Mecklenburg-Vorpommern

Zentralabitur 2001

Physik
Leistungskurs

Aufgaben

Hinweise für die Schülerinnen und Schüler / Hilfsmittel

Aufgabenauswahl

- Von den vorliegenden Arbeiten A und B ist eine auszuwählen und vollständig zu bearbeiten. Jede Arbeit besteht aus drei Aufgaben.
- Die Aufgabe 3 ist in beiden Arbeiten gleich und daher nur bei Arbeit A aufgeführt. Es ist nur eine der Aufgaben 3.1 bis 3.4 zu bearbeiten.

Bearbeitungszeit

- Die Arbeitszeit beträgt 300 min. Zur Wahl der Aufgaben wird eine Einlesezeit von 30 min zusätzlich gewährt.

Hilfsmittel

- Experimentiergeräte gemäß Aufgabenstellung
- das für die Abiturprüfung an der Schule zugelassene Tafelwerk
- ein nichtprogrammierbarer und nichtgrafikfähiger Taschenrechner
- Zeichengeräte
- ein Duden der deutschen Rechtschreibung

Sonstiges

- Die Lösungen sind in einer sprachlich einwandfreien und mathematisch exakten Form darzustellen.
- Alle Lösungswege müssen erkennbar sein.
- Grafische Darstellungen sind auf Millimeterpapier anzufertigen.
- Entwürfe können ergänzend zur Bewertung nur herangezogen werden, wenn sie zusammenhängend konzipiert sind und die Reinschrift etwa drei Viertel des erkennbar angestrebten Gesamtumfanges umfasst.

Arbeit A

Aufgabe 1 Mechanik (mit Schülerexperiment) (33 BE)

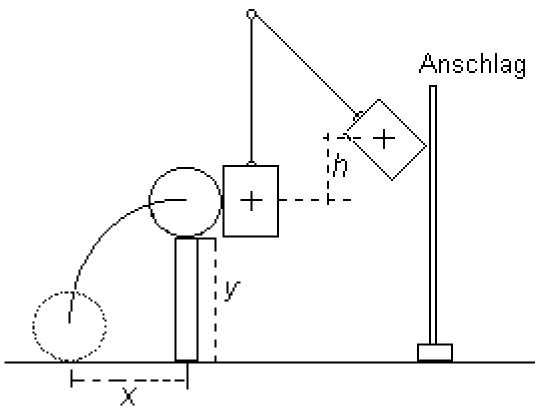
1. Eine Stahlkugel wird mit einer Anfangsgeschwindigkeit (v_0 = 3,0ms^{-1}) waagerecht abgeworfen und trifft nach der Zeit t = 1,0s auf dem Boden auf.

   a) Zeichnen Sie die Bahnkurve in ein geeignetes $y(x)$–Diagramm. Berechnen Sie dazu die erforderlichen Werte.
   Geben Sie die konkrete Gleichung für die Bahnkurve an.

   b) Berechnen Sie die horizontale und die vertikale Geschwindigkeitskomponente sowie den Betrag der resultierenden Geschwindigkeit des Körpers beim Auftreffen.
   Ermitteln Sie den Winkel, unter dem die Stahlkugel aufschlägt.

2. In einem Experiment wird eine Stahlkugel nach dem Stoß mit einem Hakenkörper waagerecht mit unbekannter Geschwindigkeit abgeworfen. Diese Abwurfgeschwindigkeit der Kugel soll auf zwei Wegen - theoretisch über die Stoßgesetze aus den Daten der Versuchsanordnung und experimentell über die erzielte Wurfweite - indirekt bestimmt werden.

