

FAFF45 Medicinsk Fysik

Kärnfysik och joniserande strålning

Energi och massa

$$E = mc^2$$

Bindningsenergi

$$E_B = (Z \cdot m(^1H) + N \cdot m_n - m(^A_X)) \cdot c^2$$

$$1u = 931.502 \text{ MeV}/c^2$$

Alfasönderfall (α -sönderfall)

$$Q = (m(^A_Z M) - m(^{A-4}_{Z-2} D) - m(\alpha)) \cdot c^2$$

$$E_k(\alpha) = \frac{Q}{1 + \frac{m(\alpha)}{m(^{A-4}_{Z-2} D)}}$$

Betasönderfall

$$Q_{\beta^-} = (m(^A_Z M) - m(^{A+1}_{Z+1} D)) \cdot c^2$$

$$Q_{\beta^+} = (m(^A_Z M) - m(^{A-1}_{Z-1} D) - 2 \cdot m_e) \cdot c^2$$

$$Q_e = (m(^A_Z M) - m(^{A-1}_{Z-1} D)) \cdot c^2$$

Sönderfall

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Aktivitet

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Växelverkan

Alfapartiklars växelverkan

$$Q = E_k \cdot \frac{4 \cdot m_e}{M}$$

Fotoners växelverkan

$$I(x) = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

Partiklars vågegenskaper

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

Ljus

Fotonens energi

$$E = h \cdot v = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

Intensitet

$$I = P/A$$

Stefan—Boltzmans lag

$$P = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$$

$$\sigma = 5.6705 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4\text{)}$$

Wiens lag

$$\lambda(m) = \frac{2.897 \cdot 10^{-3} (K \cdot m)}{T(K)}$$

Prefix

Prefix	Beteckning	Storlek
Yetta	Y	10^{24}
Zetta	Z	10^{21}
Exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
Kilo	k	10^3
hekto	h	10^2
Deka	da	10^1
Deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
Milli	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
Piko	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
Atto	a	10^{-18}
zepto	z	10^{-21}
yocto	y	10^{-24}

Ytor och volymer

	Area	Volyms
Cirkel	$\pi \cdot r^2$	
Sfär	$4 \cdot \pi \cdot r^2$	$4 \cdot \pi \cdot r^3 / 3$

FAFF45 Medicinsk Fysik

Fysiologiska storheter

Syresaturering i vävnaden

$$SO_2 = \frac{C_{HbO_2}}{C_{HbO_2} + C_{Hb}} = \frac{\phi_{HbO_2}}{\phi_{HbO_2} + \phi_{Hb}}$$

där C_{Hb} och C_{HbO_2} är koncentrationen för deoxygenerat och oxygenerat blod. Koncentrationen anges i M (mol/l). Alternativt kan volymprocent, ϕ_{Hb} och ϕ_{HbO_2} användas. Volymprocent anger hur stor andel av volymen som utgörs av i detta fall blod.

Optiska storheter

Absorptionskoefficient

$$\mu_a(\lambda) = \sum_i b_i(\lambda) \cdot C_i = \sum_i \mu_{a,i}^{100\%}(\lambda) \cdot q_i$$

där $b_i(\lambda)$ är den våglängdsberoende extinctionskoefficienten (cm^{-1}/M) för kromofor i och C_i är koncentrationen ($\text{M}=\text{mol/l}$) för kromofor i. Alternativt kan volymprocent användas där $\sum_i \mu_{a,i}^{100\%}(\lambda)$

är absorptionskoefficienten då 100% av volymen består av kromofor i medan q_i är volymprocent för kromofor i.

Reducerad spridningskoefficient

$$\mu_s'(\lambda) = \mu_s'(\lambda_0) \left(\frac{\lambda}{\lambda_0} \right)^{-b}$$

där λ_0 är en referensvåglängd ofta vald till 800 nm, $b=4$ för Rayleigh spridning och $b=2$ för Mie spridning. b är ofta lägre än 2 i vävnad.

$$\mu_s'(\lambda) = \mu_s(\lambda)(1-g)$$

$$g = \langle \cos(\theta) \rangle$$

g är anisotropifaktorn för spridning

Diffusionskoefficient

$$D = \frac{1}{3 \cdot \mu_s'} \text{ när spridningen dominerar över absorptionen}$$

Effektiv attenueringskoefficient

$$\mu_{eff} = \sqrt{\frac{\mu_a}{D}}$$

Penetrationsdjup

$$\delta = \frac{1}{\mu_{eff}}$$

Beer-Lamberts lag

$$I(x) = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x} = I_0 \cdot e^{-b \cdot C \cdot x}$$

$$I(x) = I_0 \cdot 10^{-s \cdot C \cdot x}$$

Där x är vägsträckan genom provet, μ är absorptions- (attenuerings-) koefficienten, b är en molar absorptionskoefficient, C är koncentrationen i mol/dm^3 , där x är vägsträckan genom provet.

