Prüfung 1

1. Wie kann man aus physikalischer Sicht erklären, warum die Photoabsorption bevorzugt an stark gebunden Elektronen und die Comptopnstreuung bevorzugt an schwach gebunden Hüllenelektronen auftritt?

   Photoabsorption an inneren Schalen, da der Kern den Impuls aufnehmen muss.
   Findet nicht nur bei Energien der Höhe der Bindungsenergie statt, sondern kann auch bei höheren Energien stattfinden.
   Compton-Effekt hat keinen Impulsübertrag und ist im Gegensatz zur Photoabsorption nicht von der Ordnungszahl abhängig, sondern nur von der Elektronendichte des Materials. Die Elektronendichte ist höher in den äußeren Schalen, deshalb findet dort vermehrt die Comptonstreuung statt.

2. Von welchen Parametern hängt der lineare Schwächungskoeffizient eines Absorbers ab? (nur 3 Worte)

   Elektronendichte, Energie, Kernladungszahl

3. Warum hat der Kernphotoeffekt, obwohl er zum linearen Schwächungskoeffizienten fast nichts beiträgt, dennoch eine Bedeutung für den Betrieb eines Linearbeschleunigers? Beschreibe Lösungen zur Reduktion der durch ihn versursachten Problematik.

   Der Kernphotoeffekt ist der Grund für die Aktivierung der Luft, des Strahlerkopfes und des Tisches im Bestrahlungstraum. Aufgrund dessen ist es wichtig einen achtfachen Luftwechsel im Bestrahlungsraum pro Stunde durchzuführen, um die aktivierte Luft auszutauschen. Bei Verwendung geringerer Energien (z.B. 6MV) kann der Kernphotoeffekt reduziert werden.
   Auch wichtig bei der Entsorgung von Atommüll!

4. Welche Bedeutung hat die Aufteilung des Schwächungskoeffizienten für den Comptoneffekt in einen Schwächungs- und einen Absorptionskoeffizienten? Welcher von beiden überwiegt bei niedrigen und welcher bei hohen Photonenenergien?

   Die Aufteilung des Schwächungskoeffizienten in einen STREU! & Absorptionskoeffizienten.
   Der Streukoeffizient überwiegt bei niedrigen Energien, der Absorptionskoeffizient bei hohen Photonenenergien.

   Bedeutung?

5. Durch welche Wechselwirkungsprozesse verliert ein Elektron seine kinetische Energie? Welcher maximale Energieverlust kann pro Wechselwirkung auftreten und welche Wahrscheinlichkeiten bestehen für verschiedene Energieverluste? (nur kurze qualitative Beschreibung)

   Durch inelastische Wechselwirkungen am Kern bzw. an der Hülle verliert das Elektron seine Energie.

   Strahlungsbremsung, Bremsvermögen in Abhängigkeit der e-Energie:

   Oberhalb 100keV ist die Energieabgabe fast konstant => Dosisübertrag konstant (MeV); Dosisübertrag im keV-Bereich starker Anstieg.

   Stoßbremsung: max. Energieübertrag: Zentralstoß, gesamte Energie übertragbar, aber sehr unwahrscheinlich. Größtenteils kleine Energieüberträge => kein „Schneeballeffekt“

6. Die Rayleighstreuung trägt nichts zur Strahlenbelastung des Patienten bei. Warum ist diese Wechselwirkung, vor allem in der Röntgendiagnostik, dennoch von Nachteil?

   Auftreten: niedrige Energie, hohes Z
   Kein Energieübertrag, kein Energieverlust.
   Die Energie wird nur gestreut und dies ist der Grund für Rauschen im Bild der Röntgendiagnostik.
   Verhindern durch ein Raster vor dem „Bild“ (Detektor) => Nur die „gerade“ Strahlung durchlassen => Streustrahlfilter

7. Warum müssen an einem Linearbeschleuniger Messungen von relativen Dosisverteilungen in einem Wasserphantom mit einer Referenzkammer durchgeführt werden? Warum kann man aber bei Co-60 Strahlung darauf verzichten?

   Der Linearbeschleuniger hat keine konstante Dosisleistung und benötigt daher eine Referenzkammer, um die Schwankungen zwischen dieser und der eigentlichen Messkammer aufzunehmen.

   Co-60 hat keine Schwankungen in der Dosisleistung, sondern eine konstante Dosisleistung. (Mit der Emission von diskreten/monoenergetischer Dosisleistung hat dies nichts zu tun)

8. Eine Ionisationskammer (IK) zeigt bei Photonenstrahlung frei in Luft bei einem Fokus-Messort-Abstand von 100cm einen Messwert von 1 an. Um welchen Faktor muss die Monitorvorwahl verändert werden damit die IK in 5m Abstand vom Fokus näherungsweise dasselbe Ergebnis anzeigt?

$$\left(\frac{D_1}{D_2}\right) = (\frac{r_1}{r_2})^2 = \left(\frac{1}{x}\right) = (\frac{1}{5})^2 = \frac{1}{25} \Rightarrow x = 25$$

   Monitorvorwahl um Faktor 25 erhöhen!

