

Versuch A2

Date: 2023-04-24

Tags: A2

Created by: Laurenz Guentner

Versuch A2

Dieser Versuch wurde durchgeführt von:

	Name	Vorname	Matrikelnummer
1	Güntner	Laurenz	621253
2	Kotenev	Matvei	620710

Teil I): Messungen vor Ort:

1) Skizze zum Versuch:

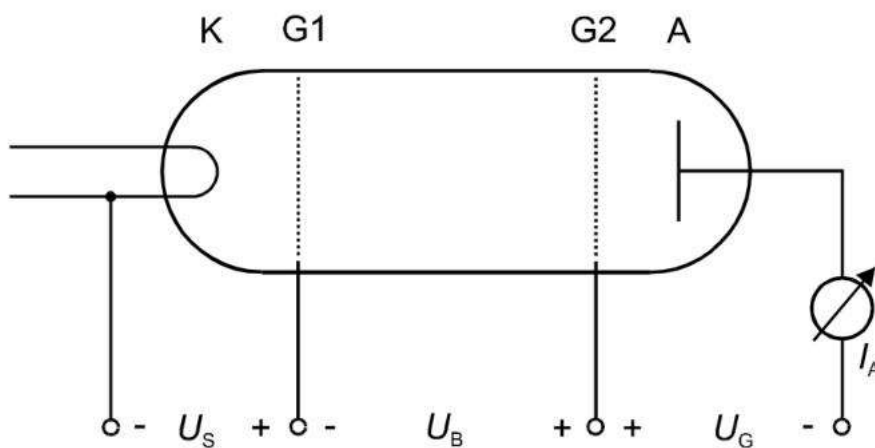


Abb.1: Schaltskizze des Versuchsaufbaus für Hg und Ne. Abgebildet sind Saug-, Beschleunigungs- und Gegenspannung (U_s , U_B , U_G) sowie die Glühkathode (K), zwei Beschleunigungsgitter (G_1 , G_2), Auffanganode (A) und Messgerät des Auffängerstroms (I_A).

2) Aufgezeichnete Hg-Kurve und Parameter U_s , U_G , Temperatur.

