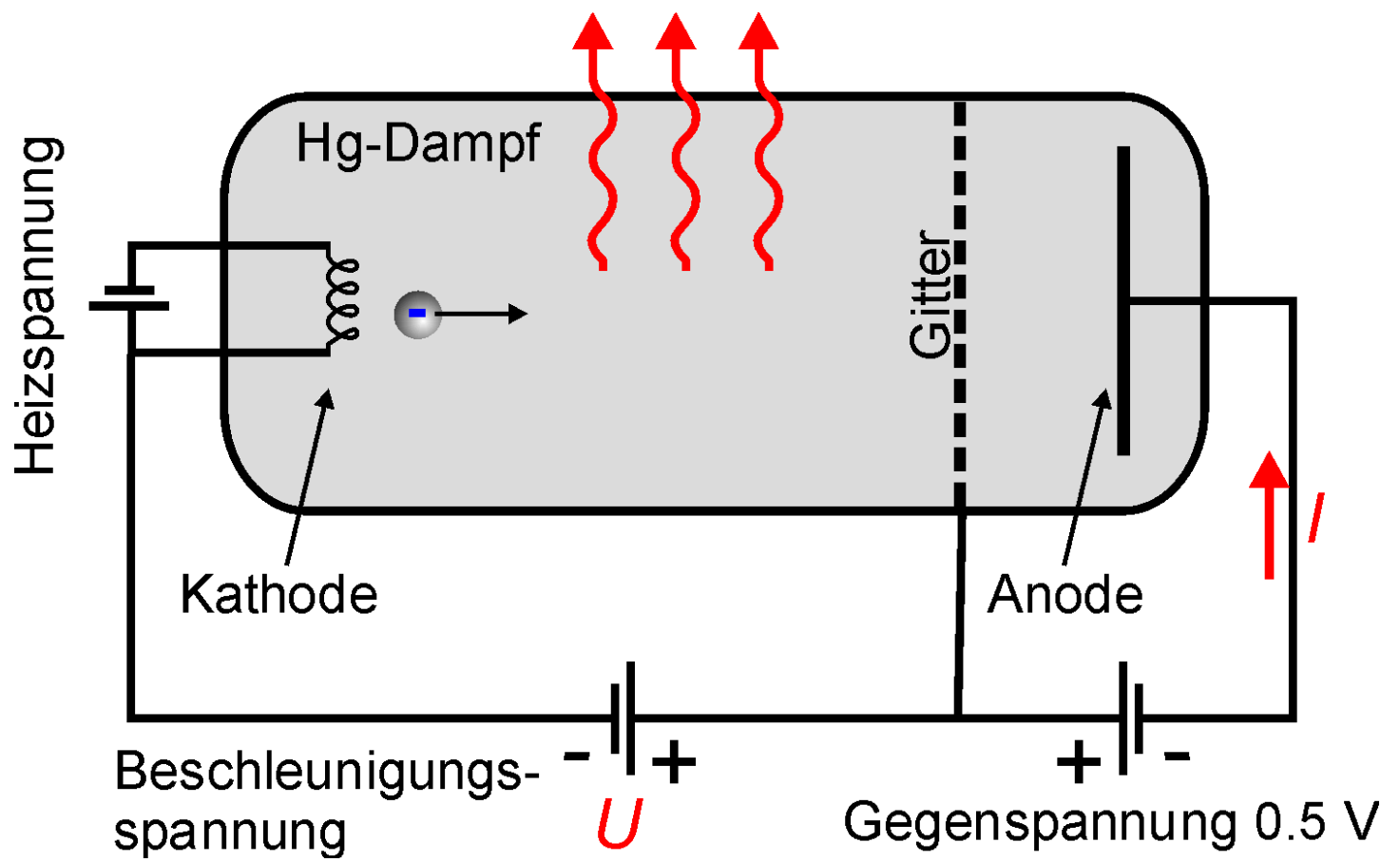
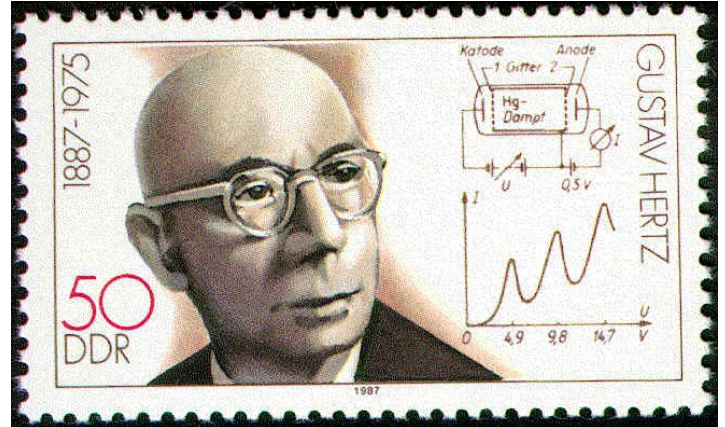
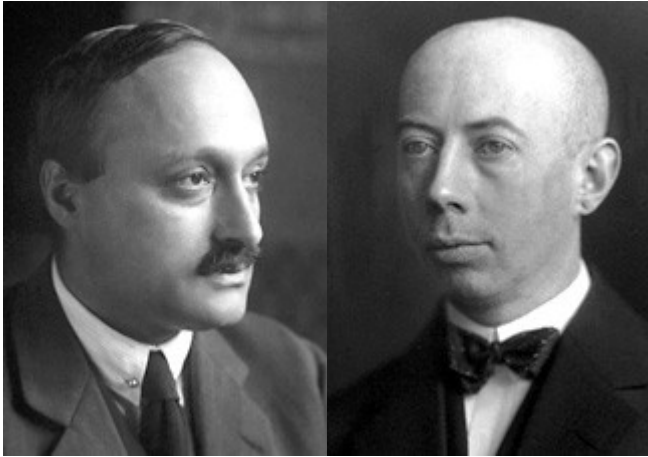


