No.: Date:

第二十五章：量子物理学（2003年－2017年）

选择题

① C

② $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\frac{hc}{E_2}}{\frac{hc}{E_1}} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{-5.5e+10.4e}{-1.6e+10.4e} = 0.56$

$E = hf$, $E = \frac{hc}{\lambda}$, $\lambda = \frac{hc}{E}$

A

③ $E = \frac{1}{2}mv^2$

$120e = \frac{1}{2}m_e v^2$

$v = 6.5\times10^6 ms^{-1}$

$p = \frac{h}{\lambda}$, $mv = \frac{h}{\lambda}$, $6.5\times10^6 m_e = \frac{h}{\lambda}$

$\lambda = 1.12\times10^{-10} m$ #

C

④ $h\gamma_3 = h\gamma_1 + h\gamma_2$

$\gamma_3 = \gamma_1 + \gamma_2$ #

$\frac{c}{\lambda_3} = \frac{c}{\lambda_1} + \frac{c}{\lambda_2}$

$\frac{1}{\lambda_3} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2}$ #

B

⑤ A

⑥ $mvr = h\left(\frac{h}{2\pi}\right)$

$v = \frac{nh}{2\pi mr}$

$\frac{mv^2}{r} = k\frac{q_1q_2}{r^2}$

$m\left(\frac{nh}{2\pi mr}\right)^2 = k\frac{e^2}{r^2}$

$\frac{mn^2h^2}{4\pi^2m^2r^2} = k\frac{e^2}{r^2}$

⑦ D

⑧ $hf = E_{kmax} + W_0$

$hf = E + W_0$

$E = hf - W_0$

$hf = E_{kmax} + W_0$

$2hf = E_{kmax} + W_0$

$E_{kmax} = 2hf - W_0$

$\frac{E_{kmax}}{E} = \frac{2hf - W}{hf - W}$

$E_{kmax} = \frac{2hf - W}{hf - W}E$

B

⑨ $E_L - E_k = \frac{hc}{\lambda}$

$(-3.26 + 23.52)ke = \frac{h\times3\times10^8}{\lambda}$

$\lambda \sim 6.12\times10^{-11} m$ #

D

⑩ B

⑪ C

⑫ $p = \frac{h}{\lambda}$

$mv = \frac{h}{\lambda}$

$50\times30 = \frac{h}{\lambda}$

$\lambda = 4.42\times10^{-37} m$

B

⑬ B

⑭ $\frac{m_x}{m_y} = \frac{1}{2}$, $\frac{q_x}{q_y} = \frac{4}{1}$

$\frac{\frac{1}{2}m_xv_x^2}{\frac{1}{2}m_yv_y^2} = \frac{q_xV}{q_yV}$

$\frac{1}{2}\left(\frac{v_x}{v_y}\right)^2 = \frac{4}{1}$

$\frac{v_x}{v_y} = \sqrt{8}$

$\frac{p_x}{p_y} = \frac{\frac{h}{\lambda_x}}{\frac{h}{\lambda_y}}$

$\frac{m_xv_x}{m_yv_y} = \frac{\lambda_y}{\lambda_x}$

$\frac{1}{2}\times\sqrt{8} = \frac{\lambda_y}{\lambda_x}$

$\frac{\lambda_x}{\lambda_y} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

C

(15) $hf = E_{kmax} + W_o$

$\frac{hc}{\lambda} = 0 + W_o$

$\frac{h \times 3\times10^8}{\lambda} = 2.2e$

$\lambda = 5.64\times10^{-7}\,m$ #

A

(16) $qV_s = E_{kmax}$

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

$eV_s = \frac{1}{2}\times m_e \times (6\times10^5)^2$

$V_s = 1.02V$ #

B

(17) $p = \frac{h}{\lambda}$ $\quad c = f\lambda$

$p = \frac{hf}{c}$ # $\quad \lambda = \frac{c}{f}$

A

(18) $hf = E_{kmax} + W_o$

$hf = E_{kmax} + hf_o$

$E_{kmax} = h(f - f_o)$

$eV_s = h(f - f_o)$

$V_s = \frac{h}{e}(f - f_o)$

B

(19) 最长的波长表示能量最小 $(E_3 - E_2)$

$E_3 - E_2 = \frac{hc}{\lambda}$

$\frac{-13.6e}{3^2} + \frac{13.6e}{2^2} = \frac{h\times3\times10^8}{\lambda}$

$\lambda = 6.57\times10^{-7}\,m$ #

C

(20) $n=4$ 去到 $n=2$

$E_4 - E_2 = \frac{hc}{\lambda}$

$-0.85e + 3.4e = \frac{h\times3\times10^8}{\lambda}$

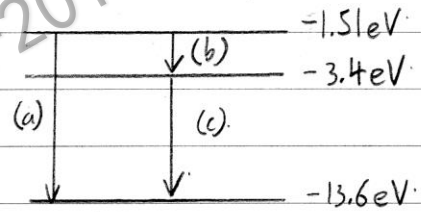
$\lambda = 4.87\times10^{-7}\,m / 487\,nm$

