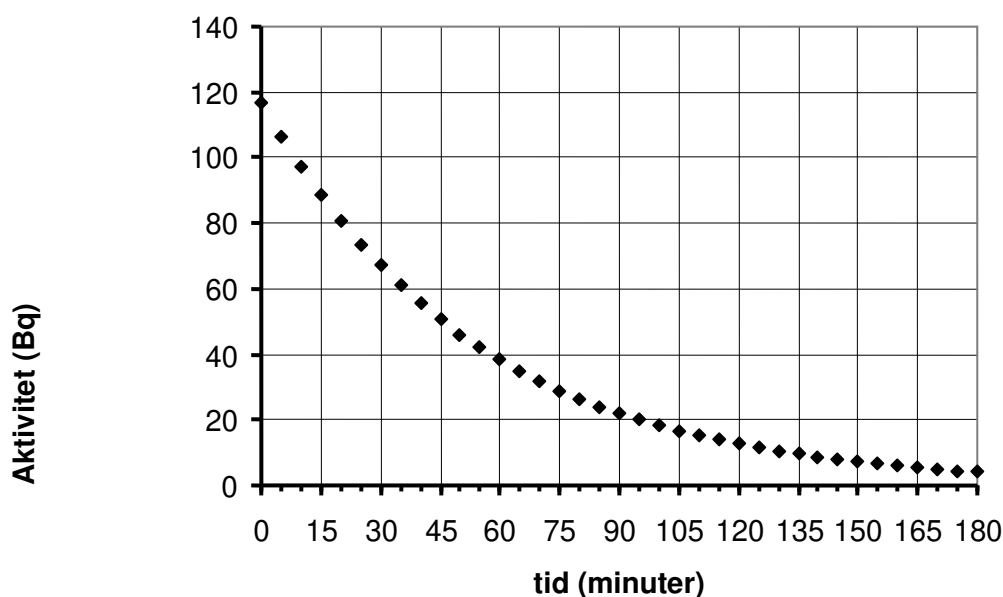


1. Lina sitter och läser en artikel om utgrävningarna i Motala ström. I artikeln står det att arkeologerna funnit bruksföremål som är 7000 år gamla. De har daterat föremålen med hjälp av kol-14-metoden. Förklara principen för hur kol-14-metoden fungerar.
2. Ge förslag på ett sönderfall som skulle kunna inträffa i en kärna
 - a. med överskott på neutroner
 - b. som är väldigt stor
 - c. som har överskott av protoner.
3. Alicia läser i tidningen att sjukhusfysiker numera använder radioaktiva preparat för att bekämpa cancer. Hon skickar ett mail till dig och frågar hur farliga radioaktiva preparat kan bota cancer. Vad svarar du?
4. Beskriv sönderfallet med en sönderfallsformel.
 - a. Bor-8 sönderfaller och sänder ut en β^+ -partikel.
 - b. Bor-12 sönderfaller och sänder ut en β^- -partikel.
 - c. Beryllium-8 sönderfaller och sänder ut en α -partikel.
 - d. Beryllium-7 fångar in en elektron och sönderfaller.
5. I tidningen kan man ibland läsa om absorberad stråldos, ekvivalent stråldos och effektiv stråldos. Beskriv var och en av dessa, sambanden mellan dem och ange vilken enhet de mäts i.
6. Vilket uppslagsord beskriver Nationalencyklopedien så här.
 - a. "... reaktion mellan två atomkärnor som leder till en sammansmältning, varvid en tyngre kärna bildas. För att en skall kunna ske måste energi tillföras så att de fränstötande elektriska krafterna mellan kärnorna (Coulomb-barriären) kan övervinnas..."
 - b. "... heliumkärna som sänds ut vid radioaktivt sönderfall av vissa tunga atomkärnor..."
 - c. "... förorsakas normalt av att en neutron träffar en kärna och åtföljs av utsändning av flera neutroner och gammastrålning..."
 - d. "... atomslag karakteriserat av atomkärnans sammansättning..."
7. Uran-238 är den i särklass vanligaste uranisotopen. Den har en halveringstid på 4,47 miljarder år. Hur kan vi veta det när vi människor bara har känt till radioaktivitet i hundra år? Förklara.
8. Ge exempel på joniserande strålning med följande egenskaper:
 - a. Kan stoppas med vanliga kläder.
 - b. Elektriskt neutral.
 - c. Negativt laddad och kan tränga igenom papper.

