



CHIMIESOLYMPIAD
LËTZEBOURG 2023

HALBFINALE - Textaufgaben

Liebe SchülerInnen,

Wir gratulieren Euch zur Teilnahme an der Chemieolympiade und wünschen Euch viel Erfolg in dieser zweiten Prüfung. Wir gratulieren Euch ebenfalls, dass Ihr die erste Prüfung erfolgreich abgeschlossen habt, was Euch erlaubt am Halbfinale „Textaufgaben“ teilzunehmen. **Lest vor dem Test, die folgenden Erklärungen aufmerksam durch!**

Ihr findet in diesem Test vier Textaufgaben welche folgenden Bereiche der Chemie behandeln: Allgemeine Chemie, Stöchiometrie, Säuren und Basen, Redoxreaktionen und die organische Chemie.

Ihr habt **zwei Stunden** Zeit zur Bearbeitung der Fragen. Ihr dürft einen nicht programmierbaren Taschenrechner benutzen, aber ihr dürft keine persönlichen Dokumente verwenden.

Schreibt Euren Namen und den Namen eures Lycées jeweils an den Anfang jeder Frage. Antwortet auf jede Textaufgabe auf das Blatt (Vorder- und Rückseite, falls notwendig) wo sich die Fragen befinden. **Der Rechenweg und Eure Überlegungen müssen klar ersichtlich sein. Begründet Eure Antworten und gebt die Einheiten der Endergebnisse an.** Das letzte Blatt des Fragebogens ist ein Blatt zur Vorbereitung Eurer Antworten. Dieses Blatt wird nicht gewertet. Trennt die beiden ersten Seiten von Test ab und bewahrt sie auf.

Im Zuge dieser Halbfinale werden die 12 besten Schüler ermittelt, welche zu einem Ausbildungstag am 1. April 2023 in den Laboren der Luxemburger Universität (Standort Limpertsberg) eingeladen werden, sowie an der letzten, praktischen Prüfung teilnehmen dürfen, die am Samstag, den 29. April 2023 stattfinden wird. In der letzten Runde werden die vier Gewinner der nationalen Chemieolympiade bestimmt, welche das luxemburgische Team für die 55te IChO bilden werden, welche vom 16. bis zum 25. Juli 2023 in Zürich stattfinden wird. Weitere Information findet Ihr auf <https://chimie.olympiades.lu/>.

Die Resultate dieser zweiten Prüfung werden zur Ermittlung der vier Finalisten mit herangezogen!!!

Viel Erfolg!

Die Organisatoren der Chemieolympiade

Trennen Sie diese Seite ab und bewahren Sie sie auf!



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Éducation nationale,
de l'Enfance et de la Jeunesse



uni.lu
UNIVERSITÉ DU
LUXEMBOURG



Fonds National de la
Recherche Luxembourg



CHAMBRE DES SALAIRES
LUXEMBOURG

andré losch
fondatioun

Naturkonstanten

(Sie dürfen dieses Blatt abtrennen, wenn nötig)

1 I a		masse atomique relative A_r élément										13 14 15 16 17 III a IV a V a VI a VII a						18 VIII a					
1	2 II a	nombre atomique Z										13	14	15	16	17	18						
1,01 H 1																		4,00 He 2					
6,94 Li 3	9,01 Be 4																	10,81 B 5	12,01 C 6	14,01 N 7	16,00 O 8	19,00 F 9	20,18 Ne 10
22,99 Na 11	24,31 Mg 12																	26,98 Al 13	28,09 Si 14	30,97 P 15	32,07 S 16	35,45 Cl 17	39,95 Ar 18
39,10 K 19	40,08 Ca 20																	69,72 Ga 31	72,61 Ge 32	74,92 As 33	78,96 Se 34	79,90 Br 35	83,80 Kr 36
85,47 Rb 37	87,62 Sr 38																	114,82 In 49	118,71 Sn 50	121,75 Sb 51	127,60 Te 52	126,90 I 53	131,29 Xe 54
132,91 Cs 55	137,33 Ba 56	(1) 174,97 Lu 71	178,49 Hf 72	180,95 Ta 73	183,9 W 74	186,21 Re 75	190,21 Os 76	192,22 Ir 77	195,08 Pt 78	196,97 Au 79	200,59 Hg 80	204,38 Tl 81	207,21 Pb 82	208,98 Bi 83									
87 Fr 87	88 Ra 88	(2) 102 Lr 103																					