B

(21) $E_3 = -1.51eV$

$E_2 = \frac{-13.6eV}{2^2} = -3.4eV$

$E_1 = -13.6eV$



(a) 12.09 eV

(b) 1.89 eV

(c) 10.2 eV

B

(22) A

(23) $E_3 = \frac{-13.6e}{3^2} = -1.51eV$

$E_2 = \frac{-13.6e}{2^2} = -3.4eV$

$E_1 = -13.6eV$

$E_3 - E_1 = -1.51e + 13.6e$

$E = 12.09e$

$E_3 - E_2 = -1.51e + 3.4e$

$= 1.89e$

$= 0.156E$

C

作答题

(1) (a) (i) 4.68 V #

(ii) $E_{kmax} = eV_s$

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

$\frac{1}{2}m_e v^2 = e\times1.68$

$V = 7.69\times10^5\,ms^{-1}$

(iii) $hf = E_{kmax} + W_o$

$\frac{hc}{\lambda} = \frac{1}{2}mv^2 + W_o$

$\frac{h \times 3\times10^8}{565\times10^{-9}} = \frac{1}{2} m_e \times (7.69\times10^5)^2 + W_o$

$W_o = 8.27\times10^{-20}\,J$

(b)(i) $p = \frac{h}{\lambda}$

$mv = \frac{h}{\lambda}$

$\lambda = \frac{h}{mv}$

在日常生活中，由于宏观物体的质量比微观粒子大很多，所以其物质波长太短，难以观察。

(ii) $u = 0$ $\quad v^2 = u^2 + 2as$

$a = -9.8$ $\quad v^2 = 0^2 + 2\times-9.8\times-50$

$s = -50$ $\quad v = 31.3\ ms^{-1}$

$v = ?$

$p = \frac{h}{\lambda}$

$mv = \frac{h}{\lambda}$

$0.2\times31.3 = \frac{h}{\lambda}$

$\lambda = 1.06\times10^{-34}\,m$ ✱

③(a) 当光照射于一金属表面而使其表面释放出电子的现象，称为光电效应。

(b) $hf = E_{kmax} + W_o$

式中 E_{kmax} 为电子的最大动能，hf 为光子的能量，W_o 为逸出功。

上式公式说明照射光子的能量 hf，是等于光子的最大初动能 E_{kmax} 与电子克服分子力时消耗的能量 W_o（逸出功）之和，所以它遵守能量守恒定律。

(c)(i) $hf = E_{kmax} + W_o$

$\frac{hc}{\lambda} = 0 + W_o$

$\frac{h\times3\times10^8}{\lambda} = 2.22e$

$\lambda = 5.59\times10^{-7}\,m \,/\, 559\,nm$ ✱

(ii) $\frac{hc}{\lambda} = E_{kmax} + W_o$

$\frac{h\times3\times10^8}{4\times10^{-7}} = \frac{1}{2}m_e v^2 + 2.22e$

$v = 5.57\times10^5\,ms^{-1}$ ✱

(iii) $\frac{1}{2}mv^2 = eV_s$

$\frac{1}{2}\times m_e \times (5.57\times10^5)^2 = eV_s$

$V_s = 0.882V$ ✱

③(i) $E_3 - E_1 = \frac{-13.6e}{3^2} + \frac{13.6e}{1^2}$

$= 12.1eV \,/\, 1.94\times10^{-18}\,J$ ✱

(iii) $E = \frac{hc}{\lambda}$

$12.1e = \frac{1240e\times10^{-9}}{\lambda}$

$\lambda = 1.03\times10^{-7} \,/\, 103\,nm.$

(ii) $P = \frac{h}{\lambda}$

$= \frac{h}{1.03\times10^{-7}}$

$= 6.46\times10^{-27}\,kgms^{-1}$ ✱

④(a)(i) hf：照射光中每一光子的能量，式中 h 为普朗克常数，f 为光的频率。

$\frac{1}{2}mv^2$：所释出光电子的最大动能，式中 m 为光电子的质量，而 v 为其最大的速率

W_o：被照射的金属片之逸出功。

(ii) 此方程式所代表的物理意义是能量守恒。它来自对光的粒子性的考量。金属表面的电子吸收光子的能量后，

部分用来克服原子核对电子的束缚所需作的功，剩下的就是电子的最大初动能。

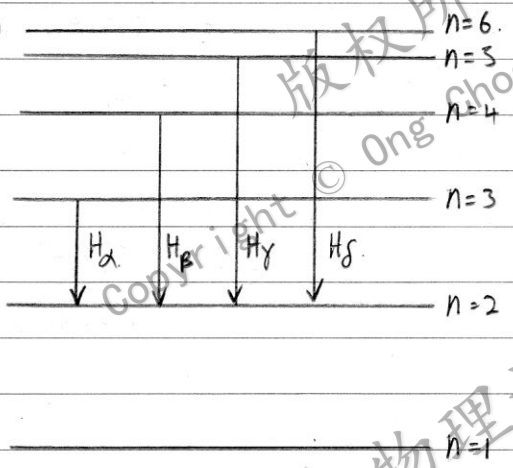
(b) 电子要从金属表面逃脱出来必须克服原子核对电子的束缚而做功，此功会相对一个最小频率光子的能量。此频率称为临界频率。

(c) $hf = E_{kmax} + W_0$

$h \times 7.2\times10^{14} = 1.8\times10^{-19} + W_0$

$W_0 = 1.85\,eV$ #

⑤ (a)



(b) (i) $\frac{mv^2}{r} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

$r = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 m v^2}$

$= \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 m v^2}$

$mvr = \frac{nh}{2\pi}$

$mv\left(\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 mv^2}\right) = \frac{nh}{2\pi}$

$\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 v} = \frac{3h}{2\pi}$

$v = 7.29\times10^5\,ms^{-1}$ #

(ii) 最短的辐射波长，能量最大（从 n=3 到 n=1）

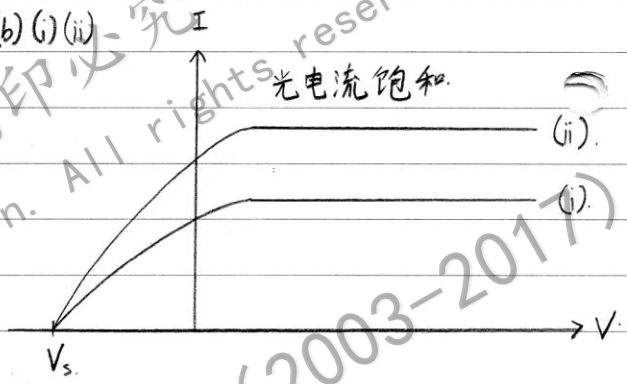
$E_3 - E_1 = \frac{hc}{\lambda}$

$-\frac{13.6e}{3^2} + 13.6e = \frac{hc}{\lambda}$

$\lambda = 1.03\times10^{-7}\,m$ #

⑥ (a) 因为频率较高的紫外线具有的能量比可见光的能量更大，可以破坏皮肤表面的细胞。光的强度表示单位时间有多少个光子到达单位面积的皮肤表面，只要能量不够就不会对细胞造成伤害。

(b) (i)(ii)



