



Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Schule und Berufsbildung

Name: _____

Kurs- Nr. _____

Schriftliche Abiturprüfung

Schuljahr 2013/2014

Physik

auf erhöhtem Anforderungsniveau

an allgemeinbildenden und beruflichen gymnasialen Oberstufen

23. April 2014, 9.00 Uhr

Unterlagen für die Prüflinge

Allgemeine Arbeitshinweise

- Tragen Sie rechts oben auf diesem Blatt und auf Ihren Arbeitspapieren Ihren Namen sowie die Kursnummer ein.
- Kennzeichnen Sie bitte Ihre Entwurfsblätter (Kladde) und Ihre Reinschrift.

Fachspezifische Arbeitshinweise

- Die Arbeitszeit beträgt **300 Minuten**.
- Eine Lese- und Auswahlzeit von **30 Minuten** ist der Arbeitszeit **vorgeschaltet**. In dieser Zeit darf nicht mit der Bearbeitung begonnen werden.
- Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner, gedruckte Formelsammlung, Zeichenhilfsmittel, Recht-schreiblexikon.

Aufgabenauswahl

- Sie erhalten **drei** Aufgaben zu unterschiedlichen Schwerpunktthemen (**I**: Harmonische Schwin-gungen, **II**: Gravitation, **III**: Elektrisches Feld).
- Überprüfen Sie anhand der Seitenzahlen, ob Sie alle Unterlagen vollständig erhalten haben.
- Wählen Sie aus den Aufgaben **zwei** aus und bearbeiten Sie diese.
- Vermerken Sie hier auf dem Deckblatt und auf Ihrer Reinschrift, welche Aufgabe Sie ausgewählt und bearbeitet haben.

Ausgewählt wurden:

Nummer und Schwerpunktthema der Aufgabe

Bewertung

Jeder Aufgabe sind 50 Bewertungseinheiten (Punkte P) zugeordnet. Insgesamt sind also 100 P erreichbar.

Bei der Festlegung von Notenpunkten gilt die folgende Tabelle.

Bewertungs- einheiten	Erbrachte Leistung	Notenpunkte	Bewertungs- einheiten	Erbrachte Leistung	Notenpunkte
≥ 95 P	≥ 95 %	15	≥ 55 P	≥ 55 %	7
≥ 90 P	≥ 90 %	14	≥ 50 P	≥ 50 %	6
≥ 85 P	≥ 85 %	13	≥ 45 P	≥ 45 %	5
≥ 80 P	≥ 80 %	12	≥ 40 P	≥ 40 %	4
≥ 75 P	≥ 75 %	11	≥ 33 P	≥ 33 %	3
≥ 70 P	≥ 70 %	10	≥ 26 P	≥ 26 %	2
≥ 65 P	≥ 65 %	9	≥ 19 P	≥ 19 %	1
≥ 60 P	≥ 60 %	8	< 19 P	< 19 %	0

Die Note „ausreichend“ (5 Punkte) wird erteilt, wenn annähernd die Hälfte (mindestens 45 %) der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden ist. Dazu muss mindestens eine Teilaufgabe, die Anforderungen im Bereich II aufweist, vollständig und weitgehend richtig bearbeitet worden sein.

Die Note „gut“ (11 Punkte) wird erteilt, wenn annähernd vier Fünftel (mindestens 75 %) der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden sind. Dabei muss die Prüfungsleistung in ihrer Gliederung, in der Gedankenführung, in der Anwendung fachmethodischer Verfahren sowie in der fachsprachlichen Artikulation den Anforderungen voll entsprechen. Ein mit „gut“ beurteiltes Prüfungsergebnis setzt voraus, dass neben Leistungen in den Anforderungsbereichen I und II auch Leistungen im Anforderungsbereich III erbracht worden sind.

Bei erheblichen Mängeln in der sprachlichen Richtigkeit werden bei der Bewertung der schriftlichen Prüfungsleistung je nach Schwere und Häufigkeit der Verstöße bis zu zwei Notenpunkte abgezogen. Dazu gehören auch Mängel in der Gliederung, Fehler in der Fachsprache, Ungenauigkeiten in Zeichnungen sowie falsche Bezüge zwischen Zeichnungen und Text.