Der Franck-Hertz-Versuch – 27.06.2013 – LK Physik Sporenberg



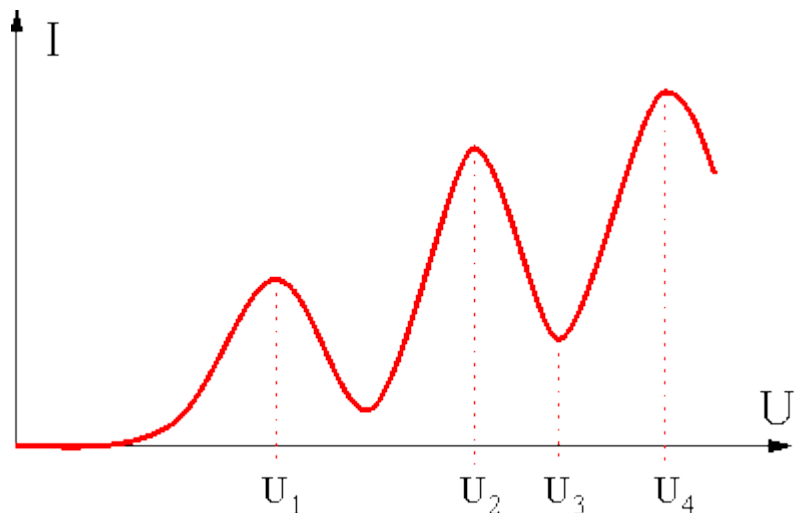


Franck

Hertz

Aufgaben zum Franck-Hertz-Versuch

1. Aufgabe: In einer Franck-Hertz-Röhre werden Elektronenstoßversuche an Quecksilberatomen (Hg-Atomen) durchgeführt. Dabei ergibt sich das abgebildete U-I-Diagramm.
 a) Zeichnen Sie den Aufbau einer Franck-Hertz-Röhre und die dazu gehörige Beschaltung, so dass das nebenstehende Diagramm aufgenommen werden kann. Kennzeichnen Sie insbesondere, wo die Größen U und I gemessen werden.



