

Fizyka z elementami fizyki radiacyjnej I

Lista 1. Jednostki i miary

Długość (l, d)

- 1) Poniżej zebrano średnice różnych elementów naszego ciała:
 - nić DNA: 2 nm
 - mikrotubula: 25 nm
 - akson neuronu (typowy, mielinizowany): $10\text{ }\mu\text{m}$
 - włókno mięśniowe: $50\text{ }\mu\text{m}$
 - ludzki włos: $70\text{ }\mu\text{m}$
 - aorta: 25 mm
 - klatka piersiowa (średnica poprzeczna): 30 cm
- a) Oblicz, ile razy grubsze jest:
 - i) włókno mięśniowe od aksonu,
 - ii) włos od nici DNA,
 - iii) aorta od włosa.
- b) Przyjmij, że włókno mięśniowe widziane pod mikroskopem ma średnicę 2 mm ,
 - i) ile milimetrów miałby włos na tym samym obrazie?
 - ii) ile centymetrów miałaby średnica aorty?
- 2) W rzeczywistości promień jądra atomowego wynosi w przybliżeniu 1 fm , zaś promień całego atomu to ok $1\text{ }\text{\AA}$ ($1\text{ }\text{\AA} = 0.1\text{ nm}$). Załóżmy, że jądro atomu wodoru powiększamy tak, aby miało rozmiar:
 - a) piłeczki pingpongowej o średnicy ok. 4 cm .
 - b) Słońca, którego promień wynosi $695\,700\text{ km}$.Oszacuj średnicę całego atomu w tych skalach. Wynik podaj w metrach i porównaj otrzymany wynik z rozmiarami innych obiektów.

Powierzchnia (S, A)

- 3) Oblicz ile razy powierzchnia przekroju poprzecznego nici DNA jest mniejsza od ludzkiego włosa. (Wykorzystaj dane z zadania 1.)
- 4) Podczas badania wyhodowano kolonię bakterii o średnicy 0.4 cm . Średnica komórki bakteryjnej mieści się zwykle w przedziale $[1; 10]\text{ }\mu\text{m}$. Oszacuj liczbę bakterii w tej kolonii. Podaj przyjęte założenia.

Objętość (V)

- 5) Pacjentowi na sali przed badaniem należy podać 0.2 ml kontrastu na każdy kilogram ciała. Policz ile cm^3 kontrastu należy podać pacjentowi o wadze 68 kg .

Ciśnienie (p)

- 6) W pogodny dzień ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza wynosi 1.013 bara , a na Rysach 0.746 bara . W trakcie badania rejestrowane ciśnienie pacjenta wynosiło $16.4/10.9\text{ kPa}$. Przyjmij ($1\text{ mmHg} = 133\text{ Pa}$, $1\text{ bar} = 1000\text{ hPa}$).
 - a) Jaką część ciśnienia atmosferycznego jest ciśnienie tętnicze?
 - b) Czy uzyskane ciśnienie pacjenta jest w normie ($120 - 129/80 - 84\text{ mmHg}$)?

Prędkość (v, c)

- 7) Rowerzysta jedzie z prędkością 25 km/h „z wiatrem”. Prędkość wiatru oscyluje w przedziale $[6; 8]\text{ m/s}$. Czy rowerzysta będzie odczuwać podmuchy wiatru?

Energia (E) i Moc (P)

- 8) Który z poniższych wzorów na pewno nie pozwala wyznaczyć pewnej formy energii:
 - a) $E = mgh^2$
 - b) $E = \frac{p^2}{2m}$,
 - c) $E = Fs$gdzie: m – masa, $[g] = \text{m/s}^2$, h – wysokość, p – pęd ($\text{kg} \cdot \text{m/s}$), F – siła $[F] = \text{N}$, s – droga
- 9) Lampa rentgenowska działa z mocą 750 W , emitując promieniowanie o energii jednego fotonu równej 50 keV ($1\text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19}\text{ J}$). Zakładając, że cała energia przekształcana jest w strumień promieniowania, oblicz liczbę emitowanych fotonów w każdej minucie.
- 10) Akumulatory samochodu elektrycznego są w stanie zmagazynować energię o wartości 45 kWh . Ile to J ?

