

## FYSIK

**DATUM:** 5 juni 2019

**SKRIVTID:**

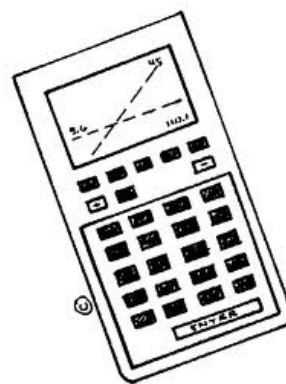
3 timmar (180 minuter)

**TILLÅTNA HJÄLPMEDEL:**

Miniräknare TI-Nspire i inställningen

“Press-to-test”

Blyertspenna för grafer



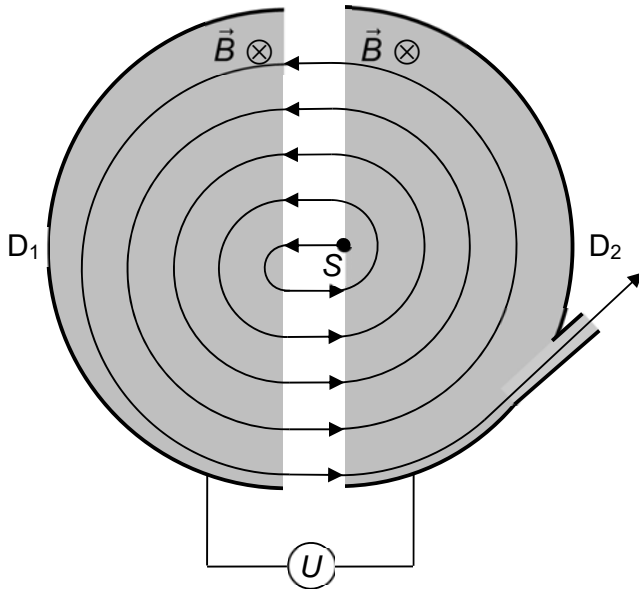
**SÄRSKILDA INSTRUKTIONER:**

- Använd separata svarspapper för varje uppgift.
- Alla svar skall vara försedda med förklarande text.  
Tankegången skall klart framgå av svaret.  
Om svaret har erhållits med hjälp av en grafisk metod så skall uträkningen innehålla en skiss av grafen.
- Om inget annat anges i uppgiften, kommer full poäng inte att utdelas om ett korrekt svar inte åtföljs av en förklaring eller annat bevis på hur resultatet eller lösningen har erhållits.
- Även om svaret är felaktigt, kan poäng ges för korrekt metod, om tillvägagångssättet framgår av uträkningen.

