

UTTAGNING TILL KEMIOLYMPIADEN 2011

TEORETISKT PROV

2011-03-15

Provet omfattar **11** uppgifter

Provtid: 180 minuter. Hjälpmedel: Miniräknare, tabell- och formelsamling.

Till uppgifterna 1-7 skall du endast ge svar. Svara på bifogad svarsblankett.

Uppgift 1 (2 poäng) *Ett eller flera alternativ ska väljas*

I vilken eller vilka av följande partiklar har svavel högst oxidationstal?

- a) S₈ b) S²⁻ c) SO₃ d) S₂²⁻ e) SO₄²⁻

Uppgift 2 (2 poäng) *Endast ett alternativ ska väljas*

Hur många möjliga aromatiska föreningar finns det med molekylformeln C₇H₇Br?

- a) 2 b) 3 c) 4 d) 5 e) 6

Uppgift 3 (2 poäng)

Massan av en atom av ett ämne är $1,71 \times 10^{-22}$ g. Vilket grundämne är det?

I år är det Kemins år och för exakt 100 år sedan fick Marie Curie sitt andra nobelpris i kemi för upptäckten av radium. Hon upptäckte 1898 tillsammans med maken Pierre Curie radium i malmen pechblände och de framställde 1910 metallen ur malmen. Det gjorde de genom att först överföra det radium som finns i malmen till radiumsulfat som sedan omvandlades till en vattenlösning av radiumbromid. Denna lösning elektrolyserades sedan med en kvicksilverkatod och en grafitanod.



Uppgift 4 (2 poäng) *Ett eller flera alternativ ska väljas*

Använd din kunskap om löslighet av salter i grupp 2, som radium tillhör, för att avgöra vilket eller vilka av följande salter som är mycket svårlösligt i vatten.

- a) RaCO₃ b) RaCl₂ c) Ra(NO₃)₂ d) RaSO₄ e) RaI₂

Uppgift 5 (2 poäng)

När makarna Curie elektrolyserade en vattenlösning av radiumbromid med en kvicksilverkatod och en grafitanod erhöll de radiumamalgam och brom. Skriv halvcellsreaktioner för de två elektrodreaktioner som äger rum vid anod respektive katod.

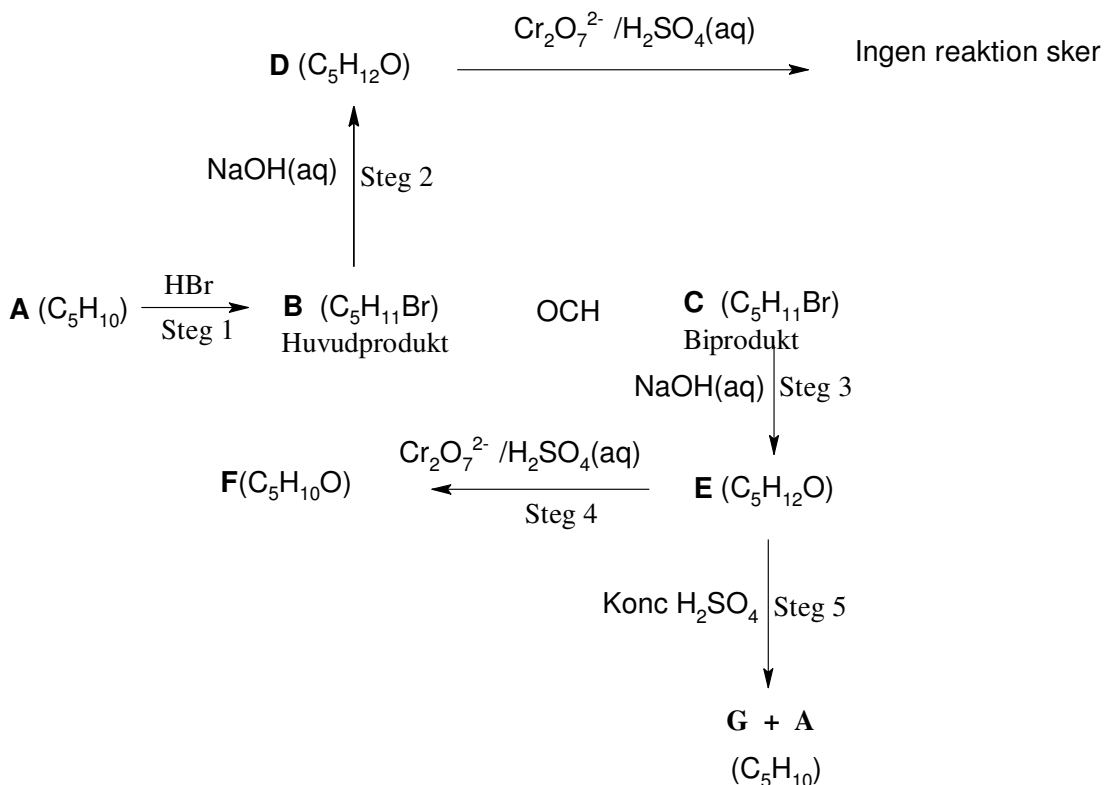
Uppgift 6 (2 poäng)