Operatoren

Operatoren	AB	Definitionen
abschätzen	II-III	Durch begründete Überlegungen Größenordnungen physikalischer Größen angeben
analysieren, untersuchen	II-III	Unter gezielten Fragestellungen Elemente und Strukturmerkmale herausarbeiten und als Ergebnis darstellen
angeben, nennen	I	Ohne nähere Erläuterungen wiedergeben oder aufzählen
anwenden, übertragen	II	Einen bekannten Sachverhalt, eine bekannte Methode auf eine neue Problemstellung beziehen
aufbauen	II-III	Objekte und Geräte zielgerichtet anordnen und kombinieren
auswerten	II	Daten oder Einzelergebnisse zu einer abschließenden Gesamtaussage zusammenführen

Physik auf erhöhtem Anforderungsniveau

Operatoren	AB	Definitionen
begründen	II-III	Einen angegebenen Sachverhalt auf Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen
benennen	I	Elemente, Sachverhalte, Begriffe oder Daten (er)kennen und angeben
beobachten	I-II	Wahrnehmen unter fachspezifischen Gesichtspunkten und z. B. skizzieren, beschreiben, protokollieren
berechnen	I-II	Ergebnisse von einem Ansatz ausgehend durch Rechenoperationen gewinnen
beschreiben	I-II	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge unter Verwendung der Fachsprache in eigenen Worten veranschaulichen
bestimmen	II	Einen Lösungsweg darstellen und das Ergebnis formulieren
beurteilen	II-III	Hypothesen bzw. Aussagen sowie Sachverhalte bzw. Methoden auf Richtigkeit, Wahrscheinlichkeit, Angemessenheit, Verträglichkeit, Eignung oder Anwendbarkeit überprüfen
bewerten	II-III	Eine eigene Position nach ausgewiesenen Normen oder Werten vertreten
durchführen	I-II	An einer Experimentieranordnung zielgerichtete Messungen und Änderungen vornehmen
einordnen, zuordnen	II	Mit erläuternden Hinweisen in einen Zusammenhang einfügen
entwerfen, planen	II-III	Zu einem vorgegebenen Problem eine Experimentieranordnung finden
entwickeln	II-III	Eine Skizze, eine Hypothese, ein Experiment, ein Modell oder eine Theorie schrittweise weiterführen und ausbauen
erklären	II-III	Rückführung eines Phänomens oder Sachverhalts auf Gesetzmäßigkeiten
erläutern	II-III	Ergebnisse, Sachverhalte oder Modelle nachvollziehbar und verständlich veranschaulichen
erörtern	II-III	Ein Beurteilungs- oder Bewertungsproblem erkennen und darstellen, unterschiedliche Positionen und Pro- und Kontra-Argumente abwägen und mit einem eigenen Urteil als Ergebnis abschließen
herausarbeiten	II-III	Die wesentlichen Merkmale darstellen und auf den Punkt bringen
herleiten, nachweisen, zeigen	II	Aus Größengleichungen durch logische Folgerungen eine physikalische Größe bestimmen
interpretieren	II-III	Phänomene, Strukturen, Sachverhalte oder Versuchsergebnisse auf Erklärungsmöglichkeiten untersuchen und diese gegeneinander abwägend darstellen
prüfen	II-III	Eine Aussage bzw. einen Sachverhalt nachvollziehen und auf der Grundlage eigener Beobachtungen oder eigenen Wissens beurteilen
skizzieren	I-II	Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse kurz und übersichtlich darstellen mithilfe von z. B. Übersichten, Schemata, Diagrammen, Abbildungen, Tabellen und Texten
vergleichen, gegenüberstellen	II-III	Nach vorgegebenen oder selbst gewählten Gesichtspunkten Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln und darstellen
zeichnen	I-II	Eine hinreichend exakte bildhafte Darstellung anfertigen