Ljusutbredning i vävnad

Fotonflödeskoefficienten (Eng: fluence rate) på ett avstånd $|r|$ från en punktkälla i ett oändligt stort medium

$$\Phi(r) = \frac{P}{4 \cdot \pi \cdot D \cdot |r|} e^{-\mu_{eff} \cdot |r|}$$

Termoterapi

Temperaturökningens beroende av en förändring i värmeenergi

$$\Delta T = \frac{\Delta E}{\rho \cdot C_p}$$

där ΔE är energiökningen [J/m^3], ρ är mediets densitet [kg/m^3] och C_p är mediets specifika värmekapacitivitet [$\text{J}/\text{kg}/\text{K}$]

FAFF45 Medicinsk Fysik

Atomfysik

Bohrs väteatom

$$E = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2} = -R \frac{1}{n^2}$$

Vätelik atom

$$E = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} \frac{Z^2}{n^2} = -R \frac{Z^2}{n^2}$$

$$R = 13.6 eV$$

Atomkärnans storlek

$$r \approx r_0 \cdot \sqrt[3]{A}$$

$$r_0 \approx 1.25 \cdot 10^{-15} m$$

Molekylfysik

Effektiv massa

$$\mu = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2}$$

Rotationsenergi

$$E_{rot} = \frac{\hbar^2}{2I} J(J+1) = BJ(J+1)$$

$$I = \mu r_0^2$$

Vibrationsenergi

$$E_{vibr} = \left(\nu + \frac{1}{2} \right) \hbar \omega$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{\mu}}$$

Övergångsregler för diatomära molekyler med dipolmoment. (alla som ingår i kursen)

$$\Delta\nu = \pm 1$$

$$\Delta J = \pm 1$$

(Även rena rotationsövergångar tillåtna:
 $\Delta\nu=0$ om $\Delta J=\pm 1$)

FAFF45 Medicinsk Fysik

Medicinsk strålningsfysik

Organviktningsfaktorer

Organ eller vävnad	W_T
Benmärg, Bröst, Lungor, Magsäck, Tjocktarm	0.12
Könskörtlar	0.08
Lever, Matstrupe, Sköldkörtel, Urinblåsa	0.04
Benytör, Hjärna, Hud, Spottkörtlar	0.01
Övriga organ	0.12

Stråltyp	Viktfaktor W_R
Fotoner	1
Elektroner	1
Protoner	5
α -partikel	20

FAFF45 Medicinsk Fysik

Periodiska systemet

hydrogen 1 H 1.00794	beryllium 4 Be 9.012182
lithium 3 Li 6.941	magnesium 12 Mg 24.3050
sodium 11 Na 22.98977	
potassium 19 K 39.0983	calcium 20 Ca 40.078
rubidium 37 Rb 85.4678	strontium 38 Sr 87.62
caesium 55 Cs 132.90545	barium 56 Ba 137.327
francium 87 Fr [223]	radium 88 Ra [226]

Alkalimetaller
Alkaliska jordartsmetaller
Övergångs metaller
Andra metaller
Ickemetaller
Ädelgaser
Lanthanoider
Actinoider

Engelskt namn
Atomnummer
Symbol
atommassa

C	Br	He	Tc	helium 2 He 4.002602
Fast	Vätska	Gas	Syntetisk	neon 10 Ne 20.1797
boron 5 B 10.811	carbon 6 C 12.0107	nitrogen 7 N 14.00674	oxygen 8 O 15.9994	fluorine 9 F 18.9984
aluminium 13 Al 26.981538	silicon 14 Si 28.0855	phosphorus 15 P 30.97376	sulphur 16 S 32.065	chlorine 17 Cl 35.453
gallium 31 Ga 69.723	germanium 32 Ge 72.64	arsenic 33 As 74.9216	selenium 34 Se 78.96	bromine 35 Br 79.904
tin 49 In 114.818	antimony 50 Sn 118.710	tellurium 52 Te 121.760	iodine 53 I 127.60	xenon 54 Xe 131.293
thallium 81 Tl 204.3833	lead 82 Pb 207.2	bismuth 83 Bi 208.980	polonium 84 Po [209]	astatine 85 At [210]
ununquadium 114 Uuq [289]				radon 86 Rn [222]

