Fakultät für Chemie und Mineralogie

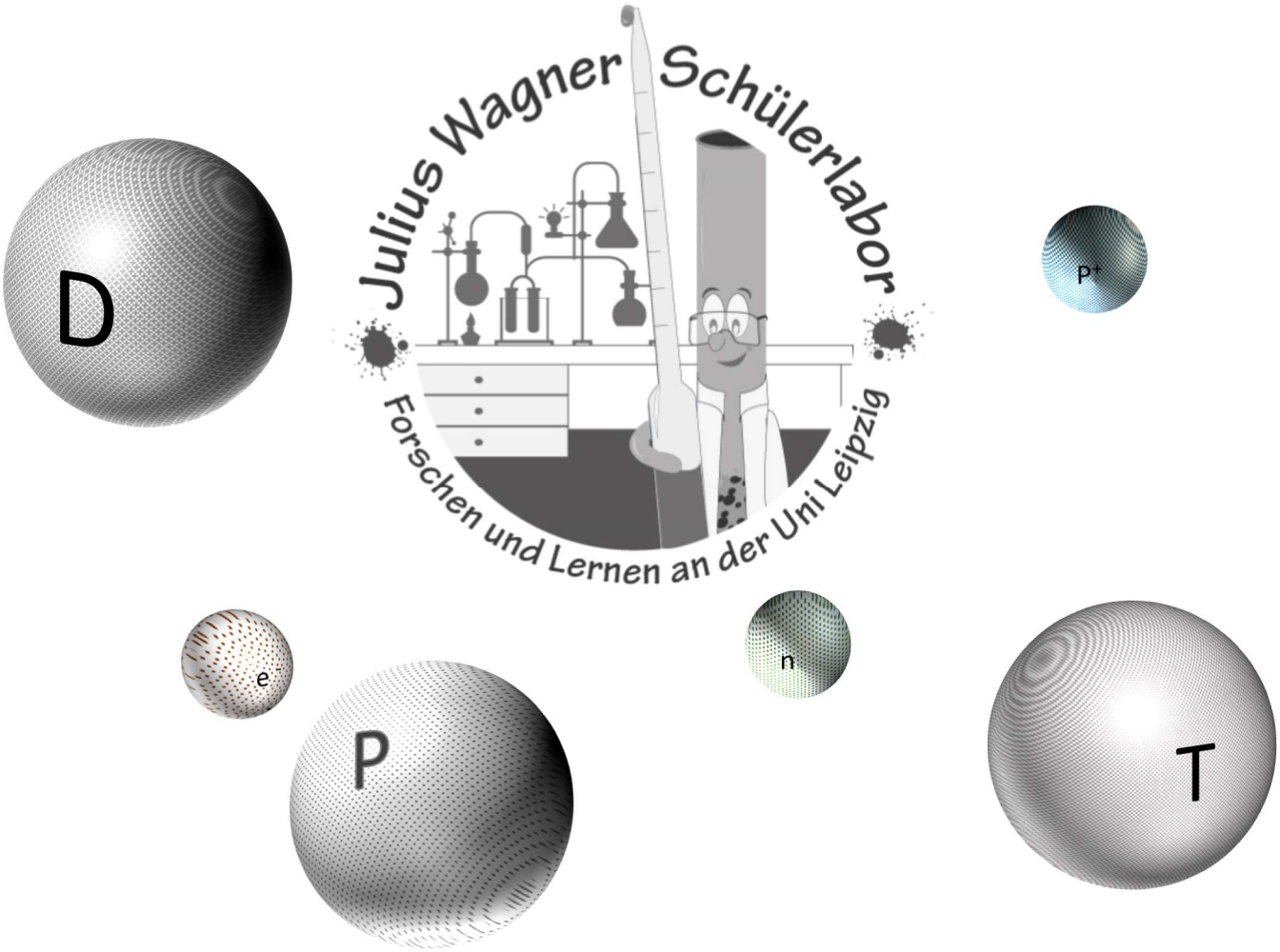
Institut für Didaktik der Chemie
Rebekka Heimann
Liesa Gromm

UNIVERSITÄT LEIPZIG

Name:_____

Chemische Forschung – Einmal bunt und laut bitte – oder doch nicht?

