

50.

Internationale ChemieOlympiade 2018



Tschechien und Slowakei

Informationen zur 1. Runde

Dies ist die erste von vier Auswahlrunden zur Internationalen ChemieOlympiade. 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!

Die Aufgaben werden in Hausarbeit individuell bearbeitet. Zur Lösung der Aufgaben sind alle Hilfsmittel wie beispielsweise Bücher und Internet erlaubt. Die Lösungen zur 1. Runde werden über die Fachlehrkräfte bei den Landesbeauftragten abgegeben. Die Korrektur der Aufgaben wird landesintern geregelt und erfolgt durch die Fachlehrkräfte!

Für die Teilnahme am deutschen Auswahlverfahren zur Internationalen ChemieOlympiade muss eine Registrierung im Online-Anmeldeportal erfolgen (www.scienceolympiaden.de/wettbewerb/IChO2018). Die Adressen der Landesbeauftragten, den Abgabetermin sowie den Zugang zum Online-Anmeldeportal für die Registrierung und die Erzeugung eines Lösungs-Deckblatts findet man im Internet unter www.icho.de.

Wer kann mitmachen?

Alle, die sich gerne mit Chemie beschäftigen, am 01.07.2018 noch keine 20 Jahre alt sind und im Frühjahr 2018 eine allgemeinbildende Schule besuchen.

Weitere Informationen unter: www.icho.de

Melde Dich jetzt an ▶



Kontakt

IPN an der Universität Kiel | Olshausenstr. 62, 24118 Kiel
Tel.: 04 31-8 80-31 68 | Fax: 04 31-8 80-54 68 | E-Mail: icho@ipn.uni-kiel.de

Aufgabe 1-1 Schulkrum I: Kreide und Bleistifte (16 Punkte)

Schulkreide wurde früher aus natürlichen Kreidevorkommen, z. B. den „Kreidefelsen“ auf der Insel Rügen, gewonnen. Da inzwischen aber kein Felsen mehr vorhanden wäre, wenn alle Lehrkräfte mit Kreide aus natürlichen Vorkommen schreiben würden, wird für Schulkreiden heutzutage häufig Gips verwendet.

- a) *Aus welchen Verbindungen bestehen jeweils Kreide und Gips? Geben Sie die Summenformeln an. Mit welchem einfachen, einstufigen Experiment könnte man die beiden Schulkreidearten unterscheiden? Formulieren Sie die Reaktionsgleichung/en, die Ihr Experiment erklären kann/können!*

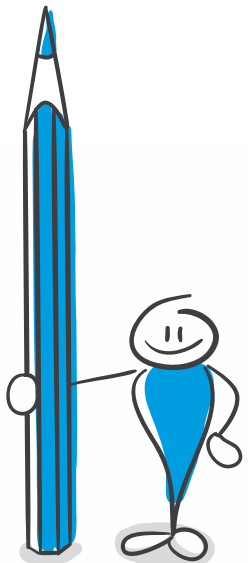
Für farbige Kreide werden Pigmente oder Farbstoffe zugesetzt.


- b) *Wodurch unterscheiden sich Pigmente und Farbstoffe?*





Bleistifte enthalten eigentlich gar kein Blei, sondern Graphit. Graphit ist wie der Diamant eine Modifikation des Elements Kohlenstoff. Die Festkörperstrukturen des Graphits und des Diamanten lassen sich auf Kohlenstoff-Sechsringe zurückführen, die miteinander verknüpft die Kristallstruktur aufbauen.


c) Welche der folgenden Abbildungen stellt einen Kohlenstoff-Sechsring der Kristallstruktur des Graphits, welche einen Kohlenstoff-Sechsring des Diamanten korrekt dar? Ordnen Sie der Tabelle die entsprechenden Buchstaben zu. Es sind mehrere Antworten möglich! Hinweis: Hexagonaler Diamant (Lonsdaleit) soll nicht berücksichtigt werden.