   Dazu ist ein der Prinzipskizze entsprechender Versuchsaufbau vorgegeben. Ein Pendel mit einem Hakenkörper der Masse m wird so ausgelenkt, dass der Schwerpunkt des Hakenkörpers um h = 5,0cm angehoben wird. Nach dem Loslassen stößt der Hakenkörper in der Gleichgewichtslage an die Kugel, die einen Impuls in waagerechter Richtung erhält. Der Auftreffpunkt der Kugel auf der Tischplatte soll durch einen Abdruck von Kohlepapier auf einem weißen Zeichenblatt sichtbar gemacht werden.
   Um gleiche Abwurfgeschwindigkeiten zu erhalten, wird ein Anschlag benutzt.
   Die Experimentieranordnung wird Ihnen nach Anforderung zur Verfügung gestellt.
   Die Masse der Kugel und die Masse des Hakenkörpers sind dort angegeben.



Prinzipskizze, nicht maßstabsgerecht

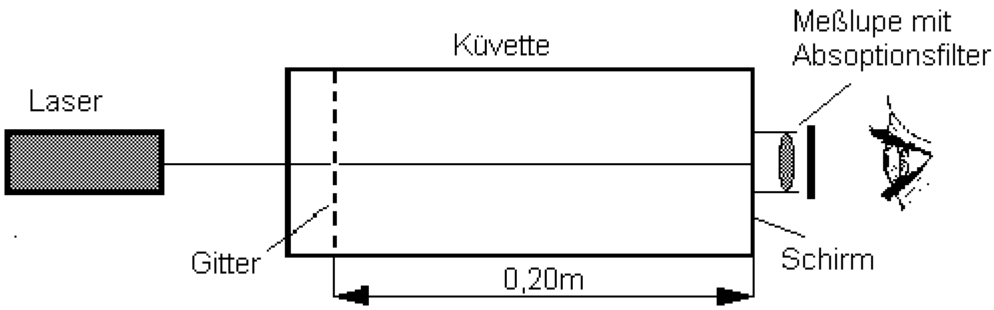
   a) Erläutern Sie für jeden der beiden Lösungswege, wie aus den gemessenen Größen die Abwurfgeschwindigkeit bestimmt werden kann.
   Gehen Sie dabei auch darauf ein, wie eine hohe Genauigkeit erreicht werden kann.
   Leiten Sie jeweils eine Gleichung für die Berechnung der Abwurfgeschwindigkeit her.

   b) Führen Sie das Experiment durch.
   Protokollieren Sie alle für spätere Berechnungen notwendigen Messungen.
   Die mittlere Wurfweite ist aus mindestens fünf Einzelmessungen zu bestimmen.
   Das Zeichenblatt mit dem ausgewerteten „Trefferbild" ist der Lösung beizufügen.

   c) Ermitteln Sie die Abwurfgeschwindigkeit über beide Ansätze.
   Vergleichen und werten Sie Ihre Resultate. Gehen Sie dabei auch auf von Ihnen vorgenommene Vereinfachungen bei der mathematischen Modellbildung und auf die Einhaltung der Gültigkeitsbedingungen der verwendeten Gesetze ein.

Aufgabe 2 Wellenoptik (12 BE)

1. Die Welleneigenschaften des Lichts sollen mit der in der nachfolgend dargestellten Experimentieranordnung untersucht werden. Als Lichtquelle wird ein He-Ne-Laser verwendet. Die Wellenlänge des Laserlichts beträgt in Luft 633nm.
   Der Laserstrahl wird auf eine Küvette gerichtet, an derer vorderen Seite ein optisches Gitter angebracht ist. An der gegenüberliegenden Seite der Küvette befindet sich ein Schirm. Das auf dem Schirm entstehende Interferenzbild wird mittels einer Messlupe betrachtet. Ein Absorptionsfilter dient dem Schutz des Auges.



   a) In der Küvette befindet sich Luft. Der Abstand der beiden Maxima 1. Ordnung auf dem Schirm beträgt 5,0mm.
   Berechnen Sie die Gitterkonstante des verwendeten Gitters.

   b) Erklären Sie das Entstehen des Interferenzbildes auf dem Schirm.

   c) Nun wird die Küvette mit Wasser gefüllt. Für die Lichtgeschwindigkeit c_W in Wasser gilt $c_W = 0{,}75 \cdot c_{Luft}$.
   Beschreiben Sie die zu beobachtende Veränderung im Interferenzbild und erklären Sie die Veränderung.
   Berechnen Sie den Abstand s_1 des Maximums 1. Ordnung von dem 0. Ordnung.

