩─玻尔兹曼定律的内容是：______________

____.

19. (本题 3分)(1823)

用文字叙述黑体辐射的维恩位移定律的内容是：_____________________

____.

20. (本题 3分)(1824)

一 100 W 的白炽灯泡的灯丝表面积为 5.3×10^{-5} m^2．若将点燃的灯丝看成是黑体，可估算出它的工作温度为___________________ .

（斯特藩─玻尔兹曼定律常数$\sigma = 5.67\times10^{-8}$ W/m$^2\cdot$K^4）

21. (本题 3分)(1826)

天狼星辐射波谱的峰值波长为 0.29 μm，若将它看成是黑体，则由维恩位移定律可以估算出它的表面温度为_________________. （维恩位移定律常数 $b = 2.897\times10^{-3}$ m$\cdot$K）

22. (本题 3分)(4407)

测量星球表面温度的方法之一，是把星球看作绝对黑体而测定其最大单色辐出度的波长λ_m，现测得太阳的$\lambda_{m1} = 0.55$ μm，北极星的$\lambda_{m2} = 0.35$ μm，则太阳表面温度 T_1 与北极星表面温度 T_2 之比 $T_1:T_2 =$__________________________.

23. (本题 3分)(4408)

当绝对黑体的温度从 27℃升到 327℃时，其辐射出射度（总辐射本领）增加为原来的_____________________________________倍.

24. (本题 3分)(4507)

某一恒星的表面温度为 6000 K，若视作绝对黑体，则其单色辐出度为最大值的波长为_____________________ .

（维恩定律常数 $b = 2.897\times10^{-3}$ m$\cdot$K ）

25. (本题 3分)(4508)

地球卫星测得太阳单色辐出度的峰值在 0.565μm 处，若把太阳看作是绝对黑体，则太阳表面的温度约为____________________K．

（维恩位移定律常数 $b = 2.897\times10^{-3}$ m·K）

26. (本题 3分)(5368)

若太阳（看成黑体）的半径由 R 增为 2 R，温度由 T 增为 2 T，则其总辐射功率为原来的____________倍．

27. (本题 5分)(4986)

普朗克的量子假说是为了解释_______________________的实验规律而提出来的．它的基本思想是____．

28. (本题 3分)(4988)

普朗克公式 $M_{B\lambda}(T)=\dfrac{2\pi hc^2\lambda^{-5}}{\exp[hc/(k\lambda T)]-1}$ 中，$M_{B\lambda}(T)$ [也可写作 $e_0(\lambda,T)$]的物理意义是：____．

29. (本题 5分)(5235)

波长为 0.400μm 的平面光波朝 x 轴正向传播．若波长的相对不确定量 $\Delta\lambda/\lambda=10^{-6}$，则光子动量数值的不确定量 $\Delta p_x=$____________________________________，而光子坐标的最小不确定量 $\Delta x=$____________________________．

（普朗克常量 $h\approx 6.63\times10^{-34}$ J·s）

30. (本题 5分)(4204)

粒子在一维无限深方势阱中运动（势阱宽度为 a），其波函数为

$$\psi(x)=\sqrt{\frac{2}{a}}\sin\frac{3\pi x}{a}\qquad(0<x<a),$$

粒子出现的概率最大的各个位置是 $x=$____________________．

31. (本题 5分)(4990)

量子力学中的隧道效应是指____

____．这种

效应是微观粒子____________________________的表现．

32. (本题 4分)(4991)

根据量子力学，粒子能透入势能大于其总能量的势垒，当势垒加宽时，贯穿系数__________；当势垒变高时，贯穿系数____________．（填入：变大、变小或不变）

33. (本题 4分)(4992)

隧道效应是微观粒子具有______________性的必然表现，已被大量实验所证实．原子核的______________衰变，就是隧道效应的典型例证．

34. (本题 4分)(1904)

频率为ν的一维线性谐振子的量子力学解，其能量由下式给出：____________

________________________，其中最低的量子态能量为__________________，称为“零点能”．

35. (本题 4分)(4994)

按照普朗克能量子假说，频率为ν 的谐振子的能量只能为____________；

而从量子力学得出，谐振子的能量只能为__________________________．

36. (本题 4分)(5816)