1) Lanthanides	138,92 La 57	140,12 Ce 58	140,91 Pr 59	144,24 Nd 60		150,36 Pm 61	151,97 Sm 62	157,25 Eu 63	158,93 Gd 64	162,50 Tb 65	164,93 Dy 66	167,26 Ho 67	168,93 Er 68	173,04 Tm 69		
2) Actinides		232,04 Ac 89	231,04 Th 90	238,03 Pa 91												

* Elemente besitzen keine Nuklide (Isotop) welche eine ausreichende Lebensdauer besitzen und somit keine charakteristische terrestrische Zusammensetzung aufweisen.

Konstanten:

$$R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad 1 \text{ F} = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$R = 8,21 \cdot 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

ideales molares Gasvolumen für 273 K und 101 325 Pa: $22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} (\text{L} \cdot \text{mol}^{-1})$

Vereinfachte Formeln zur pH Berechnung:

Starke Säure	Schwache Säure	Starke Base	Schwache Base
$\text{pH} = -\log c_{\text{Säure}}$	$\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_a - \log c_{\text{Säure}})$	$\text{pH} = 14 + \log c_{\text{Base}}$	$\text{pH} = 14 - \frac{1}{2}(\text{p}K_B - \log c_{\text{Base}})$

Pufferlösungen: $\text{pH} = \text{p}K_S + \log \frac{c_{\text{Base}}}{c_{\text{Säure}}}$ Bei 25 °C: $K_w = K_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-14}$

Thermochemie:

$\Delta_R H = Q_p + W$	$\Delta_R G = \Delta_R H - T \cdot \Delta_R S$
$\Delta_R S = \frac{Q}{T}$	$\Delta_R G = -R \cdot T \cdot \ln K$





NAME : _____

Vorname : _____

Lycée : _____

Aufgabe I : Rund um Kohlenstoffdioxid

1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	1h	Summe Aufgabe I
3	2	2	2	3	2	3	7	24

Die Lebensmittelindustrie verwendet große Mengen an Kohlenstoffdioxid. Im Sommer 2018 hat eine weltweite Knappheit dazu geführt, dass die Supermärkte die Lieferung von Tiefkühlprodukten einschränkten und Bier rationierten. Diese Situation ist umso unbegreiflicher, da eine Zunahme des atmosphärische CO_2 in diesem Zeitraum dokumentiert wurde.

- a) Stellen Sie CO und CO_2 in der Lewis-Schreibweise dar.

- b) Berechnen Sie den Unterschied der Oxidationszahl zwischen dem Kohlenstoffatom in Kohlenstoffdioxid und in Kohlenstoffmonooxid.

Der englische Chemiker William Henry untersuchte die chemischen Gleichgewichte und beschäftigte sich mit Gasen, die sich in Flüssigkeiten lösen. Er entdeckte, dass die Konzentration eines in einer Flüssigkeit gelösten Gases proportional zum Partialdruck des Gases in der Gasphase ist. Der Proportionalitätsfaktor wird als Konstante des Henry-Gesetzes bezeichnet. Die Konstante des Henri-Gesetzes für CO_2 beträgt $3,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{atm}^{-1}$. Verschlossene Flaschen von kohlenensäurehaltigen Getränken enthalten gelöstes CO_2 . Das gelöste CO_2 befindet sich im Gleichgewicht mit einer kleinen Menge CO_2 -Gas im oberen Teil des Behälters.

- c) Der Partialdruck des Gases CO_2 in einer 250 cm^3 Dose eines kohlenensäurehaltigen Getränks beträgt $3,0 \text{ atm}$ bei $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Wie hoch ist die CO_2 -Konzentration in dem kohlenensäurehaltigen Getränk?