- Was machen eigentliche chemische Forscher:innen? -



Einleitung

Am heutigen Tag erhaltet ihr einen Einblick, wie chemische Forschung ablaufen kann und lernt drei chemisch Forschende kennen. Diese arbeiten in einem aktuellen Projekt an der Universität Leipzig.

Durch das Schülerlabor werden euch kleine Symbole führen, die ihr hier als Übersicht findet. Durch diese Symbole erfahrt ihr, wann

- ihr experimentiert
- es eine Hilfestellung gibt
- ihr mit der PowerPoint oder dem Arbeitsheft arbeiten sollt.

Und nun viel Spaß im Schülerlabor!

Achtung: Wenn ihr ein Experiment selbstständig geplant habt, lasst eure Durchführung, bevor ihr beginnt zu experimentieren, von einer betreuenden Person kontrollieren.

Bevor ihr mit den Stationen loslegt, füllt die Lücken mit den untenstehenden Wörtern aus. Schaut euch dazu die PowerPoint bis Folie 4 an.

Das Forschungsprojekt $^{1,2,3}H$

Am Projekt „Wasserstoffisotope $^{1,2,3}H$“, das ihr heute kennenlernt, sind _____ Forscher:innen aus _____Ländern beteiligt. Darunter sind nicht nur _____ _____ aus den verschiedensten _____ der Chemie, sondern auch _____.

Bevor die Forschenden mit ihrer Forschung beginnen, müssen sie in der _____ recherchieren, welches Wissen zu dem Thema schon bekannt ist.

Einzusetzende Wörter (mehr als ihr braucht):

Teilgebieten, 10, einzelne, Mathematiker:innen, Fachliteratur, Wikipedia, Physiker:innen, Chemiker:innen, 2, viele

Station 1: Wasserstoff und Sauerstoff – eine explosive Mischung

In dem Projekt ^{1,2,3}H geht es um Wasserstoff und Wasserstoffverbindungen. Eure erste Aufgabe besteht darin, euch Wissen zum Wasserstoff (Station 1) und zum sogenannten schweren Wasser (Station 2) zu erarbeiten.
Prof. Asmis hat im ersten Video davon gesprochen, dass im Projekt ^{1,2,3}H auch Grundlagen zur Erzeugung von Energie durch Kernfusion, also Fusion von Wasserstoffkernen, erforscht werden sollen. Das ist der Vorgang, der ständig in der Sonne abläuft. Dafür ist noch viel Forschung notwendig. Aber Wasserstoff kann man auch verbrennen – was auch nicht ungefährlich ist!
Schaut euch dazu das Video auf der PowerPoint zur „Hindenburg“ an und arbeitet dann hier weiter!

Forscher:innen führen häufig zunächst kleine Modellversuche durch, bevor sie Vorgänge im großen Maßstab untersuchen. Das sollt ihr jetzt mit der Wasserstoffverbrennung tun.

Erzeugung und Verbrennung von Wasserstoff[1]

1. Aufgabe: Bringt die einzelnen Schritte der Versuchsvorschrift in die richtige Reihenfolge. Führt im Anschluss den Versuch durch!

Folgende Chemikalien und Geräte stehen euch zur Verfügung:
Reagenzglas, 2 Stücke Magnesiumband (ca. 3 cm lang), Reagenzglasständer, Essig, Lineal, Brenner, Streichholz

In ein Reagenzglas wird etwa 4 cm hoch Essig gefüllt.	
Dann wird die **Reagenzglasöffnung** an die rauschende Brennerflamme gehalten.	
Das Reagenzglas wird eine Minute lang mit dem Daumen verschlossen.	
In das Reagenzglas werden zwei Stücke Magnesiumband dazugegeben. Achtet darauf, dass die Stücke bis in den Essig fallen und nicht an der Reagenzglaswand hängen bleiben.	

2. Aufgabe: Notiert eure Beobachtungen!

_____

_____

_____

_____

3. Aufgabe: Vervollständigt nun die Wortgleichungen zu der Reaktion, welche ihr gerade beobachten konntet:

Unedles Metall + _____ ⟶ _____ + Salz

Wasserstoff + Sauerstoff ⟶ _____

Energie

Wieviel Energie im größeren Maßstab frei wird, zeigt das Unglück der Hindenburg. Die Verbrennung muss also bei einer Nutzung von Wasserstoff als Energieträger unbedingt kontrolliert ablaufen.