按照量子力学，一维线性谐振子的能量是量子化的，能级公式是__________

____，量子力学的结果与普朗克引入量子化概念时关于谐振子的能量假设的不同点是______________________________

________________________．

37. (本题 3分)(4217)

根据量子力学原理，当氢原子中电子的动量矩$L=\sqrt{6}\hbar$时，L在外磁场方向上的投影L_z可取的值分别为___________________________．

38. (本题 4分)(5236)

量子力学得出：若氢原子处于主量子数 $n = 4$ 的状态，则其轨道角动量（动量矩）可能取的值（用 $\hbar$ 表示）分别为________________；对应于 $l = 3$ 的状态，氢原子的角动量在外磁场方向的投影可能取的值分别为

________________.

39. (本题 4分)(5817)

按照量子力学计算：

(1) 氢原子中处于主量子数 $n = 3$ 能级的电子，轨道动量矩可能取的值分别为________________$\hbar$.

(2) 若氢原子中电子的轨道动量矩为 $\sqrt{12}\hbar$，则其在外磁场方向的投影可能取的值分别为________________$\hbar$.

40. (本题 4分)(1907)

原子序数 $Z = 6$ 的碳原子，它在基态的电子组态为__________；原子序数 $Z = 14$ 的硅原子，它在基态的电子组态为____________.

41. (本题 4分)(4999)

当原子（包括多电子原子）受激发发光时，它们发射的原子光谱中光学光谱对应于________电子的跃迁，X 光谱对应于______电子的跃迁.

42. (本题 3分)(8038)

为了表征原子的电子结构，常把电子所分布的壳层符号及壳层上电子的数目组合起来称为电子组态．那么，对于原子序数 $Z = 20$ 的钙原子，当它处于基态时其电子组态应表示为________________.

43. (本题 3分)(8039)

有一种原子，在基态时 $n = 1$ 和 $n = 2$ 的主壳层都填满电子，3s 次壳层也填满电子，而 3p 壳层只填充一半．这种原子的原子序数是____.

三 计算题 (共143分)

44. (本题 5分)(1828)

某黑体在加热过程中，其单色辐出度的峰值波长由 0.69 μm 变化到 0.50 μm，问其辐射出射度增加为多少倍？

45. (本题 5分)(1829)

恒星表面可看作黑体．测得北极星辐射波谱的峰值波长 λ_m =350nm(1nm=10^{-9}m)，试估算它的表面温度及单位面积的辐射功率.

（$b = 2.897\times10^{-3}$ m·K，　$\sigma = 5.67\times10^{-8}$ W/(m^2·K^4)）

46. (本题 5分)(1830)

一黑体在某一温度时的辐射出射度为 5.7×10^4 W/m^2，试求该温度下辐射波谱的峰值波长 λ_m.

（$b = 2.897\times10^{-3}$ m·K,　$\sigma = 5.67\times10^{-8}$ W/(m^2·K^4)）

47. (本题 5分)(1831)

已知垂直射到地球表面每单位面积的日光功率（称太阳常数）等于 1.37×10^3 W/m^2.

(1) 求太阳辐射的总功率.

(2) 把太阳看作黑体，试计算太阳表面的温度.

（地球与太阳的平均距离为 1.5×10^8 km，太阳的半径为 6.76×10^5 km，σ = 5.67×10^{-8} W/(m^2·K^4)）

48. (本题 5分)(1831)

已知垂直射到地球表面每单位面积的日光功率（称太阳常数）等于 1.37×10^3 W/m^2.

(1) 求太阳辐射的总功率.

(2) 把太阳看作黑体，试计算太阳表面的温度.

（地球与太阳的平均距离为 1.5×10^8 km，太阳的半径为 6.76×10^5 km，σ = 5.67×10^{-8} W/(m^2·K^4)）

49. (本题 5分)(4409)

用辐射高温计测得炼钢炉口的辐射出射度为 22.8 W·cm^{-2}，试求炉内温度.

（斯特藩常量 $\sigma = 5.67\times10^{-8}$ W/(m^2·K^4)）

50. (本题 5分)(5707)

若一空腔辐射器的小孔的单位面积上辐射出的功率为 M = 20 W/cm^2 求空腔内的温度 T 和单色辐出度极大值所对应的波长 λ_m.