- d) Welche Masse an CO_2 ist in einer 250 cm^3 Dose eines kohlenensäurehaltigen Getränks gelöst?

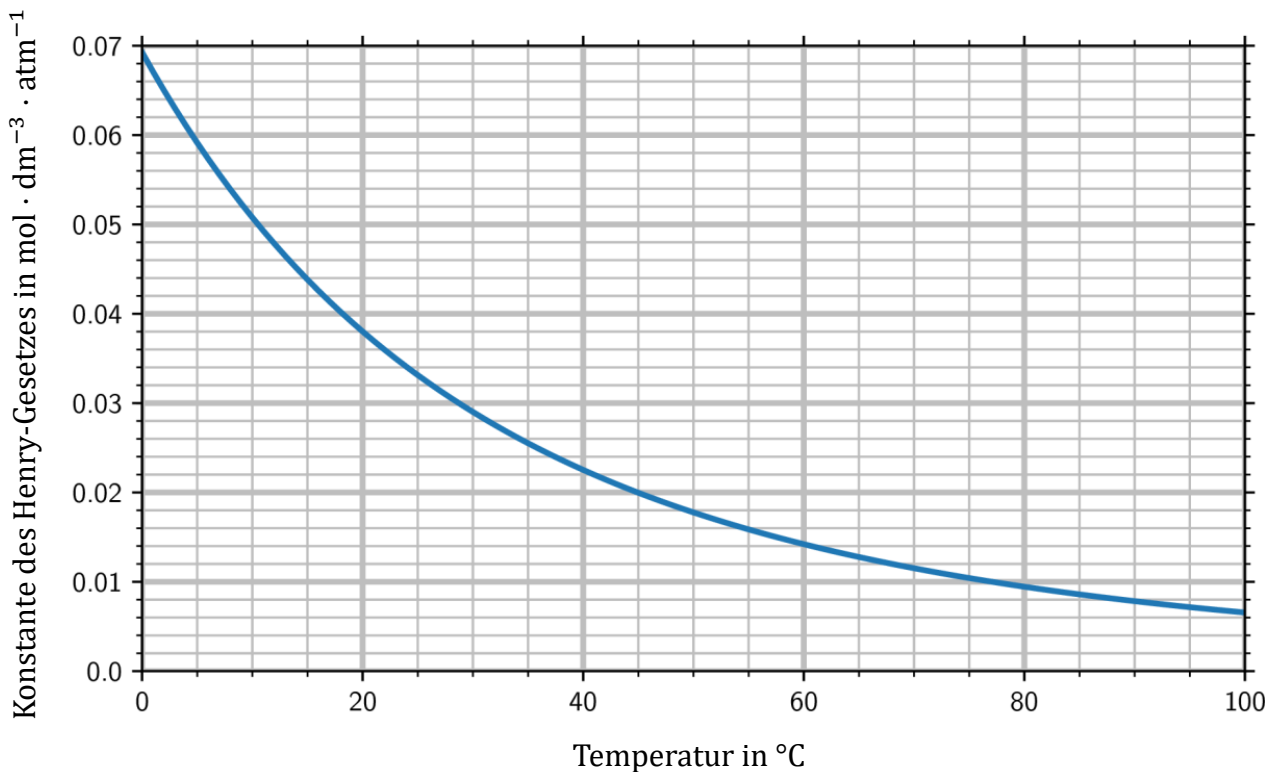


e) Berechnen Sie den Druck bei 25 °C in der Dose, wenn die Dose nur die in Teil (d) berechnete Masse an CO₂ in gasförmiger Form enthielte.

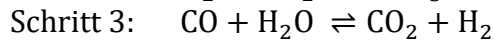
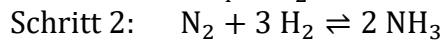
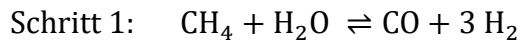
f) Unter welchen Bedingungen wäre das Gas CO₂ am besten in Wasser löslich? Kreuzen Sie die richtige Antwort an.