Station 2: Wasser ist nicht gleich Wasser

Im Projekt $^{1,2,3}H$ spielt nicht nur Wasser, sondern auch schweres Wasser eine Rolle.

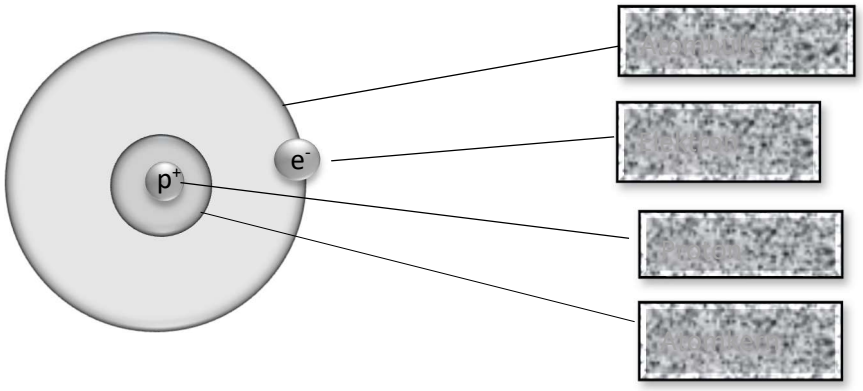
➡ ***Doch was ist schweres Wasser?***

Es gibt drei verschiedene Arten von Wasserstoffatomen: **^{1}H, ^{2}H**, und **^{3}H**. Wie unterscheiden sie sich?

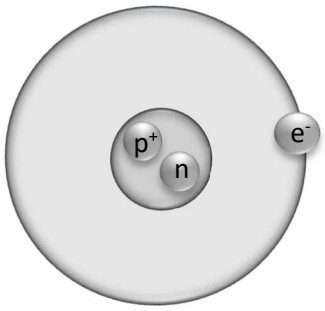
Wasserstoff ^{1}H, auch Protium genannt, ist das erste Element im PSE. Es besitzt nur ein Elektron in seiner Atomhülle und in seinem Atomkern nur ein Proton.

Leider ist die Abbildung aus dem Internet unscharf.

1. Aufgabe: Vervollständigt die Abbildung!



Bei weiterer Internetrecherche zum Thema Wasserstoff kann man folgende Abbildung eines weiteren Wasserstoffatoms, des **Deuteriumatoms (^{2}H),** finden:



2. Aufgabe: Vergleicht den Atombau des Deuteriumatoms mit dem Aufbau des Protiumatoms von Aufgabe 1.

Welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten sind zwischen beiden vorhanden? (Braucht ihr Hilfe? Fragt die Doktorandin!) ⓘ 💻

3. Aufgabe: Vergleicht die Masse der einzelnen Elementarteilchen und füllt dazu die Lücke im Text aus.

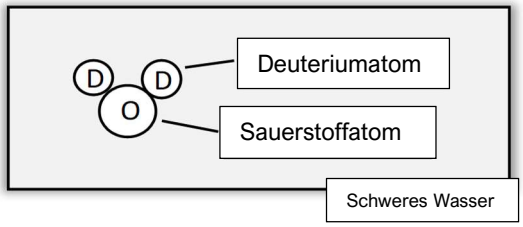
Teilchen	**Masse**[2]
Protonen	$1{,}6725 \cdot 10^{-27} kg$
Elektronen	$9{,}109 \cdot 10^{-31} kg$
Neutronen	$1{,}6748 \cdot 10^{-27} kg$

Die größere Masse des Deuteriumatoms kommt von dem (zusätzlichen)_____.

Wenn Atome eines Elements dieselbe Anzahl an Elektronen und Protonen besitzen und sich nur in Anzahl der Neutronen unterscheiden, werden diese Atome **Isotope** genannt. Das Deuteriumatom ist ein natürlich vorkommendes Isotop des Wasserstoffs. Es hat ein eigenes Elementsymbol bekommen. Ein weiteres Isotop des Wasserstoffs ist Tritium.