Formelsammlung

Schwingungen

Schwingungsdauer T Frequenz f	$T = \frac{1}{f}$	y $y_{\max}$ t φ_0 v a	Auslenkung Amplitude Zeit Phasenwinkel Geschwindigkeit Beschleunigung
Kreisfrequenz ω	$\omega = 2\pi f$		
Weg-Zeit-Gesetz einer harmonischen Schwingung	$y(t) = y_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$		
Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz einer harmonischen Schwingung	$v(t) = y_{\max} \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$		
Beschleunigung-Zeit-Gesetz einer harmonischen Schwingung	$a(t) = -y_{\max} \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$		
Schwingungsdauer T eines Fadenpendels	$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$		
Schwingungsdauer T eines Federpendels	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$		

Gravitation

Gravitationsgesetz	$F_G = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$	F_G $m_{1,2}$ m_E $r_{1,2}$ r_E	Gravitationskraft Massen Erdmasse Abstände vom Mittelpunkt Radius der Erde
Arbeit W_G im Gravitationsfeld	$W_G = \gamma \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$		
Energie E_{pot} eines Körpers im Gravitationsfeld der Erde	$E_{\text{pot}} = -\gamma \cdot \frac{m_E \cdot m}{r} \quad (\text{für } r > r_E)$		
Gravitationsfeldstärke g der Erde	$g = \gamma \cdot \frac{m_E}{r^2} \quad (\text{für } r > r_E)$		
		$\gamma = 6,673 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$	

Die Kepler'schen Gesetze

1. Kepler'sches Gesetz	Alle Planeten bewegen sich auf Ellipsenbahnen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.		
2. Kepler'sches Gesetz	$\frac{\Delta A}{\Delta t} = \text{konst.}$	A t $T_{1,2}$	vom Leitstrahl überstrichene Fläche erforderliche Zeit Umlaufzeiten
3. Kepler'sches Gesetz	$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$	$a_{1,2}$	große Halbachsen der Planetenbahnen

Kreisbewegungen

Radialkraft F	$F = m \cdot \frac{v^2}{r}$	v r m	Bahngeschwindigkeit Bahnradius Masse
Radialbeschleunigung a_r	$a_r = \frac{v^2}{r}$		

Physik auf erhöhtem Anforderungsniveau

Daten zu den Planeten unseres Sonnensystems:

Planet	Mittlere Bahngeschwindigkeit in $km \cdot s^{-1}$	Mittlere Entfernung von der Sonne in $10^6 km$	Äquatordurchmesser in km	Masse in Erdmassen
Merkur	47,80	58	4480	0,056
Venus	35,03	108	12102	0,815
Erde	29,79	149,6	12756	1
Mars	24,13	228	6788	0,107
Jupiter	13,06	778	142796	317,82
Saturn	9,64	1427	120600	95,11
Uranus	6,81	2870	51118	14,52
Neptun	5,43	4497	49562	17,2

Masse der Erde: $m_E = 5,975 \cdot 10^{24} kg$

Das elektrische Feld

Elektrische Ladung Q	$Q = \int_{t_1}^{t_2} Idt$	I elektrische Stromstärke t Zeit
Coulomb'sches Gesetz	$F_C = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$	F_C Coulombkraft $Q_{1,2}$ Ladungen r Abstand der Ladungen voneinander
Permittivität ϵ	$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$	ϵ_r relative Permittivität
Elektrische Feldstärke $\vec{E}$ • allgemein • im Abstand r von einer Punktladung Q im Vakuum	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_p}$ $E = \frac{Q}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot r^2}$	U Spannung Q_p Probeladung
Elektrische Kapazität C	$C = \frac{Q}{U}$	elektrische Feldkonstante $\epsilon_0 = 8,854188 \cdot 10^{-12} \frac{C}{Vm}$
Arbeit W_{el} im elektrischen Feld	$W = Q \cdot U$	