- hoher Druck und tiefe Temperatur
- hoher Druck und hohe Temperatur
- tiefer Druck und tiefe Temperatur
- tiefer Druck und hohe Temperatur

g) Der maximale Druck, dem eine Dose eines kohlendioxidhaltigen Getränks standhalten kann, beträgt 7 atm. Bestimmen Sie mithilfe der folgenden Grafik die Höchsttemperatur, bei der eine Dose sicher gelagert werden kann.



Eine der Methoden der industriellen Herstellung von CO₂ ist das Haber-Bosch Verfahren.



Ammoniak (das Produkt aus Schritt 2) wird häufig zur Herstellung von Düngemitteln verwendet. Die Produktion von Düngemitteln wird im Sommer häufig eingestellt. In Kombination mit der erhöhten Nachfrage nach kohlenstoffhaltigen Getränken im heißen Sommer des Jahres 2018 trug der Stillstand der Düngemittelproduktion zur CO₂-Knappheit bei.

In Schritt 3 ließ man eine anfängliche Mischung aus 40 mol CO, 20 mol H₂ und 20 mol CO₂ in Kontakt mit 40 mol Dampf in einem Reaktor bei 1100 K ins Gleichgewicht kommen. Bei 1100 K hat diese Reaktion einen K_p-Wert von 0,64.

- h) Berechnen Sie die Stoffmengen von jedem Gas, nachdem das Gleichgewicht sich eingestellt hat.





NAME : _____

Vorname : _____

Lycée : _____

Aufgabe II : Edelmetalle und Legierungen

2a	2b	2c	2d	2e	Summe Aufgabe II
3	3	10	2	3	21

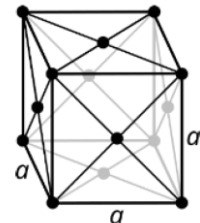
Die Metalle Gold, Silber und Kupfer bilden zusammen mit Roentgenium die Gruppe 11 des Periodensystems der Elemente. Sie besitzen alle ein vollständig besetztes d-Orbital.

- a) Geben Sie für Gold, Silber und Kupfer die Elektronenkonfiguration an.
Hinweis: Vollständig besetzte Schichten können mit der Elektronenkonfiguration des jeweiligen Edelgases abgekürzt werden.

Das schwerste Element der Gruppe 11, Roentgenium, wurde erstmals 1994 in Darmstadt hergestellt. In einem Teilchenbeschleuniger wurde Bismut (Bi ist ein reines Element) mit Atomen eines anderen Elements beschossen. Bei der Kernfusion entstanden einige Atome des Roentgeniums-272, sowie gleichviele Neutronen.

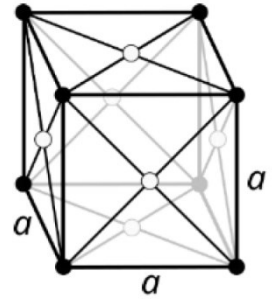
- b) Formulieren Sie eine Gleichung für die Kernreaktion unter Verwendung aller Ordnungs- und Massenzahlen.

Unter Standardbedingungen kommt es in den drei Münzmetallen zu einer kubisch dichtesten Packung mit einer flächenzentrierten Elementarzelle, die nebenstehend abgebildet ist.



	Atomradius (pm)	a (pm)	ρ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
Gold	144	407	19400
Silber	145	409	10490
Kupfer	128	362	8960

Aufgrund der sehr ähnlichen Atomradien bilden Gold und Silber in jedem Verhältnis feste Lösungen, in denen die Atome statistisch angeordnet sind. Gold und Kupfer vermischen sich ebenfalls in jedem Verhältnis, wodurch unter anderem die geordnete Überstruktur AuCu_3 entsteht, die nebenstehend abgebildet ist.



- c) Berechne die Dichte der AuCu_3 -Überstruktur unter der Annahme, dass sich die Atome bestmöglich berühren.