2. Die reflektierende Oberfläche einer Compact-Disc (CD) hat die Wirkung eines optischen Gitters. Wird sie mit Licht bestrahlt, können ebenfalls Interferenzerscheinungen beobachtet werden. So erhält man z.B. bei Bestrahlung mit Laserlicht typische Interferenzfiguren des reflektierten Lichts, die denen in der Teilaufgabe 1 ähnlich sind. Beleuchtet man die Oberfläche der CD hingegen mit einem schmalen Lichtbündel aus einer Optikleuchte, kann man kontinuierliche Spektren wahrnehmen.
   Erklären Sie den Sachverhalt.

Aufgabe 3: Von den folgenden Aufgaben 3.1 bis 3.4 auf Seite 5 bis 8 ist eine zu bearbeiten.

Aufgabe 3.1 Kernphysik (15 BE)

1. Erläutern Sie den Begriff isotope Kerne.
   Für Atome eines Isotops kann die Massenzahl und die relative Atommasse angegeben werden. Vergleichen Sie diese Größen.

2. Die isotopenspezifischen Eigenschaften von Radionukliden nutzt man in Isotopenbatterien aus. So enthielten beispielsweise sämtliche im Rahmen des APOLLO-Mondlandungsprogramms der USA benutzten Isotopenbatterien das α-strahlende Nuklid Pu-238.

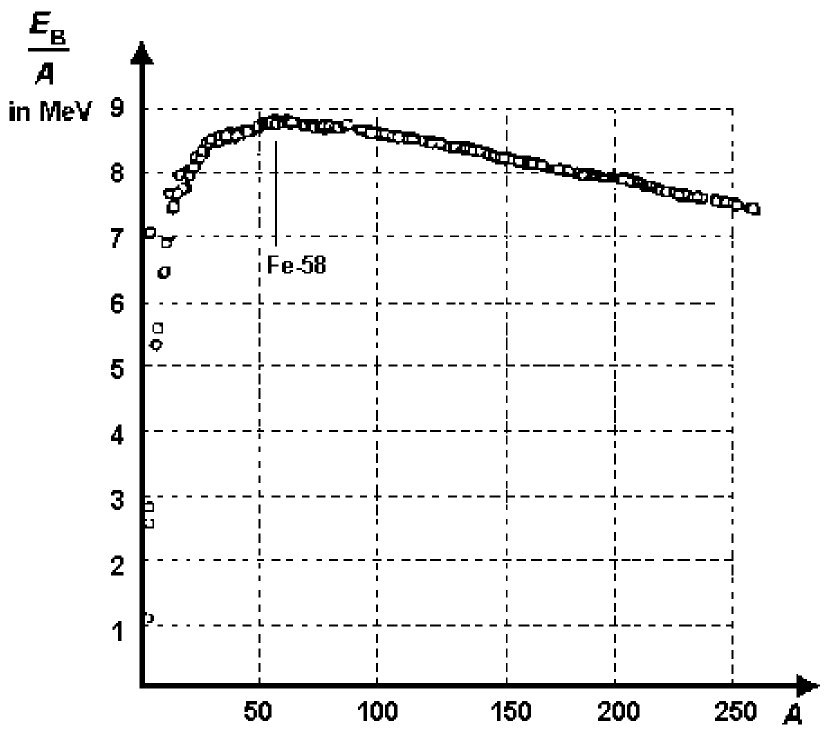
a) Geben Sie die Kernreaktionsgleichung für den α-Zerfall von Pu-238 an.
   Berechnen Sie für einen Kern die dabei freiwerdende Energie in MeV.
   Benutzen Sie dazu die Angaben der folgenden Tabelle.

Atom	Atommasse in u
Plutonium (Pu-239)	239,0522
Plutonium (Pu-238)	238,0495
Helium (He-4)	4,0026
Uran (U-234)	234,0409

b) Künstlich hergestelltes Plutonium kann zu 85% aus Pu-238 und zu 15% aus Pu-239 bestehen.
   Berechnen Sie die Atommasse dieses Isotopengemisches.