Das **Deuteriumatom** ist Baustein des schweren Wassers:

Im schweren Wasser sind zwei Deuteriumatome (^2H) anstelle von Protiumatomen (^1H) an ein Sauerstoffatom gebunden.



Eigenschaften von schwerem Wasser

Ihr sollt nun selbst eine kleine Forschungsfrage klären:

Ändern sich die Eigenschaften von Wasser, wenn man im Wassermolekül die Protiumatome durch Deuteriumatome ersetzt?

Eigenschaft 1: Schwimmverhalten von gefrorenem D_2O

Ihr wisst, dass Eis auf Wasser schwimmt.

4. Aufgabe: Untersucht, ob gefrorenes schweres Wasser (D_2O) ebenfalls auf Wasser (H_2O) schwimmt.

Materialien: 1 Becherglas (150 ml), gefrorenes angefärbtes H_2O, gefrorenes angefärbtes D_2O, Leitungswasser 100 ml

Hinweis: Gefrorene Chemikalien sind im schwarzen Eisbehälter.

Überlegt euch eine eigene **Durchführung** und skizziert sie:

Beobachtungen:

_____

_____

_____

_____

5. Aufgabe: Erklärt nun eure Beobachtungen! Tipp: Nutzt Überlegungen zur Dichte.

_____

_____

_____

_____

<u>Eigenschaft 2: Gefriertemperatur von schwerem Wasser</u>

Bei eurer Recherche zu Wasser und schwerem Wasser findet ihr folgende Information zu D_2O:
„Sein Gefrierpunkt liegt bei 3,72 °C“[3]

Die Gefriertemperatur von H_2O liegt – wie ihr wisst – bei 0°C.
Kann die Information stimmen, dass D_2O eine höhere Gefriertemperatur als H_2O hat? Forscher:innen überprüfen auch die Aussagen anderer Forscher:innen. Wie könntet ihr die Aussagen zur höheren Gefriertemperatur von D_2O überprüfen?

6. Aufgabe:

a) Nutzt untenstehende Materialien und skizziert euer Experiment.
b) Führt es dann durch und tragt die Messwerte in die Tabelle ein.
c) Markiert die Temperatur, bei der D_2O bzw. H_2O bei euch gefriert.

Materialien: 2 kleine Reagenzgläser (für D_2O und H_2O), Eis-Salz-Kältemischung (10 g Salz und 150 g Eis mischen), Temperaturfühler, 400 ml Becherglas, Pipetten, 4 ml flüssiges D_2O (angefärbt mit Tinte), 4 ml flüssiges H_2O (angefärbt mit Tinte), Reagenzglasständer, Stoppuhr

Skizze

D_2O - Anfangstemperatur:

Zeit in sec	30	60	90	120	150	180	210	240
Temperatur in °C								

H_2O - Anfangstemperatur:

Zeit in sec	30	60	90	120	150	180	210	240
Temperatur in °C								

7. Aufgabe:

Auswertung: Konntet ihr die Aussage von Forscher:innen, dass schweres Wasser einen höheren Gefrierpunkt hat, bestätigen?

_____

8. Aufgabe: Streicht, was nicht zutrifft:

Wenn in den Molekülen einer Verbindung Protiumatome durch Deuteriumatome ersetzt werden, bleiben alle Eigenschaften der Verbindung gleich/ ändern sich manche Eigenschaften der Verbindung.

Station 3: Welche Bedeutung hat das Forschungsprojekt $^{1,2,3}H$ für die Entwicklung neuer Medikamente?

Eine Frage der Forschung in $^{1,2,3}H$ ist die Folgende: *Wie kann man in einem Wirkstoffmolekül an einer ganz bestimmten Stelle Protiumatome (also die gängigen Wasserstoffatome) durch Deuteriumatome ersetzen?*

1. Aufgabe: Gebt an, welche Vorteile dies bei der Wirkstoffentwicklung haben kann. Schaut euch dazu das Video von Herrn Prof. Asmis in der PowerPoint an.

1. _____

2. _____

Nun lernt ihr zwei Forscher:innen näher kennen, die sich genau mit dieser Frage beschäftigen: Frau Prof. Dr. Zeitler, die dieses Teilprojekt leitet, und ihren Doktoranden Jannik Sälker. Schaut euch die Videos an und bearbeitet Aufgabe 2.