(iii) 从 I-V 图中可直接从 V 轴上的截距，即得遏止电压，V_s

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

$v = \sqrt{\frac{2eV_s}{m_e}}$ #

(c) $P = \frac{E}{t}$

$P = \frac{nhf}{t}$

$60 = \frac{n}{t} \times h \times \frac{3\times10^8}{630\times10^{-9}}$

$\frac{n}{t} = 1.90\times10^{20}$

$I = \frac{Q}{t}$

$= \frac{nQ}{t}$

$= 1.90\times10^{20} \times e \times \frac{2}{100}$

$= 0.609\,A$ #

⑦ (a)(i) 电子具有粒子及波动的性质。

(ii) $p_e = \frac{h}{\lambda}$

$= \frac{h}{0.1\times10^{-9}}$

$= 6.63\times10^{-24}\ kgms^{-1}$ #

$E_e = \frac{1}{2}m_e v^2$

$= \frac{1}{2}\frac{p^2}{m_e}$

$= \frac{1}{2}\times\frac{(6.63\times10^{-24})^2}{m_e}$

$= 2.41\times10^{-17}\ J$ #

$p_f = \frac{h}{\lambda}$

$= \frac{h}{0.1\times10^{-9}}$

$= 6.63\times10^{-24}\ kgms^{-1}$ #

$E_f = \frac{hc}{\lambda}$

$= \frac{h\times3\times10^8}{0.1\times10^{-9}}$

$= 1.99\times10^{-15}\ J$ #

(b)(i) 光照或用高速的微粒碰撞

(ii) 需要吸收的能量 $= E_5 - E_1$

$= \frac{-13.6e}{5^2} + \frac{13.6e}{1^2}$

$= 2.09\times10^{-18}\ J$ #

/ 13.056 eV

(iii) $n=5 \longrightarrow n=1$

$hf = E_5 - E_1$

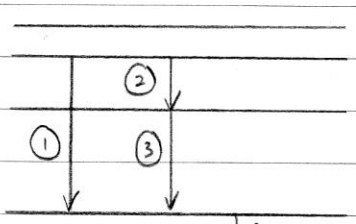
$hf = \frac{-13.6e}{5^2} + 13.6e$

$f = 3.16\times10^{15}\ Hz$ (紫外线区)

(iv) 当氢原子从 $n=3, 4, 5$ 能量级直接迁到 $n=2$ 能量级时，可辐射可见光。

⑧ (a)(i) 13.6 eV

(ii)



$E_3 - E_2 = \frac{hc}{\lambda}$

$-1.5e + 3.4e = \frac{h\times3\times10^8}{\lambda}$

$\lambda = 6.53\times10^{-7}\ m$ / 653 nm #

(b)(i) 按波动理论，如果入射光较弱，照射的时间要长一些，金属中的电子才能积累足够的能量，飞出金属表面。

或

按波动理论，入射光强越大，光能越大，飞出的光电子初动能就应越大。

或

按波动理论，光强越大，光能越大，就应该能发生光电效应，不受光波长影响。

(ii) "-5V" 为遏止电压，是加在光电管的反向电压，使电子无法达到正极。

(iii) $hf = E_{kmax} + W_0$

$\frac{hc}{\lambda} = eV_s + hf_0$

$\frac{h\times3\times10^8}{\lambda} = e\times5 + h\times5.6\times10^{14}$

$\lambda = 1.70\times10^{-7}\ m$ / 170 nm #

⑨ (a) 光电效应

(b)(i)(ii)(iii) 看 Graph paper

(c) $hf = E_{kmax} + W_0$

$hf = eV_s + W_0$

$h\times1.5\times10^{15} = eV_s + 4.75\times10^{-19}$

$V_s = 3.24\ V$ #

(d) 看 Graph paper

⑩ (a) 光照在金属表面，由金属表面逸出电子的现象。

(b)(i) $hf = E_{kmax} + W_0$

$\frac{hc}{\lambda} = E_{kmax} + W_0$

$\frac{h \times 3\times10^8}{280\times10^{-9}} = E_{kmax} + 3.34e$

$E_{kmax} = 1.75\times10^{-19}\,J$ #

$I = \frac{Q}{t}$

$I = \frac{ne}{t}$

$0.4\times10^{-3} = \frac{n}{t}e$

$\frac{n}{t} = 2.5\times10^{15}$ 个光电子 #

(ii) $E = \frac{hc}{\lambda}$

$= \frac{h \times 3\times10^8}{400\times10^{-9}}$

$= 4.97\times10^{-19}\,J / 3.1eV$ #

入射光的能量小于逸出功，不能产生光电效应。

(c) 光子的能量，$E = \frac{hc}{\lambda}$

$= \frac{h\times3\times10^8}{5\times10^{-7}}$

$= 3.98\times10^{-19}\,J$ #

光电子的能量，$E = \frac{p^2}{2m}$

$= \frac{1}{2m}\times\frac{h^2}{\lambda^2}$

$= \frac{1}{2m_e}\times\frac{h^2}{(5\times10^{-7})^2}$

$= 9.64\times10^{-25}\,J$ #

∴ 光子及光电子的能量不同.