（斯特藩——玻尔兹曼常数 $\sigma = 5.67\times10^{-8}$ W/(m^2·K^4)，维恩位移定律中的常量 $b = 2.897\times10^{-3}$ m·K ）

51. (本题 5分)(1832)

对于动能是 1 KeV 的电子，要确定其某一时刻的位置和动量，如果位置限制在 10^{-10} m 范围内，试估算其动量不确定量的百分比.

($h = 6.63\times10^{-34}$ J·s，$m_e = 9.11\times10^{-31}$ kg)

52. (本题 5分)(1832)

对于动能是 1 KeV 的电子，要确定其某一时刻的位置和动量，如果位置限制在 10^{-10} m 范围内，试估算其动量不确定量的百分比.

($h = 6.63\times10^{-34}$ J·s，$m_e = 9.11\times10^{-31}$ kg)

53. (本题 5分)(1832)

对于动能是 1 KeV 的电子，要确定其某一时刻的位置和动量，如果位置限制在 10^{-10} m 范围内，试估算其动量不确定量的百分比．

(h = 6.63×10^{-34} J·s，m_e = 9.11×10^{-31} kg)

54. (本题 5分)(1833)

一质量为 m 的微观粒子被约束在长度为 L 的一维线段上，试根据不确定关系式估算该粒子所具有的最小能量值，并由此计算在直径为 10^{-14} m 的核内质子或中子的最小能量．

(h = 6.63×10^{-34} J·s，m_p = 1.67×10^{-27} kg)

55. (本题10分)(1834)

一电子处于原子某能态的时间为 10^{-8} s，计算该能态的能量的最小不确定量．设电子从上述能态跃迁到基态所对应的光子能量为 3.39 eV，试确定所辐射的光子的波长及此波长的最小不确定量．(h = 6.63×10^{-34} J·s)

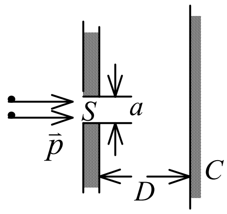
56. (本题 5分)(4989)

利用不确定关系式 $\Delta x \Delta p_x \geq h$，估算在直径为 $d = 10^{-14}$ m 的核内的质子最小动能的数量级．

（质子的质量 m =1.67×10^{-27} kg，普朗克常量 h =6.63×10^{-34} J·s ）

57. (本题10分)(5709)

动量为 $\bar{p}$ 的原子射线垂直通过一个缝宽可以调节的狭缝 S，与狭缝相距 D 处有一接收屏 C，如图．试根据不确定关系式求狭缝宽度 a 等于多大时接收屏上的痕迹宽度可达到最小．



58. (本题 5分)(1901)

试求出一维无限深方势阱中粒子运动的波函数

$$\psi_n(x) = A\sin\frac{n\pi}{a}x \qquad (n = 1, 2, 3, \cdots)$$

的归一化形式．式中 a 为势阱宽度．

59. (本题 5分)(1902)

已知粒子处于宽度为 a 的一维无限深方势阱中运动的波函数为

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}}\sin\frac{n\pi x}{a} \quad , \quad n = 1, 2, 3, \cdots$$

试计算 $n = 1$ 时，在 $x_1 = a/4 \to x_2 = 3a/4$ 区间找到粒子的概率．

60. (本题 8分)(4775)

一维无限深方势阱中的粒子，其波函数在边界处为零，这种定态物质波相当于两端固定的弦中的驻波，因而势阱的宽度 a 必须等于德布罗意波半波长的整数倍。试利用这一条件求出能量量子化公式

$$E_n = \frac{h^2}{8ma^2}n^2$$

61. (本题10分)(5245)

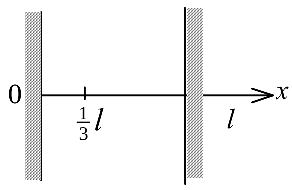
设质量为 m 的非相对论粒子只能在 $0 < x < a$ 的区域内自由运动．在 $0 < x < a$ 的区域内粒子的势能 $V(x) = 0$；在 $x \leqslant 0$ 和 $x \geqslant a$ 区域 $V(x) = \infty$．试应用驻波的概念推导出粒子的能量公式．

62. (本题12分)(5813)