Uppgift 1																																											
Del A		Sida 1/4	Poäng																																								
<p>TRAPPIST-1 är en ultrasval röd dvärgstjärna som är aningen större än Jupiter, men har en mycket större massa. Den 22 februari 2018 meddelade astronomer att denna stjärnas planetsystem består av sju planeter.</p> <p>I denna uppgift kan antas att alla planeter rör sig i cirkulära banor.</p>																																											
<table><tr><th colspan="4">Planetsystemet till TRAPPIST-1</th></tr><tr><th>Planet</th><th>Massa (Jordmassor)</th><th>Banradie (10<sup>6</sup> km)</th><th>Omloppstid (Jorddagar)</th></tr><tr><td>b</td><td>1,02</td><td>1,73</td><td>1,51</td></tr><tr><td>c</td><td>1,16</td><td>2,37</td><td>2,42</td></tr><tr><td>d</td><td>0,30</td><td>3,33</td><td>4,05</td></tr><tr><td>e</td><td>0,77</td><td>4,38</td><td>6,10</td></tr><tr><td>f</td><td>0,93</td><td>5,76</td><td>9,21</td></tr><tr><td>g</td><td>1,14</td><td>7,01</td><td>12,35</td></tr><tr><td>h</td><td>0,33</td><td>9,27</td><td>18,77</td></tr><tr><td colspan="4">Källa: Wikipedia EN, 18 januari 2019</td></tr></table>				Planetsystemet till TRAPPIST-1				Planet	Massa (Jordmassor)	Banradie (10 <sup>6</sup> km)	Omloppstid (Jorddagar)	b	1,02	1,73	1,51	c	1,16	2,37	2,42	d	0,30	3,33	4,05	e	0,77	4,38	6,10	f	0,93	5,76	9,21	g	1,14	7,01	12,35	h	0,33	9,27	18,77	Källa: Wikipedia EN, 18 januari 2019			
Planetsystemet till TRAPPIST-1																																											
Planet	Massa (Jordmassor)	Banradie (10 <sup>6</sup> km)	Omloppstid (Jorddagar)																																								
b	1,02	1,73	1,51																																								
c	1,16	2,37	2,42																																								
d	0,30	3,33	4,05																																								
e	0,77	4,38	6,10																																								
f	0,93	5,76	9,21																																								
g	1,14	7,01	12,35																																								
h	0,33	9,27	18,77																																								
Källa: Wikipedia EN, 18 januari 2019																																											
<p>a) Keplers tredje lag säger att förhållandet <math>\frac{T^2}{r^3}</math> är konstant för planetbanor, där <math>T</math> är omloppstiden och <math>r</math> är banradien.</p> <p>Bekräfta Keplers tredje lag genom att använda data för 2 planeter i ovanstående tabell.</p>		3 poäng																																									
<p>b) Visa att banhastigheten för planet "e" är <math>v_e = 5,22 \cdot 10^4</math> m/s.</p>		3 poäng																																									
<p>c) För två planeter som rör sig i banor på avstånden <math>r_1</math> och <math>r_2</math> från en stjärna gäller att förhållandet mellan deras banhastigheter <math>v_1</math> och <math>v_2</math> ges av</p> $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{r_2}{r_1}}.$ <p>Härled detta uttryck.</p>		3 poäng																																									
<p>d) En av planeterna till TRAPPIST-1 har en banhastighet på <math>4,13 \cdot 10^4</math> m/s. Vilken planet är det?</p>		3 poäng																																									

**EUROPEISK STUDENTEXAMEN 2019: FYSIK**[illegible]

Del A	
<b><u>Givet:</u></b>	
Jordens massa	$m_E = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Gravitationskonstanten	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

Uppgift 1		
Del B	Sida 3/4	Poäng
<p>En cyklotron är en partikelaccelerator. Den består av två ihåliga D-formade halvcylindrar <math>D_1</math> och <math>D_2</math>, åtskilda av ett tunt gap (se figuren nedan).</p> <p>I ett experiment emitteras protoner med försumbar begynnelsehastighet från en källa <math>S</math>.</p> <p>I gapet mellan de D-formade elektroderna accelereras protonerna av en potentialskillnad <math>U</math>. Potentialskillnaden byter tecken efter varje gång protonerna passerat gapet. Absolutvärdet av denna potentialskillnad är <math>U = 1,00 \cdot 10^4 \text{ V}</math> när en proton passerar gapet.</p> <p>Ett likformigt magnetfält <math>\vec{B}</math> med <math>B = 1,00 \text{ T}</math> finns inuti de D-formade elektroderna, med en riktning som är parallell med halvcylindrarnas axel. Den efterföljande protonbanan i varje D-formad elektrod är cirkulär. Radien ökar efter varje passering av gapet.</p>		
		

