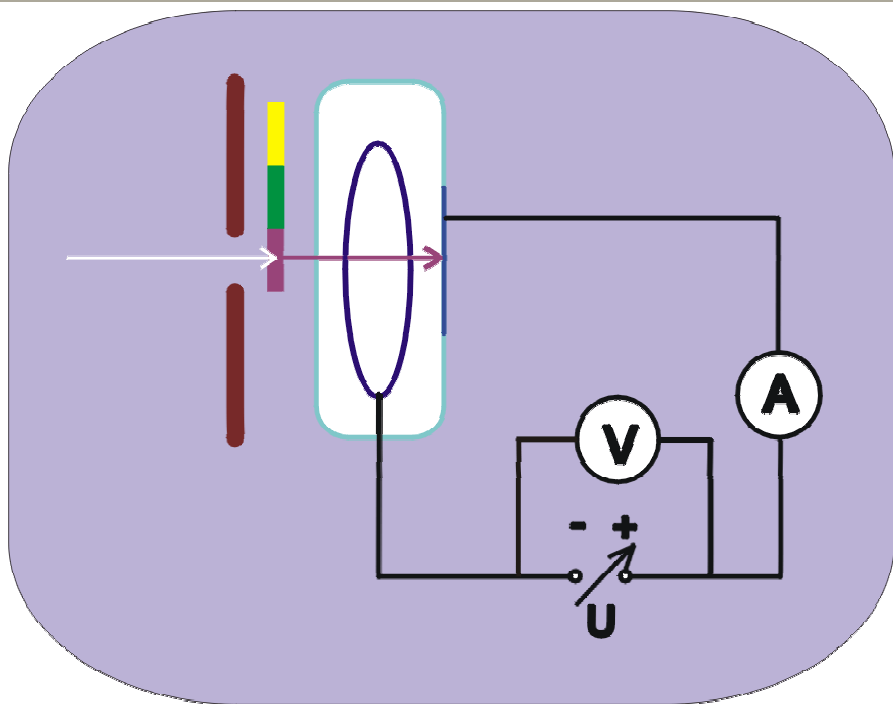
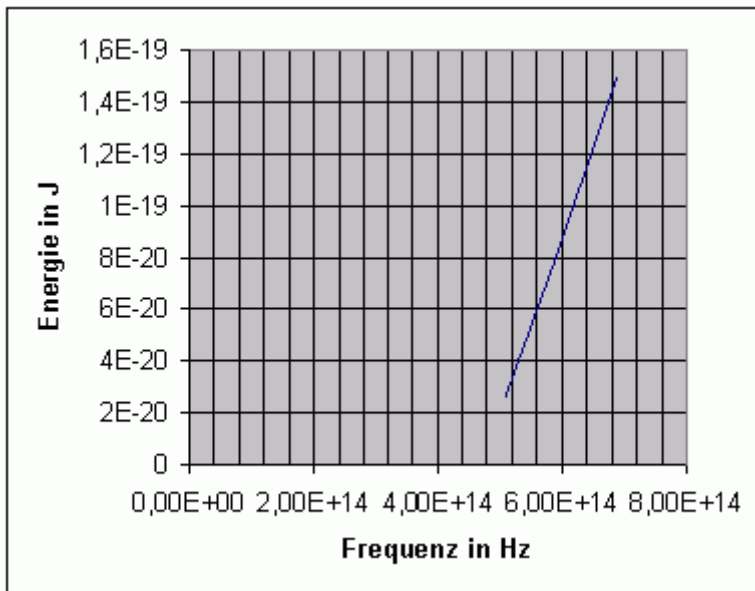


1. Beim lichtelektrischen Effekt erfolgt der Energieaustausch von Licht und Materie portionsweise. Eine Portion wird als Lichtquant oder Photon bezeichnet und lässt sich als ein Lichtteilchen deuten. Dieses Teilchen besitzt eine bestimmte Energie, die es entweder behält oder vollständig abgibt. Ein Photon kann seine Energie nicht portionsweise abgeben. Wenn es seine Energie abgegeben hat, ist es auch weg, also vernichtet. Die Energie, die ein Photon hat, hängt von seiner Frequenz ab. $E = hf$, h ist das Plancksche Wirkungsquantum, eine Naturkonstante. Das ein Photon eine Frequenz hat, ist scheinbar Unsinn. Da Lichtteilchen aber mit nichts zu vergleichende Eigenschaften haben, muss man es als gegeben hinnehmen. Beim lichtelektrischen Effekt werden also immer ganze Photonen von den Elektronen vernichtet. Das Elektron übernimmt dann die Energie des Photons. Ist sie groß genug, die Frequenz des Photons also hoch genug, kann es sich aus seinem Atom lösen und ist frei. Beim lichtelektrischen Effekt trägt es jetzt zum Fotostrom bei. Ist die Energie eines jeden einzelnen Photons zum Ablösen eines Elektrons zu klein, bringt auch eine Vergrößerung der Lichtintensität nichts. Dadurch wird zwar die Anzahl der Photonen erhöht, da die Absorption aber portionsweise erfolgt, wird kein einziges Elektron aus dem Metall herausgelöst. Das war eine völlig neue Vorstellung vom Licht.