Spezialfall Plattenkondensator

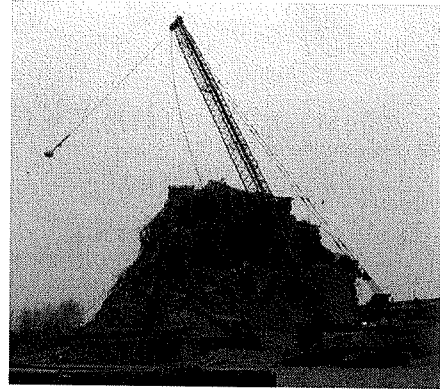
Elektrische Feldstärke E	$E = \frac{U}{s}$	U_C Kondensatorspannung s Plattenabstand
Elektrische Kapazität C	$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{s}$	A Plattenfläche R Ohm'scher Widerstand
Energie E_{el} des elektrischen Feldes	$E_{el} = \frac{1}{2} C \cdot U^2$	
Entladefunktion für die Spannung $U(t)$	$U(t) = U_C \cdot e^{-\frac{1}{RC}t}$	
Gesamtkapazität C_g bei Schaltung von zwei Kondensatoren	Reihenschaltung $\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ Parallelschaltung $C_g = C_1 + C_2$	

Harmonische Schwingung

I Kran mit Abrisskugel

Ein hoher Kran mit einer Abrisskugel, der insgesamt eine Gewichtskraft von $F_G = 320000 \text{ N}$ erfährt, soll mithilfe eines Tiefladers an einen neuen Einsatzort gebracht werden. Die Abrisskugel mit der Masse $m = 300 \text{ kg}$ und dem Durchmesser $d = 42,0 \text{ cm}$ hängt frei an einem Stahlseil der Länge $L = 9,60 \text{ m}$.

Nachdem der Kran vor dem Tieflader gestoppt wurde, führt die Abrisskugel eine Pendelbewegung aus, deren maximale Auslenkung $s_0 = 0,80 \text{ m}$ beträgt; die Schwingungsdauer dieser Schwingung ist $T_1 = 6,3 \text{ s}$.



- a) • Skizzieren Sie das vorliegende Pendel für eine Auslenkung $s \neq 0$ und zeichnen Sie die Rückstellkraft F_R ein.
- Weisen Sie mithilfe der Skizze nach, dass für das Kraftgesetz bei der Pendelschwingung gilt:
$$F_R(\alpha) = F_G \cdot \sin \alpha .$$
- Erläutern Sie, unter welcher Voraussetzung von einem proportionalen Zusammenhang zwischen der Auslenkung s und der Rückstellkraft F_R ausgegangen werden darf. (9P)
- b) Eine Pendelschwingung wird als harmonisch angesehen, wenn der Auslenkwinkel kleiner gleich 5° ist.
- Prüfen Sie, ob die vorliegende Schwingung für die gegebene maximale Auslenkung als harmonisch aufgefasst werden darf.
- Nennen Sie die Idealisierungen, die vorgenommen werden müssen, um die schwingende Abrisskugel am Stahlseil als mathematisches Pendel behandeln zu dürfen. (8P)
- c) • Berechnen Sie die Höchstgeschwindigkeit, die die Kugel erreichen kann. (4P)
- d) • Zeichnen Sie die Auslenkung s und die Geschwindigkeit v des Kugelmittelpunktes in Abhängigkeit von der Zeit t in einem geeigneten Maßstab auf.
- Bestimmen Sie rechnerisch und zeichnerisch die Beträge der Auslenkung s und der Geschwindigkeit v zum Zeitpunkt $t = 4 \text{ s}$.
- Hinweis: Zum Zeitpunkt $t = 0 \text{ s}$ soll die Auslenkung $s = 0 \text{ m}$ betragen.* (10P)

Nun wird der Kran – mit gesicherter Abrisskugel – auf den Tieflader gefahren. Das Gewicht des Krans verteilt sich auf insgesamt 80 elastische Federn, die an den Achsen des Tiefladers angebracht sind und jede für sich eine Richtgröße von $D = 40000 \text{ Nm}^{-1}$ haben.