9. Isabelle har undersökt hur aktiviteten hos ett radioaktivt preparat förändras med tiden.
- Rita ett diagram som visar hur aktiviteten förändras med tiden.
 - Bestäm preparatets halveringstid.
 - Hur många av de radioaktiva atomerna fanns i provet när mätningarna startade?

Tid (s)	Aktivitet (Bq)
0	500
20	375
40	281
60	210
80	158
100	118
120	88
140	66

10. Diagrammet visar hur aktiviteten hos ett preparat förändras med tiden.
- Bestäm preparatets halveringstid.
 - Bestäm preparatets sönderfallskonstant.
 - Hur stor var aktiviteten från början?
 - Teckna ett uttryck för preparatets aktivitet som funktion av tiden.
 - Hur lång tid tar det innan antalet atomer i preparatet har minskat till 1%?



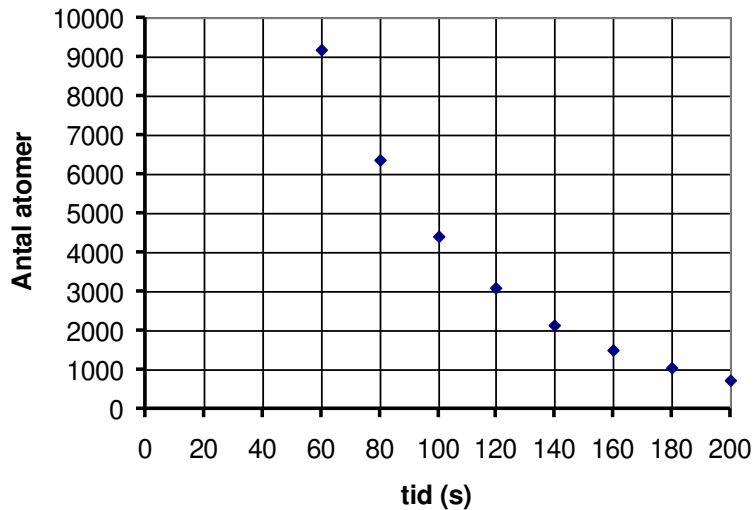
11. Vilken typ av sönderfall sker mellan Np-235 och Pa-231?
12. Vad är det för olika faktorer som avgör hur farligt ett radioaktivt preparat är?
13. Ett radioaktivt preparat minskar sin massa från 851,456 gram till 851,453 gram på en vecka. Vilken effekt avger preparatet?
1. I musklerna i vår kropp finns en viss andel kalium-40. Kalium-40 sönderfaller både med β^+ - och β^- -sönderfall.
- Skriv reaktionsformel för dessa båda sönderfall.
 - Vid sönderfallet sänds det även ut gamma-strålning. Genom att mäta hur många sönderfall som sker i en persons kropp kan man se hur mycket

muskler personen har. Hur många gram kalium innehåller en kropp med aktiviteten 4700 Bq från kalium-40? I naturligt kalium utgör kalium-40 bara 0,0117 %.