Es gilt: Oberflächendiagonale eines Würfels: $d_f = \sqrt{2} \cdot a$



Der Kupfergehalt einer Bronze- oder Messingprobe kann elektrogravimetrisch bestimmt werden. Eine Messingprobe mit einer Masse von 1,857 g wurde zunächst in konzentrierter Salpetersäure aufgelöst und anschließend mit Wasser auf ein Gesamtvolumen von 200,0 mL verdünnt.

d) Erklären Sie, warum der erste Schritt unter dem Abzug erfolgen muss.

Für die elektrogravimetrische Bestimmung werden 20,00 mL der Probenlösung elektrolysiert. Als Kathode wird eine Platinelektrode mit der Masse 9,8354 g verwendet, deren Masse während der Elektrolyse auf 9,9266 g ansteigt und danach konstant bleibt

e) Berechnen Sie den Gehalt an Kupfer in der Probe.





NAME : _____

Vorname : _____

Lycée : _____

Aufgabe III : *Curiosity*

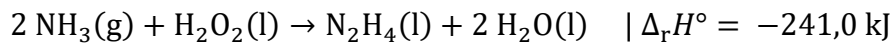
3a	3b	3c	3d	3e	3f	3g	3h	Summe Aufgabe III
2	6	4	2	7	2	1	3	27

Die Landung des Rovers Curiosity auf dem Mars im August 2012 wurde mit Hilfe von Hydrazin-Triebwerken durchgeführt. Hydrazin, N_2H_4 , ist eine von der NASA sehr geschätzte Substanz, da diese kein Kohlendioxid produziert.

Hydrazin wird über einen geeigneten Katalysator geleitet und zerfällt in ein heißes, gasförmiges Gemisch, das für Schubkraft sorgt. Als Zwischenprodukt kann bei der Zersetzung Ammoniak entstehen.

- a) Formulieren Sie die ausgeglichene Reaktionsgleichung für die Reaktion der Zersetzung von Hydrazin in die gasförmigen Produkte Ammoniak und Stickstoff.

Die Herstellung von Hydrazin kann durch eine Reaktion zwischen Ammoniak und Wasserstoffperoxid erfolgen:



- b) Bestimmen Sie die Zersetzungsenthalpie von Hydrazin. Es sind folgende Standardbildungsenthalpien gegeben:

$$\Delta_f H^\circ(\text{NH}_3) = -46,1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

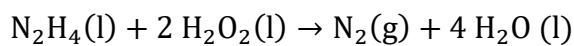
$$\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}_2) = -187,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}) = -285,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



Das erste Kampfflugzeug mit Raketenantrieb war die Messerschmitt Me 163. Sie wurde mit einem Gemisch aus Hydrazin, Methanol, dem sogenannten C-Stoff, und Wasserstoffperoxid, dem T-Stoff, angetrieben.

Wasserstoffperoxid reagiert mit Hydrazin nach folgender chemischer Gleichung:



- c) Bestimmen Sie die Oxidationszahlen der Stickstoff- und Sauerstoffatome in jedem der an dieser Gleichung beteiligten Moleküle.

-
- d) Wasserstoffperoxid oxidiert Methanol zu Kohlenstoffdioxid und Wasser. Formulieren Sie eine ausgeglichene Reaktionsgleichung für diese Reaktion.

-
- e) Ein Kampfflugzeug kann 225 Liter Hydrazin und 862 Liter Methanol mitführen. Berechnen Sie die Wärmemenge, die unter Standardbedingungen bei der Verbrennung dieser Treibstoffmenge freigesetzt wird, indem Sie die unten angegebenen Enthalpie Werte und Standarddichten verwenden. Es wird angenommen, dass Hydrazin und Methanol vollständig verbrannt werden

$$\Delta_c H^\circ(\text{N}_2\text{H}_4) = -622.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$
$$\Delta_c H^\circ(\text{CH}_3\text{OH}) = -726.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\rho(\text{N}_2\text{H}_4) = 1,021 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$
$$\rho(\text{CH}_3\text{OH}) = 0,7918 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$



In Raketentreibstoffen wird Hydrazin häufig mit Distickstofftetroxid, N_2O_4 , gemischt, um ein hypergolisches Gemisch zu bilden, d.h. die Edukte entzünden sich bei Kontakt spontan. Die NASA hat das Gemisch N_2H_4 / N_2O_4 bereits in vielen Raumfahrzeugen eingesetzt und es könnte in Zukunft auch als Treibstoff in Autos verwendet werden.