Beim Transport beginnt die Anordnung aus mit Haltebändern gesichertem Kran und Tieflader aufgrund defekter Stoßdämpfer zu schwingen. Die Anordnung hat eine Gesamtmasse von 40 t, die Amplitude der Schwingung ist $s_0 = 12,0 \text{ cm}$.

- e) • Bestimmen Sie die Richtgröße D_{ges} für das Federsystem des Tiefladers.
• Berechnen Sie die Schwingungsdauer T_2 dieser Anordnung.
• Beurteilen Sie, ob der Kran ohne Haltebänder abheben, d. h. kurzzeitig während der Schwingung den Kontakt zu dem Tieflader verlieren würde.
Hinweis: Bestimmen Sie die Maximalbeschleunigung der Anordnung. (11P)

Die Baustelle, auf der der Kran eingesetzt werden soll, liegt auf einer kleinen Insel. Um den Kran dorthin zu bekommen, wird er in einem Hafen auf einen Ponton der Länge $a = 40 \text{ m}$, der Breite $b = 20 \text{ m}$, der Höhe $c = 2,5 \text{ m}$ und der Masse $m = 3,1 \text{ t}$ verladen.

- f) • Prüfen Sie, ob es stimmt, dass der Ponton durch die Gewichtskraft des Krans 4 cm tiefer ins Wasser eintaucht als vor dem Verladen.
Hinweis: Die Auftriebskraft ist genau so groß wie die Gewichtskraft der verdrängten Wassermenge. Ein Kubikmeter Wasser hat eine Gewichtskraft $F_G \approx 10.000 \text{ N}$. (4P)

Infolge des Ladevorgangs beginnen Kran und Ponton vertikal im Wasser zu schwingen.

- g) • Begründen Sie detailliert, warum die idealisierte Pontonschwingung eine harmonische Schwingung ist.
Hinweis: ‚Idealisiert‘ heißt hier, dass Verluste durch Reibung und die Entstehung von Wasserwellen nicht berücksichtigt werden sollen. (4P)

Gravitation

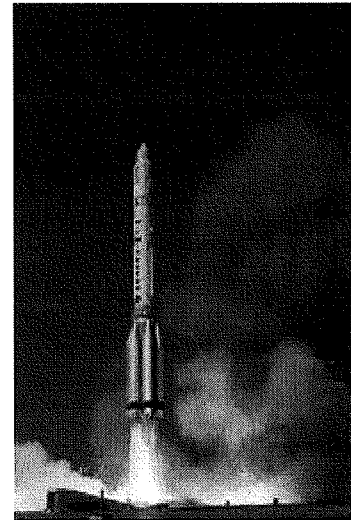
II Planetenbahnen und Raumfahrt

Planeten bewegen sich auf festgelegten Bahnen um ein Zentralgestirn (Sonne). Für diese Bewegungen gelten die Kepler'schen Gesetze.

- a) • Nennen Sie das 2. und das 3. Kepler'sche Gesetz in eigenen Worten. (6P)

Das 3. Kepler'sche Gesetz beschreibt, wie Umlaufbahnen und Umlaufzeiten für Himmelskörper, die um ein Zentralgestirn kreisen, zusammenhängen.

- b) • Überprüfen Sie das 3. Kepler'sche Gesetz für die Planeten Erde und Jupiter. Gehen Sie dabei von kreisförmigen Planetenbahnen aus und legen Sie Ihren Berechnungen die mittleren Bahngeschwindigkeiten und die mittleren Entfernungen von der Sonne zugrunde. (7P)



Von besonderer Bedeutung sind die Kreisbahngeschwindigkeit an der Oberfläche v_{k1} und die Fluchtgeschwindigkeit v_{k2} , die sogenannten 'kosmischen Geschwindigkeiten' (siehe z. B. in der Formelsammlung).

- c) • Leiten Sie die Formeln für die erste und zweite kosmische Geschwindigkeit (v_{k1} bzw. v_{k2}) her:

$$v_{k1} = \sqrt{\frac{\gamma \cdot m_{\text{Zentralkörper}}}{r}} \qquad v_{k2} = \sqrt{\frac{2 \cdot \gamma \cdot m_{\text{Zentralkörper}}}{r}}$$

- Berechnen Sie den Betrag dieser Geschwindigkeiten für den Jupiter. (10P)

Eine Rakete soll auf die geostationäre Bahn gebracht werden, um einen Satelliten auszusetzen.