2. Aufgabe: Gebt in wenigen Stichpunkten an,

a) was Forscher:innen im Bereich der Chemie an ihrer Arbeit gefällt.

b) was Bestandteile des Forschungsalltags sind.

_____

_____

_____

_____

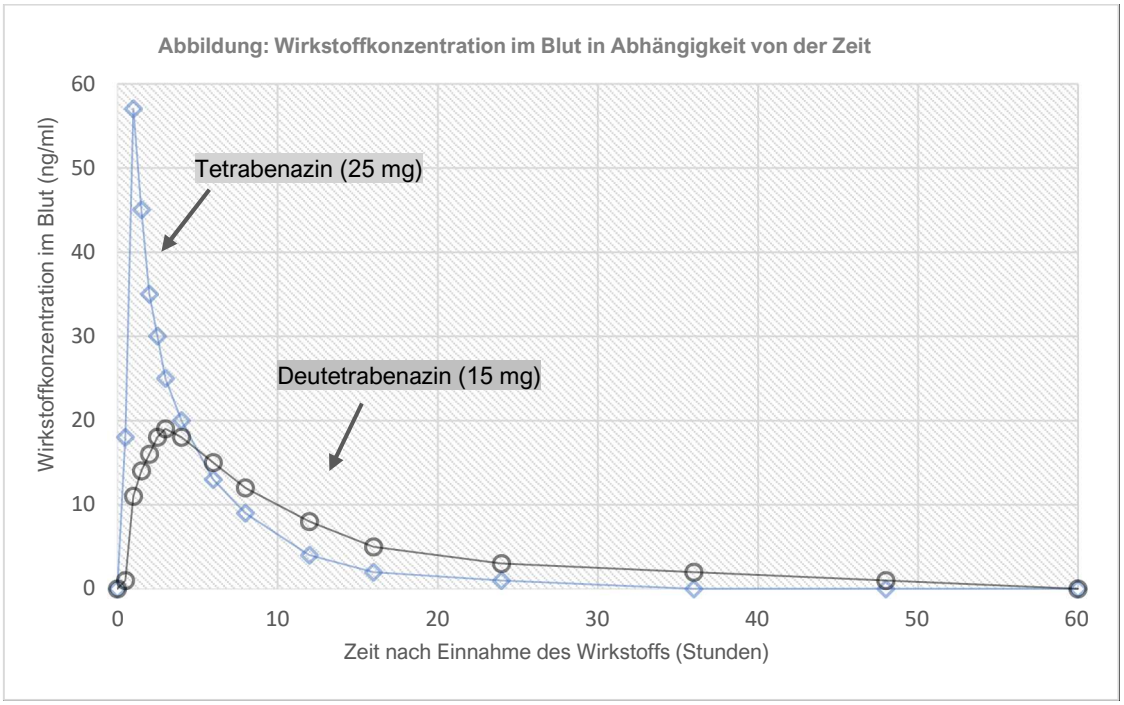
_____

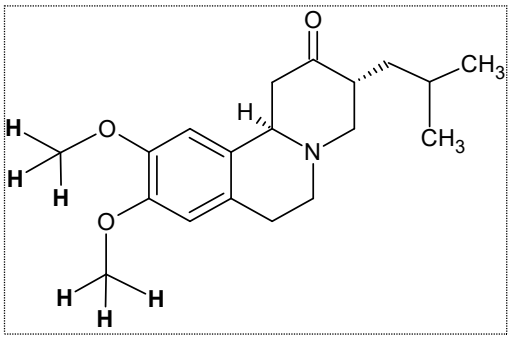
_____

_____

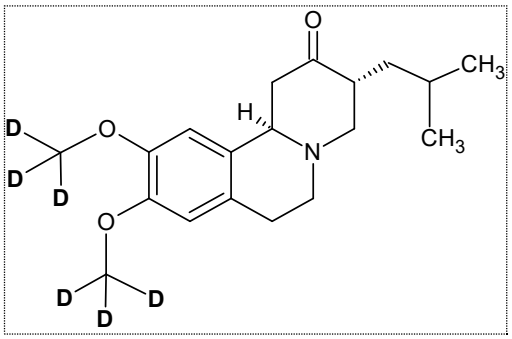
Frau Prof. Zeitler und Jannik beschäftigen sich also mit der Deuterierung von Wirkstoffmolekülen.

