

41. Internationale ChemieOlympiade in England 2009

Informationen zur 1. Runde

Dies ist die erste von vier Auswahlrunden zur Internationalen ChemieOlympiade. Erfolgreiche Teilnehmerinnen und Teilnehmer erhalten Sachpreise, Teilnehmerurkunden und haben die Option auf Praktikumsplätze in Forschungseinrichtungen im In- und Ausland sowie in der chemischen Industrie. Die Mitglieder der deutschen Mannschaft werden in die Studienstiftung des deutschen Volkes aufgenommen.

Bitte beachten: Die ChemieOlympiade ist ein Einzelwettbewerb! Eingereichte Gruppenarbeiten oder offensichtlich identische Lösungsbeiträge werden nicht berücksichtigt und sind von der Bewertung ausgeschlossen.

Eingereichte Lösungen werden nicht zurückgegeben!

Ablauf der 1. Runde

Die Fachlehrer erhalten über die Ministerien bzw. Senate Aufgaben und verteilen sie an interessierte Schülerinnen und Schüler. Diese Aufgaben sollen anregen, erworbene Kenntnisse anzuwenden und zu erweitern. Die Aufgaben der früheren ChemieOlympiaden mit Lösungen sind unter der URL: www.icho.de verfügbar.

Abgabe der Aufgaben bei den Länderbeauftragten

Die Adressen der Landesbeauftragten, die jeweiligen Abgabetermine sowie das Deckblatt für die Einreichung der Lösungen findet man im Internet unter der URL: www.icho.de. Die Korrekturen der Aufgaben der 1. und 2. Runde werden landesintern geregelt!

Wer kann mitmachen?

Alle, die sich gerne mit Chemie beschäftigen, am 01.07.1989 oder später geboren sind und im Frühjahr 2009 eine allgemeinbildende Schule besuchen. Allerdings sollte man nicht planen, im Jahr der Olympiade im Sommersemester ein Studium aufzunehmen. Studierende dürfen nach den internationalen Regeln nämlich nicht am Wettbewerb teilnehmen. Wehr- bzw. Ersatzdienst fallen nicht unter diese Regelung.

Kontakt:

PD Dr. Sabine Nick, IPN an der Universität Kiel, Olshausenstr. 62, 24098 Kiel;
Sekretariat: Monika Barfknecht; Tel.: 0431-880-3168; Fax: 0431-880-5468; Email: icho@ipn.uni-kiel.de
IPN an der Universität Kiel: www.ipn.uni-kiel.de; Förderverein Chemie-Olympiade e.V.: www.fcho.de

Haare und Farbe

Die Umverpackungen von zwei Haarfarben (hellblond und dunkelblond) sind dummerweise entsorgt worden. Die Inhalte sehen leider völlig identisch aus. Der Wasserstoffperoxid-Gehalt der Entwickleremulsion sollte bei hellen Tönen etwas größer sein. Zur Unterscheidung wird der H_2O_2 -Gehalt in beiden Entwickleremulsionen A und B mit Hilfe von Kaliumpermanganat ermittelt. Von Probe A werden 4,5 mL in einen 100 mL Messkolben überführt und Proben zu 25 mL titriert. Von Probe B werden, um möglichst wenig der Emulsion zu verbrauchen, nur 3,0 mL in einen 100 mL Messkolben überführt und Proben zu 20 mL titriert. (Die Dichte beider Proben beträgt $\rho = 1,15 \text{ g/cm}^3$).

a) Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Reaktion von Wasserstoffperoxid und Kaliumpermanganat!

Folgende Volumina an Kaliumpermanganat-Maßlösung, $c(\text{KMnO}_4) = 0,02 \text{ mol/L}$ werden bis zum Erreichen des Endpunktes der Titration benötigt:

| Titration Nr. | Probe A | Probe B |
|---------------|----------|----------|
| 1 | 18,95 mL | 19,95 mL |
| 2 | 19,20 mL | 20,00 mL |
| 3 | 19,15 mL | 19,45 mL |
| 4 | 19,65 mL | 20,00 mL |

b) Berechnen Sie den Massenanteil in % an Wasserstoffperoxid in den beiden Entwickleremulsionen. Welche der beiden Proben ist die richtige für die helle Haarfarbe?