U_S	U_G
1,28 V	2,81 V

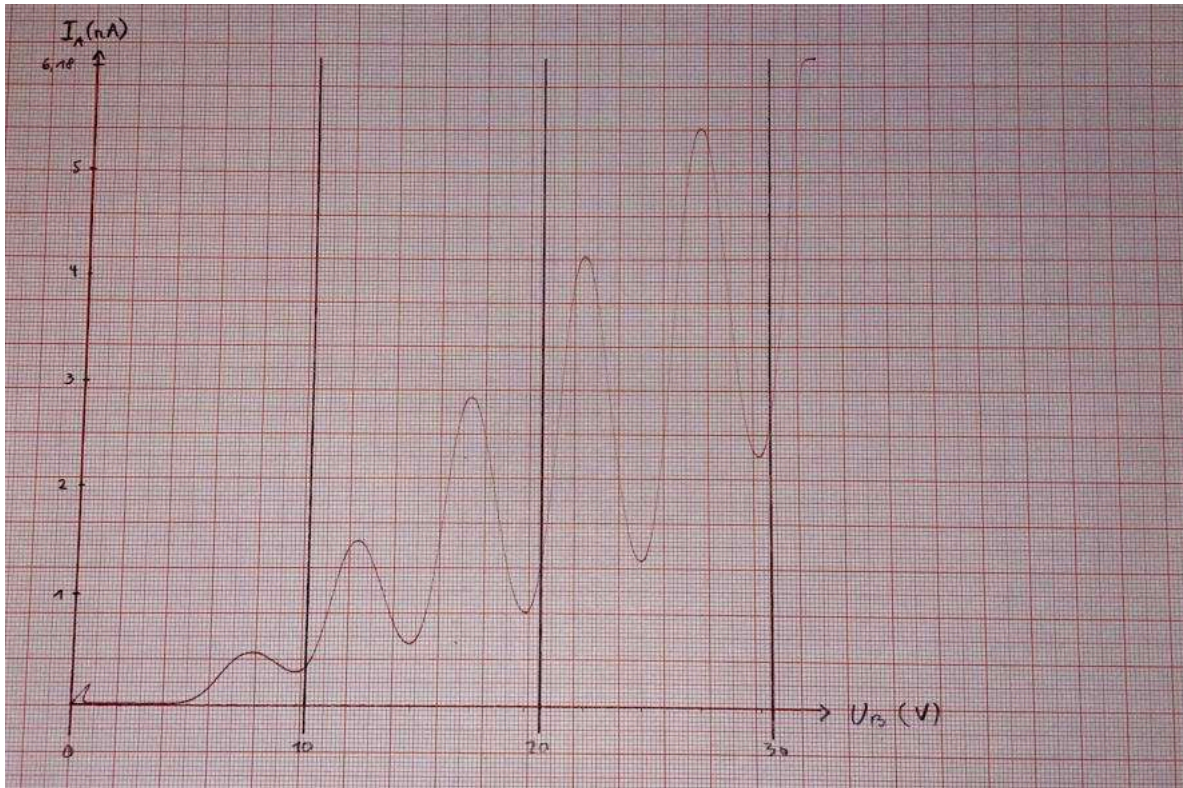


Abb.2: Diagramm der Messdaten des Franck-Hertz Versuchs mit Quecksilber. Die Beschleunigungsspannung U_B in Volt ist auf der x-Achse gegen den Auffängerstrom I_A in Nano-Ampere auf der y-Achse aufgetragen.

3) Aufgezeichnete Ne-Kurve und Parameter U_S , U_G , Temperatur.

U_S	U_G
3,02 V	7,97 V



Abb.3: Diagramm der Messdaten des Franck-Hertz Versuchs mit Neon. Die Beschleunigungsspannung U_B in Volt ist auf der x-Achse gegen den Auffängerstrom I_A in Nano-Ampere auf der y-Achse aufgetragen.

4) Leuchterscheinung bei Ne

Beschreibung der Leuchterscheinung

Abhängig von der Beschleunigungsspannung ist eine oval in Richtung von Gitter G_1 gewölbte Leuchterscheinung sichtbar. Diese erscheint bei hinreichend hoher Beschleunigungsspannung als dünne, orange glühende Zone zwischen G_1 und G_2 und bewegt sich bei größerer Spannung in Richtung G_1 , wobei sich die Wölbung sowie anfänglich die Leuchtkraft intensivieren. Zudem ist wie in Abb. 4 zu beobachten, dass sich bei weiterer Erhöhung von U_B zusätzliche solcher Zonen ausbilden, die aber durch nicht leuchtende Bereiche voneinander separiert sind.



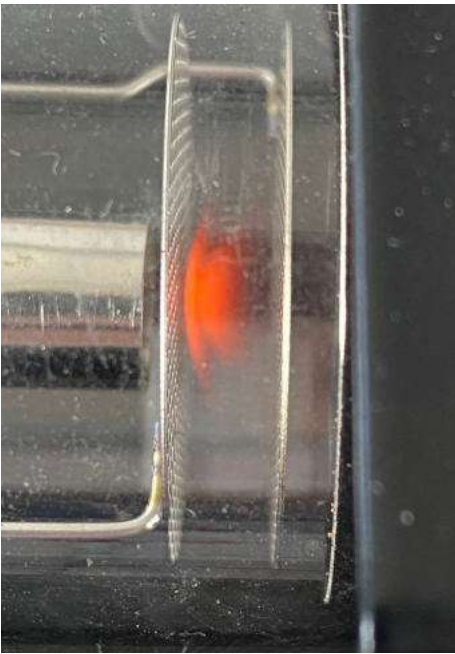


Abb.4: Oval gewölbte Leuchterscheinung in der Neon-Röhre zwischen Gitter 1 und Gitter 2 bei Beschleunigungsspannung $U_B = 34,52 \text{ V}$.

Abschätzung der Unsicherheiten:

Wir schätzen die Messunsicherheit als Ablesefehler von $u_l = 0,5 \text{ mm}$ ab, welcher sich linear nach der Skala $U_B = cl$ auf die Beschleunigungsspannung fortpflanzt und auf $u_{U_{B_{Hg}}} = 0,09 \text{ V}$ bzw. $u_{U_{B_{Ne}}} = 0,17 \text{ V}$ führt.

Zudem ist auch von einem Fehler bei der Kalibrierung des Graphenschreibers auszugehen, welcher jedoch bezüglich der Ermittlung der Anregungsenergie zu vernachlässigen ist, da er lediglich eine Verschiebung des Graphen bewirkt, welche jedoch keinen Einfluss auf die Abstände zwischen den Maxima hat.