Welche Wirkung die Deuterierung eines Wirkstoffmoleküls haben kann, ist bereits am Wirkstoff **Tetrabenazin** untersucht. Der deuterierte Wirkstoff heißt dann **Deutetrabenazin**. Die Ergebnisse der Forscher:innen zeigt die Abbildung[4].





Tetrabenazin[5]



Deutetrabenazin[6]

3. Aufgabe: Kreuzt an, welche Wirkung der Deuterierung von Wirkstoffmolekülen Forscher:innen hier nachgewiesen haben.

Die Forscher:innen haben nachgewiesen,

☐ dass man den deuterierten Wirkstoff im Körper verfolgen kann.

☐ dass der deuterierte Wirkstoff schneller abgebaut wird und dann den Körper nicht so lange belastet.

☐ dass der deuterierte Wirkstoff langsamer abgebaut wird und damit niedriger dosiert werden kann.

Station 4: Wie kann man gezielt Protiumatome in einem Molekül durch Deuteriumatome ersetzen?

1. Aufgabe: Hört euch als erstes das Interview mit Jannik an und arbeitet dann im Heft weiter.

Im Interview sprach Jannik davon, dass das besagte Ziel (Protiumatome in einem Molekül an ganz bestimmten Stellen durch Deuteriumatome zu ersetzen) durch Photokatalyse erreicht werden soll. Aber was ist Katalyse und welche Bedeutung hat Licht dabei?

Station 4a: Was ist Katalyse?

Ein Katalysator kann z. B. helfen, an ganz bestimmten Stellen in den Wirkstoffmolekülen Protiumatome durch Deuteriumatome zu ersetzen, aber es gibt noch einen anderen Vorteil, den ihr an dieser Station erforscht.

Forscher:innen schauen zunächst in der Fachliteratur, ob es schon Hinweise zu geeigneten Experimenten gibt, die sie für ihre eigenen Untersuchungen nutzen können. Für eure Forschungsfrage zur Katalyse gibt es solche Hinweise für ein Experiment tatsächlich:

Wenn man schwefelsaure Oxalsäurelösung mit Kaliumpermanganatlösung versetzt, tritt nach einiger Zeit durch die abgelaufene chemische Reaktion eine Entfärbung ein.

Man kann an dieser Reaktion die Wirkung des Erhitzens und die eines Katalysators (Manganionen) testen. Dazu stehen folgende **Materialien** zur Verfügung[7]:

3x 5 ml Stammlösung aus Schwefelsäure und Oxalsäurelösung,
3x 5 ml destilliertes Wasser,
3x 2 Tropfen Kaliumpermanganatlösung,
4 Tropfen Katalysatorlösung (Manganionen),
Reagenzglasständer,
3 Reagenzgläser,
Reagenzglasklammer,
Wasserkocher,
500 ml Becherglas mit Wasser,
Stoppuhr,
Stopfen

2. Aufgabe: Skizziert euer Forschungsexperiment:

Wenn ihr Hilfe braucht, schaut in die PowerPoint

3. Aufgabe:

Beobachtung

_____

_____

_____

_____

4. Aufgabe:

Auswertung: Welchen Vorteil hat die Zugabe des Katalysators? Streicht, was nicht zutrifft.

Die chemische Reaktion läuft langsamer/ schneller als ohne Katalysator ab. Es können mildere/ schärfere Bedingungen gewählt werden als beim Erhitzen.

Für Schnelle:

Station 4b: Welche Wirkung hat Licht auf Stoffe?

Um diese Fragestellung zu untersuchen, kann auch hier ein Blick in die Fachliteratur helfen. Bei der Recherche findet man direkt einen Vorschlag für ein Experiment[8], das diese Frage angeblich beantworten soll:

Ihr benötigt: ein 100 ml Becherglas, ein Gemisch aus: Oxalsäurelösung, Eisen(III)-chlorid-Lösung und Kaliumhexacyanidoferrat(III)-Lösung, Alufolie, Pinzette, Filterpapierstreifen, Tageslicht

Bevor ihr loslegen könnt, füllt die Lücken im Text mit den passenden Wörtern!