3. Die exakte Bestimmung der Atommassen liefert wichtige Aussagen über die Energieverhältnisse in den Atomkernen. Im Diagramm in der nachfolgenden Abbildung ist für ausgewählte Atome die mittlere Bindungsenergie pro Nukleon E_B/A in Abhängigkeit von der Massenzahl der Atome aufgetragen.

   Erläutern Sie den Begriff Kernbindungsenergie.
   Interpretieren Sie das Diagramm.



Aufgabe 3.2 Atomphysik (15 BE)

Zu Beginn unseres Jahrhunderts wurden die bis dahin existierenden Vorstellungen über die Struktur der Atome wesentlich erweitert.

1. Der Kernradius r_K eines Atoms kann in Abhängigkeit von der Massenzahl A mit der Gleichung $r_K = 1{,}4 \cdot 10^{-15}\,\mathrm{m} \cdot \sqrt[3]{A}$ abgeschätzt werden.

   Ermitteln Sie einen Näherungswert für den Durchmesser des Uran-234-Kerns. Bestimmen Sie davon ausgehend, welche Dichte der Kernmaterie etwa zuzuordnen ist.

2. BOHR verwendete in seinem Modell die COULOMB-Kraft als Zentralkraft für die Kreisbewegung eines Elektrons um den Atomkern.

   a) Begründen Sie, warum diese zwar sehr anschauliche Annahme später gewonnenen Erkenntnissen widerspricht.

   b) Im BOHR'schen Modell des Wasserstoffatoms gilt für die Radien der erlaubten Elektronenbahnen die Beziehung:

   $$r_n = \frac{\varepsilon_0 \cdot h^2}{\pi \cdot e^2 \cdot m_e} \cdot n^2 \qquad n = 1,2,3,...$$

   Berechnen Sie den Atomdurchmesser für den Grundzustand.
   Weisen Sie nach, dass die rechte Seite der Gleichung die Dimension einer Länge hat.

3. Der Durchmesser eines Atoms lässt sich mit relativ geringem experimentellen Aufwand über den so genannten Ölfleckversuch abschätzen.
   Hierbei wird eine Ölschicht auf einer Wasseroberfläche so erzeugt, dass ihre Dicke monomolekular ist. Dazu wird zunächst Ölsäure $[C_{17}H_{33}COOH]$ mit Leichtbenzin im Verhältnis 1:2000 verdünnt. Nach dem Aufbringen eines Tropfens des Gemisches mit einem Volumen von $V = 0{,}003\,\mathrm{cm}^3$ verdunstet das Leichtbenzin und es entsteht auf der Wasseroberfläche ein kreisförmiger Ölfleck mit dem Radius r = 4cm.

   a) Berechnen Sie die Schichtdicke des zurückbleibenden Ölsäureflecks.

   b) Schätzen Sie daraus den mittleren Durchmesser der Atome eines Ölsäuremoleküls ab. Gehen Sie bei dieser Abschätzung davon aus, dass ein Ölsäuremolekül würfelförmig aufgebaut ist.
   Vergleichen Sie die errechnete Schichtdicke mit dem Durchmesser eines Wasserstoffatoms im Grundzustand.

Aufgabe 3.3 Thermodynamik (15 BE)

1. Formulieren Sie den 1. und 2. Hauptsatz der Thermodynamik und erläutern Sie deren Bedeutung an je einem Beispiel.

2. Bei kalorischen Messungen ist die Wärmekapazität C des Kalorimetergefäßes zu berücksichtigen. Diese gibt an, welche Wärme erforderlich ist, um die Temperatur des Gefäßes um ein Kelvin zu erhöhen.
Um die Wärmekapazität experimentell zu bestimmen, wird das Kalorimetergefäß mit Wasser der Masse m_2 gefüllt und die sich nach einer bestimmten Zeit einstellende konstante Temperatur T_2 gemessen. Eine Wassermenge m_1 mit der höheren Temperatur T_1 wird in das Kalorimeter gegossen und mit dem dort befindlichen Wasser vermischt. Nach einiger Zeit hat sich für alle Teilsysteme die Mischungstemperatur T_M eingestellt. Setzt man voraus, dass bei diesem Experiment keine Wärme mit der Umgebung ausgetauscht wird, gilt für die Wärmekapazität des Kalorimetergefäßes