- f) Bei den in Raketen stattfindenden Reaktionen entstehen chemisch stabile Produkte (exotherme Reaktion) in gasförmigem Zustand (die für Schub sorgen). Finden Sie die Reaktionsprodukte, die bei der Reaktion zwischen N_2H_4 und N_2O_4 gebildet werden.

- g) Beim Erhitzen von reinem N_2O_4 bildet sich ein braunes Gas. Wie lautet die chemische Formel für dieses Gas?

Ein Hydrazinderivat der Formel $C_2H_8N_2$ wurde bei den Apollo-Missionen als Raketentreibstoff verwendet. Es hat zwei Stickstoffatome, die sich in unterschiedlichen chemischen Umgebungen befinden und zwei Kohlenstoffatome in der gleichen chemischen Umgebung.

- h) Stellen Sie Strukturformel von $C_2H_8N_2$ dar.





NAME : _____

Vorname : _____

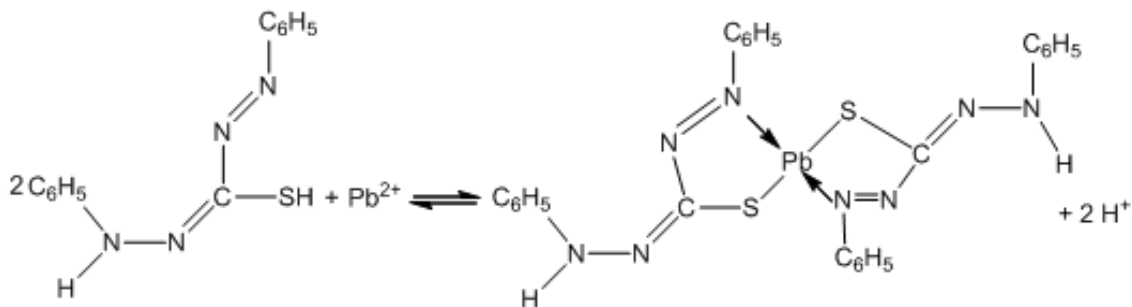
Lycée : _____

Aufgabe IV : Kriminologische Abteilung

4a	4b	4c	4d	Summe Aufgabe IV
14	5	5	4	28

Die Kriminalpolizei wurde gerufen, weil ein Mann tot in seinem Haus in seinem Sessel aufgefunden wurde. Die Wissenschaftler analysierten ein Wasserglas, das neben ihm auf dem Tisch stand. Bei der Analyse konnte Bleinitrat im Glas nachgewiesen werden. Die Ermittler schickten daraufhin eine Blutprobe des Verstorbenen in ein Analysenlabor, um festzustellen, ob es sich um eine Vergiftung oder um einen natürlichen Tod handele.

Da Blut ein komplexes Gemisch ist, wurde zur Isolierung des Bleis eine Flüssig-Flüssig-Trennung durchgeführt. Dithizon ist ein organisches Molekül, welches in deprotonierter Form als Dithizonat, einen orange-roten Komplex mit Blei bildet. Dithizon und die Dithizonatkomplexe sind in organischer Phase löslich.



Komplexbildungsreaktion von Blei mit Dithizon

Zur Durchführung der Flüssig-Flüssig-Extraktion wird Dithizon in 25 mL Chloroform aufgelöst und in einen Scheidetrichter gegeben. Anschließend wird in einem 250 mL Messkolben eine Lösung S1 hergestellt, indem 15 mL Blut, das mit einer Messpipette entnommen wurde, verdünnt werden. Dann werden 10 mL dieser Blut-Lösung aus dem Messkolben S1 entnommen und in den Scheidetrichter gegeben, und es werden 25 mL des Ammoniakpuffers hinzugefügt, um das Dithizon zu deprotonieren. Der Kolben wird kräftig geschüttelt und man lässt die Phasen für 2 min Ruhen, damit sie sich trennen. Die organische Phase wird in einem 100 mL Messkolben S2 aufgefangen, der anschließend mit Chloroform aufgefüllt wird.