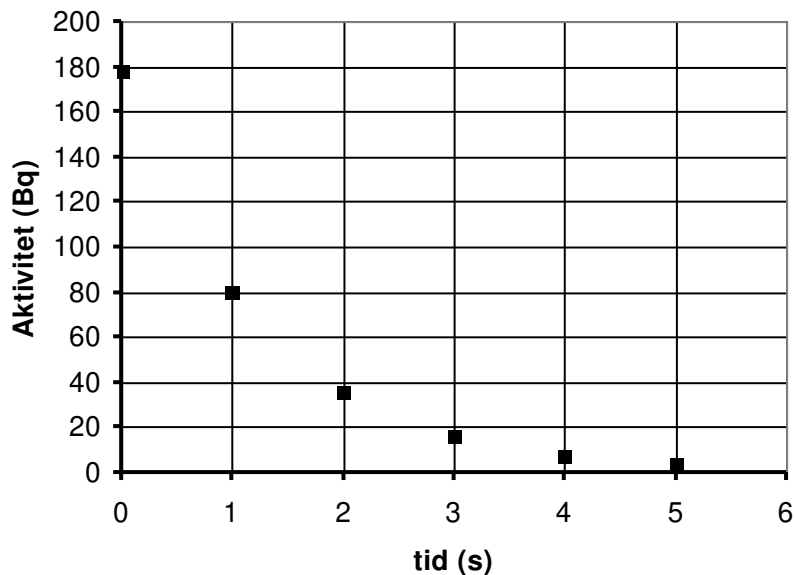
2. Johanna läser om hur geologer har beräknat jordens ålder med hjälp av rubidium-strontium-metoden. Det står att rubidium-87 har en halveringstid på 49 miljarder år.
 - a. Vad innebär det?
 - b. Vilken sönderfallsreaktion är det som sker när rubidium-87 sönderfaller till strontium-87?
3. Vid positronemissionstomografi (PET) får försökspersonen andas in syre-15 som löser sig i blodet och sprider sig i kroppen. Genom att låta försökspersonen göra olika övningar kan man sen se hur blodflödet förändras. Om försökspersonen till exempel löser matematikuppgifter kan man se vilka delar av hjärnan som aktiveras genom att blodflödet till dessa ökar.
 - a. Skriv sönderfallsformel för det sönderfall som sker och beräkna hur mycket energi som frigörs.
 - b. Förklara hur forskarna kan veta var i kroppen som sönderfallen sker.
 - c. Hur lång tid tar det innan 99 % av nukliderna har sönderfallit eller försvunnit ur kroppen? Den effektiva halveringstiden är 85 s.
 - d. Vad betyder effektiv halveringstid?
4. Bor-9 är extremt instabilt och har en halveringstid på 800 zs ($z = \text{zepto} = 10^{-21}$) innan det sönderfaller genom protonemission.
 - a. Skriv en sönderfallsformel för reaktionen.
 - b. Under en körning i en accelerator genereras 1,00 pg bor-9. Hur många atomer motsvarar det?
 - c. Vilken aktivitet har provet i det ögonblicket?
5. Vid en PET undersökning används syre-15 för att undersöka hur hjärnan reagerar vid sexuell stimulering. Syret löser sig i blodet och följer med runt i kroppen. Genom att studera vilka delar av hjärnan som kräver mest blod kan man se vilka delar som arbetar mest. När preparatet inandades hade det aktiviteten 1,2 kBq. Hur stor stråldos fick försökspersonen av undersökningen om vi antar att patienten vägde 65 kg och att 70 % av syre-15 atomerna sönderfaller inuti kroppen.
6. Hur många gram cesium-137 får det finnas i en renfilé som väger 1,4 kg om det ska få säljas i Sverige. Strålningsgränsen är 1,5 kBq/kg.
7. Vilken aktivitet skulle ett preparat med 1 gram järn-59 ha?
8. Inom sjukvården använder man ofta preparatet Tc-99m, som har en halveringstid på 6,02 h. En morgon framställer sjukhusfysikerna på ett stort sjukhus 1,0 gram av ämnet i en cyklotron. Vilken aktivitet har 1,0 gram Tc-99m?
9. En läkare ska använda ett jod-131-preparat med aktiviteten 30 kBq för att undersöka om en av hans patienter har sköldkörtelcancer. Hur många gram jod-

^{131}I innehåller preparatet?