$$C = -\frac{c_\mathrm{Wasser} \cdot m_1 \cdot (T_\mathrm{M} - T_1) + c_\mathrm{Wasser} \cdot m_2 \cdot (T_\mathrm{M} - T_2)}{(T_\mathrm{M} - T_2)} \; .$$

a) Beschreiben Sie den Wärmeaustausch zwischen den drei Teilsystemen und stellen Sie die Energiebilanz für den gesamten Vorgang auf.
Leiten Sie daraus die obige Gleichung her.

b) Berechnen Sie aus den folgenden Messwerten die Wärmekapazität C.
m_1 = 100g, ϑ_1 = 43°C, ϑ_M = 27°C, m_2 = 200g, ϑ_2 = 20°C

3. Ein wie oben beschriebenes Kalorimetergefäß mit der Wärmekapazität C = 100JK^{-1} ist mit Wasser der Masse m = 100g gefüllt. Dieses System hat eine Anfangstemperatur ϑ_A = 40°C.
In das Kalorimeter wird schmelzendes Eis der Masse m = 50g gegeben. Nach dem vollständigen Schmelzen des Eises wird bei diesem Experiment die Mischungstemperatur ϑ_M = 6°C gemessen.
Überprüfen Sie die gemessene Mischungstemperatur durch eine Berechnung.
Vergleichen Sie den Messwert mit ihrer Berechnung und interpretieren Sie das Ergebnis des Vergleichs.

Aufgabe 3.4 Quantenphysik (15 BE)

Die Beobachtungsergebnisse beim äußeren lichtelektrischen Effekt haben seiner Zeit zu neuen Erkenntnissen über die Natur des Lichts geführt.

1. Erklären Sie den äußeren lichtelektrischen Effekt mit dem Photonenmodell des Lichts.

2. Verschiedene Photokatoden sollen jeweils mit Laserlicht der Wellenlänge λ = 633nm bestrahlt werden.

Stoff	Al	Ba	Ba[1]	Cd	Cs	K
Austrittsarbeit für Elektronen W_A in eV	4,20	2,52	0,30	4,04	1,94	2,22

[1] Barium auf Wolframoxid

a) Berechnen Sie die Energie eines Photons des Laserlichts.
Bei welchen Metallen tritt der lichtelektrische Effekt auf? Begründen Sie Ihre Entscheidung.

b) In einem Gedankenexperiment wird die Helligkeit (Intensität) des Laserlichts bei konstanter Wellenlänge beliebig vergrößert.
Erklären Sie, warum trotzdem bei keinem weiteren der oben genannten Katodenmetalle der äußere lichtelektrische Effekt zu beobachten ist.

3. Ein Elektronenstrahl wird auf einen Doppelspalt gerichtet. Auf einem Schirm hinter dem Hindernis werden Interferenzerscheinungen beobachtet.

a) Begründen Sie, warum sich diese Beobachtung nicht mit dem klassischen Teilchenmodell erklären lässt.

b) Das Auflösungsvermögen von Mikroskopen kennzeichnet den kleinsten Abstand von Gegenstandspunkten, deren Bildpunkte noch getrennt registriert werden können. Bei einem Lichtmikroskop wird dieser Abstand durch die Wellenlänge des Lichts auf etwa 400nm begrenzt.
Das „optische Verhalten“ schneller Elektronen nutzt man im Elektronenmikroskop aus. Die damit sicher registrierbaren kleinsten Unterschiede liegen, ähnlich wie bei Lichtmikroskopen, in der Größenordnung der hier den Elektronen über die
DE-BROGLIE-Beziehung $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$ zugeordneten Wellenlänge.
Mit hoch beschleunigten Elektronen kann ein Auflösungsvermögen von etwa 0,1nm erreicht werden.
Berechnen Sie die kinetische Energie in eV, die Elektronen theoretisch besitzen müssten, um entsprechende Strukturen abbilden zu können.
Vergleichen Sie diese Energie mit der Gesamtenergie eines Elektrons.