Zur Bestimmung des Bleis wird die Extinktion, mit A bezeichnet, verwendet. Die Extinktion ist die Fähigkeit einer Lösung, einen Lichtstrahl bei einer bestimmten Wellenlänge zu absorbieren. Die Extinktion hängt von 3 Parametern ab: dem Extinktionskoeffizienten (ϵ_λ , eine intrinsische Größe der untersuchten Substanz bei einer bestimmten Wellenlänge), der Länge des optischen Weges des Lasers durch die Lösung (d in cm) und der Konzentration der Substanz in der Lösung (c in $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$).

$$A = \epsilon_\lambda \cdot d \cdot c$$



Die verwendete Methode ist das Standard-Additionsverfahren, bei dem Lösungen, die ein konstantes Volumen der zu bestimmenden Probe enthalten, mit variablen Mengen eines Standards bekannter Konzentration analysiert werden. Auf diese Weise lässt sich durch die grafische Darstellung der Extinktion in Abhängigkeit von der Konzentration des Standards eine lineare Regression durch die Punkte zeichnen, deren Schnittpunkt mit der Abszissenachse die Konzentration der Probe (S2), ausgedrückt als negativer Wert, ergibt.

Die Blei-Standardlösung wird hergestellt, indem man metallisches Blei mit einer 6M Salpetersäurelösung reagieren lässt. Wenn das gesamte Blei in Lösung gegangen ist, wird die diese mit destilliertem Wasser aufgefüllt. Das Standardblei wird anschließend mit einer chloroformischen Dithizon-Lösung extrahiert, gemäß demselben Protokoll wie bei der Blutprobe. Die organische Phase wird dann in einem Messkolben S3 gesammelt, der mit Chloroform aufgefüllt wird.

Die Messkolben S4 bis S8 wurden gemäß den in Tabelle 1 angegebenen Volumina hergestellt. Anschließend wurden die Extinktionsmessungen an gleichen Probenvolumina dieser 5 Messkolben durchgeführt. Die aus den Ergebnissen erstellte Grafik ist in Abb. 1 wiedergegeben

	S2	S3	CHCl ₃
S4	10 mL	0 mL	15 mL
S5	10 mL	4 mL	11 mL
S6	10 mL	6 mL	9 mL
S7	10 mL	8 mL	7 mL
S8	10 mL	10 mL	5 mL