2.

geg.:		ges.:	
Lösung:	Experimentieranordnung: Gegenspannungsmethode		
 Weißes Licht fällt durch verschiedene Farbfilter (violett, grün, gelb) auf eine Fozelle. Aus der Katode werden Elektronen herausgelöst, dadurch wird die Katode positiv geladen. Die Elektronen fliegen zur Anode (Ring) und von dort über die Spannungsquelle und den Strommesser zurück zur Katode. Es fließt ein Fotostrom. Durch Anlegen einer Spannung kann man die Anode negativ und die Katode positiv laden. Dadurch fällt es den negativen Elektronen schwerer, den Weg von der Katode zur Anode zu überwinden. Nur die wirklich energiereichen, also schnellen Elektronen können es zur Anode schaffen. Vergrößert man die Spannung, schaffen es nur noch die, die noch die gesamte, also maximale, Energie haben, die sie von einem Photon erhalten hat. Steigert man die Spannung genau bis zu dem Punkt, wo der Strom aufhört zu fließen, ist die Energie zwischen Katode und Anode so groß wie die Energie der schnellsten Elektronen oder so groß wie die Energie der Photonen, die die Elektronen heraus gelöst haben. Diese Spannung wird für drei verschiedene Farben, also Frequenzen, bestimmt.			



Für das Diagramm wird die Wellenlänge in die Frequenz umgerechnet:

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Die anliegende Spannung entspricht der maximalen kinetischen Energie der Elektronen in eV, also $0,93 \text{ V} = 0,93 \text{ eV}$. Es gilt:

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

In dem gezeichneten Diagramm wird die Gerade nach unten verlängert.

Der Schnittpunkt mit der x-Achse ist die Frequenz, bei der ein Elektron gerade herausgelöst werden kann, also die Grenzfrequenz.

Wird die Gerade weiter nach unten verlängert, schneidet sie im negativen Bereich die y-Achse. Die dort abzulesende Energie ist notwendig, um Elektronen aus der Metalloberfläche heraus zu lösen. Das ist die Austrittsarbeit des Materials.

Die Grenzfrequenz beträgt $4,7 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ und die Austrittsarbeit $2,1 \text{ eV} = 3,36 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

3. Die Elektronen treten mit 453 km/s aus der Metalloberfläche aus. Um sie danach auf Null abzubremesen, ist eine Spannung von $0,58 \text{ V}$ erforderlich.

geg.:	$\lambda = 491 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ $W_A = 1,94 \text{ eV}$	ges.:	a) v b) U
Lösung:	a) Es wird die Einsteingleichung verwendet: $E_L = W_A + E_e$ Die Energie eines eingestrahnten Photons wird dazu verwendet, ein Elektron aus dem Metall her austreten zu lassen. Der Rest beschleunigt das Elektron auf eine bestimmte Geschwindigkeit, verleiht ihm also kinetische Energie. $h \cdot f = W_A + \frac{m}{2} \cdot v^2$ $h \cdot f - W_A = \frac{m}{2} \cdot v^2$ $v = \sqrt{\frac{2 \cdot (h \cdot f - W_A)}{m}}$ $v = 453 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ b) Damit die Elektronen auf Null abgebremst werden, muss ein elektrisches Feld anliegen, dessen Energie genau so groß ist wie die kinetische Energie der Elektronen:		

	$e \cdot U = \frac{m}{2} \cdot v^2$ $U = \frac{m}{2 \cdot e} \cdot v^2$ $U = 0,58 \text{ V}$
Antwort:	Die Elektronen treten mit 453 km/s aus der Metalloberfläche aus. Um sie danach auf Null abzubremesen, ist eine Spannung von 0,58 V erforderlich.

4. Energie des Lichtes = Austrittsarbeit für Elektronen + Energie zum Beschleunigen der Elektronen

$$h \cdot f = W_A + E_{\max}$$

$E_{\max}$ = max. beschleunigte Elektronen, deren Energie reicht gerade nicht mehr, um das elektrische Feld zu überwinden =

$$e \cdot U = 8,97 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

Arbeit	2,5 eV
Material	Barium
Energie gelb. Licht	2,1 eV

Energie ist unter der notwendigen Energie zum Herauslösen eines Elektrons (Austrittsarbeit)

5. a) Wenn man unterhalb der Grenzfrequenz arbeitet, hat die Intensität des Lichtes keinen Einfluss, es ist kein Fotostrom vorhanden. Über der Grenzfrequenz bringt ein Anstieg der Intensität auch ein Ansteigen des Stromes.

b) Bei größer werdender Frequenz des Lichtes setzt bei der Grenzfrequenz der Fotostrom ein. Ein weiteres Ansteigen der Frequenz bringt dann keine weitere Änderung mit sich.

c) Das Anodenmaterial hat auf die Stärke des Fotostroms keinen Einfluss.

6. Das rote Licht hat zu wenig Energie, um aus der Cäsium-Katode Elektronen freizusetzen. Die anderen drei Linien liefern jede einzeln genug Energie für einen Fotostrom.

Die schnellsten Elektronen haben eine Geschwindigkeit von 564 km/s.

Es muss die Energie berechnet werden, die die Photonen der einzelnen Linien besitzen.

$$E = h \cdot f$$

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

Farbe	Wellenlänge in nm	Energie in J (*10 ⁻¹⁹)	Energie in eV
rot	680	2,92	1,82
gelb	577,6	3,44	2,15
grün	546	3,64	2,23
blau	435,7	4,56	2,85

Die schnellsten Elektronen werden vom energiereichsten Licht, also dem blauen, erzeugt. Die Photonen lassen durch ihre Energie die Elektronen aus der Cs-Oberfläche austreten. Dazu ist eine Energie von 1,94 eV erforderlich. Der Rest

wird zum beschleunigen der Elektronen verwendet. Diese Überlegungen sind in der Einstein-Gleichung enthalten:

$$E_L = W_A + E_e$$

$$h \cdot f = W_A + \frac{m}{2} \cdot v^2$$

$$h \cdot f - W_A = \frac{m}{2} \cdot v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot (h \cdot f - W_A)}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot \left(h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_A \right)}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot \left(6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{435,7 \cdot 10^{-9} \text{ m}} - 1,94 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} \right)}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}}$$

$$v = 564 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$