Radium reagerar våldsamt med vatten. Skriv en balanserad reaktionsformel för reaktionen.

Uppgift 7 (8 poäng)

Se schemat nedan och identifiera föreningarna A-G.

- Rita strukturformler för de bildade föreningarna A – G.
- Identifiera reaktionsstegen 1-5 med någon av reaktionstyperna: elimination, oxidation, substitution, kondensation, addition, polymerisation.
- Skriv mekanismen för reaktionen A → B. Rita pilar som visar elektronflödet.



Till uppgift 8 -11 ska du ge fullständiga lösningar.

Läs Börja lösningen av varje uppgift på ett nytt papper (enkelt A4-ark).
detta Lämna en marginal om minst 3 cm på varje papper.
först! Skriv dessutom NAMN och SKOLA på alla papper.

Konstanter, som inte ges i problemtexten, hämtas ur tabell.

Du får poäng för korrekt löst deluppgift, även om du inte behandlat hela uppgiften.

Uppgift 8 (8 poäng)

En magnesium-aluminium-legering får reagera med saltsyra. Då bildas vätgas och metalljoner.

- Skriv formler för reaktionen mellan saltsyra och magnesium resp. aluminium.
- När 0,1050 g av legeringen reagerar fullständigt med saltsyra bildas 116 cm³ vätgas, som samlas upp över vatten. Beräkna substansmängden väte, H₂. Temperaturen är 20 °C och lufttrycket 98,9 kPa. Vattenångans mättningsstryck vid 20 °C är 2,3 kPa.
- Beräkna masshalten (massprocenten) magnesium i legeringen.

Uppgift 9 (8 poäng)

Salpetersyra används industriellt vid framställning av bland annat konstgödsel. För att framställa salpetersyra utgår man från ammoniak.

Steg 1: Ammoniak får reagera med syre varvid kvävedioxid bildas.

Steg 2: Kvävedioxiden reagerar med vatten och syre varvid salpetersyra bildas.

a) Skriv reaktionsformler för delstegen samt för totalreaktionen.

Salpetersyra kan även användas för framställning av cellulosanitrat, så kallat bomullskrut. Bomullskrut brinner vid antändning och exploderar vid slag. Cellulosanitrat kan användas som utgångsmaterial för vissa plastartiklar, till exempel pingisbollar. Cellulosa är en glukospolymer där varje glukosenhet innehåller tre fria hydroxigrupper. Cellulosanitrat är en ester mellan cellulosa och salpetersyra. Vid nitrering av 1,00 g bomull erhöles 1,61 g torrt cellulosanitrat.

b) Skriv en balanserad reaktionsformel för den reaktion som sker då en OH-grupp i en glukosenhet reagerar med salpetersyra. Beteckna glukosenheten med R-OH.

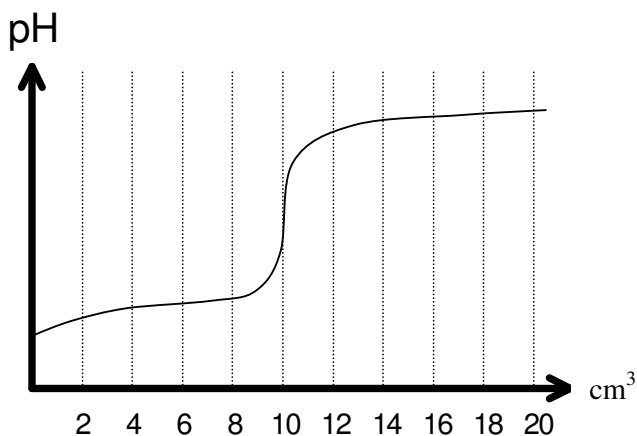
c) Ange empiriska formeln för cellulosa och för fullständigt nitrerad cellulosa (cellulosatrintrat).

d) Beräkna hur många hydroxigrupper som i genomsnitt nitreras per glukosenhet vid försöket ovan.