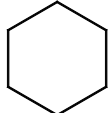




A



B

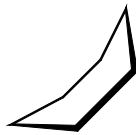

C



D



E



F



G


H


I


J


K


L

Modifikation	Abbildung
Graphit	
Diamant	

- d) Welche Koordinationsgeometrie weisen die Kohlenstoffatome in den Kristallstrukturen von Graphit und Diamant jeweils auf?
- e) Erklären Sie, warum sich Graphit aufgrund seines strukturellen Aufbaus im Festkörper zum Schreiben verwenden lässt? Was bedeuten die Angaben H, HB und B auf Bleistiften und wie unterscheiden sich diese Bleistifttypen?
- f) Nennen Sie zwei andere Stoffe, die bei Standardbedingungen (25 °C, 100 kPa) einen vergleichbaren strukturellen Aufbau und damit verbunden ähnliche mechanische Eigenschaften wie Graphit besitzen.

Aufgabe 1-2 Schulkrum II: Tinte (20 Punkte)

Blaue Tintenpatronen enthalten wässrige Lösungen von Triarylmethan-Derivaten. Eine solche Verbindung ist beispielsweise Tintenblau (Abb. 1).

- a) Worauf ist die tiefblaue Farbe zurückzuführen?
- b) Welche wichtige Funktion haben die Sulfonsäure-Gruppen?

Einige Tintenlöscher enthalten Lösungen von Natriumsulfit, ein starkes Reduktionsmittel, dessen wässrige Lösung basisch reagiert.

- c) Zeichnen Sie am Beispiel des Tintenblaus die Strukturformel der „gelöschten“ Tinte. Ist die Reduktionswirkung des Sulfit-Anions für die Löschung der Tinte verantwortlich? Begründen Sie Ihre Aussage!
- d) Wie ändert sich, verbunden mit der Tintenlöschung, die Geometrie des zentralen Kohlenstoff-Atoms. Welchen treffenden Namen tragen Triarylmethan-Derivate mit einer derartigen räumlichen Anordnung?

Der Blick in ältere Schulhefte beweist es: Die gelöschte Tintenschrift wird mit der Zeit wieder sichtbar und alles sieht nicht mehr so schön aus wie vorher.

- e) Erklären Sie, woran es liegen könnte, dass die gelöschte Tinte mit der Zeit wieder erscheint?

Dokumentenechte Tinte auf der Basis von Eisen-Kationen und Gallussäure bzw. deren Zuckerestern, den Tanninen, verblasst nicht. Zu ihrer Herstellung werden die wässrigen Lösungen von Eisen(II)-sulfat und Gallussäure vermischt. Beim Schreiben ist die Tinte hellbraun und nimmt an der Luft aber rasch eine kräftige dunkle Farbe an, die auf einen Eisen-Gallussäure-Komplex zurückzuführen ist.

- f) Zeichnen Sie die Strukturformel von Gallussäure und kennzeichnen Sie alle Atome, die an Metallkationen binden könnten. Welche maximale Zähnnigkeit weist Gallussäure auf? Begründen Sie Ihre Aussage.
- g) Erklären Sie, aus welchem Grund sich diese Tinte erst an der Luft dunkel färbt.

Geheimtinten werden erst sichtbar, wenn ihre Schrift in einer bestimmten Art und Weise behandelt wird.

- h) Erklären Sie für folgende Geheimtinten, worauf sie (chemisch) beruhen und wie die Schriftzüge