9. Tiefendosisverteilungen im Zentralstrahl und am Feldrand unterscheiden sich? Was sind die Unterschiede und wie lassen sich diese begründen? Begründe kurz.

   Im Zentralstrahl findet mehr Aufhärtung der Strahlung statt. Grund dafür ist, dass der Ausgleichskörper einem Kegel ähnelt (in der Mitte dicker als außen). Die niederenergetischen Photonen werden eher geschwächt („Filterung“) als die hochenergetischen. Die hochenergetischen Photonen erzeugen Sekundärelektronen mit einer höheren Reichweite und somit einer höheren Tiefendosis.

   An den Rändern sind somit eher niederenergetische Photonen, durch die geringere Schwächung am Ausgleichskörper und die zusätzlich niederenergetischen Compton-Quanten, welche bei der Wechselwirkung mit Target und Ausgleichsköper entstehen.

10. Bei einem Patienten wird ein Tumor in 10cm Tiefe mit einem Stehfeld (6MV, SSD 100cm, Feldgröße 10x10cm) mit einer Dosis von 2Gy bestrahlt. Welche Dosis erhält der Patient im Dosismaximum? (Nur grobe Abschätzung)

    In 10cm Tiefe sind ca. 67% der Gesamtdosis vorhanden (2Gy), was am Dosismaximum (100%) einer Dosis von etwa 2,8Gy entspricht. ??

11. Erkläre kurz den Aufbaueffekt von Photonenstrahlung. Wie hoch ist in etwa die tatsächliche prozentuale Dosis direkt an der Patientenoberfläche?
    Womit lässt sich diese messen?
    Welche Alternative zu dem von uns durchgeführten Messverfahren könntest du dir vorstellen?
    Warum steigt die Tiefe des Dosismaximums mit zunehmender Photonenenergie an?

    Die einfliegenden Photonen treten nicht alle direkt an der Oberfläche mit dem Material in Wechselwirkung. Ein Teil wechselwirkt direkt dort, andere erst tiefer. Die dadurch entstehenden Sekundärelektronen werden in Vorwärtsrichtung gestreut. Diese Sekundärelektronen summieren sich auf und haben dann durch ihre unterschiedlichen Wechselwirkungsorte erst in einer bestimmten Tiefe ihr Maximum erreicht.

    Prozentuale Dosis direkt an der Patientenoberfläche etwa 10-20%

    Messung mithilfe des Wasserphantoms oder der RW3 Platten

    Alternatives Messverfahren: Silberbromid- Film an Oberfläche -> Oberflächendosis (ausgestorben)

    Die Tiefe des Dosismaximums steigt an, da die Reichweite der Sekundärelektronen mit zunehmender Photonenenergie größer wird und somit tiefer in das Material/Gewebe eindringen und somit erst tiefer ihr Dosismaximum erreichen.

12. Warum nimmt die relative Tiefendosis bei Photonenstrahlung mit zunehmender Feldgröße zu? Ist dieser Effekt größer nahe der Oberfläche oder eher in größerer Tiefe?

    Größeres Feld => Größeres Volumen => Mehr Streustrahlung erzeugt und somit mehr Dosis.

    Maximum näher an der Oberfläche, da Streustrahlung eher niederenergetischer Photonenstrahlung entspricht. Maximum des Tiefendosisverlaufs verschiebt sich nach links, aber der Verlauf sinkt erst später ab.

13. Bei einem Tiefendosisverlauf von Photonenstrahlung nimmt in Tiefen größer als die Tiefe des Dosismaximums die Dosisleistung der Strahlung ab. Welche zwei Effekte sind für diesen Abfall verantwortlich? (nur einzelne Stichworte)

    Exponentielles Schwächungsgesetz $I_x = I_0 * e^{-\mu x}$

    Abstandsquadratgesetz $\left(\frac{D_1}{D_2}\right) = (\frac{r_2}{r_1})^2$

14. Warum kann man das wasseräquivalente Material RW3 (Polystyrol mit 2% TiO2) nicht sinnvoll als Phantommaterial am CT verwenden?

    Vorab: Äquivalenz entspricht gleicher Wechselwirkungseigenschaften (Phtonen & e)

    Problem Ordnungszahl (für Photoeffekt und Paarbildung wichtig)

    - ⇨ Bei CT hohes Z => nicht mehr wasseräquivalent
    - ⇨ Ti => mehr Schwächung durch Photoeffekt => höhere Hounsfield Units

    Hohes Z im CT größer dargestellt als es ist!

    Berechnungsalgorithmus (Fourier etc.) im CT ist auf Menschen angepasst, unbekannte Materialien leuchten regelrecht (Artefakte)

    Fazit: RW3 bekommt im CT einen falschen Dichtewert zugeordnet, da es dichter aussieht als es eigentlich ist.