lanthanum 57 La 138.9055	cerium 58 Ce 140.116	praseodymium 59 Pr 140.90765	neodymium 60 Nd 144.24	promethium 61 Pm [145]	samarium 62 Sm 150.36	europeum 63 Eu 151.964	gadolinium 64 Gd 157.25	terbium 65 Tb 158.9253	dysprosium 66 Dy 162.50	holmium 67 Ho 164.930	erbium 68 Er 167.259	thulium 69 Tm 168.934	ytterbium 70 Yb 173.04
actinium 89 Ac [227]	thorium 90 Th 232.038	protactinium 91 Pa 231.0359	uranium 92 U 238.0289	neptunium 93 Np [237]	plutonium 94 Pu [244]	americium 95 Am [243]	curium 96 Cm [247]	berkelium 97 Bk [247]	californium 98 Cf [251]	einsteinium 99 Es [252]	fermium 100 Fm [257]	mendelevium 101 Md [258]	nobelium 102 No [259]

FAFF45 Medicinsk Fysik

Fysikaliska konstanter			
Storhet	Symbol	Värde	Enhets
Ljusets fart i vacuum	c, c_0	299 792 458	m s^{-1}
Magnetiska permeabilitetskonstanten	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$	N A^{-2}
Elektriska permitiviteten	ϵ_0	$8.854\ 187\ 817 \times 10^{-12}$	F m^{-1}
Optisk impedans för vacuum	Z_0	376.730 313 461	Ω
Gravitationskonstanten	G	$6.6742(10) \times 10^{-11}$	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$
Plancks constant	h	$6.626\ 0693(11) \times 10^{-34}$	Js
$h/2\pi$	\hbar	$1.054\ 571\ 68(18) \times 10^{-34}$	Js
Elementarladdningen	e	$1.602\ 176\ 53(14) \times 10^{-19}$	As
Bohrmagneton	μ_B	$927.400949(80) \times 10^{-26}$	J T^{-1}
Kärnmagneton	μ_N	$5.050\ 783\ 43(43) \times 10^{-27}$	J T^{-1}
Finstrukturkonstanten	α	$7.297\ 352\ 568(24) \times 10^{-3}$	
Rydbergs constant	R	$2.179\ 872\ 09(37) \times 10^{-18}$	J
Rydbergs constant	R	13.605 6923(12)	eV
Bohradius	a_0	$0.529\ 177\ 2108(18) \times 10^{-10}$	m
Elektronens massa	m_e	$9.109\ 3826(16) \times 10^{-31}$	kg
Elektronens massa (energikvivalent)	m_ec^2	0.510 998 918(44)	MeV
Comptonvåglängd	λ_C	$386.159\ 2678(26) \times 10^{-15}$	m
Klassisk elektronradie	r_e	$2.817\ 940\ 325(28) \times 10^{-15}$	m
Thomson tvärsnitt	s_e	$0.665\ 245\ 873(13) \times 10^{-28}$	m^2
Protonens massa	m_p	$1.672\ 621\ 71(29) \times 10^{-27}$	kg
Protonens massa	m_p	1.007 276 466 88(13)	Da
Neutronens massa	m_n	$1.674\ 927\ 28(29) \times 10^{-27}$	kg
Neutronens massa	m_n	1.008 664 915 60(55)	Da
Avogadros konstant	N_A	$6.022\ 1415(10) \times 10^{23}$	mol^{-1}
Atomära masskonstanten 1Da	$1u$	$1.660\ 538\ 86(28) \times 10^{-27}$	kg
Boltzmanns konstant	k	$1.380\ 6505(24) \times 10^{-23}$	J K^{-1}
Allmäna gaskonstanten	R	8.314 472(15)	$\text{J mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Stefan-Boltzmann constant	s	$5.670\ 400(40) \times 10^{-8}$	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$
Konstanten i Wiens (förskjutnings)lag	b	$2.897\ 7685(51) \times 10^{-3}$	mK
0 grader Celsius är		273.15	K