Uppgift 10 (12 poäng)

Natriumnitrit har beteckningen E-250 och är ett konserveringsmedel som man använder till kött. Man undersöker natriumnitrit och salpetersyrighet enligt nedan.

- a) I en $0,495 \text{ mol/dm}^3$ lösning av salpetersyrighet, HNO_2 , mäts pH till 1,83. Bestäm $[\text{H}_3\text{O}^+]$ och $[\text{NO}_2^-]$ i lösningen och beräkna sedan K_a för salpetersyrighet.
- b) Man löser 1,0 g natriumnitrit, NaNO_2 , i 750 cm^3 lösning av salpetersyrighet med koncentrationen $0,0125 \text{ mol/dm}^3$. Beräkna pH i den lösning som man får då.
- c) Bestäm pH i en lösning där man löser 1,0 g NaNO_2 i 750 cm^3 vatten.
- d) Nedan visas titreringskurvan då $0,0125 \text{ mol/dm}^3$ salpetersyrighet titreras med $0,0125 \text{ mol/dm}^3$ natriumhydroxidlösning. I vilken punkt på kurvan är den buffrande förmågan störst? Svara med tillsatt volym natriumhydroxidlösning. Vad är lösningens pH-värde i denna punkt?



Uppgift 11 (12 poäng)

Hydroxylammoniumsulfat används som stabilisator för färgämnen och som tillsats i fotografiska emulsioner i färgfilm. Det är ett kraftigt reduktionsmedel.

Hydroxylammoniumjonen $(\text{NH}_3\text{OH})^+$ reducerar järn(III)jon till järn(II)jon i en surgjord vattenlösning. Hydroxylammoniumjonen oxideras härvid och bildar som enda kväveinnehållande produkt en gasformig kväveoxid.

Ett prov av hydroxylammoniumsulfat, $(\text{NH}_3\text{OH})_2\text{SO}_4$, med massan 0,711 g löstes i vatten och lösningen späddes till $100,0 \text{ cm}^3$ i en mätkolv. Man överförde $10,0 \text{ cm}^3$ av denna lösning med en pipett till en E-kolv och tillsatte ett överskott av en surgjord lösning av järn(III)jon. För att bestämma substansmängden av de järn(II)joner som då bildades titrerades lösningen därefter med $0,0200 \text{ mol/dm}^3$ kaliumpermanganatlösning. Det åtgick $17,35 \text{ cm}^3$ permanganatlösning.

- Skriv en balanserad reaktionsformel för den reaktion som sker vid titreringen. Vid reaktionen reduceras MnO_4^- till Mn^{2+} och Fe^{2+} oxideras till Fe^{3+} .
- Beräkna substansmängden järn(II)joner som bildas i E-kolven vid reaktionen med hydroxylammoniumjon.
- Beräkna förhållandet mellan substansmängderna järn(III)joner och hydroxylammoniumjoner som reagerar i E-kolven då järn(III)lösningen tillsätts.
- Bestäm oxidationstalet för kväve i den kväveoxid som bildas vid reaktionen mellan hydroxylammoniumjon och järn(III)jon och ange formeln för den bildade kväveoxiden.
- Skriv en balanserad reaktionsformel för den reaktion som sker vid reaktionen mellan hydroxylammoniumjon och järn(III)jon.

Med tanke på provets omfattning och svårighetsgrad görs inga avdrag för olämpligt antal gällande siffror i svaren. Räknefel som inte leder till uppenbar katastrof tolereras också. Om ett resultat i en deluppgift ska användas i följande deluppgifter, ges full poäng på den senare deluppgiften, även om ett felaktigt ingångsvärde använts, såvida inte resultatet är uppenbart orimligt.