# EUROPEISK STUDENTEXAMEN 2019: FYSIK

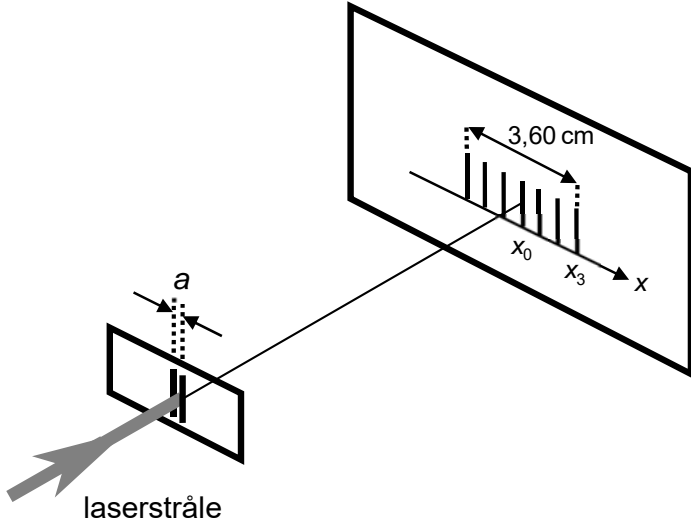
Uppgift 1		
Del B	Sida 4/4	Poäng
<p><b>a)</b> En proton kommer in i en D-formad elektrod med hastigheten <math>v</math>.</p> <p>i. Visa att banradien <math>R</math> är given av:</p> $R = \frac{m_p v}{e B}$ <p>ii. Visa, genom att härleda ett uttryck för tiden <math>\Delta t</math> som protonen befinner sig i en av de D-formade elektroderna, att denna tid är oberoende av farten.</p>		<p>3 poäng</p> <p>2 poäng</p>
<p><b>b)</b> i. Visa att protonens kinetiska energi ökar med <math>1,00 \cdot 10^4</math> eV vid varje passering av gapet mellan de D-formade elektroderna.</p> <p>ii. Beräkna radien <math>R_1</math> på den första cirkulära banan.</p>		<p>2 poäng</p> <p>3 poäng</p>
<p><b>c)</b> En proton som accelereras i en cyklotron har sin maximala energi när den lämnar den D-formade elektroden efter det sista varvet. Banradien när den lämnar cyklotronen är <math>R_{\max} = 0,289</math> m.</p> <p>i. Visa att protonens maximala kinetiska energi är <math>E_{\max} = 4,00</math> MeV.</p> <p>ii. Beräkna antalet varv som behövs för att protonen skall få den maximala kinetiska energin.</p>		<p>3 poäng</p> <p>1 poäng</p>

Del B	
<p><b><u>Givet:</u></b></p>	
Elementarladdningen	$e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C
Protonens massa	$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg

# EUROPEISK STUDENTEXAMEN 2019: FYSIK

Uppgift 2		
Del A	Sida 1/3	Poäng
<p>Längden på en orgelpipa varierar mellan åtskilliga meter och några få centimeter. Några av piporna är öppna i båda ändarna ("öppna pipor") medan andra är öppna i en ända och slutna i den andra ändan ("slutna pipor").  Det mänskliga örat kan höra ljud med frekvenser mellan 20 Hz och 16 000 Hz.</p>		
<p><b>a)</b></p>	<p><b>i.</b> Rita figurer som visar grundtonen och den första övertonen för båda typerna av pipor och markera läget av noderna.</p>	4 poäng
	<p><b>ii.</b> Beräkna längden på pipor av båda slagen som har en grundton på 20 Hz.</p>	3 poäng
	<p><b>iii.</b> Beräkna förhållandet mellan frekvenserna för den första övertonen för två orgelpipor av samma längd, den ena "öppen" och den andra "sluten".</p>	2 poäng
	<p><b>b)</b> En ton med frekvensen 440 Hz är given. Om man går ner eller upp en oktav så antingen halveras frekvensen eller fördubblas den.</p>	
	<p><b>i.</b> Beräkna frekvensen på en ton som är fyra oktaver under 440 Hz, och avgör om det mänskliga örat fortfarande kan höra tonen.</p>	2 poäng
	<p><b>ii.</b> Frekvensen på den högsta tonen, som ligger ett antal oktaver över 440 Hz, och som vi fortfarande kan höra är 14080 Hz.</p>	
	<p>1. Beräkna hur många oktaver som den tonen ligger över 440 Hz.</p>	1 poäng
	<p>2. I en viss orgel är den kortaste orgelpipan 6,14 mm lång.  Avgör, genom beräkning om det är en "öppen pipa" eller en "sluten pipa", då vi vet att grundfrekvensen är 14080 Hz.</p>	3 poäng

Del A	
<p><b>Givet:</b></p>	
Ljudhastigheten i luft	$v_{\text{ljud}} = 346 \text{ m/s}$