Teil II): Bericht

1) Aufbau und Durchführung



Abb.5: Versuchsaufbau des Franck-Hertz Versuchs mit Neon. Von links nach rechts sind ein Oszilloskop, eine Beschleunigungsröhre mit Neon, eine Spannungsquelle sowie ein Graphenschreiber zu sehen.

Versuchsdurchführung

Zunächst werden Saug- und Gegenspannung entsprechend des Versuchs für Neon und Quecksilber eingestellt. Dann wird langsam und kontinuierlich die Beschleunigungsspannung von 0V auf 30V für Quecksilber bzw. auf 80V für Neon erhöht, wobei mit dem Amperemeter und Graphenschreiber der Strom an der Auffanganode gemessen wird.

2) Auswertung und Fehlerrechnung Hg

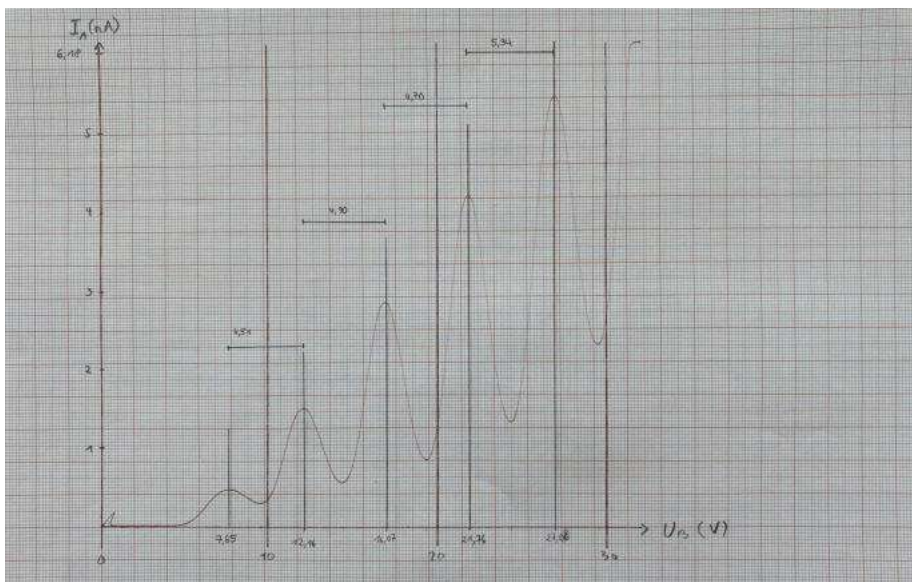


Abb.6: Kurve des Franck-Hertz Versuchs mit Quecksilber. Markiert sind Maxima und die Spannungsdifferenz zwischen diesen.

Tabelle mit Messwerten

Ordnung	U_{Bmin}	ΔU_{Bmin}	U_{Bmax}	ΔU_{Bmax}
1.	9,61 V	-----	7,65 V	-----
2.	14,51 V	4,90 V	12,16 V	4,51 V
3.	19,41 V	4,90 V	17,06 V	4,90 V
4.	24,32 V	4,91 V	21,76 V	4,70 V
5.	29,40 V	5,08 V	27,10 V	5,34 V



Wir berechnen den Mittelwert der ΔU_{Bmin} und ΔU_{Bmax} , wobei wir von deren qualitativer Gleichwertigkeit für die Anregungsenergie ausgehen.

Wir erhalten also $\overline{\Delta U_B} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 \Delta U_{B_i} = 4,91 \text{ V}$. Als Vertrauensbereich finden wir zudem $\bar{s} =$

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 (\Delta U_{B_i} - \overline{\Delta U})^2}{n(n-1)}} = 0,09 \text{ V}, \text{ woraus sich}$$

insgesamt $\Delta U_B = 4,91 \text{ V} \pm 0,09 \text{ V}$ ergibt.