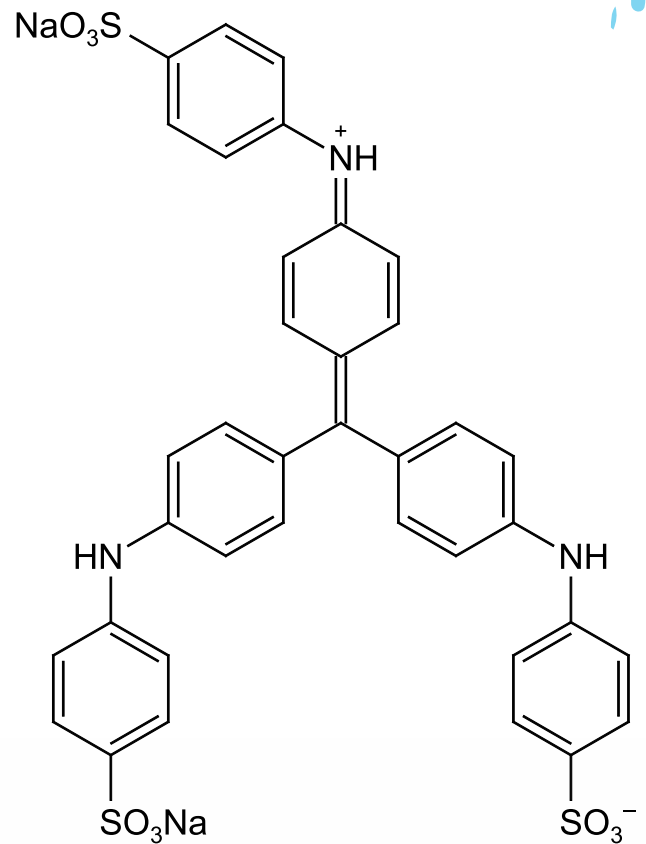


Abb. 1: Strukturformel von Tintenblau

sichtbar gemacht werden können. Formulieren Sie, falls sinnvoll, die entsprechenden Reaktionsgleichungen.

- i) Cobalt(II)-chlorid
- ii) Zucker
- iii) Kaliumnitrat
- iv) Kaliumhexacyanidoferrat(II)
- v) Kupfer(II)-sulfat

Aufgabe 1–3 Pigmente (17 Punkte)

Zur Herstellung eines Pigments **A** werden 34,2 % Porzellanerde, 4,7 % Quarzsand, 31,0 % Soda, 27,6 % Schwefel und 2,5 % Holzkohle gemischt. Die Mischung wird für mehrere Tage auf etwa 700 – 800 °C erhitzt, abgekühlt und mit Wasser gewaschen. Dann wird das Rohprodukt mit Wasser vermahlen. Hierbei vertieft sich die Farbe des Pigments. Nach Aufschlämmen, Filtration und Trocknung ist das Pigment fertig.

- a) Um welches Pigment handelt es sich bei **A**? Geben Sie Namen und Summenformel an.
- b) Welche Farbe hat das Pigment? Erklären Sie, worauf die intensive Farbe zurückzuführen ist.
- c) Was passiert, wenn das Pigment **A** mit Salzsäure behandelt wird? Formulieren Sie die Reaktionsgleichung! Um welche Art von Reaktion handelt es sich hierbei? Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Ein anderes Pigment **B** wird durch das Erhitzen zweier Chloride erhalten. Dafür werden 5 g des Chlorids **C** mit 1,8 g des wasserhaltigen Chlorids **D** für eine halbe Stunde auf 700 °C erhitzt. Nach dem Abkühlen wird der Rückstand mit Wasser Chlorid-frei gewaschen und das Pigment getrocknet. **C** enthält 20,24 % eines Metalls Me_c , **D** enthält 24,77 % eines Metalls Me_d . Der Hydratgehalt von **D** beträgt 45,42 %.

- d) Bestimmen Sie anhand der prozentualen Massenanteile die Verbindungen **C** und **D**.
- e) Um welches Pigment handelt es sich bei **B**?
- f) Welche Farbe hat das Pigment? Erklären Sie, worauf die intensive Farbe zurückzuführen ist. Berücksichtigen Sie dabei auch die Koordination und Wertigkeit der Metalle!

Aufgabe 1-4 Nicht ganz ohne! (24 Punkte)

Eine Verbindung **E** liefert beim Erhitzen auf 170 °C einen Feststoff **F** und zwei gasförmige Verbindungen **G** und **H** (Reaktion i). **F** ist intensiv gefärbt und löst sich nicht in Wasser, Säuren oder Laugen. Durch Glühen von **F** mit festem Kaliumhydroxid an der Luft entsteht die gut wasserlösliche Verbindung **I** (Reaktion ii).

