

第2章习题答案

1. BCE; 2. ACE; 3. A; 4. B; 5. A; 6. B;

7. 这与 X 射线连续谱和标识谱产生的机制有关。X 射线连续谱是阴极电子被高压加速后受靶原子核强电场的作用而减速产生的光谱，由于电子损失能量不同，因此会产生连续谱，连续谱的最短波长与加速电压有关。标识谱是靶原子内层电子退激发产生的光谱，与靶原子的能级有关，因此与靶材料有关。

8. 电子的动能为 $1/2m_0v^2=63.87 \text{ keV}$ ，（由 $m_0c^2=511 \text{ keV}$ 可知能量单位换算关系），当动能全部转换成辐射能时，得到 X 射线谱的最短波长和最大光子能量，即 $1.24/63.87 \text{ nm}=0.019 \text{ nm}$ 和 63.87 keV 。

9. 根据 $I = I_0 e^{-\mu x}$ ， $u = u_\rho \rho$ ， $x = \ln(100)/u$ ，则 Al 板、Cu 板或 Pb 板厚度分别为 10.03 cm ， 1.11 cm 和 0.07 cm 。

10. 首先由 $u = u_\rho \rho$ 计算出线衰减系数 u ，然后根据 $I = I_0 e^{-\mu x}$ ，当 $I = 1/2I_0$ 时，得到半价层 $\text{HVL} = \ln 2/u = 0.693/u$ ，从而得到下表。

光子能量 (keV)	铝		铜	
	$\frac{\mu}{\rho} (\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1})$	HVL (mm)	$\frac{\mu}{\rho} (\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1})$	HVL (mm)
10	26.2	0.098	224.2	0.00345
15	7.90	0.326	74.1	0.0105
20	3.39	0.760	33.7	0.023
30	1.12	2.30	10.9	0.071
40	0.565	4.56	4.88	0.159
50	0.367	7.02	2.61	0.297
60	0.277	9.30	1.60	0.485
80	0.201	12.8	0.768	1.01
100	0.170	15.2	0.462	1.68
150	0.138	18.7	0.223	3.48
200	0.122	21.1	0.157	4.94

11. 根据 X 射线强度衰减规律，据 $I = I_0 e^{-\mu x}$ ，经镍吸收片后，对于铜的 K_α 射线与锌的

K_{α} 射线强度，分别为 $I_{Cu} = I_0 e^{-48\rho x}$ ， $I_{Zn} = I_0 e^{-325\rho x}$ ，若强度之比变为 10，则 $10 = I_{Cu} / I_{Zn}$ ，即 $e^{-277\rho x} = 10$ ，镍的密度 $\rho = 8.902 \text{ g/cm}^3$ ，因此 $x = 9.33 \mu\text{m}$

12. 碰撞损失/辐射损失 $\approx 816 \text{ MeV} / (E_k \cdot Z)$ ，将条件代入得：137.6：1。

13. 产生 X 射线必备三个条件：阴极灯丝加热产生的电子，这些电子在灯丝周围形成空间电荷（电子云）；在高千伏所产生的电场和真空条件下产生高速电子流；阻止高速电子的金属靶面。

14. 足跟效应产生的原因与阳极靶对产生 X 射线的吸收有关。在阳极靶一定深度位置产生的 X 射线，其出射路径越靠近阳极，则需要穿透的阳极靶厚度越厚，X 射线被阳极靶吸收得越多，出射的 X 射线强度越弱，因此产生的 X 射线形成类似“足跟”形状的面积分布，这就是“足跟效应”。

15. 当能量为 $h\nu$ 的光子通过物质时，与物质原子的内层轨道电子发生相互作用，光子的全部能量交给电子，获得能量的电子摆脱原子核的束缚成为自由电子，这样的过程称为光电效应。康普顿效应又称康普顿散射，是入射光子能量被部分吸收而产生散射光子的过程。入射 X 射线与物质原子的外层电子发生非弹性碰撞，一部分能量传给电子，使之脱离原子而反冲出去，称为反冲电子，而入射光子与电子碰撞后，它的能量与运动方向都发生了变化，称为散射光子。在原子核场中，一个具有足够高能量的光子，在与原子核发生相互作用时，光子突然消失，同时转换为一对正负电子，这个过程称为电子对效应。