Endergebnis mit Unsicherheit:

$E_1(\text{Hg})$
$4,91 \text{ eV} \pm 0,09 \text{ eV}$

3) Auswertung und Fehlerrechnung Ne

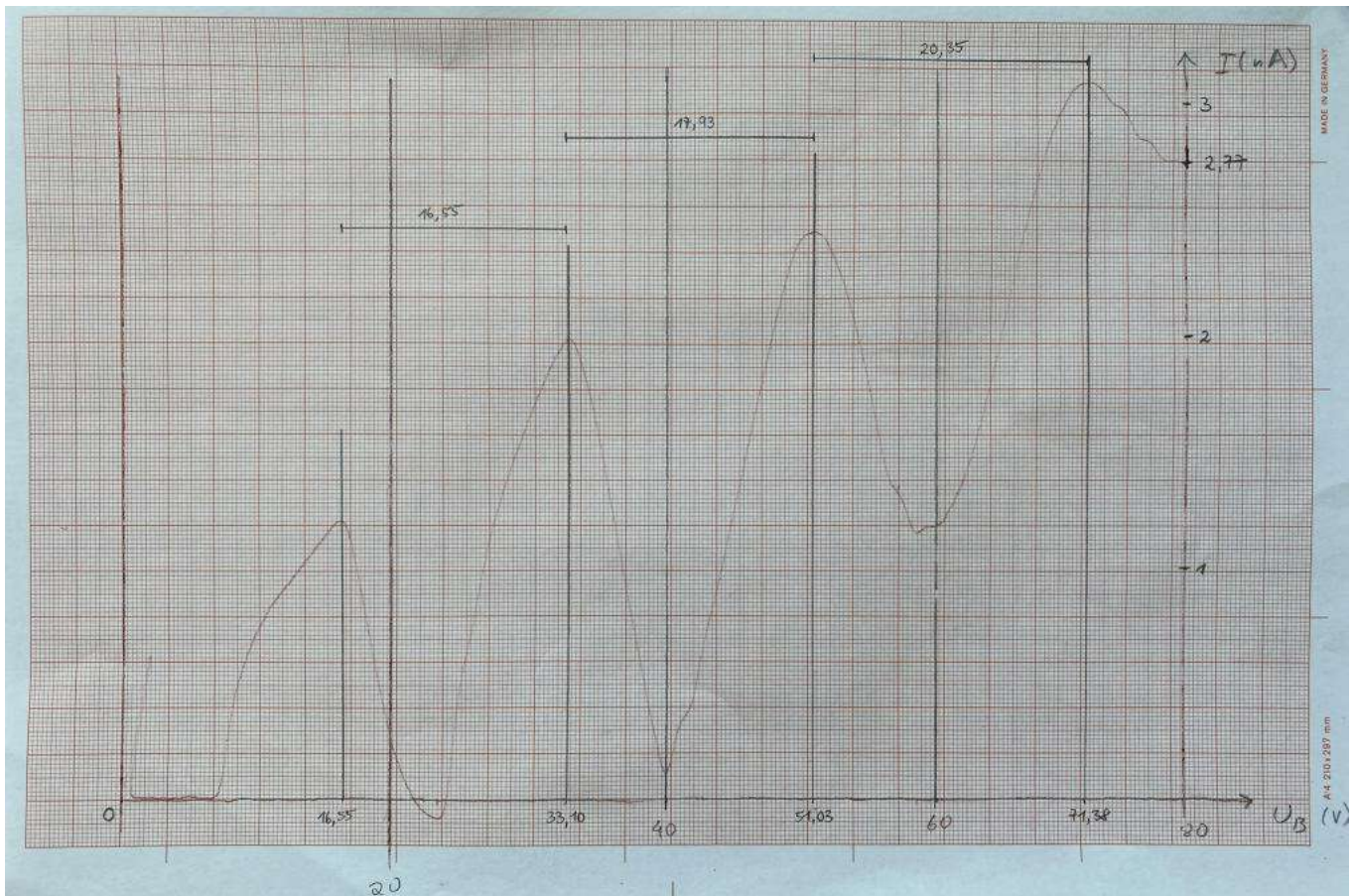


Abb.7: Kurve des Franck-Hertz Versuchs mit Neon. Markiert sind Maxima und die Spannungsdifferenz zwischen diesen.

Tabelle mit Messwerten

Ordnung	$U_{B\min}$	$\Delta U_{B\min}$	$U_{B\max}$	$\Delta U_{B\max}$
1.	23,45 V	-----	16,55 V	-----
2.	40,00 V	16,55 V	33,10 V	16,55 V
3.	58,97 V	18,97 V	51,03 V	17,93 V
4.	-----	-----	71,38 V	20,35 V

Wir berechnen den Mittelwert der $\Delta U_{B\min}$ und $\Delta U_{B\max}$, wobei wir von deren qualitativer Gleichwertigkeit für die Anregungsenergie ausgehen.