Arbeit B

Aufgabe 1 Elektrostatik (24 BE)

1. Ein Bandgenerator dient als Spannungsquelle, um einen Plattenkondensator mit kreisförmigen Platten (Durchmesser d = 256mm, Plattenabstand s = 4,3mm) aufzuladen. Nach dem Aufladen erfolgt eine Trennung von Kondensator und Bandgenerator. Anschließend wird der Kondensator über einen Widerstand entladen und die Entladestromstärke I gemessen. Der Widerstand der Messstrecke (Entladewiderstand und Innenwiderstand des Messgerätes) beträgt R = 10GΩ.
   Es ergeben sich folgende Messwerte.

t in s	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	10,0
I in nA	114	71	44	28	17	7	2	0

a) Skizzieren Sie eine Schaltung zur Ermittlung der Entladestromstärke.
Zeichnen Sie das $I(t)$–Diagramm.
Bestimmen Sie die Ladung Q_0 des Kondensators zum Zeitpunkt t = 0.
Erläutern Sie kurz eine weitere Möglichkeit, die im Kondensator gespeicherte Ladung zu ermitteln.

b) Berechnen Sie die Kapazität des Plattenkondensators.
Ermitteln Sie die Spannung U_0 zu Beginn des Entladevorgangs.

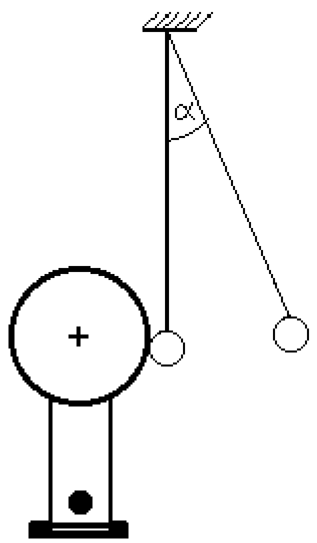
2. Bei einem auf die Spannung U aufgeladenen Kondensator, der von der Spannungsquelle getrennt ist, wird der Plattenabstand verdoppelt.
   Auf welche Werte ändern sich Ladung, Kapazität, Spannung, und die Feldstärke zwischen den Platten? Bezeichnen Sie die neuen Größen mit Q_1, C_1, U_1 und E_1.
   Begründen Sie Ihre Aussagen.

3. In einem weiteren Experiment ist die große Metallkugel (r_1 = 12,0cm) eines Bandgenerators elektrisch positiv aufgeladen. Eine neutrale Kugel mit leitfähiger Oberfläche (m = 2,0g, r_2 = 2,0cm) hängt an einem isolierenden Seidenfaden. Sie wird mit der großen Kugel des Bandgenerators in Kontakt gebracht, lädt sich auf und wird durch die elektrostatische Wechselwirkung ausgelenkt. Nach Einstellung des Kräftegleichgewichts liegen die Kugelmittelpunkte auf einer Horizontalen. Gemessen werden der Winkel α = 8,0° und der Abstand der Kugelmittelpunkte r = 16,6cm.

a) Berechnen Sie den Betrag der Abstoßungskraft, die erforderlich ist, um die Kugel in der Gleichgewichtslage zu halten.
Betrachten Sie die Kugeln als Punktladungen.

b) Berechnen Sie die elektrische Ladung jeder Kugel in dieser Gleichgewichtslage.

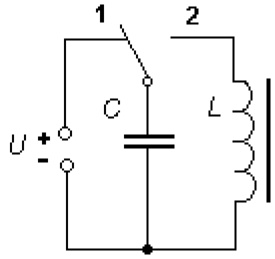
Setzen Sie voraus, dass für die Ladungen der Kugeln $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{r_1}{r_2}$ gilt.