(11)(i) $qV = \frac{1}{2}mv^2$

$2Se = \frac{1}{2}m_e v^2$

$v = 2.97\times10^6\,ms^{-1}$

$p = \frac{h}{\lambda}$

$m_e v = \frac{h}{\lambda}$

$2.97\times10^6 m_e = \frac{h}{\lambda}$

$\lambda = 2.45\times10^{-10}\,m$ #

(ii) $\lambda = \frac{a\Delta x}{D}$

$2.45\times10^{-10} = \frac{50\times10^{-6}\Delta x}{1}$

$\Delta x = 4.91\times10^{-6}\,m$ #

(iii) $d\sin\theta = m\lambda$

$\frac{1\div1000}{10\times10000}\sin\theta = 5\times2.45\times10^{-10}$

$\theta = 7.04°$ #

(12)(a) $hf = E_{kmax} + W_0$

入射光子的能量等于金属板发射出的光电子的动能与金属板的逸出功之和。

(b)(i) $Bqv = \frac{mv^2}{r}$

$3.8\times10^{-3}\times e = \frac{m_e v}{0.03}$

$v = 2.01\times10^7\,ms^{-1}$ #

(ii) $p = mv$

$= m_e \times 2.01\times10^7$

$= 1.83\times10^{-23}\,kgms^{-1}$ #

$p = \frac{h}{\lambda}$

$1.83\times10^{-23} = \frac{h}{\lambda}$

$\lambda = 3.63\times10^{-11}\,m$ #

(iii) $hf = E_{kmax} + W_0$

$\frac{hc}{\lambda} = \frac{1}{2}mv^2 + W_0$

$\frac{h\times3\times10^8}{1.6\times10^{-11}} = \frac{1}{2}\times m_e\times(2.01\times10^7)^2 + W_0$