Wir erhalten also $\Delta U_{B,durchs.} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \Delta U_{B_i} = 18,07 \text{ V}$.

Da unser Satz an Messdaten einen Umfang von $n < 6$ hat, erhalten wir den Messfehler durch Größtfehlerabschätzung (wie in 1.4) erörtert) $u_{U_B} = 0,17 \text{ V}$.

Entsprechend ergibt sich insgesamt $\Delta U_B = 18,07 \text{ V} \pm 0,17 \text{ V}$

Endergebnis mit Unsicherheit:

$E_1(\text{Ne})$
$18,07 \text{ eV} \pm 0,17 \text{ eV}$

4) Leuchterscheinung Ne



Abb.8: Leuchterscheinung in der Neon-Röhre beim Franck-Hertz Versuch

Erklärung der beobachteten U_B -abhängigen Leuchterscheinung:

Die von der Glühkathode gemäß des glühelektrischen Effekts freigesetzten Elektronen werden im elektrischen Feld der Saug- und Beschleunigungsspannung in Richtung G2 beschleunigt, wobei deren kinetische Energie kontinuierlich zunimmt. Im Bereich zwischen G1 und G2, wo sich die Neon-Atome befinden, wechselwirken die Elektronen mit den Ne-Atomen auf zwei verschiedene Weisen. Bei niedrigen Beschleunigungsspannungen kommt es zu elastischen Stößen zwischen den Teilchen, wobei die Elektronen aufgrund ihrer kleinen Dimension relativ zu den Ne-Atomen näherungsweise keine Energie verlieren. Ist die Beschleunigungsspannung jedoch ab einem bestimmten Punkt groß genug, so erreicht die kinetische Energie der Elektronen die Anregungsenergie der Ne-Atome, sodass sie unelastisch zusammenstoßen. Dabei geben die Elektronen genau den diskreten Betrag der Anregungsenergie der Ne-Atome ab, wobei selbige in ein höheres Energieniveau übergehen. Während die Ne-Atome nach kurzer Zeit spontan wieder in einen niedrigeren Energiezustand zurückfallen, emittieren sie Photonen, deren Frequenz nach $E = h\nu$ proportional zur Energiedifferenz zwischen den Niveaus ist. Wie in Abb. 9 erkennbar, sind die Energieniveaus in den Ne-Atomen so verteilt, dass diese zu mehreren Quantensprüngen fähig sind, bei denen Photonen emittiert werden, deren Wellenlänge im orangen bis roten Spektrum einzuordnen sind, was das beobachtete orange Glühen erklärt. Bei weiterer Erhöhung der Beschleunigungsspannung nimmt die kinetische Energie der Elektronen hinreichend zu, um nach dem ersten unelastischen Zusammenstoß mit Ne-Atomen erneut unelastisch mit selbigen zu kollidieren und diese anzuregen. Entsprechend bilden sich mit wachendem U_B zusätzliche orange leuchtende Schichten aus, welche durch nicht leuchtende Bereiche voneinander getrennt sind, da aus statistischen Gründen nahezu alle Elektronen ihre kinetische Energie an die Ne-Atome abgeben, sobald sie die auf die nötige Geschwindigkeit beschleunigt wurden, was in einem sehr schmalen Raumbereich stattfindet. Darüber hinaus ist

die Verschiebung dieser Leuchtzonen dadurch zu erklären, dass die Elektronen bei höheren Beschleunigungsspannungen die Anregungsenergie der Ne-Atome früher erreichen, weshalb die Bereiche des orangen Glühens näher an G1 heranrücken. Zuletzt lassen sich zunehmende Wölbung und Intensität der Leuchtzonen mit der zylindrischen Form der Glühkathode in Verbindung bringen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese keine ideal uniforme Geschwindigkeitsverteilung der Elektronen erzeugt, sondern eine, bei der sich die Ausgangsgeschwindigkeiten der Elektronen abhängig von ihrer vertikalen Position geringfügig in ihrer Anfangsgeschwindigkeit unterscheiden. Demzufolge erreichen die Elektronen, die die Kathode mittig in der Anordnung verlassen die Anregungsenergie der Ne-Atome etwas früher, als die die Kathode mit vertikalen Geschwindigkeitsanteilen verlassen, was die Wölbung der Leuchterscheinung erklärt. Die zunächst leichte Intensitätszunahme des Glühens bei höheren Beschleunigungsspannungen begründet sich analog in unterschiedlichen Anfangsgeschwindigkeiten der Elektronen. Anfänglich erreichen nicht alle Elektronen die Anregungsenergie, was in einem schwächeren Glühen resultiert.