Für $U \geq U_1$ strahlt die Röhre an bestimmten Stellen UV-Licht ab.

- b) Tragen Sie für $U = U_3$ die ungefähre Lage der „Leuchtzonen“ in die Skizze von Teilaufgabe 2a ein.
- c) Erläutern Sie, wie die relativen Stromminima im U-I-Diagramm zustande kommen. Warum nehmen diese relativen Minima nicht den Wert Null an?
- d) Wie ändert sich die Stromstärke bei der Spannung U_3 qualitativ, wenn die Spannung zwischen Gitter und Auffängerelektrode verkleinert wird? Begründen Sie Ihre Antwort.
- e) Berechnen Sie die Teilchendichte N/V der Hg-Atome, wenn sich in der Röhre bei einer Temperatur von 180°C ein Druck von 12 hPa einstellt. Betrachten Sie dazu Hg-Dampf vereinfachend als ideales Gas.
- Wird die gleiche Röhre bei Zimmertemperatur betrieben, so ist die Anzahl der als Stoßpartner zur Verfügung stehenden Hg-Atome vernachlässigbar klein. Skizzieren Sie für diesen Fall qualitativ das U-I-Diagramm und begründen Sie dessen Verlauf.
- f) Die in diesem Versuch nachgewiesene Anregungsenergie von Hg-Atomen beträgt 4,9 eV. Bei welcher Temperatur entspricht die mittlere kinetische Energie der Hg-Atome dieser Anregungsenergie?
- Beurteilen Sie die Möglichkeit thermischer Stoßanregung der Hg-Atome untereinander bei einer Temperatur von 180°C .

2. Aufgabe: Atome können durch Absorption von Photonen oder durch Elektronenstöße angeregt werden.

- a) Beschreiben Sie einen Versuch, mit dem sich die Anregung von Atomen durch Photonen demonstrieren lässt. Fertigen Sie dazu eine beschriftete Skizze an und beschreiben Sie die Durchführung und die Beobachtung.

Im Folgenden soll die Anregung von Neon-Atomen durch Elektronenstöße betrachtet werden. Hierbei wird bevorzugt die Energie 18,9 eV aus dem Grundzustand heraus absorbiert.

b) Zeigen Sie, dass die Strahlung beim Übergang des so angeregten Neonatoms in den Grundzustand nicht im sichtbaren Bereich liegt.

c) Tatsächlich fällt das angeregte Neonatom zunächst in einen Zwischenzustand, wobei orangefarbiges Licht der Wellenlänge 585 nm emittiert wird. Berechnen Sie die Energie dieses Zwischenzustands bezüglich des Grundzustands.

d) Nun durchlaufen zunächst ruhende Elektronen in einer mit Neongas gefüllten Röhre zwischen zwei Elektroden die Spannung $U = 40$ V. Man kann zwei schmale orangefarbig leuchtende Bereiche beobachten. Erklären Sie das Zustandekommen dieser Bereiche und geben Sie ihre ungefähre Lage zwischen den Elektroden an. Welchen Einfluss hat eine Erhöhung der Beschleunigungsspannung? Begründen Sie Ihre Antwort.

3.Aufgabe: Im Jahr 1925 wurden die deutschen Physiker James Franck und Gustav Hertz für ihre experimentellen Forschungen auf dem Gebiet der Atomphysik mit dem Nobelpreis ausgezeichnet.

a) Skizzieren Sie den Versuchsaufbau (inkl. Messgeräte) zum Elektronenstoß-Versuch im Franck-Hertz-Rohr, beschriften Sie die wesentlichen Teile und beschreiben Sie knapp die Versuchsdurchführung.

b) Fertigen Sie eine Skizze des charakteristischen U-I-Diagramms an. Zeichnen Sie darin auch den ungefähren Verlauf der Kennlinie ein, die man erwarten würde, wenn zwischen Elektronen und Quecksilberatomen nur elastische Stöße auftreten könnten.