$W_0 = 1.22\times10^{-14}\,J$ #

(13)(i) $eV = \frac{1}{2}mv^2$

$e\times3.2 = \frac{1}{2}\times m_e v^2$

$v = 1.06\times10^6\,ms^{-1}$ #

(ii) $hf = E_{kmax} + W_o$

$hf = eV + W_o$

$h \times 1.2 \times 10^{15} = e \times 3.2 + W_o$

$W_o = 2.82 \times 10^{-19}\ J$ #

(14) (i) $E_2 - E_1 = hf$

$\frac{-13.6e}{2^2} + 13.6e = hf$

$f = 2.47 \times 10^{15}\ Hz$

(ii) 总能量 = 动能 + 势能

$\frac{-13.6e}{2^2} = \frac{1}{2}mv^2 - 1.08 \times 10^{-18}$

$V = 1.08 \times 10^6\ ms^{-1}$ #

(15) (a) $c = f\lambda$

$3 \times 10^8 = 8.1 \times 10^{14}\lambda$

$\lambda = 3.70 \times 10^{-7}\ m$ #

$W_o = hf$

$= h \times 8.1 \times 10^{14}$

$= 5.37 \times 10^{-19}\ J$ #

(b) $hf = E_{kmax} + W_o$

$h \times 1.5 \times 10^{15} = \frac{1}{2}m_e V^2 + 5.37 \times 10^{-19}$

$V = 1 \times 10^6\ ms^{-1}$ #