5) Diskussion der Ergebnisse

Der Literaturwert der Anregungsenergie von Quecksilber beim Franck-Hertz Versuch liegt bei $E_{1,lit.}(Hg) = 4,9$ eV (siehe Quelle). Der von uns ermittelte Wert $E_1(Hg) = 4,91 \text{ eV} \pm 0,09 \text{ eV}$ entspricht also im Rahmen der Messunsicherheit dem Literaturwert.

Der Literaturwert der Anregungsenergie von Neon beim Franck-Hertz Versuch liegt bei $E_{1,lit.}(Ne) = 18,3$ eV bis $E_{1,lit.}(Ne) = 18,9$ eV (siehe Quelle). Der von uns ermittelte Wert $E_1(Ne) = 18,07 \text{ eV} \pm 0,17 \text{ eV}$ entspricht also im Rahmen der Messunsicherheit dem Literaturwert nicht exakt. Die Abweichung erweist sich jedoch als nicht signifikant, da sie nicht außerhalb des $3 - \sigma$ Bereiches liegt. Entsprechend hätte möglicherweise der geschätzte Fehler beim Ablesen etwas größer angesetzt werden müssen. Zusätzlich hätten weitere Fehlerquellen wie Ungenauigkeiten des Volt- bzw. Amperemeters berücksichtigt werden können, wobei diese verglichen mit dem Ablesefehler ebenfalls als relativ klein und somit unsignifikant einzuschätzen sind.

Im Gegensatz zur Kurve beim Franck-Hertz Versuch mit Quecksilber, welche sehr glatt erscheint, sind in der Kurve von Neon mehrere Unregelmäßigkeiten bei 40V, 59V sowie 74V zu beobachten, die Erklärung bedürfen. Diese Feinstruktur ist auf die Verteilung der Energieniveaus im Neon-Atom zurückzuführen. Wie in Abb. 9 erkennbar besitzen die Neon-Atome Energieniveaus im Bereich zwischen 18,3V-18,9V (3p) sowie 16,6-16,8V (3s), woraus folgt, dass diese mit Elektronen unterschiedlicher kinetischer Energie unelastisch Zusammenstoßen können. Die Anregung der Neon-Atome auf Energieniveaus die dem Bereich 3p zuzuordnen sind, ist im Allgemeinen am wahrscheinlichsten, was mit unserem Versuchsergebnis weitgehend übereinstimmt. Weniger wahrscheinlich aber dennoch möglich sind Anregungen auf niedrigere Energieniveaus des Bereichs 3s, welche unter Berücksichtigung der Feinstruktur offensichtlich nicht gänzlich zu vernachlässigen sind. Bei Mehrfachanregungen kommen also mehrere Kombinationen von Energieniveaus aus den 3p und 3s Bereichen in Frage, bei denen es zu unelastischen Zusammenstößen zwischen Elektronen und Neon-Atomen kommen kann. Daraus folgt, dass auch außerhalb der Hauptminima, die den wahrscheinlichsten Anregungszonen entsprechen, kleinere Abnahmen des Auffängerstroms auftreten, die mit den unwahrscheinlicheren Stoßkombinationen korrespondieren, was die geringfügigen Schwankungen im Auffängerstrom in der Feinstruktur begründet.



