

FAFF45 Medicinsk Fysik

Kärnfysik och joniserande strålning

Energi och massa

$$E = mc^2$$

Bindningsenergi

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

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

Alfasönderfall (α -sönderfall)

$$Q = (m(^AM) - m(^{A-4}_{Z-2}D) - m(^4_2\alpha)) \cdot c^2$$

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

Betasönderfall

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

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

$$Q_\varepsilon = (m(^AM) - m(^{A}_{Z-1}D)) \cdot c^2$$

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

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

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

Intensitet

$$I = \frac{P}{A}$$

Stefan—Boltzmanns lag

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

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

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	Volym
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

$$D = \frac{1}{3 \cdot \mu'_s}$$

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

Fotonflödes hastigheten (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 värmekapacitivet [J/kg/K]

FAFF45 Medicinsk Fysik

Atomfysik

Bohrs väteatom

$$E = -\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2} = -R \frac{1}{n^2}$$

Vätelik atom

$$E = -\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \frac{Z^2}{n^2} = -R \frac{Z^2}{n^2}$$

$$R = 13.6 \text{ eV}$$

Atomkärnans storlek

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

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

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:

$$\Delta \nu = 0 \text{ om } \Delta J = \pm 1)$$

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
Benytter, 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

- Alkalimetaller
- Alkaliska jordartsmetaller
- Övergångsmetaller
- Andra metaller
- Ickemetaller
- Ädelgaser
- Lanthanoider
- Actinoider

hydrogen 1 H 1.00794	beryllium 4 Be 9.012182																	helium 2 He 4.002602
lithium 3 Li 6.941	sodium 11 Na 22.98977	calcium 20 Ca 40.078	scandium 21 Sc 44.95591	titanium 22 Ti 47.867	vanadium 23 V 50.9415	chromium 24 Cr 51.9961	manganese 25 Mn 54.93805	iron 26 Fe 55.845	cobalt 27 Co 58.9332	nickel 28 Ni 58.6934	copper 29 Cu 63.546	zinc 30 Zn 65.409	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	neon 10 Ne 20.1797
rubidium 37 Rb 85.4678	cesium 55 Cs 132.90545	barium 56 Ba 137.327	lutetium 71 Lu 174.967	zirconium 40 Zr 91.225	niobium 41 Nb 92.90638	molybdenum 42 Mo 95.94	technetium 43 Tc [98]	ruthenium 44 Ru 101.07	rhodium 45 Rh 102.9055	palladium 46 Pd 106.42	silver 47 Ag 107.8682	cadmium 48 Cd 112.411	indium 49 In 114.818	tin 50 Sn 118.710	antimony 51 Sb 121.760	tellurium 52 Te 127.60	iodine 53 I 126.9045	argon 18 Ar 39.984
francium 87 Fr [223]	radium 88 Ra [226]	lawrencium 103 Lr [262]	rutherfordium 104 Rf [261]	dubnium 105 Db [262]	seaborgium 106 Sg [266]	bohrium 107 Bh [264]	hassium 108 Hs [269]	meitnerium 109 Mt [268]	darmstadtium 110 Ds [271]	roentgenium 111 Rg [272]	ununbium 112 Uub [285]							krypton 36 Kr 83.798
												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	fluorine 9 F 18.9984	radon 86 Rn [222]
												boron 5 B 10.811	carbon 6 C 12.0107	nitrogen 7 N 14.00674	oxygen 8 O 15.9994	ununquadium 114 Uuq [289]		

Engelskt namn
Atomnummer
Symbol
atommassa

C	Br	He	Tc
---	----	----	----

Fast Vätska Gas Syntetisk

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	europium 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	Enhet
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 permitiviten	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	$5.05078343(43) \times 10^{-27}$	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
Bohrradie	a_0	$0.529\,177\,2108(18) \times 10^{-10}$	m
Elektronens massa	m_e	$9.1093826(16) \times 10^{-31}$	kg
Elektronens massa (energiekvivalent)	$m_e c^2$	0.510 998 918(44)	MeV
Comptonvåglängd	λ_C	$386.1592678(26) \times 10^{-15}$	m
Klassisk elektronradie	r_e	$2.817940325(28) \times 10^{-15}$	m
Thomson tvärsnitt	σ_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