Uppgift 1 (2p)

c och e

2p

Uppgift 2 (2p)

c

2p

Uppgift 3 (2p)

Rodium eller Rh

2p

Uppgift 4 (2p)

a och d

2p

Uppgift 5 (2p)katod: $\text{Ra}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ra}(\text{amalgam})$

1p

anod: $2\text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2 + 2\text{e}^-$

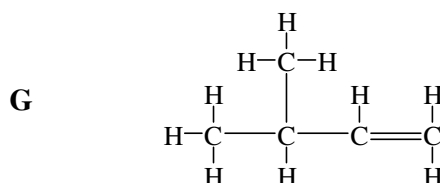
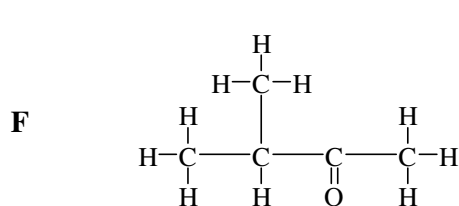
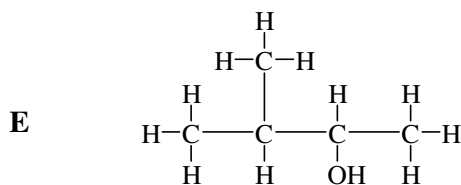
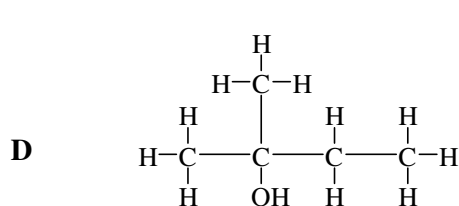
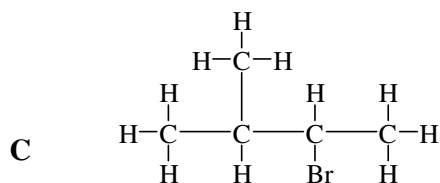
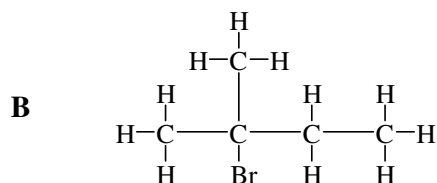
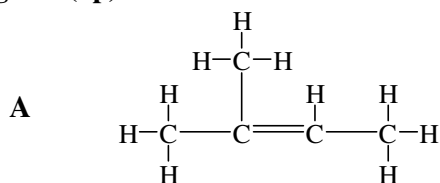
1p

Uppgift 6 (2p) $\text{Ra}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ra}^{2+} + 2\text{OH}^- + \text{H}_2(\text{g})$

2p

Uppgift 7 (8p)

a)



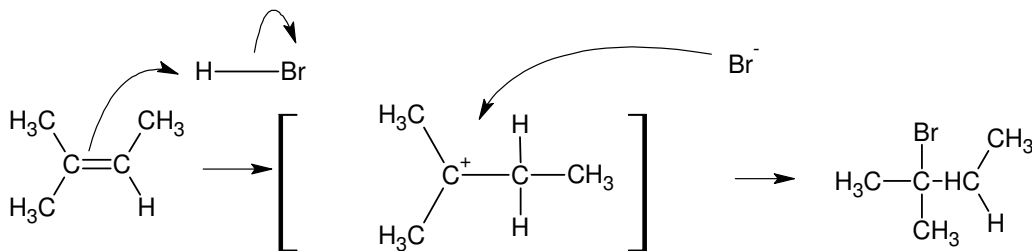
$\text{H}-\text{C}-\text{H}$ skrivet som CH_3 godtas.

- b) 1: addition
 2: substitution
 3: substitution
 4: oxidation
 5: elimination

½p för varje korrekt strukturformel resp. reaktionstyp

6p

c)



2p

Uppgift 8 (8p)

- a) $\text{Mg(s)} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2(\text{g})$ 1p
 $2\text{Al(s)} + 6\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2(\text{g})$ 1p

- b) $p(\text{H}_2) = p(\text{Yttre}) - p(\text{H}_2\text{O}) = 98,9 \text{ kPa} - 2,3 \text{ kPa} = 96,6 \text{ kPa}$
 $n(\text{H}_2) = p(\text{H}_2) \cdot V / (R \cdot T) = 96,6 \cdot 10^3 \cdot 116 \cdot 10^{-6} / (8,314 \cdot 293) \text{ mol} = 4,60 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
 Om hänsyn inte tas till vattnets mättningstryck dras 0,5p. 2p