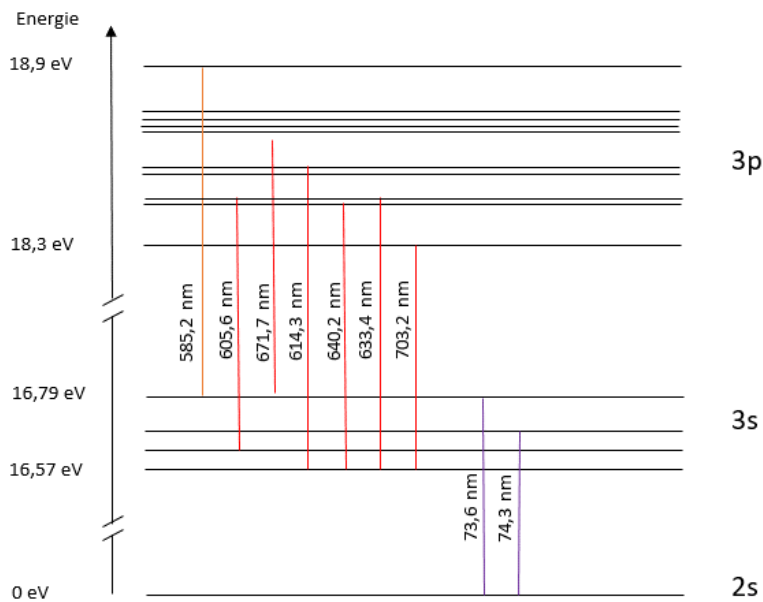


Abb.9: Energiediagramm des Neon-Atoms mit entsprechenden Energieniveaus und einigen den Quantensprüngen zugeordneten Wellenlängen

7) Quellen

Energiediagramm Neon:

<https://av.ph.nat.tum.de/Experiment/3000/Beschreibungen/ver3411.php>

Literaturwert Anregungsenergie Quecksilber:

<https://www.ulfkonrad.de/physik/12-13/3-semester/franck-hertz-versuch>

Literaturwert Anregungsenergie Neon:

<https://www.ph.tum.de/academics/org/labs/ap/ap3/FHV.pdf>

8) Anmerkungen

Attached files

20230424155003-timestamped.zip (Timestamp archive by Name Provided)
sha256: c2e1d710d3aeefb7372c3202914e875ff5fcda06fbc8d9274f29f37a4cc54c1b

20230424155030-timestamped.zip (Timestamp archive by Name Provided)
sha256: 6249bb7b4fcc9448270e12a5362446b23607fc760f3c79a934dd35be3555b3e0

20230424155622-timestamped.zip (Timestamp archive by Grigory Kornilov)
sha256: 96d9605ea9e5ee9c848d8094ea996839fcb6e0d26e01baaa666fccccb83580d4e

unknown.png

sha256: 9e868d8db6a00326ec86ca489958547cedbc1dcbaf73a021f492aeb3899d8164



Bildschirmfoto-2023-04-26-um-15.47.43.png

sha256: 9e868d8db6a00326ec86ca489958547cedbc1dcbaf73a021f492aeb3899d8164



unknown.png

sha256: 3b8268fd859e1e390f3b2333b3ea4dc78840640fd0a0e65fc9b7a8ce626af8e5



unknown.png

sha256: c4f5ceb4b3e9a37dd5b373cd9f1d12d3ec3ba6b09756335fe54e05bf2726e64e



unknown.png

sha256: 2ee871eab3156afb77b345bf1523a2fa67aa2f2e0c22840aabb51bf490c4bfa1



unknown.png

sha256: e600734b6438a5b84d80cc873c7cc28193d81a95a4b5a63632ba18e2c85bb6



unknown.png

sha256: 086651f4ffb6211b3436257148029ffac47690c18fe4e4563b4f85d67e8d4725



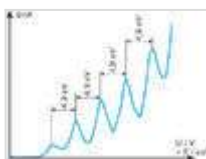
unknown.png

sha256: 1a6821c2adfcba3bac91f15fb204e941fd11dcc421b02553670528246eaaecc6



unknown.png

sha256: f98c351abb1dab8ae19373be00f8cc38f88310c0d677f561c278b5ddae4643e9



unknown.png

sha256: d24827a2b70e9d453c22aa34b3aac6132621523bc16585eb59a6fb1997422ff6



IMG_0427.jpeg

sha256: 5dadab1094c8a2f62ab91596d561062f6c0b4a9a55ad0c7793359cb7e95535d5f



unknown.png

sha256: 6d5b0d78be30e269c43f755218fa22a752edc138bb9eb863e5227b83c7be471b



unknown.png

sha256: 3ab9d8c88846941dd81364a07c7c715780026fccebd936af97765453737f36b8



unknown.png

sha256: 8493f2a4e6a3d1ad36c746b18da3cbf5fe1122913c5c2a3816313cf94a857d6c



unknown.png

sha256: a0f4878c1d75bdcb77c8e4fbde2adb64efe2ca89c1c128d529e0797b8ffc0bc5



Unique eLabID: 20230424-d7df0748d6e5d18fad43e3b365a252118a383a60
Link: <https://elabftw.physik.hu-berlin.de/experiments.php?mode=view&id=593>