Eine wässrige, salpetersaure Lösung von **I** führt zu folgenden Reaktionen:

- iii) Mit Hg_2^{2+} -Ionen entsteht in der Gegenwart von Natriumacetat ein oranger Feststoff, der sich in der Hitze rot färbt.
- iv) Mit einer Schwefelwasserstoff-Lösung entsteht ein Niederschlag.
- v) Eine Kaliumiodid-Lösung färbt sich braun.

Die Umsetzung von **I** mit Wasserstoffperoxid mit Kaliumhydroxid-Lösung liefert neben Sauerstoff und Wasser eine rot-braune Verbindung **J** (Reaktion vi).

- a) Bestimmen Sie die Verbindungen **E – J**.
- b) Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen der Reaktionen i) – vi). Kennzeichnen Sie die Zustände aller Spezies jeweils mit (s), (g), (l) und (aq).
- c) Welche Funktion erfüllt das Natriumacetat in der Reaktion iii)? Begründen Sie Ihre Annahme!

Verbindung **E** lässt sich durch Vereinigen der Salze K1-A1 und K2-A2 gewinnen. Tabelle 1 zeigt die Löslichkeiten von K1-A1, K2-A2, K1-A2 und K2-A1 bei verschiedenen Temperaturen. K1-A1 führt zu einer positiven Beilsteinprobe, K2-A1 erzeugt eine gelbe Flammenfärbung.

$\vartheta / ^\circ\text{C}$	K1-A1	K1-A2	K2-A1	K2-A2
0	22,9	18,1	26,3	62,1
10	25,1	22,2	26,3	63,1
20	27,3	26,7	26,4	64,4
30	29,4	31,8	26,5	66,1
40	31,5	36,1	26,7	68,0
50	33,5	40,3	26,8	70,1
60	35,5	44,1	27,0	72,3
70	37,5	47,9	27,3	74,6
80	39,4	52,6	27,5	77,0
90	41,3	56,8	27,8	79,6
100	43,2	60,1	28,1	80,7

Tab. 1:
Löslichkeiten ausgewählter Verbindungen in g pro 100 g Lösung in Abhängigkeit der Temperatur ϑ

- d) Zeichnen Sie die Löslichkeitskurven und ermitteln Sie die geeignete Synthesetemperatur für **E**. Begründen Sie Ihre Annahme! (Hinweis: **E** entspricht der Kombination K1-A2).
- e) Formulieren Sie ausgehend von K1-A1 und K2-A2 die Bildungsgleichung von **E** und ordnen sie die gegebenen Kombinationen jeweils den Verbindungen zu!