Uppgift 2		
Del B	Sida 2/3	Poäng
<p><b>a)</b> Elever utför Youngs dubbelspaltexperiment med en laser med våglängden <math>\lambda</math>. Ljuset infaller mot en dubbelspalt med spaltavstånd <math>a</math>. Ett interferensmönster observeras på en skärm som befinner sig på ett avstånd <math>L</math> från dubbelspalten. Skärmen är parallell med planet genom dubbelspalten.</p> <p>i. Visa att läget av ljusmaxima på skärmen är givna av:</p> $x_k = k \frac{L \lambda}{a}, \text{ där } k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ <p>Ange de approximationerna som gjorts.</p> <p>ii. Bestäm spaltavståndet <math>a</math>, om avståndet mellan de två tredje ordnings maxima på skärmen är 3,60 cm när <math>L = 4,00</math> m och <math>\lambda = 546</math> nm (se nedanstående figur).</p> 		<p>4 poäng</p> <p>2 poäng</p>
<p><b>b)</b> Eleverna använder nu en dubbelspalt med <math>a = 3,64 \times 10^{-4}</math> m och ersätter lasern med en ljuskälla med rött (<math>\lambda_1 = 672</math> nm) och grönt ljus (<math>\lambda_2</math>). På skärmen syns ett överlappande av interferensmönster. Ett grönt maximum sammanfaller med tredje ordningens röda maximum. Bestäm det gröna ljusets våglängd <math>\lambda_2</math> och ordningen på det gröna maximum som sammanfaller med det röda maximum.</p>		4 poäng

# EUROPEISK STUDENTEXAMEN 2019: FYSIK

Uppgift 2		
Del B	Sida 3/3	Poäng
<p>c) Eleverna använder nu en annan laser och ersätter dubbelspalten med ett diffraktionsgitter med 4000 linjer per centimeter. Avståndet <math>L = 4,00</math> m förblir oförändrat. Det första maximum observeras på ett avstånd 0,871 m från det centrala maximum på skärmen. Gitterformeln lyder</p> $k\lambda = d \sin(\theta_k) .$ <p>i. Förklara betydelsen av <math>d</math> och <math>\theta_k</math> i formeln.</p> <p>ii. Visa att laserljuset har en våglängd på 532 nm.</p>		<p>1 poäng</p> <p>4 poäng</p>

Del B	
<p><b><u>Givet:</u></b></p> <p>Våglängden på grönt ljus <span style="float: right;"><math>500 \text{ nm} \leq \lambda \leq 560 \text{ nm}</math></span></p> <p>Ljusets hastighet i vakuum <span style="float: right;"><math>c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}</math></span></p>	



# EUROPEISK STUDENTEXAMEN 2019: FYSIK

Uppgift 3																		
					Sida 1/1	Poäng												
<p>a) Nedanstående ekvation är Einsteins ekvation som beskriver den fotoelektriska effekten när en fotocell belyses med ljus med frekvensen <math>f</math></p> $hf = W_0 + E_{\text{kin}}.$ <p>i. Förklara vad som menas med de tre termerna <math>hf</math>, <math>W_0</math> and <math>E_{\text{kin}}</math>.</p> <p>ii. Monokromatiskt ljus med våglängden 486 nm används till att belysa fotocellen. Fotokatoden är belagd med ett tunt lager av cesium som har utträdesarbetet 2,08 eV och som har en yta med en area på 100 mm<sup>2</sup>.</p> <p>Intensiteten på ljuset som infaller mot fotocellens katod är 0,100 W/m<sup>2</sup>.</p> <p>1. Visa fotonenergin i detta ljus är <math>4,09 \cdot 10^{-19}</math> J.</p> <p>2. Beräkna den maximala kinetiska energin på en fotoelektron.</p> <p>3. Visa hur antalet fotoner som träffar fotokatodens yta är lika med <math>2,44 \cdot 10^{13}</math> per sekund.</p> <p>4. Beräkna den maximala fotoströmmen om vi antar att 4 % av fotonerna resulterar i emission av en fotoelektron.</p>						3 poäng												
<p>b) I väteatomens spektrum kan våglängderna delas upp i serier som t.ex. Balmer serien.</p> <p>Fotonerna i Balmer serien emitteras när elektroner övergår från ett tillstånd med kvanttal <math>n \geq 3</math> till <math>n = 2</math>. Nedanstående tabell visar de fem första energinivåerna <math>E_n</math> för väteatomen.</p> <table><tr><td>Kvanttal <math>n</math></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td><math>E_n</math> / eV</td><td>-13,6</td><td>-3,40</td><td>-1,51</td><td>-0,85</td><td>-0,54</td></tr></table> <p>En av övergångarna i Balmerserien resulterar i att en foton med våglängden 486 nm emitteras.</p> <p>Mellan vilka energinivåer sker denna övergång?</p>						Kvanttal $n$	1	2	3	4	5	$E_n$ / eV	-13,6	-3,40	-1,51	-0,85	-0,54	4 poäng
Kvanttal $n$	1	2	3	4	5													
$E_n$ / eV	-13,6	-3,40	-1,51	-0,85	-0,54													

