

Tentamen i Modern Fysik (SH1012)

08.00–13.00, 2013-05-21, KTH, Stockholm

Tillåtna hjälpmedel: miniräknare + (*Matematics Handbook Beta*)

Formelblad samt tabeller delas ut vid tentamen

Tentamen består av 8 problem som vardera ger maximalt 5 poäng. För godkänt krävs 20 poäng. Betyget baseras på uppnådd poäng (efter tillägg av 0.5 bonuspoäng per godkänd inlämningsuppgift, dvs maximalt 4 bonuspoäng). Betygskriterierna är följande:
A:36-40, B:32-35, C:28-31, D:24-27, E:20-23, Fx:18-19, F:0-17

**Motivera dina svar tydligt med uträkningar och text (och bilder när det är lämpligt).
Skriv tydligt.**

Gör dina egna, rimliga, uppskattningar när det behövs. Det ska framgå tydligt från din text vilka antaganden och uppskattningar du gjort

Lycka Till!

- Robert Millikan gjorde år 1916 noggranna mätningar av den fotoelektriska effekten för att se om Einsteins förklaring av fenomenet stämde och för att bestämma Plancks konstant. Millikan lät ljus av olika våglängd träffa en metallyta och mätte de från ytan emitterade elektronernas maximala energi för resp. våglängd. I en mätserie fick han följande elektronenergier för de olika våglängderna:

λ [Å]	E_{e^-} [eV]
6560	inga e^-
4339	0.551
4047	0.755
3650	1.086
3126	1.650

Millikan använde sitt eget värde för elektronens laddning: $1.592 \cdot 10^{-19}$ [C]. Tänk dig att du är Millikan och bestäm Plancks konstant, h , baserat på ovanstående [4 p]. Bestäm även utträdesarbetet för metallen [1 p].

- Efter den stora tsunamin på Japanska östkusten 2011 havererade flera kärnreaktorer vid kraftverksanläggningen i Fukushima. Stora mängder radioaktivt material läckte ut till omgivningen.

Ett stort problem är kontamination av åkrar i stora områden kring kärnkraftverket från den radioaktiva nukliden ^{137}Cs (halveringstid: 30.17 år). Gränsvärdet i Japan för ^{137}Cs i odlingsbar åkerjord är 5000 Bq/kg.

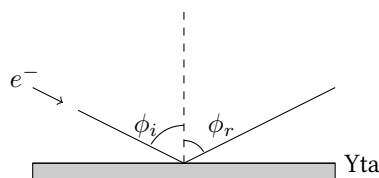
En lantbrukare uppmäter år 2013 ett värde på 18000 Bq/kg för jorden i en av sina åkrar. När kommer åkern kunna användas till odling? [2 p]

Nukliden ^{137}Cs produceras vid fission av (i detta fall) ^{235}U som var bränslet i Fukushima's kärnreaktorer. Vid fission träffas ^{235}U -kärnan av en långsam neutron som absorberas. Systemet fissionerar kort därefter så att två fissionsprodukter och ett antal neutroner blir kvar.

Antag för en viss fissionsreaktion att ^{137}Cs är den ena fissionsprodukten och att tre neutroner skickas ut. Vilken är då den andra fissionsprodukten? [1 p]

Använd atomära massor för att räkna ut den energi som frigörs vid denna fissionsreaktion. [2 p]

- Metallen polonium har en enkel kubisk kristallstruktur. I ett experiment är en poloniumkristall slipad så att atomplanen ligger parallellt med kristallytan. Elektroner accelereras över ett spänningsgap på 40 V och träffar sedan en kristallen i den variabla infallsvinkeln ϕ_i mot ytans normal. De reflekterade elektronerna uppmäts i reflektionsvinkeln $\phi_r = \phi_i$.



De reflekterade elektronerna har sitt första intensitetsmaximum då $\phi = 73.2^\circ$. Bestäm avståndet mellan atomplanen i polonium [5 p].

4. Härled formeln för tidsdilatation från Lorentztransformationen [3 p].

En atomkärna som färdas med hastigheten $\frac{v}{c} = 0.8$ längs x -axeln exciteras till ett högre energitillstånd vid punkten $x = 0$ i ett experiment. Sett från atomkärnans inertialsystem så skickar den sedan ut en gammastråle exakt $0.25 \cdot 10^{-9}$ [s] efter excitationen. Sett från det stillastående labsystemet, hur långt är det från $x = 0$ till punkten x_1 från vilken gammastrålen skickas ut? [2 p].

5. Skriv upp det relativistiska uttrycket för rörelseenergin E_k och visa att det övergår i det klassiska uttrycket $E_k = \frac{1}{2}m_0v^2$ vid låga hastigheter [3 p]. En proton rör sig med hastigheten $\frac{v}{c} = 0.95$ i en accelerator har en viss kinetisk energi, E_k . Hur många gånger högre blir E_k vid $\frac{v}{c} = 0.99$? [2 p].
6. En elektron rör sig i positiv x -led och träffar på en rektangulär potentialbarriär med energin 5 eV och längden 12 Å. Hitta en elektronenergi i intervallet 7-9 eV för vilken vi inte får någon reflektion alls. [5 p].
7. Endast en av följande elektronkonfigurationer (a,b,c,d) är tillåten.

konfiguration a: $1s^22s^22p^83s^23p^2$

konfiguration b: $1s^22s^42p^63s^23p^3$

konfiguration c: $1s^22s^22p^63s^23s^1$

konfiguration d: $1s^22s^22p^63s^23p^5$

Vilken är den korrekta konfigurationen och vilken är atomen som den motsvarar? Motivera för varje icke-giltig konfiguration varför du förkastar den [4 p]. Vilken viktig princip har vi brutit mot i de övriga 3 icke-giltiga konfigurationerna? [1 p].

8. Den kvantmekaniska lösningen för elektronens vågfunktion i väteatomen kan genom variabelseparation delas upp i tre delar: $\psi(r, \theta, \phi) = R(r) \cdot \Theta(\theta) \cdot \Phi(\phi)$. Ekvationen för $\Phi(\phi)$ får då följande form:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial \phi^2} + k\Phi = 0,$$

där k är en reell konstant. Ta fram lösningen för $\Phi(\phi)$ och visa genom randvillkor hur det magnetiska kvanttalet m_l förhåller sig till k , samt visa vilka värden m_l kan antaga baserat på denna ekvation [5 p].