Zeichnung nicht maßstabsgerecht

Aufgabe 2 Elektromagnetische Schwingungen (21 BE)

1. Die nebenstehende Abbildung zeigt eine Schaltung zur Erzeugung von elektromagnetischen Schwingungen. Es ist davon auszugehen, dass ein idealer Kondensator und eine ideale Spule über Schalter und Leitungen ohne elektrischen Widerstand verbunden sind. Die Spannungsquelle liefert eine Gleichspannung U = 10V. Weiterhin gilt C = 47µF und L = 33mH.



a) Erläutern Sie für den Zeitraum einer halben Periode die Vorgänge, die nach dem Umschalten des Schalters von Schalterstellung (1) auf (2) im Schwingkreis ablaufen. Gehen Sie dabei auch auf die Energieumwandlungen ein.

b) Geben Sie die zugehörige Schwingungsgleichung *u(t)* an. Bestimmen Sie dazu die in der Schwingungsgleichung auftretenden Kenngrößen.
Skizzieren Sie das *u(t)*–Diagramm für zwei Perioden, wenn bei t = 0 die Umschaltung von Schalterstellung (1) auf (2) erfolgt.

c) Berechnen Sie die Gesamtenergie des Schwingkreises zum Zeitpunkt t = 0.
Für die Gesamtenergie E des idealen Schwingkreises gilt auch

$$E(t) = \frac{1}{2} \cdot C \cdot \hat{u}^2 \cdot (\cos(\omega \cdot t))^2 + \frac{1}{2} \cdot L \cdot \hat{i}^2 \cdot (\sin(\omega \cdot t))^2 = \text{konst}\,.$$

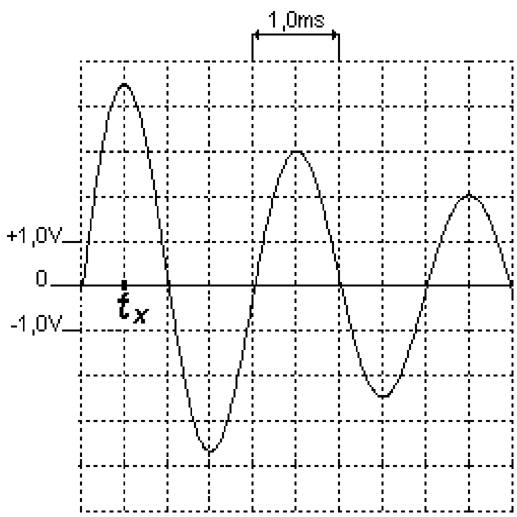
Zeigen Sie, wie sich diese Gleichung aus dem Energieerhaltungssatz entwickeln lässt. Untersuchen Sie auch, ob diese Gleichung Ihre Aussagen zur Energieumwandlung aus Teilaufgabe 1 a enthält.

2. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus dem Oszillogramm der Spannung am Kondensator eines realen Schwingkreises. Für die n-te positive Amplitude dieser exponenziell gedämpften Schwingung gilt hier

$$\hat{u}_n = \hat{u}_0 \cdot \mathrm{e}^{-k \cdot n \cdot T} \qquad n = 1, 2, 3, \ldots$$

a) Erläutern Sie, wie sich die Dämpfung im Oszillogramm widerspiegelt. Gehen Sie auch auf den Verlauf für $t \gg T$ ein.

b) Im Experiment beträgt zum Zeitpunkt t = 0 die Anfangsamplitude $\hat{u}_0 = 10{,}0\,\text{V}$.
Bestimmen Sie mit Hilfe des nebenstehenden Diagramms einen Näherungswert für den Abklingkoeffizienten k.
Ermitteln Sie die Anzahl der Schwingungen, die zum Zeitpunkt t_X bereits abgelaufen sind.



Aufgabe 3: Von den Aufgaben 3.1 bis 3.4 auf Seite 5 bis 8 ist eine zu bearbeiten.