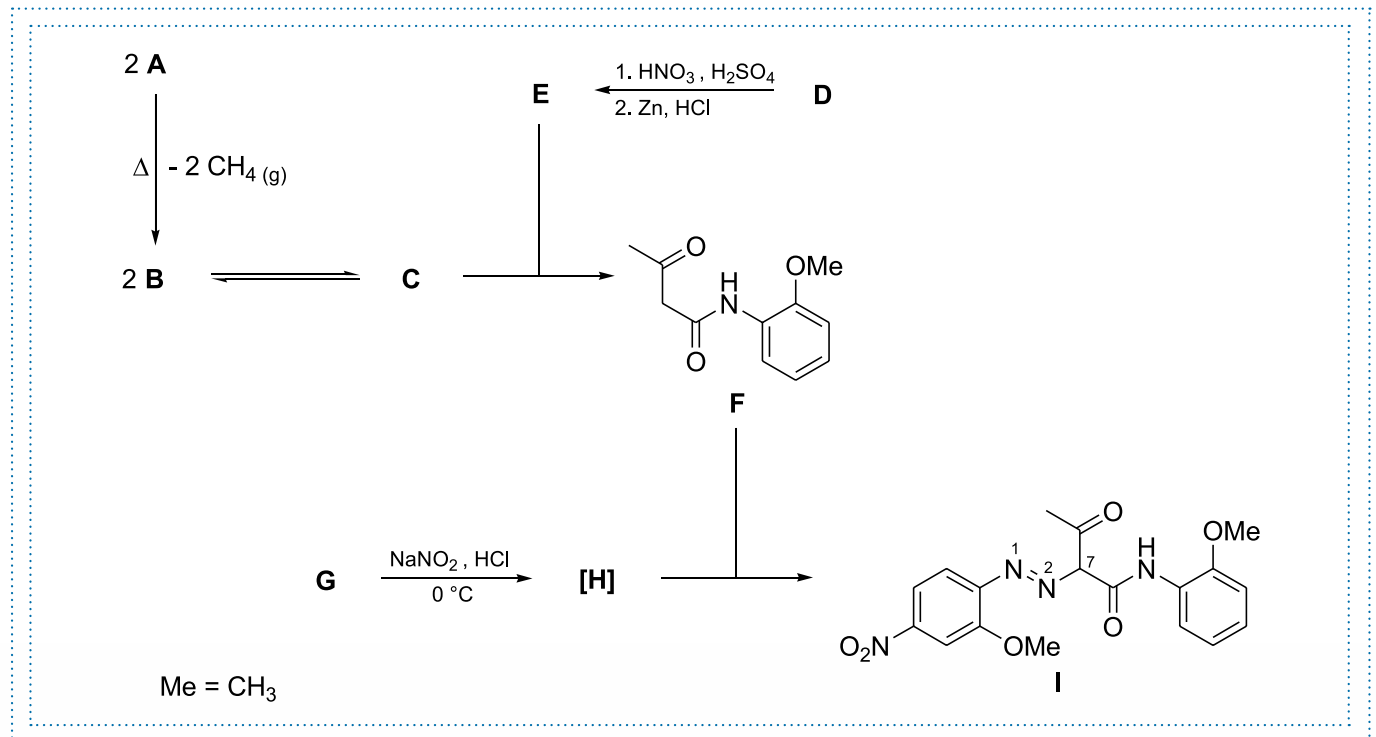
Eine schwefelsaure Lösung von **I** wird für 2 Stunden bei einem Strom von 0,8 A mit einer Ausbeute von 90 % elektrolysiert.

- f) Berechnen Sie die Massenzunahme der Kathode!

Aufgabe 1–5 Brilliantgelb (23 Punkte)

Brilliantgelb ist ein synthetischer, hellgelber Farbstoff, der u.a. in Filzstiften und Markern eingesetzt wird.

Die Synthese von Brilliantgelb ist in nachfolgendem Schema dargestellt. Der entscheidende Syntheseschritt ist dabei die Umsetzung von Verbindung **G** zum Intermediat **H**, welches anschließend mit **F** zum Farbstoff gekoppelt wird.



- Brilliantgelb enthält drei verschiedene stickstoffhaltige funktionelle Gruppen. Benennen Sie diese Gruppen. Weisen Sie den jeweiligen Stickstoffatomen Oxidationszahlen zu und bestimmen Sie jeweils die Hybridisierung.
- Geben Sie die Strukturen der Verbindungen **A** bis **E** sowie **G** an.
- Zeichnen Sie zwei mesomere Grenzformeln von Intermediat **[H]**. Wie wird diese Stoffklasse genannt? Formulieren Sie den Mechanismus der Bildung von **[H]** aus **G**.
- Welche Zwischenstufe wird bei der angegebenen Umsetzung von **D** zu **E** erhalten?

Die räumliche Struktur von Verbindung **I** wurde durch eine Kristallstrukturanalyse detailliert untersucht. Dabei wurden folgende Bindungslängen ermittelt: $d(\text{N}^1-\text{N}^2) = 132,1 \text{ pm}$, $d(\text{N}^2-\text{C}^7) = 130,4 \text{ pm}$. Weiterhin wurde festgestellt, dass das Molekül nahezu perfekt planar ist.

- Vergleichen Sie die ermittelten Bindungslängen mit tabellierten Werten für C–N- bzw. N–N-Bindungen. Schlagen Sie eine alternative/isomere Struktur vor, die diese Beobachtungen erklären kann. Wie wird diese Art der Isomerie bezeichnet?
- Erläutern Sie, warum das Brilliantgelb-Molekül nahezu perfekt planar ist.