Ein anderes starkes Oxidationsmittel, das sich zur Bestimmung von Wasserstoffperoxid eignet, ist Cer(IV)-sulfat. Diese Methode wird als Cerimetrie bezeichnet.

c) Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Redoxreaktion zwischen Cer(IV)-Kationen und Wasserstoffperoxid!

d) Aus welchem Grund sollte die Bestimmung mit Cer(IV)-sulfat im stark sauren Bereich durchgeführt werden?

Dauerhafte Haarfarbe lagert sich in den Haaren in Form von polymeren Molekülen ein. Hierzu werden ein „Entwickler“ und ein „Kuppler“ mit einem Oxidationsmittel umgesetzt. Die beiden ersten sind in der Farbcreme enthalten, letzteres befindet sich in der Entwickleremulsion. Die kleinen Moleküle dringen in das Haar ein und reagieren erst dort zu den farbgebenden Polymeren, die auf Grund ihrer Größe das Haar nicht mehr verlassen können. Eine Farbe enthält 1,4-Diaminobenzol als Entwickler und Resorcin als Kuppler. Als Oxidationsmittel dient Wasserstoffperoxid. Nachfolgend finden Sie Ausschnitte dieser Reaktion zur Bildung des polymeren Haarfarbstoffes. Aktivierende Reaktion: 1,4-Diaminobenzol + H₂O₂ ----> X + 2 H₂O

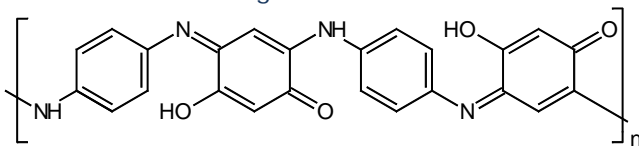
Diese aktivierende Reaktion ist vergleichbar mit der Oxidation von Hydrochinon (1,4-Dihydroxybenzol) unter milden Bedingungen (z.B. mit Fe³⁺-Ionen).

- e) Formulieren Sie die Reaktionsgleichung der Oxidation von Hydrochinon mit Fe³⁺-Ionen.
- f) In welchem Sinne sind die Edukte und Produkte der Oxidation von 1,4-Diaminobenzol und 1,4-Dihydroxybenzol vergleichbar?
- g) Formulieren Sie die Struktur der Verbindung X.

Die Verbindung X reagiert mit einem Molekül Resorcin in einer Substitutionsreaktion zu Verbindung Y. Verbindung Y hat die Summenformel C₁₂H₁₂N₂O₂. Es können insgesamt drei unterschiedliche Substitutionsprodukte Y(1) bis Y(3) entstehen.

- h) Zeichnen Sie die Strukturen der Verbindungen Y(1), Y(2) und Y(3). Welche Verbindung wird bevorzugt gebildet, welche nicht? Warum?

In weiteren Reaktionsschritten zwischen Kuppler, Entwickler und Oxidationsmittel entsteht der polymere Haarfarbstoff. Nachfolgend ein Strukturausschnitt:



- i) Wie kommt die Farbigkeit solcher polymerer Verbindungen zustande?

Viele der gebräuchlichen Entwickler und Kuppler von derzeit käuflichen Haarfärbemitteln sind toxisch.