Alufolie, Mondlicht, Becherglas, Alufolie, Pinzette, Filterpapierstreifen, Tageslicht, Tiegelzange

Umwickelt ein 100 ml Becherglas mit _____. Gebt in dieses _____das vorbereitete Gemisch aus Oxalsäurelösung, Eisen(III)-chlorid-Lösung und Kaliumhexacyanidoferrat(III)-Lösung. Um das Gemisch vor dem Einfluss von Licht zu schützen, bedeckt es sofort mit _____. Taucht nacheinander mithilfe einer _____zwei _____ in die Lösung. Umwickelt den einen Filterpapierstreifen sofort mit Alufolie. Den anderen Filterpapierstreifen setzt ihr dem _____ aus.

Notiert nach ca. 3 Minuten eure Beobachtung. (Dazu könnt ihr den umwickelten Filterpapierstreifen vorsichtig aus der Alufolie entnehmen.)

Beobachtung:

_____

_____

_____

_____

5. Aufgabe:

Auswertung

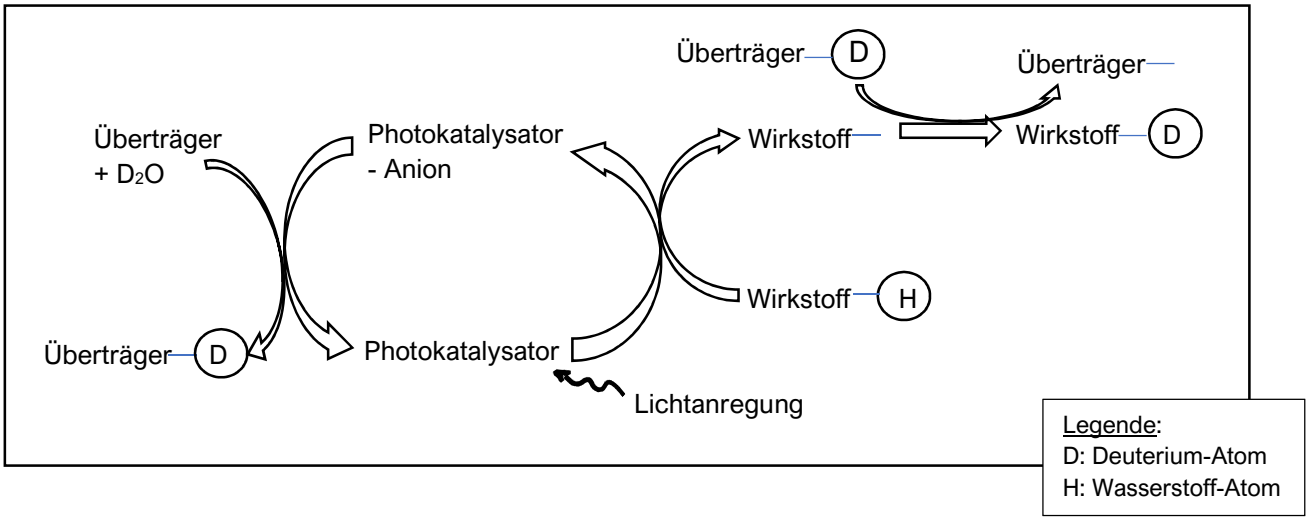
Unterstreicht die richtige Aussage:

Mithilfe dieses Experiments konnte nachgewiesen werden, dass Licht keine/eine chemische Reaktion auslösen kann.

Station 5: Und wie funktioniert nun ein Photokatalysator?

1. Aufgabe: Hört euch zuerst das Interview mit Frau Prof. Zeitler an.

2. Aufgabe: Schaut euch anschließend eine vereinfachte Abbildung an, mit der die Funktion des Photokatalysators vereinfacht dargestellt wird. Diese ist nach einer Vorlage von Frau Prof. Zeitler gezeichnet.



3. Aufgabe: Füllt nun dazu die Lücken zu den einzelnen Fragen aus!

Wozu dient das Licht?

Licht aktiviert den _____.

Was macht der Photokatalysator mit dem Wirkstoffmolekül?

Er entfernt an einer bestimmten Stelle ein _____ aus dem Wirkstoffmolekül und wird dabei zu einem Anion.

Das Wirkstoffmolekül kann dann ein _____aufnehmen.

