

### Aufgabe 1

- a) Zunächst muss die Koordinatenachse für die Auslenkung  $s$  definiert werden, da in der Skizze  $s$  lediglich mit einem Doppelpfeil als Betragsgröße angegeben ist.  
Je nach Wahl der Richtung der  $s$ -Achse ergibt sich eine Elongation der Blattfeder um  $s$  oder  $-s$  und somit eine  $\cos$ - oder  $-\cos$ -Funktion.  
Das  $v(t)$ - und  $a(t)$ -Diagramm ergibt sich aus der ersten bzw. zweiten Ableitung von  $s(t)$ .  
Die Skalierung der Achsen kann über die Berechnung der Periodendauer (formal mittels  $m$  und  $k$ ) und der daraus resultierenden Eigenkreisfrequenz  $\omega$  des Schwingers in allgemeiner Form angegeben werden.
- b) Fadenpendel  
 $t = 0$ : Fadenpendel maximal ausgelegt  $\rightarrow E_{\text{Lage}} = E_{\text{Start}}; E_{\text{kin}} = 0$   
 $0 < t < T/4$ :  $E_{\text{Lage}}$  wird kontinuierlich reduziert;  $E_{\text{kin}}$  wächst kontinuierlich an  
 $t = T/4$ :  $E_{\text{Lage}} = 0$  (falls Lageenergienullpunkt so gewählt!);  $E_{\text{kin}} = \max. < E_{\text{Start}}$ !  
 $T/4 < t < T/2$ :  $E_{\text{Lage}}$  wächst kontinuierlich;  $E_{\text{kin}}$  wird kontinuierlich reduziert  
 $t = T/2$ : Fadenpendel maximal ausgelegt  $\rightarrow E_{\text{Lage}} = \max. < E_{\text{Start}}; E_{\text{kin}} = 0$   
Pendel verliert fortwährend mechanische Energie durch Reibung  $\rightarrow E_{\text{therm}} \rightarrow$  Erwärmung der Umgebung  
Kondensator  
 $t = 0$ : elektr. Feldenergie  $\rightarrow E_{\text{elektr.}} = E_{\text{Start}}; E_{\text{magn.}} = 0 \rightarrow$  kein Stromfluss  
 $0 < t < T/4$ : Kondensator wirkt als Spannungsquelle  $\rightarrow$  Stromfluss:  $E_{\text{elektr.}}$  sinkt kontinuierlich;  $E_{\text{magn.}}$  wächst kontinuierlich an.  
 $t = T/4$ : Kondensator entladen  $\rightarrow U_C = 0; E_{\text{elektr.}} = 0$ ; Stromstärke  $I = \max.$ ;  $E_{\text{magn.}} = \max. < E_{\text{Start}}$ !  
 $T/4 < t < T/2$ : Spule wirkt als Stromquelle  $\rightarrow$  Kondensator wird mit geänderter Polarität geladen;  $E_{\text{elektr.}}$  wächst kontinuierlich;  $E_{\text{magn.}}$  sinkt kontinuierlich.  
 $t = T/2$ : Kondensator maximal geladen  $\rightarrow E_{\text{elektr.}} = \max. < E_{\text{Start}}; E_{\text{magn.}} = 0$   
Schwing verliert fortwährend elektr. oder magn. Energie durch ohmsche Verluste oder Induktionsverluste in der Spule  $\rightarrow E_{\text{therm}} \rightarrow$  Erwärmung der Umgebung
- c) Es gilt:  $I = dQ/dt$ !  
Der Graph der Funktion  $Q(t)$  besitzt im Schaubild die kleinere Amplitude!  
Ist der Kondensator für  $t = 0$  maximal aufgeladen, so muss der Strom  $I(t)$  für  $t > 0$  zunächst negativ sein, da keine weitere Ladungserhöhung mehr stattfinden kann.  
Ist der Betrag der Ladung  $Q$  auf den Platten maximal, so kann nach  $I = dQ/dt$  in diesem Moment kein Strom fließen.  
Ist der Kondensator vollständig entladen, so steckt die gesamte Energie im Magnetfeld ( $E_{\text{magn.}} = \frac{1}{2} LI^2$ ) der Spule. Somit muss der Strom zu diesen Zeitpunkten maximal sein.