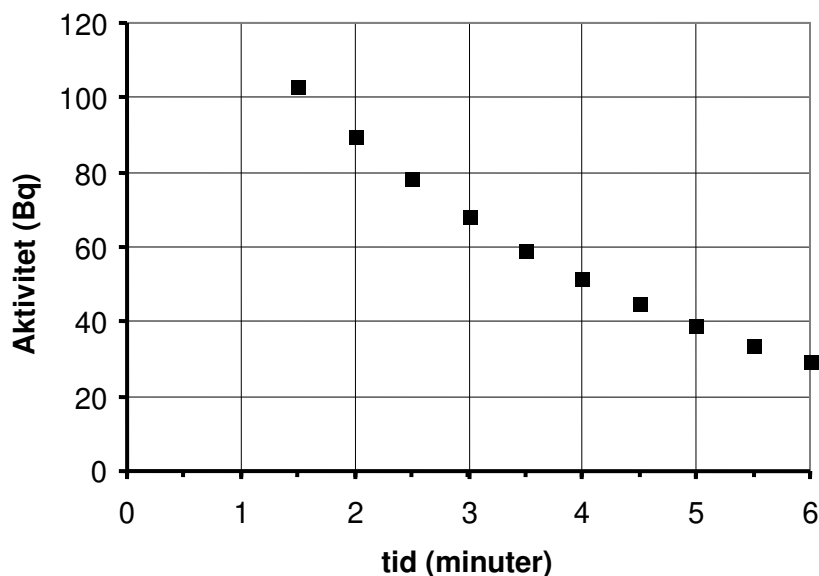
10. Diagrammet visar hur antalet av en viss radioaktiv nuklid förändras med tiden.
- Bestäm preparatets halveringstid.
 - Hur lång tid tar det innan 99 % av atomerna har sönderfallit?
 - Hur stor var aktiviteten när mätningarna startade?



11. Diagrammet visar hur aktiviteten hos ett preparat förändras med tiden.
- Bestäm preparatets halveringstid?
 - Hur lång tid tar det innan aktiviteten i preparatet har minskat till 10 %?
 - Hur många sönderfall har det skett fram till dess?



12. Diagrammet visar hur aktiviteten hos ett preparat förändras med tiden.
- Teckna ett uttryck för preparatets aktivitet som funktion av tiden.
 - Hur lång tid tar det innan antalet atomer i preparatet har minskat till 1 %.
 - Hur många sönderfall har skett fram till dess?



13. Linda har gjort en mätning för att undersöka hur aktiviteten i ett radioaktivt preparat varierar med tiden. Var tionde minut har hon mätt hur många sönderfall som sker under 10 sekunder. Resultatet kan du se i tabellen.
- Rita ett diagram där du visar hur aktiviteten förändras med tiden.
 - Bestäm preparatets halveringstid.
 - Hur många atomer fanns det i preparatet från början?
 - Hur många atomer har sönderfallit under den tid som mätningen varade?

Tid (minuter)	Antal sönderfall på 10 s
0	1170
10	971
20	806
30	669
40	556
50	461
60	383
70	318
80	264
90	219

14. Koppar har två stabila nuklider, koppar-63 och koppar-65. Koppar-64 kan däremot sönderfalla både med β^+ - och β^- -sönderfall. Vilket av dessa sönderfall frigör mest energi?