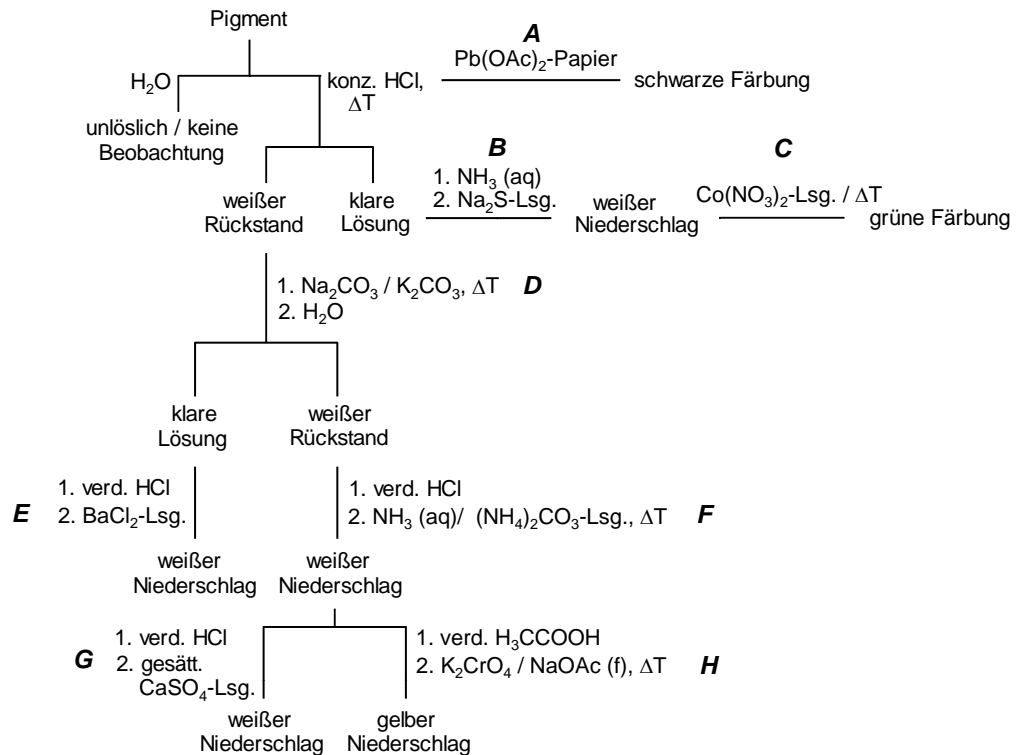
- j) Geben Sie die R- und S-Sätze von 1,4-Diaminobenzol, Resorcin und Wasserstoffperoxid an.

Eine besonders stark allergene und mutagene Wirkung wird Zwischenprodukten zugeschrieben, die aus Reaktionen der Verbindung X mit sich selbst entstehen. 3 X --> Z

- k) Geben Sie die Strukturformel von Z an (Summenformel C₁₈H₁₈N₆)
- l) Wie kann die Entstehung derartiger Zwischenprodukte Z gemildert werden?
- m) Welche praktischen Maßnahmen sind zu ergreifen, um sich vor der Toxizität der verwendeten Substanzen (käuflicher Haarfärbemittel) auf der Haut zu schützen?

In der Lagerhalle einer stillgelegten Pigmentfabrik wird ein großer Sack mit einem Weißpigment gefunden. Leider steht nicht mehr darauf, um welches Pigment es sich handelt. Die nasschemische Untersuchung im Labor liefert die rechts skizzierten Fakten:

- n) Um welches Pigment handelt es sich? Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen der Reaktionen (A – H) im rechten Schema! (Bedenken Sie auch, dass zweistufige Reaktionen auftreten können!)



In einer Ausgrabungsstätte wurde im Jahr 2002 mit Naturfarben gefärbtes Tierhaar gefunden. Das in den Haaren gefundene Stoffmengenverhältnis n(¹⁴C) zu n(¹²C) betrug 1,1034 · 10⁻¹². Die Halbwertszeit des Kohlenstoff-Isotops ¹⁴C beträgt 5730 Jahre, das natürliche Stoffmengenverhältnis n(¹⁴C) zu n(¹²C) beträgt 1,176 · 10⁻¹² und wird im betrachteten Zeitraum als konstant angenommen.

- o) Aus welchem Jahr stammt wahrscheinlich der „Haarfund“?