Begründen Sie den unterschiedlichen Kurvenverlauf.

c) Bei Zimmertemperatur ist in der Röhre Quecksilber in flüssigem Zustand zu sehen. Erklären Sie kurz, warum zur Aufnahme der Messkurve die Röhre beheizt werden muss.

d) Nach Anregung der Quecksilberatome auf ein Niveau von 4,9 eV über dem Grundzustand geht die Mehrzahl direkt wieder in den Grundzustand über. Berechnen Sie die Wellenlänge der damit verbundenen Strahlung. Wie heißt der dazugehörige Wellenlängenbereich?

4.Aufgabe: Der dänische Physiker Niels Bohr, ein Schüler Rutherfords, entwickelte ein Modell, in dem Atome nur ganz bestimmte Energiebeträge aufnehmen und dadurch zur Aussendung elektromagnetischer Strahlung mit charakteristischen Wellenlängen angeregt werden können. Dies wurde im Jahr 1913 von J. Franck und G. Hertz experimentell bestätigt.

a) Fertigen Sie eine beschriftete Skizze vom Aufbau des Franck-Hertz-Versuchs an und erläutern Sie kurz die Vorgehensweise bei diesem Experiment.

Inzwischen gibt es auch Franck-Hertz-Röhren, die mit dem Edelgas Neon gefüllt sind. Für eine solche Röhre liefert die Aufzeichnung einer Messung das nebenstehende Schirmbild. Der Abstand zwei aufeinander folgender Maxima auf der Rechtswertachse im Diagramm entspricht einer Energiedifferenz von 18,3 eV.

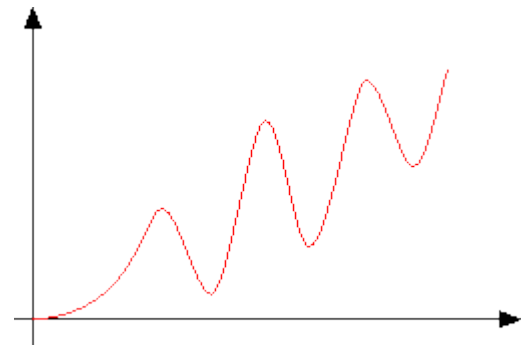
b) Welche Messgrößen werden auf den beiden Achsen angetragen? Erklären Sie das Zustandekommen des Kurvenverlaufs.

c) Man erwartet, dass die angeregten Gasatome beim Übergang in den Grundzustand elektromagnetische Strahlung aussenden. Geben Sie die Energie eines solchen Photons an und berechnen Sie die Wellenlänge dieser Strahlung. Geben Sie den zugehörigen Bereich des elektromagnetischen Spektrums an.

Neben Strahlung der berechneten Wellenlänge sendet das angeregte Gas beim Übergang in den Grundzustand rotes Licht der Wellenlänge 729 nm und zusätzlich Strahlung einer weiteren Wellenlänge aus.

d) Beschreiben Sie allgemein ein Verfahren, um die Wellenlänge von sichtbarem Licht zu bestimmen.

e) Skizzieren Sie ein vereinfachtes Termschema des verwendeten Gases mit den notwendigen Energieniveaus. Erklären Sie damit die Entstehung des roten Lichts und zusätzlich auftretender Strahlung. Berechnen Sie die Energie E_{ph} eines Photons dieser Strahlung.



f) Neben der Ermittlung des Planck'schen Wirkungsquantums h über den Photoeffekt oder aus dem Franck-Hertz-Versuch lässt sich diese Naturkonstante auch aus dem Spektrum einer Röntgenröhre bestimmen. Erläutern Sie dies.

5.Aufgabe: Bewegung von Elektronen im elektrischen Längsfeld

Bewegt sich ein Ladungsträger in einem homogenen elektrischen Feld parallel zu den Feldlinien, so erfährt er keine Ablenkung, wohl aber ändert sich der Betrag seiner Geschwindigkeit.

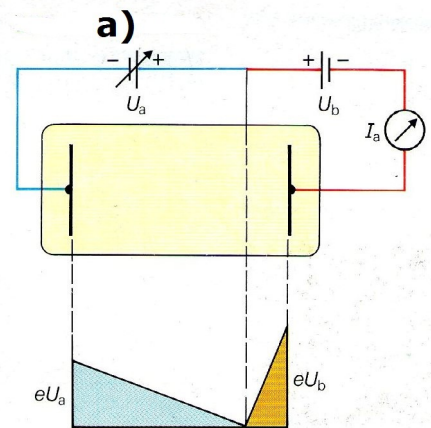
a) Allgemeiner Fall: Geben Sie die Gleichungen an für

- den Betrag der Kraft auf den Ladungsträger q
- den Betrag der Beschleunigung des Ladungsträgers
- die Arbeit am Ladungsträger längs eines Feldlinienstücks mit dem Spannungsabfall U .

b) Ein Elektron verlässt die Glühkathode einer Vakuumdiode mit der Geschwindigkeit Null. Die Anodenspannung beträgt U_a . Wie lautet die Gleichung für die Endgeschwindigkeit des Elektrons an der Anode?

c) Das Elektron tritt mit der Geschwindigkeit v_0 parallel zu den Feldlinien in das homogene elektrische Feld. Wie lautet die Gleichung für die Geschwindigkeit

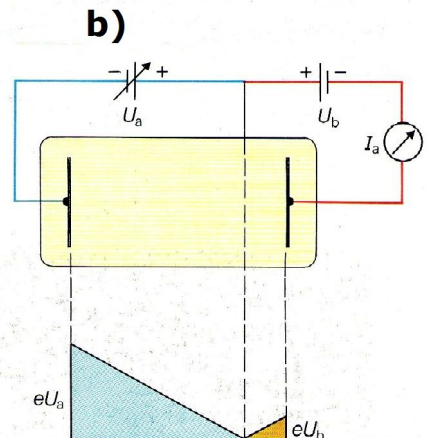
- wenn das Elektron beschleunigt wird
- wenn das Elektron verzögert wird (Gegenfeld)?



Unter welchen Bedingungen wird das Elektron gestoppt und kehrt um?

d) Das Glühelctron in den beiden Abbildungen durchläuft bis zum Gitter ein beschleunigendes Feld U_a und vom Gitter bis zur Anode ein Gegenfeld U_b . Unterscheiden Sie die beiden Möglichkeiten a) und b) im Vakuum.

e) Im Fall von b) sei die Gegenspannung stets höher als die beschleunigende Spannung. Befindet sich Gas in der Röhre, so kommt es trotzdem bei Erhöhung der Beschleunigungsspannung $U_a < U_b$ zu einem plötzlichen Einsetzen des Anodenstroms I_a , der stark ansteigt. Um welche Art von Ladungsträgern muss es sich handeln und wie sind sie entstanden?



6.Aufgabe: Das Zusammentreffen eines langsamen Elektrons mit einem ruhenden Gasatom kann man als elastischen Stoß ansehen. Berechnen Sie dabei die Geschwindigkeit des Elektrons und des jeweiligen Stoßpartners nach dem Stoß.

Stoßpartner sei einmal ein He-Atom (relative Atommasse $A_r = 4$) bzw. Hg-Atom (relative Atommasse $A_r \approx 200$). Berechnen Sie weiterhin die vom Elektron an das He-Atom bzw. Hg-Atom übertragene Energie. Wie lautet das Resultat für den unelastischen Stoß?