16. 所谓滤过即 X 射线低能成分被物质的吸收，减少不必要的 X 射线。射线滤过可分为固有滤过、附加滤过、总滤过这三类。

17. 查找骨和肌肉的线性衰减系数，分别用 μ_b 和 μ_m 表示，单位 cm^{-1} ，则 X 射线经过 5 cm 骨和肌肉之后出射强度比值为 $e^{5(\mu_m - \mu_b)}$ 。设入射强度为 I_0 ，则出射强度为 $I_0 e^{5(\mu_m - \mu_b)}$

18. 灯丝大小、灯丝发射电子的聚焦程度、靶面倾斜角

19. X 射线光谱主要由管电压、靶材、靶面倾斜角和滤过决定，滤过包含固有滤过和附加滤过。

20. X 射线强度是指单位时间内通过垂直于 X 射线传播方向上的单位面积上的光子数量与能量乘积的总和。可见，X 射线强度是由 X 射线光子能量和 X 射线光子数目两个因素决定的。影响 X 射线光子能量的因素有管电压、靶材、靶面倾斜角和滤过，影响 X 射线光子数目的因素有毫安秒、管电压、靶材、距离焦点的远近。以上均会影响 X 射线

强度。

21. 质量衰减系数为单位面积单位质量厚度的吸收物质 (g/cm^2)，所减少的 X 线强度的百分数，质能转移系数是光子穿过单位面积单位质量厚度的物质层时，其总能量中因相互作用而转移给带电粒子动能的份额，质能吸收系数是 X 射线光子在物质中穿行单位质量厚度时，其能量真正被受照射物质吸收的那部分所占份额。

可见，通常上述三者大小依次递减。X 射线光子与吸收物质发生相互作用时，一般情况下，光子的一部分能量以散射辐射的方式从吸收体中辐射掉，另一部分转化为高速带电粒子的动能，因此质量衰减系数包含了所有可能发生的相互作用的概率之和，质量转移系数是转换为带电粒子动能的部分。对于质量转移系数和质能吸收系数，当带电粒子全部能量被物质吸收时，即没有韧致辐射时，两者相等。

22. 乳腺组织主要由密度相差不大的肌肉、脂肪等软组织组成，由于光电效应吸收与原子序数的四次方成正比，因此利用光电效应可增大软组织间的对比度。当能量较低时，在乳腺组织中光电效应占优势，钼靶 X 射线管通常管电压在 40kV 以下，产生的 X 射线能量低，同时可产生具有 17keV 能量的特征 X 射线，可满足乳腺 X 射线成像的要求。

23. X 射线摄影中，光电效应可从利弊两个方面进行评价。有利的方面，能产生质量好的影像，其原因是：①不产生散射线，大大减少了照片的灰雾；②可增加人体不同组织和造影剂对射线的吸收差别，产生高对比度的 X 射线照片，对提高诊断的准确性有好处。钼靶乳腺 X 射线摄影，就是利用低能 X 射线在软组织中因光电吸收的明显差别产生高对比度照片的。有害的方面是，入射 X 射线通过光电效应可全部被人体吸收，增加了受检者的剂量。从全面质量管理观点讲，应尽量减少每次 X 射线检查的剂量。

康普顿散射效应中产生的散射线增加了照片的灰雾，降低了影像的对比度，但与光电效应相比受检者的剂量较低。康普顿散射效应是辐射防护中必须注意的问题，在 X 射线摄影中，患者身上产生的散射 X 射线能量范围广，有些和原始 X 射线能量相差不多，并且散射线比较对称地分布在空间，工程师和医护人员应足够重视，并采取相应的防护措施。

24. 当多能 X 射线通过物质时，由于不同能量 X 射线穿透物质的能力不同，低能 X 射线容易被物质吸收，导致出射 X 射线的平均能量变大，这一现象被称为 X 射线的硬化。

25. 单能 X 射线在物质中的衰减公式为 $I = I_0 e^{-\int u(x) dx}$ 。衰减公式 $I = I_0 e^{-ux}$ 的适用条件是：单能、窄束、均匀物质，与上式的区别是上式可用于非均匀物质。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/966022041151010110>