## Givet:

Plancks konstant	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Ljusets hastighet i vakuum	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
Elementarladdningen	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Uppgift 4		
	Sida 1/2	Poäng
<p><b>a)</b> En av grundämnet teknetiums isotoper är <math>^{99}_{43}\text{Tc}</math>.</p> <p>i. Vad menas med termen "isotop"?</p> <p>ii. Vad är sammansättningen av denna isotops kärna?</p> <p>iii. <math>^{99}_{43}\text{Tc}</math> sönderfaller till <math>^{99}_{44}\text{Ru}</math>.</p> <p>Skriv reaktionsschemat för sönderfallet av <math>^{99}_{43}\text{Tc}</math> till <math>^{99}_{44}\text{Ru}</math> och ange vad för typ av sönderfall som det rör sig om.</p> <p>Teknetium-99m är en metastabil isotop som sönderfaller till <math>^{99}_{43}\text{Tc}</math> genom emission av gammastrålning. Teknetium-99m används mycket i nukleärmedicin.</p> <p>Nedanstående graf visar aktiviteten av ett prov av technetium-99m:</p> <div data-bbox="305 850 1255 1465" data-label="Figure"> <p style="text-align: center;">Gammasönderfall av teknetium-99m</p> </div> <p>iv. Förklara betydelsen av termen "halveringstid", <math>T_{1/2}</math>, för en radioaktiv isotop.</p> <p>v. Använd grafen till att bestämma halveringstiden för isotopen teknetium-99m.</p> <p>vi. Visa att <math>T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}</math>, där <math>\lambda</math> är sönderfallskonstanten.</p>		<p>1 poäng</p> <p>1 poäng</p> <p>2 poäng</p> <p>1 poäng</p> <p>1 poäng</p> <p>2 poäng</p>

# EUROPEISK STUDENTEXAMEN 2019: FYSIK

Uppgift 4		
	Sida 2/2	Poäng
<p><b>b)</b> I en kärnreaktor kan uran omvandlas enligt följande reaktionsschema:</p> ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^{92}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n}$ <p><b>i.</b> Förklara hur en kedjereaktion skapas och beskriv moderatorns roll i en kärnreaktor.</p> <p><b>ii.</b> Beräkna den energi som frigörs i denna reaktion.</p>		<p>4 poäng</p> <p>4 poäng</p>
<p><b>c)</b> I en reaktor som använder uranium-235, förekommer ett antal olika sönderfallsreaktioner. Den genomsnittliga energin som frigörs per sönderfall är 210 MeV.</p> <p>Beräkna massan av den mängd uranium-235 som skall spaltas per timme för att driva ett kärnkraftverk på 2,00 GW om vi kan anta en verkningsgrad på 33 %.</p>		4 poäng

## Givet:

Atommassenheten	$1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} / c^2 = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Ljusets hastighet i vakuum	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
Elementarladdningen	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Neutronens massa	$m_n = 1,008\,665 \text{ u}$
Atommassan för ${}_{36}^{92}\text{Kr}$	91,926 156 u
Atommassan för ${}_{56}^{141}\text{Ba}$	140,914 411 u
Atommassan för ${}_{92}^{235}\text{U}$	235,043 930 u