- c) 1 mol magnesium motsvarar 1 mol vätgas
 1 mol aluminium motsvarar 1,5 mol vätgas.

$$\begin{cases} n(\text{Mg}) + 1,5 \cdot n(\text{Al}) = 4,60 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \\ (24,305 \text{ g/mol}) \cdot n(\text{Mg}) + (26,982 \text{ g/mol}) \cdot n(\text{Al}) = 0,1050 \text{ g} \end{cases}$$

Lösning av detta ekvationssystem ger: $n(\text{Mg}) = 3,524 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$, $n(\text{Al}) = 0,717 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

$$m(\text{Mg}) = 3,524 \cdot 10^{-3} \cdot 24,305 \text{ g} = 0,0856 \text{ g}$$

$$\text{Masshalten Mg} = (0,0856 / 0,1050) \cdot 100\% \approx 82 \%$$

4p

Uppgift 9 (8p)

- a) $4\text{NH}_3 + 7\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ 1p
 $4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{HNO}_3$ 1p
 $4\text{NH}_3 + 8\text{O}_2 \rightarrow 4\text{H}_2\text{O} + 4\text{HNO}_3$ 1p

- b) $\text{R-OH} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{R-ONO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 1p

- c) Cellulosa: $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ Cellulosatrintrat: $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_{11}\text{N}_3$ (även $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{NO}_3)_3$ godtas) 1p

- d) Molmassan för en glukosenhet i cellulosa är 162,14 g/mol. Vid reaktionen mellan en OH-grupp i cellulosa och salpetersyra byts OH-gruppen ut mot en NO_3 -grupp. För varje OH som byts ut ökar molmassan med 45,00 g/mol. Om antalet OH-grupper som i genomsnitt byts ut betecknas x kommer massan att öka med en faktor: $\frac{45,00 \cdot x}{162,14}$. I försöket ökar massan med en

$$\text{faktor } 0,61 \text{ och vi erhåller } \frac{45,00 \cdot x}{162,14} = 0,61 \Rightarrow x = 2,2$$

3p

Uppgift 10 (12p)

a) $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-1,83} = 0,0148 \text{ mol/dm}^3$ 1p

	HNO_2	+	H_2O	\rightleftharpoons	NO_2^-	+	H_3O^+
Konc. vid start / (mol/dm ³)	0,495				—		—
Konc vid jämvikt / (mol/dm ³)	0,495 – 0,0148				0,0148		0,0148
$[NO_2^-] = 0,0148 \text{ mol/dm}^3$							1p

Jämviktsekv.: $K_a = \frac{[H_3O^+][NO_2^-]}{[HNO_2]} = \frac{0,0148 \cdot 0,0148}{(0,495 - 0,0148)} \text{ mol/dm}^3 = 4,56 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ 2p

b) $c(NaNO_2) = ((1,0/69,0) / 0,750) \text{ mol/dm}^3 = 0,0193 \text{ mol/dm}^3$
 $c(HNO_2) = 0,0125 \text{ mol/dm}^3$

Då både HNO_2 och dess korresponderande bas NO_2^- förekommer i hög koncentration kan pH beräknas direkt ur uttrycket för syrakonstanten:

$$K_a = \frac{[H_3O^+][NO_2^-]}{[HNO_2]} \Rightarrow 4,56 \cdot 10^{-4} = \frac{[H_3O^+] \cdot 0,0193}{0,0125} \Rightarrow [H_3O^+] = 2,95 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

$\Rightarrow \text{pH} = 3,53$ 3p

c) $n(NaNO_2) = (1,0 / 69,0) \text{ mol} = 0,0145 \text{ mol}$
 $c(NaNO_2) = (0,0145 / 0,750) \text{ mol/dm}^3 = 0,0193 \text{ mol/dm}^3$
 $K_b(NO_2^-) = K_w / K_a(HNO_2) = 1,0 \cdot 10^{-14} / (4,56 \cdot 10^{-4}) \text{ mol/dm}^3 = 2,19 \cdot 10^{-11} \text{ mol/dm}^3$