(c) $p = mV$

$= m_e \times 1 \times 10^6$

$= 9.13 \times 10^{-25}\ kgms^{-1}$ #

$p = \frac{h}{\lambda}$

$9.13 \times 10^{-25} = \frac{h}{\lambda}$

$\lambda = 7.26 \times 10^{-10}\ m$ #

(d) $I = \frac{Q}{t}$

$I = \frac{ne}{t}$

$= 1.25 \times 10^{17} \times e$

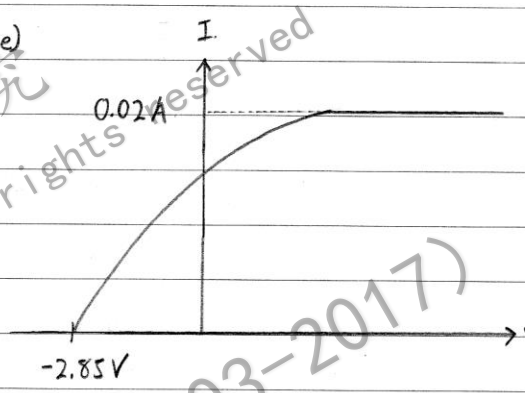
$= 0.02A$ #

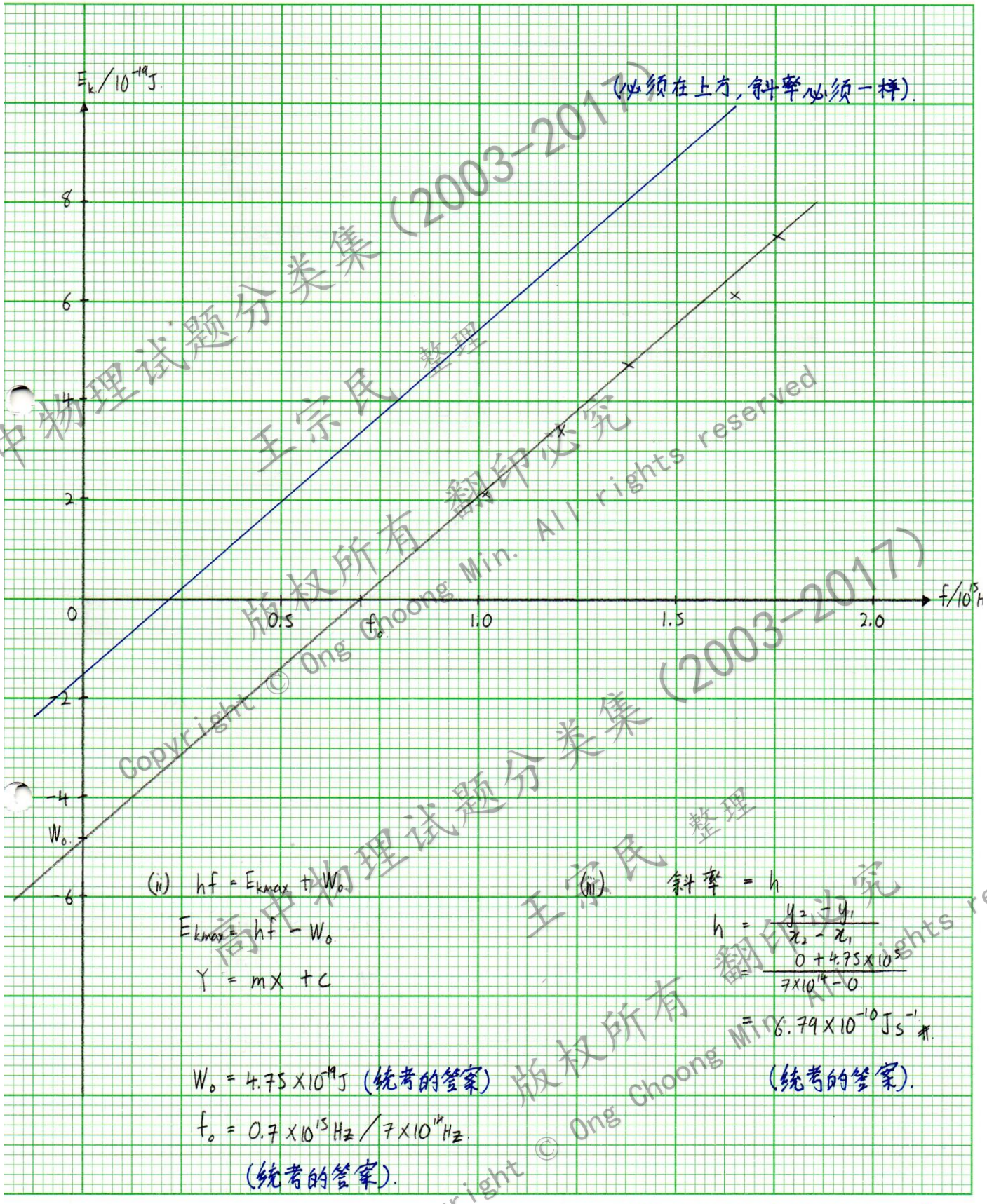
$hf = E_{kmax} + W_o$

$h \times 1.5 \times 10^{15} = eV_s + 5.37 \times 10^{-19}$

$V_s = 2.85V$ #

(e)





(ii) $hf = E_{kmax} + W_0$

$E_{kmax} = hf - W_0$

$Y = mX + C$

$W_0 = 4.75 \times 10^{-19}$ J (统考的答案)

$f_0 = 0.7 \times 10^{15}$ Hz / 7×10^{14} Hz.

(统考的答案).

(iii) 斜率 = h

$$h = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{0 + 4.75 \times 10^{-5}}{7 \times 10^{14} - 0}$$

$= 6.79 \times 10^{-10}$ J s^{-1}.

(统考的答案).