Tab.1 : Zusammensetzung der Messkolben S4 bis S8

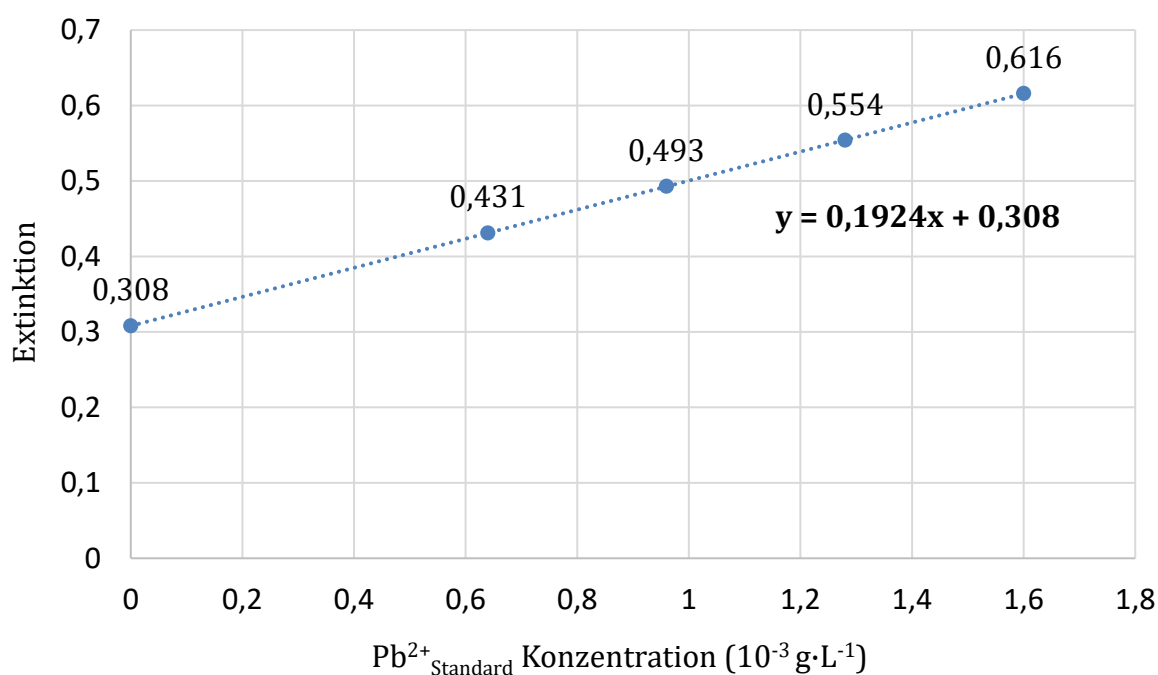


Fig.1. Entwicklung der Extinktion in Abhängigkeit von der Bleikonzentration

- a) Unter der Annahme, dass der Verstorbene 75 kg wog und der menschliche Körper durchschnittlich 5 L Blut enthält und die tödliche Dosis von Bleinitrat 93 mg/kg beträgt, entscheiden Sie, ob es sich um eine Vergiftung durch Bleinitrat oder einen natürlichen Tod gehandelt hat. Geben Sie die Berechnungen an, die Sie zu Ihrer Schlussfolgerung geführt haben.

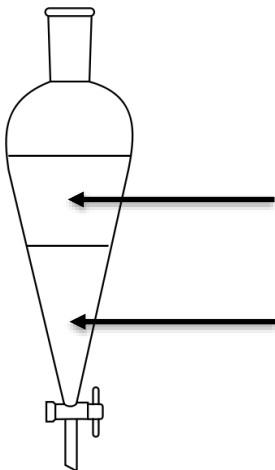


- b) Unter der Annahme, dass die optische Weglänge durch die Messküvette 1 cm betrug, berechnen Sie den Extinktionskoeffizienten (ϵ) des Blei-Dithizon-Komplexes.

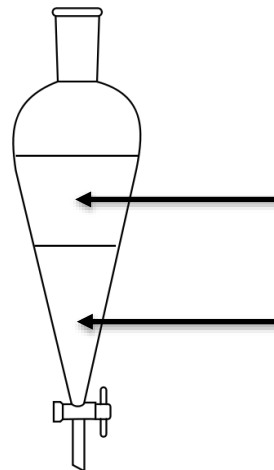
- c) Die 6M Salpetersäurelösung, die zum Auflösen des metallischen Bleis verwendet wurde, wurde aus konzentrierter Salpetersäure mit 70% (Massenprozent) ($\rho = 1,4 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) hergestellt. Berechnen Sie das Volumen an 70%iger Salpetersäure und Wasser, das zur Herstellung von 100 mL 6M Salpetersäure benötigt wird.

- d) Geben Sie neben den Scheidetrichtern an, wo sich: die wässrige Phase, die organische Phase, Chloroform ($\rho = 1,49 \text{ kg/L}$), Blei (Pb^{2+}), Dithizon bzw. Dithizonat befinden. Unterscheiden Sie zwischen vor und nach der Zugabe des Ammoniakpuffers.

Vor Zugabe des Ammoniakpuffers



Nach Zugabe des Ammoniakpuffers



Vorbereitungsblatt



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Éducation nationale,
de l'Enfance et de la Jeunesse



Fonds National de la
Recherche Luxembourg



CHAMBRE DES SALAIRES
LUXEMBOURG