质量为 m 的粒子在外力场中作一维运动，外力场的势能分布为：在 $0 < x < a$ 区域 $U = 0$；在 $x \leqslant 0$ 和 $x \geqslant a$ 区域 $U = \infty$，即粒子只能在 $0 < x < a$ 的区域内自由运动，求粒子的能量和归一化的波函数．

63. (本题 8分)(5371)

一粒子被限制在相距为 l 的两个不可穿透的壁之间，如图所示．描写粒子状态的波函数为 $\psi = cx(l-x)$，其中 c 为待定常量．求在 $0\sim\frac{1}{3}l$ 区间发现该粒子的概率．



64. (本题 5分)(1905)

一弹簧振子，振子质量 $m = 10^{-3}$ kg，弹簧的劲度系数 $k_m = 10\ \mathrm{N\cdot m^{-1}}$．设它作简谐振动的能量等于 kT（k 为玻尔兹曼常量），$T = 300$ K．试按量子力学结果计算此振子的量子数 n，并说明在此情况下振子的能量实际上可以看作是连续改变的．

$(k = 1.38\times10^{-23}\ \mathrm{J\cdot K^{-1}},\quad h = 6.63\times10^{-34}\ \mathrm{J\cdot s})$

65. (本题 5分)(4995)

已知线性谐振子处在第一激发态时的波函数为

$$\psi_1 = \sqrt{\frac{2\alpha^3}{\pi^{1/2}}}\,x\exp(-\frac{\alpha^2x^2}{2})$$

式中α 为一常量．求第一激发态时概率最大的位置．

66. (本题 5分)(1906)

已知氢原子的核外电子在 1s 态时其定态波函数为

$$\psi_{100} = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}}\mathrm{e}^{-r/a}$$

式中 $a = \dfrac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m_e e^2}$．试求沿径向找到电子的概率为最大时的位置坐标值．

$(\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}\ \mathrm{C^2\cdot N^{-1}\cdot m^{-2}}$，$h = 6.626\times10^{-34}\ \mathrm{J\cdot s}$，$m_e = 9.11\times10^{-31}$ kg，$e = 1.6\times10^{-19}$ C)

四 理论推导与证明题 (共10分)

67. (本题 5分)(5811)

试从普朗克黑体辐射公式［式中 $M_{B\lambda}(T)$ 为绝对黑体的单色辐出度或单色辐射本领］

$$M_{B\lambda}(T)=\frac{2\pi hc^2\lambda^{-5}}{\exp(\frac{hc}{\lambda kT})-1}$$

导出维恩位移定律,并由此算出维恩位移定律中的常数(已知方程 $5e^x-xe^x-5=0$ 的解 $x=4.965$).

(玻尔兹曼常量 $k=1.38\times10^{-23}\ \mathrm{J\cdot K^{-1}}$, 普朗克常量 $h=6.63\times10^{-34}\ \mathrm{J\cdot s}$
真空中光速 $c=2.998\times10^{8}\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$)

68. (本题 5分)(5812)

试从普朗克黑体辐射公式［式中 $M_{B\lambda}(T)$为绝对黑体的单色幅出度或单色发射本领］

$$M_{B\lambda}(T)=\frac{2\pi hc^2\lambda^{-5}}{\exp(\frac{hc}{\lambda kT})-1}$$

导出斯特藩——玻尔兹曼定律，并由此确定普朗克常量 h 的值．已知定积分 $\int_0^{\infty}\frac{x^3}{e^x-1}\,dx=6.494$.

(斯特藩—玻尔兹曼常数 $\sigma=5.67\times10^{-8}\ \mathrm{W/(m^2\cdot K^4)}$
玻尔兹曼常量 $k=1.38\times10^{-23}\ \mathrm{J\cdot K^{-1}}$)

五 错误改正题 (共 5分)

69. (本题 5分)(1819)

黑体的单色吸收率恒等于 1，表示它能够全部吸收外来的各种波长的辐射能而没有反射．因此，黑体的温度将会无限制地升高．这一结论错在何处.

六 回答问题 (共15分)

70. (本题 5分)(4410)

什么是绝对黑体？绝对黑体是否在任何温度下都是黑色的？

71. (本题 5分)(4964)

根据薛定谔方程解出的氢原子角动量量子化条件与玻尔理论的量子化条件有何区别？

72. (本题 5分)(8001)

什么是 X 射线的韧致辐射和标识辐射？