	NO_2^-	+	H_2O	\rightleftharpoons	HNO_2	+	OH^-
Konc. vid start / (mol/dm ³)	0,0193				—		—
Konc vid jämvikt / (mol/dm ³)	0,0193 – x ≈ 0,0193				x		x

Jämviktsekvationen: $2,19 \cdot 10^{-11} = \frac{x^2}{0,0193} \Rightarrow x = 6,50 \cdot 10^{-7}$

$[OH^-] = 6,50 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$; $\text{pOH} = 6,18$; $\text{pH} = 7,81$ 3p

d) $V(\text{NaOH-lsg.}) = 5 \text{ cm}^3$ 1p
 $\text{pH} = \text{p}K_a = -\log(4,56 \cdot 10^{-4}) = 3,3$ 1p

Uppgift 11 (12p)

- a) $\text{MnO}_4^- + 5\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 5\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$ 2p
- b) $n(\text{MnO}_4^-) = 0,0200 \cdot 17,35 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 3,47 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$
1 mol MnO_4^- motsvarar 5 mol Fe^{2+}
 $n(\text{Fe}^{2+}) = 5 \cdot 3,47 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 1,735 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ 2p
- c) Mätkolven
 $n((\text{NH}_3\text{OH})_2\text{SO}_4) = 0,771 / 164,14 = 4,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
1 mol $(\text{NH}_3\text{OH})_2\text{SO}_4$ motsvarar 2 mol NH_3OH^+
 $n(\text{NH}_3\text{OH}^+) = 4,33 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \text{ mol} = 8,66 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
E-kolven
 $n(\text{NH}_3\text{OH}^+) = (8,66 \cdot 10^{-3} / 10) \text{ mol} = 8,66 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$
 $n(\text{Fe}^{3+}) : n(\text{NH}_3\text{OH}^+) = (1,735 \cdot 10^{-3} / 8,66 \cdot 10^{-4}) = 2$ 3p
- d) Vid reaktionen mellan hydroxylammoniumjon och järn(III)jon ändras järns oxidationstal från +III till +II dvs ändringen är -1. Eftersom Fe^{3+} och NH_3OH^+ reagerar i förhållandet 2:1 ändras kvävet oxidationstal med +2. Kvävet oxidationstal i NH_3OH^+ är -I vilket innebär att kvävet oxidationstal i den bildade oxiden är +I. Oxiden är därför N_2O . 3p
- e) $4\text{Fe}^{3+} + 2\text{NH}_3\text{OH}^+ \rightarrow \text{N}_2\text{O} + 4\text{Fe}^{2+} + 6\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$ 2p

Kemiolympiaden 2011

Andra uttagningen 2011-03-15--16

Försändelsen innehåller:

Anvisningar till ledaren för det experimentella provet 1 sida

Överlämnas utan dröjsmål till kemiansvarig lärare

Resten av materialet förvaras under sekretess till omedelbart före proven.

Teoretiskt prov 2011-03-15 4 sidor

Svarsblankett till teoretiskt prov, *kopieras dubbelsidigt* 2 sidor

Experimentellt prov 2011-03-16 4 sidor

Svarsblankett till experimentellt prov 4 sidor

Kopieras i erforderligt antal exemplar omedelbart före proven.

Svar och rättningsmall till det teoretiska provet 4 sidor

Svar och rättningsmall till det experimentella provet 1 sida

Överlämnas till ansvarig lärare i anslutning till provets genomförande.

TOTALT 20 sidor

OBS! Inget rättningsprotokoll medföljer. Rättningsprotokoll (excellfil) laddas ned från Kemistsamfundets Hemsida.

Gör så här:

- **Ladda ned rättningsprotokollet från:**
<http://www.chemsoc.se/sidor/KK/kemiolymp/kemiolymp.htm>
- **OBS! Spara protokollet på din hårddisk**
- **Fyll i alla uppgifter i rättningsprotokollet (excellfilen)**
- **Namnge excellfilen** poäng11_skolans_namn.xls
- **Emaila filen till:** cecilia.stenberg@stockholm.se
senast 23 mars.
- **Skriv ut det ifyllda rättningsprotokollet (excellfilen) och skicka in det per post tillsammans med de rättade elevlösningarna senast tisdag 23 mars till:**

Kungsholmens Gymnasium
Attn: Cecilia Stenberg
Kemiolympiaden 2011
Box 126 01
112 92 STOCKHOLM