Czas (t, T)

- 11) Który z poniższych wzorów pozwala wyznaczyć okres wahadła (czas potrzebny do wykonania pełnej oscylacji), gdzie $[g] = \text{m/s}^2$, a l to długość wahadła?
 - a) $T = 2\pi\sqrt{g/l}$
 - b) $T = 2\pi\sqrt[2]{g/l}$
 - c) $T = 2\pi\sqrt[3]{g/l}$

Dawka promieniowania (D)

- 12) Podczas badania tomografii komputerowej jamy brzusznej pacjent otrzymał dawkę pochłoniętą w tkance miękkiej równą $D = 25\text{ mGy}$. Współczynnik wagowy promieniowania¹ dla promieniowania rentgenowskiego wynosi $w_R = 1\text{ Sv/Gy}$. Zakładamy, że współczynnik wagowy tkanki² wynosi $w_T = 0.12$.
 - a) 1 grej oznacza porcję energii (J) przekazanej przez promieniowanie jonizujące materii o danej masie (kg). Wyraż jednostkę w podstawowych jednostkach układu SI.
 - b) Oblicz równoważną dawkę w tej tkance: $H = D \cdot w_R$,
 - c) Oblicz efektywną dawkę uwzględniającą wagę tkanki: $E = H \cdot w_T$.
 - d) Czy dawka ta była bezpieczna, przyjmując za graniczną roczną dawką skuteczną dla pracowników narażonych zawodowo (20 mSv/rok). Czy pojedyncze badanie TK stanowi istotne zagrożenie? Jaka liczba badań tego typu badań rocznie będzie bezpieczna?

¹mnożnik dawki pochłoniętej, pozwalający uwzględnić różnice w skutkach biologicznych poszczególnych rodzajów promieniowania jonizującego na organizmy żywe

² mnożnik równoważnika dawki w danej tkance, pozwalający na uwzględnienie różnych stopni ich czułości na promieniowanie

Strumienie (I, Q, Φ)

- 13) Detektor liczy 12 000 fotonów w obszarze detektora o powierzchni 25 cm^2 w czasie 0.5 min.
- Oblicz natężenie liczbowe (liczba fotonów na cm^2) w tym czasie oraz liczbę fotonów na $\text{cm}^2 \cdot \text{s}$.
 - Wyraź powierzchnię detektora w m^2 i policz natężenie ($\text{fotony}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$).
- 14) Prawo Hagena–Poiseuille’a to prawo fizyczne opisujące zależność między strumieniem objętości cieczy a jej lepkością, zmianą ciśnienia oraz wielkością naczynia, które ma postać:

$$Q = \frac{\pi \Delta P r^4}{8 \eta l},$$

gdzie:

Q – objętościowy strumień przepływu krwi (m^3/s)

ΔP – różnica ciśnień między początkiem a końcem naczynia (Pa)

r – promień naczynia krwionośnego (m)

η – lepkość dynamiczna krwi (?)

l – długość naczynia (m).

- Wyznacz jednostkę lepkości dynamicznej
 - Przy średnicy tętnicy 2 mm przepływ krwi wynosi 240 ml/min. Ile będzie wynosić przepływ przez tę samą tętnicę, gdy zwężą się do 1 mm przy zachowaniu pozostałych parametrów.
- 15) Podczas badania MRI pacjent znajduje się w silnym polu magnetycznym. Załóżmy, że magnes wytwarza pole o indukcji $B = 1.5 \text{ T}$. Cewka detekcyjna używana w aparacie ma powierzchnię przekroju $A = 50 \text{ cm}^2$, a pole magnetyczne jest do niej prostopadłe.
- Oblicz strumień magnetyczny Φ przechodzący przez cewkę (w weberach, $1 \text{ Wb} = \text{T} \cdot \text{m}^2$) wg wzoru:

$$\Phi = B A \cos \alpha$$

gdzie $\alpha = 0^\circ$.

- Jeśli pole magnetyczne zmienia się od $\Phi_0 = 0 \text{ Gs}$ do $\Phi_t = 0.15 \text{ mGs}$ w czasie $t = 0.05 \text{ ms}$, oblicz średnią wartość indukowanej siły elektromotorycznej $\mathcal{E}$ (w Voltach, $\text{V} = \text{T/s}$) w cewce (prawo Faradaya) ($1 \text{ Gs} = 10^{-4} \text{ T}$):

$$\mathcal{E} = - \frac{\Phi_t - \Phi_0}{t}.$$

Siła (F) grawitacji

- 16) Prawo powszechnego ciążenia Newtona zapisujemy jako:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r_{12}},$$

gdzie:

F – siła grawitacji między dwoma ciałami,

m_1, m_2 – ich masy,

r – odległość między środkami mas,

G – stała grawitacyjna.

Wykorzystując powyższy wzór:

- Wyznacz jednostkę stałej grawitacyjnej G w układzie SI. Zapisz wynik w postaci iloczynu potęg jednostek podstawowych SI ($\text{kg}, \text{m}, \text{s}$).
- Sprawdź poprawność: wstaw jednostki do równania i upewnij się, że wymiary po obu stronach się zgadzają.

- Oblicz siłę działającą między ziemią o masie $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$ i księżycem o masie $7.35 \times 10^{22} \text{ kg}$, które znajdują się w odległości $3.84 \times 10^8 \text{ m}$.

Zapamiętaj

- Jednostki podstawowe SI
- Przedrostki SI w zakresie od 10^{-18} – 10^{15} .
- W jakich jednostkach wyrażają się jednostki pochodne: Newton, Dżul, Pascal, Wat.