Welcher Stoff liefert letztlich die Deuteriumatome?

Es ist _____Wasser.

Untersuchung einer photokatalytischen Reaktion[9]

Nachdem ihr euch, wie Forscher:innen es auch tun, in das Thema eingearbeitet habt, dürft ihr selbst eine einfache photokatalytische Reaktion untersuchen, bei der es keinen Überträger wie in der Abbildung auf der vorherigen Seite gibt.

Folgende Stoffe stehen euch zur Verfügung:

Photokatalysator: Proflavin

Wirkstoff: Ethylviologen

Stoff zur Rückgewinnung des Photokatalysators: EDTA

Info: Proflavin überträgt ein Elektron auf Ethylviologen. Dabei entsteht ein blauer Stoff.

Forschungsfrage:

Handelt es sich bei Proflavin tatsächlich um einen Photokatalysator, der also durch Licht aktiviert wird? Und wenn ja, ist rotes, blaues, grünes und/oder weißes Licht geeignet?

Materialien und Chemikalien:

Im Schnappgläschen: EDTA – Lösung, Ethylviologenlösung, Proflavinlösung, LED-Taschenlampe, Lampe mit grünem, rotem und blauem Licht

4. Aufgabe: Skizziert euren Versuchsaufbau!

5. Aufgabe: Tragt eure Beobachtungen in die Tabelle ein.

Licht	**Beobachtung** (nach einer Minute)

6. Aufgabe:

Auswertung: Beantwortet die Forschungsfrage: *Handelt es sich bei Proflavin tatsächlich um einen Photokatalysator, der also durch Licht aktiviert wird? Und wenn ja, ist rotes, blaues, grünes und/oder weißes Licht geeignet?*

_____

_____

_____

Schaut euch im Anschluss das Interview von Herrn Asmis in der PowerPoint Präsentation an.

7. Aufgabe: Im Forschungsprojekt ^{1,2,3}H wird also Grundlagenforschung betrieben. Jemand behauptet: „*Grundlagenforschung ist eine Geld- und Zeitverschwendung!*“. Sammelt Gegenargumente.

_____

_____

_____

_____

_____

Zum Abschluss schaut euch nun die drei Interviews mit Frau Prof. Zeitler, Herrn Prof. Asmis und Jannik an. In diesen könnt ihr erfahren, ob Forscher:innen Hobbys haben und wenn ja, welche das sein können. Außerdem erfahrt ihr, welche Eigenschaften für chemische Forscher:innen wichtig sind.

Literatur

[1] Heimann, R.; Venediger, B. (2019): Chemie^3. Ein aktivierendes Unterrichtskonzept mit Bezug zur Natur. Band 3: Lernbereiche Salze und Säuren. Münster: Schüling Verlag.

[2] Riedel, E.; Janiak, C. (2015): Anorganische Chemie. 9. Auflage. Berlin: De Gruyter (De Gruyter Studium), S. 4.

[3] https://www.spektrum.de/lexikon/physik/schweres-wasser/13011 zuletzt abgerufen am 13.03.2023 um 11:27 Uhr.

[4] Verändert nach: Schneider, F. et al. (2021): Pharmacokinetics of Deutetrabenazine and Tetrabenazine: Dose Proportionality and Food Effect Clinical Pharmacology in Drug Development - Wiley Online Library https://accp1.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cpdd.882 zuletzt abgerufen am: 17.01.23 um 10:44 Uhr.

[5] https://www.pharmazeutische-zeitung.de/arzneistoffe/daten/2007/tetrabenazinnitoman174702007/ zuletzt abgerufen am 19.04.2023.

[6] https://www.austedo.com/globalassets/austedo/prescribing-information.pdf zuletzt abgerufen am 19.04.2023.

[7] Asselborn, W. et al. (2019): Chemie heute. (Arbeitsheft Sachsen, Gymnasium 12. Klasse). Braunschweig: Westermann; S. 8.

[8] Rebekka Heimann (private Mitteilung).

[9] Tausch, M. (2019): Chemie mit Licht: Innovative Didaktik für Studium und Unterricht. Berlin: Springer Spektrum, S. 97, S. 146-149, S. 220-224. Internetportal zum Buch: https://chemiemitlicht.uni-wuppertal.de/de/

Notizen: