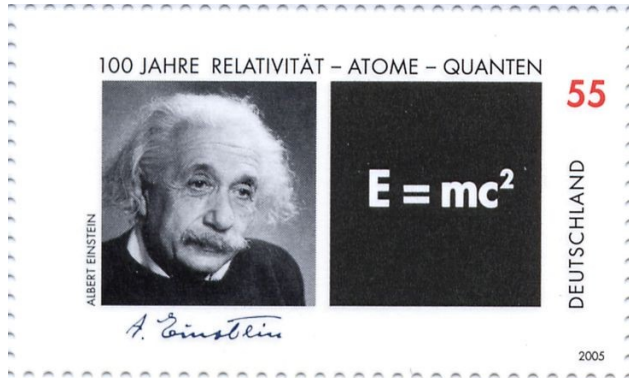


Aufgaben zum Fotoeffekt – LK Physik Sporenberg – ausgegeben am 27.05.2013

1.Aufgabe: Eine Fozelle wird mit monochromatischem Licht bestrahlt. Dadurch werden Elektronen emittiert.

a) Es wird Licht gleicher Frequenz, aber höherer Intensität verwendet. Was wird dadurch bewirkt?



b) Es wird Licht höherer Frequenz, aber gleicher Intensität verwendet. Welche Effekte sind damit verbunden?

2.Aufgabe: Für Natrium beträgt die Austrittsarbeit $W_A = 2,3 \text{ eV}$

a) Berechnen Sie die Grenzfrequenz ab der keine Elektronen mehr ausgelöst werden.

b) Licht mit 440 nm trifft auf die Natriumfotозelle. Wie schnell sind die schnellsten Fotoelektronen und gegen welche Spannung können sie gerade noch anlaufen?

a) $f_{gr} = 5,6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ b) $v = 4,3 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ und $U_G = 0,52 \text{ V}$

3.Aufgabe: Bestrahlt man eine Vakuum-Fotозelle mit Licht verschiedener Wellenlängen, so werden die in der Tabelle angegebenen Gegenspannungen gemessen, bei denen jeweils gerade kein Fotostrom mehr fließt.

λ in nm	400	450	500	550	600
U_G in V	1,25	0,90	0,62	0,40	0,17

a) Stellen Sie die Messwerte graphisch dar, interpretieren Sie das Diagramm.

b) Ermitteln Sie das Plancksche Wirkungsquantum, die Grenzfrequenz und die für das Kathodenmaterial charakteristische Austrittsarbeit. Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Fotoelektronen.

4.Aufgabe: Mithilfe der Gegenfeldmethode kann man experimentell untersuchen, wie die kinetische Energie der Elektronen von der Frequenz des verwendeten Lichtes abhängt.

a) Erklären Sie, wie die angelegte Gegenspannung und die maximale kinetische Energie der herausgelösten Elektronen zusammenhängen. Kennzeichnen Sie diesen Sachverhalt auch durch eine physikalische Größengleichung.

b) Entwerfen Sie ein Schaltbild für die Gegenfeldmethode unter Verwendung einer Batterie als Gegenspannungsquelle.

c) Beschreiben Sie die Durchführung des Experiments! Gehen Sie dabei auf die einzelnen Bauteile des Schaltbildes ein und auf die Möglichkeiten Licht verschiedener, wohlüberlegter Frequenzen zu nutzen.

5.Aufgabe: Eine Fozelle der Fläche $A = 1 \text{ cm}^2$ und der Ablösearbeit $W_A = 1,9 \text{ eV}$ wird mit Licht der Wellenlänge $\lambda = 436 \text{ nm}$ und der Bestrahlungsstärke $P = 2,0 \text{ W/m}^2$ beleuchtet.

a) Berechnen Sie die Austrittsgeschwindigkeit der Elektronen.

b) Berechnen Sie die Gegenspannung U_G .

c) Berechnen Sie die Zahl der pro Sekunde auftreffenden Elektronen.

b) Berechnen Sie die maximale Fotostromstärke.

6. Aufgabe: Eine Fotozelle wird nacheinander mit Licht unterschiedlicher Wellenlänge bestrahlt. Man misst zu jeder Wellenlänge die Gegenspannung U_G , für die die Fotostrom Null wird.

λ in nm	366	405	546	578
U_G in V	1,46	1,13	0,336	0,211

a) Zeichnen Sie die Werte der maximalen kinetischen Energie W_{kin} der Photoelektronen in Abhängigkeit von der Frequenz f in ein f - W_{kin} -Diagramm ein. Maßstab: 10^{14} Hz = 1cm, 1 eV = 2cm.

b) Berechnen Sie aus den Messwerten das Plancksche Wirkungsquantum h .

c) Berechnen Sie die Austrittsarbeit und die Grenzfrequenz der verwendeten Fotozelle unter Verwendung des berechneten Wertes von h . Die Austrittsarbeit ist in eV anzugeben.

7. Aufgabe: In der folgenden Tabelle sind W_A bzw. f_{Gr} angegeben. Ergänzen Sie jeweils die freien Felder!

Element	f_{Gr} in 10^{14} Hz	W_A in eV
Natrium		2,27
Platin		5,36
Kupfer		4,48
Cäsium	4,7	

8. Aufgabe: Für Zink (Zn) beträgt die Austrittsarbeit $W_A = 4,27$ eV. Welche Frequenz muss Licht mindestens haben, damit aus Zink Elektronen ausgelöst werden?

9. Aufgabe: Auf einer Silberplatte, die sich in einer Fotozelle befindet, fällt Licht der Frequenz $f = 1,5 \cdot 10^{15}$ Hz. Mit welcher Geschwindigkeit verlassen die schnellsten Photoelektronen das Silber, wenn $W_A = 4,70$ eV beträgt?

10. Aufgabe: Aus einem Metall werden bei einer Frequenz von $f = 1,66 \cdot 10^{15}$ Hz Photoelektronen der Maximalenergie 2,4 eV ausgelöst. Wie groß muss die Frequenz mindestens sein, damit noch Elektronen ausgelöst werden können?

11. Aufgabe: Die Kathode einer Fotozelle hat die Grenzwellenlänge 639 nm. Sie wird mit parallelem Licht der Wellenlänge 540 nm bestrahlt. Es entsteht ein Fotostrom.

a) Welche Energie hat ein eintreffendes Photon?

b) Welche Energie hat ein ausgelöstes Elektron?

12. Aufgabe: Um Elektronen aus einer Magnesiumschicht auszulösen, darf das Licht höchstens die Wellenlänge $\lambda = 370$ nm haben. Auf eine Fotozelle mit Magnesiumkathode fällt Licht der Wellenlänge $\lambda = 250$ nm. Welche Gegenspannung ist erforderlich, um den Fotostrom zu unterbinden?

13.Aufgabe: Die Kathode einer Wolfram-Fotozelle wird beleuchtet. Bei Wolfram beträgt die Austrittsarbeit 4,57 eV.

a) Weisen Sie nach, dass mit Licht mit der Wellenlänge 589 nm kein Fotostrom ausgelöst werden kann.

b) Welche maximale Geschwindigkeit haben die Elektronen bei Bestrahlung mit ultraviolettem Licht der Wellenlänge 236 nm?

c) Welche Gegenspannung ist bei Bestrahlung mit der Wellenlänge 236 nm erforderlich, um einen Fotostrom zu verhindern?

14.Aufgabe: Licht der Frequenz $1,3 \cdot 10^{15}$ Hz löst bei einem Metall Elektronen der Maximalenergie 1,8 eV aus.

a) Wie groß ist die Austrittsarbeit für das Metall?

b) Wie groß ist die Frequenz des Lichts, das gerade noch Elektronen auslösen kann?

15.Aufgabe: Licht der Wellenlänge $\lambda = 360$ nm trifft auf Cäsium ($W_A = 1,94$ eV). Berechnen Sie die kinetische Energie und die Geschwindigkeit der schnellsten Photoelektronen.

16.Aufgabe: Die Tabelle zeigt für verschiedene Metalle gemessenen Gegenspannungen, bei denen der Fotostrom gerade Null wird.

	$\lambda = 493$ nm	$\lambda = 405$ nm
Li	0,06 V	0,60 V
Na	0,24 V	0,78 V
K	0,27 V	0,81 V
Rb	0,39 V	0,93 V
Cs	0,58 V	1,12 V

a) Welche Werte ergeben sich für das Plancksche Wirkungsquantum h bei verschiedenen Metallen?

b) Wie groß sind die Werte der Austrittsarbeit?

17.Aufgabe: Berechnen Sie die Grenzwellenlänge beim lichtelektrischen Effekt aus den bekannten Werten für die Austrittsarbeiten bei verschiedenen Elementen:

Element	W_A
Cu	4,48 V
Ag	4,70 V
Zn	4,27 V
Al	4,20 V
Si	3,59 V
Ge	4,62 V

18.Aufgabe: Die Kathode einer Vakuumfotozelle werde mit monochromatischem blaugrünen Licht ($\lambda = 500$ nm) bestrahlt.

a) Berechnen Sie die kinetische Energie der Photoelektronen, wenn die Austrittsarbeit $2,72 \cdot 10^{-19}$ J beträgt.

b) Was sind die Folgen einer Änderung der Lichtintensität? Begründen Sie Ihre Antwort.

c) Für welche Wellenlängen des eingestrahnten Lichtes fließt kein Fotostrom? Begründung!

19.Aufgabe: Eine Lichtquelle sendet Licht aus, bei dem es sich um ein Gemisch aus rotem Licht der Wellenlänge $\lambda = 690$ nm und blauem Licht der Wellenlänge $\lambda = 450$ nm handelt. Die

Intensität des roten Anteils ist doppelt so groß wie die des blauen; d.h., die von der Lichtquelle abgestrahlte Energie verteilt sich im Verhältnis 2:1 auf die beiden Anteile.

a) Wie groß ist die Energie der Lichtquanten?

b) Wie lautet im Photonenmodell die entsprechende Aussage über die Intensität des Lichtes?

c) Mit diesem Gemisch aus rotem und blauem Licht wird auf Photokathoden aus unterschiedlichen Materialien eingestrahlt. Die zugehörigen Austrittsarbeiten sind: $W_{A1} = 1,6 \text{ eV}$, $W_{A2} = 2,5 \text{ eV}$ und $W_{A3} = 3,2 \text{ eV}$. Werden Fotoelektronen ausgelöst? (Begründung!)

d) Die Austrittsarbeit des Kathodenmaterials betrage nun $1,64 \text{ eV}$. Berechnen Sie für diesen Fall die Geschwindigkeit der schnellsten Fotoelektronen, wenn Licht obiger Lichtquelle auf die Kathode fällt.

e) Gegenüber d) werde die Bestrahlung der Photokathode geändert, indem I) der rote, II) der blaue Lichtanteil herausgefiltert wird. Vergleichen Sie in beiden Fällen die maximale kinetische Energie und die Anzahl der Fotoelektronen mit den für d) geltenden Ergebnissen.

20. Aufgabe: Eine empfindliche Fozelle spricht bei einfallenden Lichtleistung von $P = 10^{-18} \text{ W}$ gerade noch an. Wie viele Lichtquanten der grünen Hg-Linie ($f = 5,49 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$) fallen dann pro Sekunde auf die Fotokathode?

21. Aufgabe: In einem Versuch zur Gegenfeldmethode beim Fotoeffekt wird mit einer Cäsium-Fotokathode folgende Tabelle aufgenommen:

λ in nm	366	405	436	492	546	579
U_G in V	1,48	1,15	0,93	0,62	0,36	0,24

a) Skizzieren Sie die Versuchsanordnung und erläutern Sie anhand der Skizze die Versuchsdurchführung.

b) Stellen Sie die kinetische Energie der Fotoelektronen in Abhängigkeit von der Frequenz des eingestrahlteten Lichtes graphisch dar (Einheiten: $10^{14} \text{ Hz} = 1 \text{ cm}$, $1 \text{ eV} = 2 \text{ cm}$). Entnehmen Sie der Zeichnung die Ablösearbeit für Cäsium.

c) Die Ablösearbeit für Natrium beträgt $2,3 \text{ eV}$. Tragen Sie in das Diagramm aus b) das entsprechende Diagramm für Natrium ein. Begründen Sie Ihre Lösung. Entnehmen Sie der Zeichnung den Wert des Planckschen Wirkungsquantums.

d) Schätzen Sie durch Rechnung die Zeit ab, die vom Beginn der Beleuchtung einer Natrium-Fotokathode vergeht, bis nach den Vorstellungen der Wellentheorie der Fotoeffekt einsetzen sollte. (Nehmen Sie z.B. an, die Fotokathode wird von einer 25-W-Glühbirne, die 4% der aufgenommenen elektrischen Energie in Licht umsetzt, aus einer Entfernung von 1 m beleuchtet. Der Durchmesser eines Na-Atoms beträgt $3,7 \cdot 10^{-10} \text{ m}$).

Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem tatsächlichen Effekt und ziehen Sie eine mögliche Konsequenz für die Modellvorstellung vom Fotoeffekt.

22. Aufgabe: Welche Aussagen zum äußeren lichtelektrischen Effekt sind wahr, welche falsch?

a) Je kurzwelliger das Licht, je besser werden Elektronen aus der Kathode gelöst

b) Wird die Intensität des Lichts verstärkt, erhöht sich die Geschwindigkeit der herausgelösten Elektronen.

c) Die Energie des Lichtes ist von der Frequenz abhängig.

d) Das Kathodenmaterial muss immer ein Metall sein.

e) Die Grenzfrequenz hängt vom Licht ab.

f) Das Plancksche Wirkungsquantum hängt vom verwendeten Kathodenmaterial ab.

23. Aufgabe: Eine Fotokathode wird mit Licht der Wellenlänge 500 nm bestrahlt.

a) Bei welcher negativen Anodenspannung geht die Stromstärke auf Null zurück? Die Austrittsarbeit des Kathodenmaterials beträgt $2,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

b) Wie groß ist die Grenzfrequenz für dieses Kathodenmaterial?

24.Aufgabe: Aus einer Silberfläche, die mit monochromatischem Licht der Wellenlänge 150 nm beleuchtet wird (UV-Licht), werden Photoelektronen ausgelöst. Die Wellenlänge, unterhalb der bei Silber der lichtelektrische Effekt einsetzt, ist 260 nm. Wie groß ist die Geschwindigkeit der herausgelösten Elektronen?

25.Aufgabe: Zur Untersuchung des Photoeffekts wird ein Metall im Vakuum mit Licht bestrahlt und die kinetische Energie der aus dem Metall austretenden Elektronen mit Hilfe der Gegenspannungsmethode gemessen.

a) Nennen Sie ein Ergebnis dieser Untersuchungen, das nicht mit dem Wellenmodell des Lichts erklärt werden kann.

b) Erklären Sie das unter a) genannte Ergebnis mit Hilfe des Begriffes Photon! Gehen Sie dabei auf die Energiebilanz beim Photoeffekt ein!

Bei der Bestrahlung eines Metalls mit Licht unterschiedlicher Wellenlängen werden folgende Gegenspannungen U_G gemessen:

λ in nm 578 546 436 405

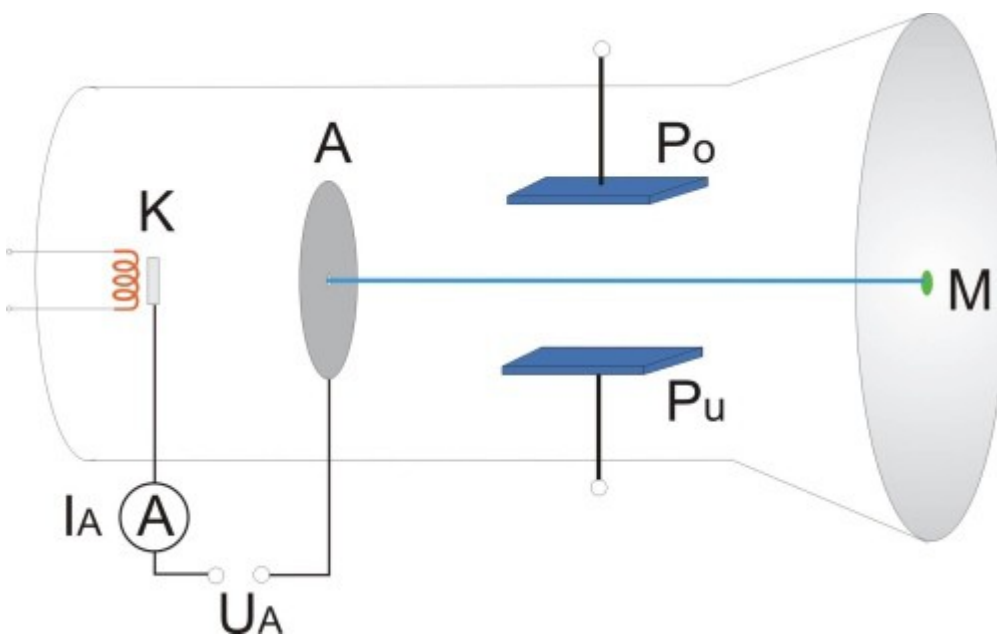
U_G in V 0,14 0,27 0,82 1,05

c) Stellen Sie in einer Wertetabelle die entsprechenden Frequenzen des Lichtes und kinetischen Energien der Photoelektronen gegenüber!

d) Stellen Sie in einem Diagramm die kinetische Energie der Photoelektronen in Abhängigkeit von der Frequenz des Lichtes dar!

e) Ermitteln Sie anhand Ihres Diagramms die Grenzfrequenz und die Austrittsarbeit in der Einheit eV. Um welches Metall könnte es sich handeln?

26.Aufgabe: Die Abbildung zeigt schematisch den Aufbau einer Vakuumröhre. Die Katode K ist ein Metallplättchen, das durch eine unmittelbar dahinter liegende Glühwendel geheizt wird. Die beiden quadratischen Ablenkplatten P_u und P_o mit der Kantenlänge 4,0 cm sind so angeordnet, dass die kleine Öffnung in der Anode A genau in der Verlängerung der Mittelachse des Plattenpaares liegt. Der Plattenabstand beträgt 1,0 cm. Eine ebene Glasplatte mit Leuchtschicht bildet den Abschluss der Röhre.



a) Die Gleichspannung U_A wird zunächst so angelegt, dass der Pluspol an A liegt. Bei $U_A = 200$ V ist ohne Ablenkspannung am Ort M auf der Leuchtschicht ein Lichtpunkt zu erkennen. Bei diesem Wert von U_A kann die Anfangsgeschwindigkeit der Elektronen beim Verlassen von K vernachlässigt werden.

* Zeigen Sie, dass die Elektronen die Stelle M mit der Geschwindigkeit $8,4 \cdot 10^6$ m/s erreichen.

Nun wird eine konstante Gleichspannung U_y so an die Ablenkplatten angelegt, dass der Pluspol an der Platte P_0 liegt.

*Skizzieren Sie die Bahn der Elektronen von der Anode bis zum Leuchtschirm. Beschreiben Sie für die einzelnen Abschnitte die Art der Bewegung.

Die vorderen Plattenränder haben den Abstand 14 cm von der Leuchtschicht.

* Wie weit ist der Leuchtpunkt von M entfernt, wenn U_y auf 20 V eingestellt ist?

Die Elektronen sollen trotz angelegter Ablenkspannung $U_y = 20$ V und positiver Platte P_0 im Zwischenraum nicht abgelenkt werden. Der Bereich zwischen den Platten wird dazu von einem Magnetfeld durchsetzt.

* Bestimmen Sie den Betrag und die Richtung der magnetischen Feldstärke B .

b) In einem neuen Versuch mit der Vakuumröhre wird die Spannung U_A nach Betrag und Polung verändert. Ein negativer Wert von U_A bedeutet, dass der Minuspol an A liegt. Die Katode wird weiterhin durch die Glühwendel geheizt. Ein Messinstrument zeigt die Stromstärke I_A an, die in Abhängigkeit von U_A notiert wird.

U_A in V -4,0 -3,9 -3,8 -3,0 -2,0 0,0 10 20 30 40 50

I_A in μ A 0,0 0,0 0,1 1,0 2,0 5,0 30 50 58 60 60

* Zeichnen Sie ein Diagramm für I_A in Abhängigkeit von U_A .

* Beschreiben Sie die verschiedenen Bereiche der Kurve im U_A - I_A -Diagramm.

* Was kann man für die Elektronen aus dem Verlauf der Kurve im Bereich $U_A \leq 0$ V, was im Bereich $U_A \in \left[\frac{24}{12}, 40 \right]$ V erschließen?

c) Die Katode wird nun nicht mehr geheizt. Wird K auf der A zugewandten Seite mit gelbem Natriumlicht der Wellenlänge 589 nm beleuchtet, so wird trotzdem ein Strom I_A gemessen. Dieser geht erst dann auf den Wert 0A zurück, wenn die Spannung U_A auf -1,0 V eingestellt wird.

* Wie groß ist die Ablöseenergie bei dieser Kathode?

* Bei welcher Spannung U_A geht I_A gerade auf den Wert 0 A zurück, wenn zusätzlich zum gelben Natriumlicht auch blaues Licht der Wellenlänge 436 nm auf K trifft?

* Wie muss die Wellenlänge des eingestrahlenen Lichtes gewählt werden, damit bei dieser Katode ein Photoeffekt festgestellt werden kann?

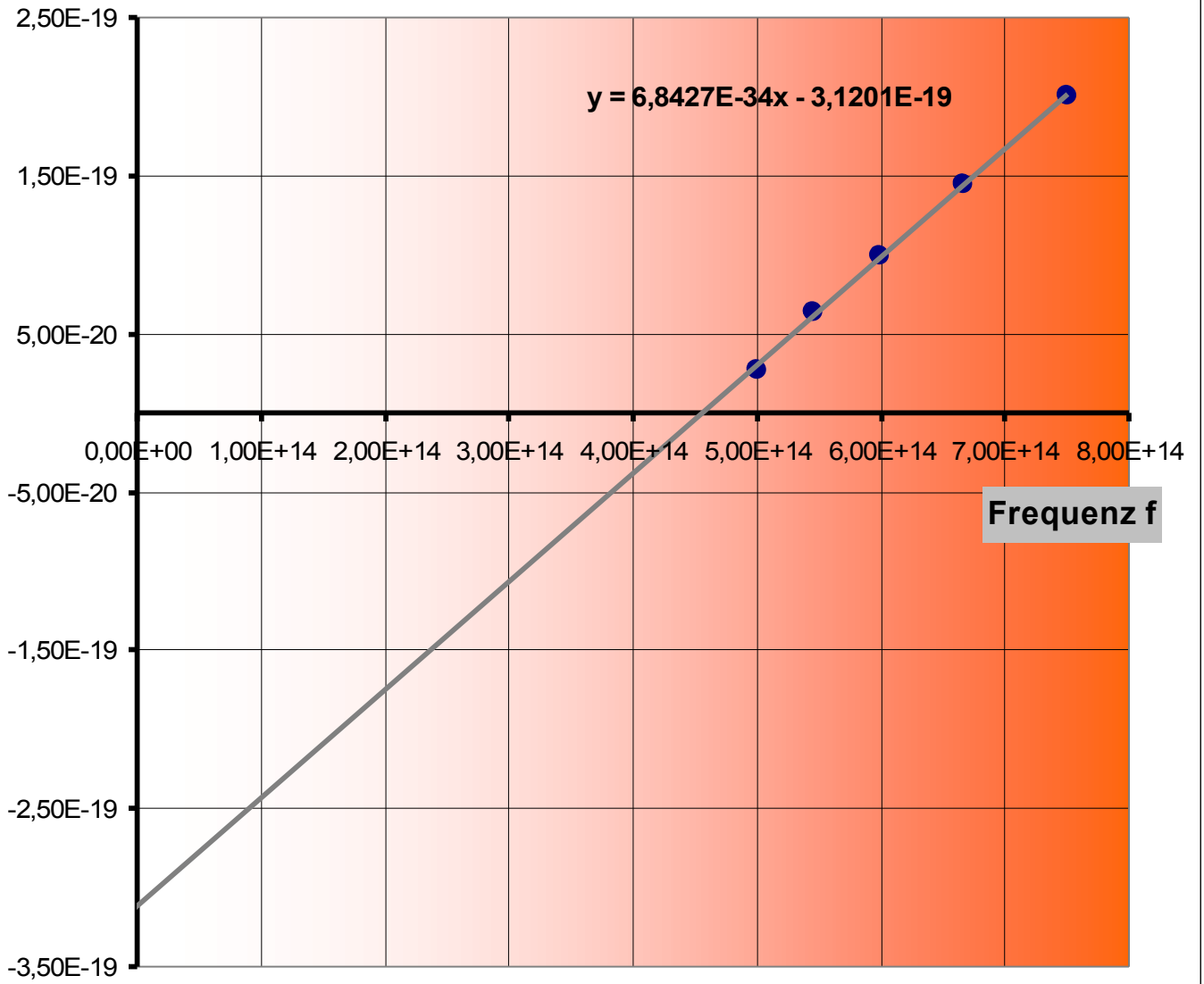
27.Aufgabe: Die Tür einer U-Bahn wird durch eine Lichtschranke gesichert. Die Lichtschranke besteht aus einer Lichtquelle, die Licht der Wellenlänge $\lambda = 549$ nm emittiert und als Lichtbündel auf eine an der gegenüberliegenden Türseite auf eine Fozelle, bei der die Auslösearbeit 1,35 eV beträgt. Trifft das Licht auf die Fozelle, dann bewirkt der Stromfluss, der über einen Transistor verstärkt zum Schließen der Türe führt.

a) Erklären Sie, warum die Lichtschranke ein zuverlässiger Schutz gegen das Einklemmen von Personen in der U-Bahn-Türe ist.

b) Der Photostrom dient als Basisstromkreis des Transistors. Bestimmen Sie durch Berechnung, welche Spannung an diesem Stromkreis anliegt.

Aufgabe3

e*U



Frequenz f