UPPGIFTER A

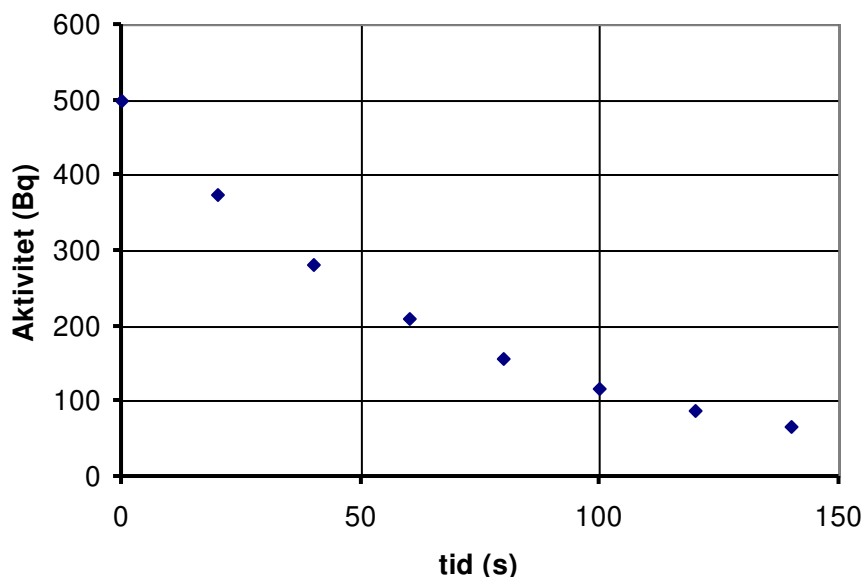
1. Kol-14-metoden bygger på att allt levande omsätter en del kol eftersom kol ingår både i växternas fotosyntes och djurens cellandning. När något dör slutar omsättningen av kol. Vanligt kol innehåller en viss andel av den radioaktiva isotopen kol-14 som har en halveringstid på 5700 år. Kol-14 bildas av den kosmiska strålningen högt upp i atmosfären och så länge något lever så hålls andelen av kol-14 på en konstant nivå. Men när något dör så att omsättningen av kol 14 slutar kommer andelen kol-14 att minska i förhållande till det stabila kol-12. Genom att jämföra andelen kol-14 i levande materia med hur stor den är i det man vill datera kan man beräkna hur gammalt föremålet är.
2. I vissa fall finns flera alternativ
 - a. β^-
 - b. α
 - c. β^+ eller elektroninfångning
3. Strålningen från radioaktiva preparat kan döda celler. Genom att se till att de celler som strålningen träffar är cancerceller kan man bota cancer. Svårigheten är att stråldosen till kroppens egna celler inte får bli för stor, men kroppen är ganska stor och har en ganska god förmåga att ersätta döda celler. De flesta celler i kroppen ersätts ju kontinuerligt med nya. Sjukhuspersonalen försöker minska dosen till resten av kroppen genom att fästa det radioaktiva preparatet vid något ämne som kroppen koncentrerar i närheten av det område där cancercellerna sitter. Ett bra exempel på det är användandet av radioaktivt jod när man ska slå ut sköldkörtelcancer. En ganska stor del av det jod som vi äter ansamlas i sköldkörteln. Då kommer cancercellerna som sitter där att skadas så mycket av strålningen att de dör.
4.
 - a. ${}^8_5\text{B} \rightarrow {}^0_{+1}\text{e} + {}^8_4\text{Be} + \nu_e + \text{Energi}$ Bor-8 sönderfaller och sänder ut en β^+ -partikel.
 - b. ${}^{12}_5\text{B} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{12}_6\text{C} + \bar{\nu}_e + \text{Energi}$ Bor-12 sönderfaller och sänder ut en β^- -partikel.
 - d. ${}^8_4\text{Be} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He} + \text{Energi}$ Beryllium-8 sönderfaller och sänder ut en α -partikel.
 - e. ${}^7_4\text{Be} + {}^0_{-1}\text{e} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + \bar{\nu}_e + \text{Energi}$ Beryllium-7 fångar in en elektron och sönderfaller.
5. Absorberad stråldos anger hur mycket energi som absorberats per kg bestrålad vävnad. Enheten är följaktligen J/kg vilket har fått namnet gray. Den ekvivalenta stråldosen utgår från den absorberade dosen men tar hänsyn till vilken form av strålning det är frågan om. Olika former av strålning gör olika mycket skada. Alfa-strålning är farligast med en viktfaktor på 20, medan beta-strålning och gamma-strålning har viktfaaktorn 1. Den ekvivalenta dosen mäts i sievert, Sv. Den effektiva stråldosen utgår från den ekvivalenta stråldosen och kompenserar sen hur farlig den är med tanke på hur stor del av kroppen som bestrålas. Olika delar är olika känsliga för strålning. Könskörtlarna har t.ex. viktfaaktorn 0,20 medan lungorna har 0,12 och huden bara har 0,01. Bestrålas flera delar av kroppen adderar man den effektiva dosen för respektive organ. Precis som den ekvivalenta dosen så mäts den effektiva dosen i sievert.

6. a. fusion
b. α -partikel
c. fission
d. nuklid eller isotop
7. Antalet atomer som sönderfaller varje sekund bestämmer hur lång tid det tar innan antalet atomer har halverats. Om vi har tillräckligt många atomer kan vi mäta hur många som sönderfaller under en viss tid och utifrån det beräkna hur lång tid det tar innan hälften av atomerna har försvunnit.
Man kan också använda formler. Om vi vet hur många atomer av nukliden uran-238 som finns i ett prov och sen mäter hur många som sönderfaller så kan vi bestämma sönderfallskonstanten enligt $A(t) = \lambda \cdot N(t)$.

Sönderfallskonstanten gör det möjligt att beräkna halveringstiden enligt $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

8. a. α -strålning
b. γ -strålning
c. β^- -partikel

9. a.