### Aufgabe 2

- a) Für die Wellenlängen der genannten Farben gilt:  $\lambda_{\text{rot}} > \lambda_{\text{türkis}} > \lambda_{\text{violett}}$ . Für die Beugungswinkel der einzelnen Wellenlängen gilt für ein Gitter der Gitterkonstanten  $b$  in der Beugungsordnung  $k$ :  $\sin(\alpha_k) = k\lambda/b$ . Die Maxima 0. Ordnung aller Wellenlängen liegen damit an der gleichen Stelle des Schirms. Da kurzwellige Strahlung die kleinsten Beugungswinkel aufweist, hat die violette Linie den kürzesten Abstand zum Maximum 0. Ordnung.
- b) Eine Überdeckung der Beugungsordnungen erfolgt, wenn der kurzwellige Bereich der Beugungsordnung 3. Ordnung den gleichen Beugungswinkel aufweist wie der langwellige Bereich der 2. Beugungsordnung der Quelle. Also gilt:  $\sin(\alpha_3) \leq \sin(\alpha_2) \rightarrow 3\lambda_{\text{violett}}/b \leq 2\lambda_{\text{rot}}/b \rightarrow 1200 \text{ nm} \leq 1500 \text{ nm} \checkmark$   
 $\rightarrow$  Die Ordnungen überlappen!

- c) Alle Schallquellen haben den gleichen Abstand  $r$  vom Empfänger und eine gleiche Abstrahlcharakteristik. Wenn zwei Geräuschquellen mit der jeweiligen Intensität  $I_0$  den Schallintensitätspegel  $L_{I,1+2} = 63$  dB erzeugen, bedeutet dies, dass eine Quelle mit der Intensität  $I_0$  einen Schallintensitätspegel  $L_I = 60$  dB erzeugt. Alle Quellen liefern in Summe am Punkt E die Intensität  $16 \cdot I_0$  was einer viermaligen Verdopplung entspricht. Der Pegel erhöht sich somit um  $4 \cdot 3$  dB = 12 dB auf  $L_{I, \text{alle}} = 72$  dB.
- d) Bei nicht mehr inkohärenten Quellen kommt es zu Interferenzerscheinungen zwischen den einzelnen Signalen. Diese Interferenzen könnten theoretisch am Punkt E komplett destruktiv oder komplett konstruktiv sein. Daraus folgt:  $-\infty$  dB  $\leq L_{I, \text{alle}} \leq 75$  dB liegen.

### Aufgabe 3

- a) Der äußere lichtelektrische Effekt besteht aus der Emission von Elektronen aus metallischen Oberflächen aufgrund der Bestrahlung mit Licht. Somit ist für das Zustandekommen des Effekts die Energie der einfallenden Strahlung und das Material der bestrahlten Oberfläche maßgeblich. Die Intensität der Strahlung hat keinen Einfluss. Die einfallenden Photonen übertragen Ihre gesamte Energie, so dass für  $E_{\text{photon}} = h\nu > W_A$  (Austrittsarbeit) die restliche Energie als kinetische Energie an das Elektron mitgegeben wird. Es gilt also:  

$$E_{\text{photon}} = h\nu = W_A + E_{\text{kin}}$$
- b) Die maximale Wellenlänge (geringste Frequenz  $\nu$ ) reicht gerade aus, um die Austrittsarbeit zu überwinden  $\rightarrow$   
 $E_{\text{photon}} = h\nu = W_A \rightarrow \lambda_{\text{max}} = 641$  nm  
 Die minimale Wellenlänge (höchste Frequenz  $\nu$ ) reicht aus, um zusätzlich eine kinetische Energie von 0,51 eV zu erzeugen  $\rightarrow E_{\text{photon}} = h\nu = W_A + E_{\text{kin}} \rightarrow \lambda_{\text{min}} = 507$  nm
- c) Der äußere lichtelektrische Effekt ist nur mit dem Teilchenmodell von Strahlung zu erklären. Das Wellenmodell würde eine Abhängigkeit von der Intensität erwarten lassen (Amplitude  $\sim$  Intensität). Nach dem Wellenmodell müsste somit eine lange Bestrahlungsdauer mit  $\lambda > \lambda_{\text{max}}$  auch zum Fotoeffekt führen. Sehr kurze Bestrahlungsdauern dürften dagegen nie zu dem beobachteten Effekt führen.
- d) Siehe Periodensystem der Elemente
- e) Stärkere Bindung der Elektronen auf der 2s-Schale bedeutet eine höhere Auslösearbeit, so dass die verbleibende kinetische Energie kleiner ist als bei den Elektronen des 2p-Zustandes. Die Auslöseenergie ergibt sich aus der Differenz der Energien: 1250 eV – 1103,2 eV = 146,8 eV
- f) Das in einer „tiefer liegenden“ Schale entstandene Loch wird durch den Vorgang der strahlenden Rekombination eines Elektrons aus einer „höher liegenden“ Schale aufgefüllt.