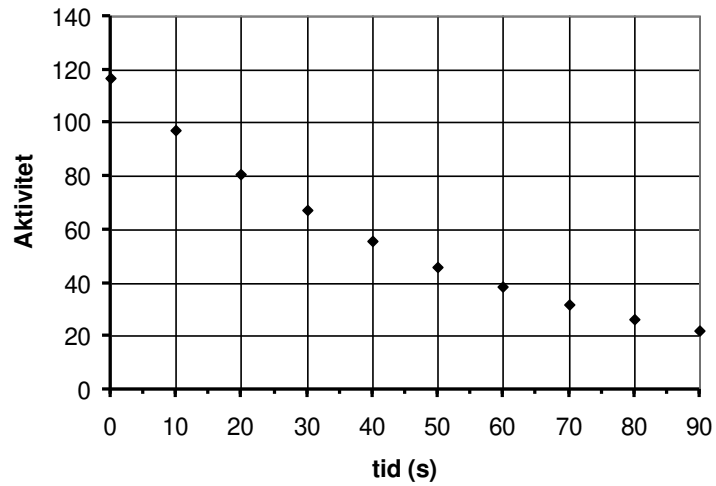
- b. 48 sekunder
c. ca 35000 stycken $\lambda = \ln 2 / 48$
10. a. ca 40 minuter, det vill säga ca 2400 s
b. $2,9 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$
c. 119 Bq
d. $A(t) = 119e^{-2,9 \cdot 10^{-4} t}$
e. ca 4,4 timmar eller ca 16000 sekunder.
11. α -sönderfall
12. Preparatets aktivitet, dess halveringstid, strålslag och energi hos den utsända strålningen. Om strålkällan är öppen eller sluten, fast, flytande eller i gasform. Om dotternukliden är stabil eller om den ingår i en sönderfallskedja.

13. 446 kW

UPPGIFTER B

1. a. ${}^{40}_{19}\text{K} \rightarrow {}^0_{+1}\text{e} + {}^{40}_{18}\text{Ar} + \nu_e + \text{Energi}$ och ${}^{40}_{19}\text{K} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{40}_{20}\text{Ca} + \bar{\nu}_e + \text{Energi}$
b. 0,15 kg kalium
2. a. Halveringstiden 49 miljarder år innebär att antalet rubidium-87-atomer halveras på 49 miljarder år genom radioaktivt sönderfall.
b. β^- -sönderfall
3. a. ${}^{15}_8\text{O} \rightarrow {}^0_{+1}\text{e} + {}^{15}_7\text{N} + \nu_e + \text{Energi}$ (det frigörs 1,72 MeV)
b. Vid sönderfallet sänds det ut en positron. Så fort positronen stöter på en elektron kommer de att annihileras. Då skapas två gamma-partiklar som rör sig i rakt motsatt riktning. Genom att detektera dessa gammakvanta kan man räkna ut längs vilken linje som sönderfallet skedde och man kan även räkna ut var på linjen sönderfallet skedde genom att mäta skillnaden i ankomsttid för gamma-partiklarna.
c. 565 s, det vill säga drygt 9 minuter.
d. Den effektiva halveringstiden är en kombination av den fysikaliska halveringstiden och den biologiska halveringstiden, som beror på hur snabbt ämnet utsöndras ur kroppen.
4. a. ${}^9_5\text{B}_4 \rightarrow {}^1_1\text{p}_0 + {}^8_4\text{Be}_4 + \text{Energi}$
b. $6,68 \cdot 10^{10}$ stycken
c. $5,8 \cdot 10^{28}$ Bq
5. 1 nanogray (helt försumbart)
6. $6,6 \cdot 10^{-10}$ g
7. $1,8 \cdot 10^{15}$ Bq
8. 190 PBq
9. 6,5 pg
10. a. ca 40 s
b. 250 s
c. 500 Bq
11. a. ca 0,9 s
b. 3 s
c. 210 sönderfall
12. a. $160e^{-0,0046t}$
b. 1000 s (knappt 17 minuter)
c. 34000

13. a.



b. ca 37 sekunder

c. ca 6200

d. ca 5100

14. Sönderfallet till nickel.