- d) • Beschreiben Sie, wodurch sich die geostationäre Bahn auszeichnet und zu welchem Zweck solche Bahnen eingenommen werden.
• Begründen Sie, warum es eine geostationäre Bahn nur über dem Äquator geben kann.
• Bestimmen Sie, in welcher Höhe h sie sich über der Erdoberfläche befindet. (9P)

Die Wahl der Startbasis einer Rakete hängt von politischen und meteorologischen Erwägungen ab. Aber auch physikalische Aspekte könnten eine Rolle spielen. Die Startbasis der USA befindet sich in Florida, ca. 29° nördlicher Breite. Aufgrund der Erdrotation ist die Gewichtskraft der Rakete am Äquator niedriger als in nördlicheren Breiten (Norden der USA: 49° nördlicher Breite; die Breitengrade werden ausgehend vom Äquator gemessen).

- e) • Begründen Sie mithilfe einer Berechnung der durch die Radialkräfte hervorgerufenen Beschleunigungen, dass die Gewichtskraft in Florida geringer ist als im Norden der USA.
- Beurteilen Sie durch einen Vergleich mit der Erdbeschleunigung, wie groß die Bedeutung der Radialbeschleunigungen für die Wahl der Startbasis ist. (12P)

Neben den beiden bislang diskutierten Phänomenen der Gravitation und der Radialkraft könnte eine mögliche elektrostatische Aufladung durch Reibungseffekte beim Start den Flug der Rakete beeinflussen. Die Berechnung soll am Beispiel der europäischen Rakete Ariane 1 mit der Masse $m = 202,6 \text{ t}$ durchgeführt werden.

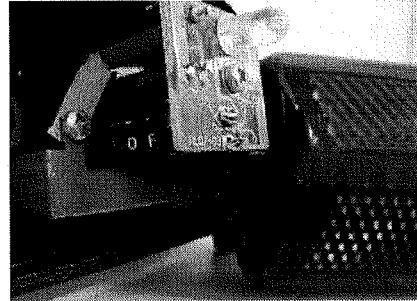
- f) • Bewerten Sie mithilfe des Coulomb-Gesetzes den Einfluss der elektrostatischen Kraft, die auf die Rakete wirkt, wenn sich diese im Abstand von 100 km von der Erdoberfläche befindet und die Rakete und der Erdboden jeweils eine Ladung vom Betrag $Q = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ C}$ aufweisen, jedoch mit unterschiedlichem Vorzeichen. Gehen Sie davon aus, dass die Ladung auf der Erde nur über eine kleine Fläche verteilt ist (in unseren Dimensionen nahezu „punktförmig“). (6P)

Elektrisches Feld

III Fahrradstandlicht

Zur Sicherheitsausrüstung jedes Fahrrads gehört ein Rücklicht, das seine Energie entweder von einem Dynamo oder von einer Batterie bzw. Akkumulator bekommt.

Heutige Fahrradrücklichter enthalten oft anstelle einer Batterie einen Kondensator. Wenn der Dynamo aufhört, elektrische Energie zu liefern, leuchtet ein solches Rücklicht noch einige Zeit weiter.



- a) • Beschreiben Sie die Vorgänge beim Anschließen eines Plattenkondensators an eine Batterie, zunächst ohne Dielektrikum im Kondensator.
- Erläutern Sie, wie sich das Einfügen eines Dielektrikums zwischen den Platten auswirkt. (6P)

Die Leuchtdiode (LED) im Rücklicht soll nach Ende der Fahrt noch für mindestens 3 Minuten leuchten. Nehmen Sie vereinfachend an, dass die LED vom Kondensator über 3 Minuten mit einer konstanten Spannung von $U = 2,5 \text{ V}$ versorgt wird und dabei ein Strom der Stärke $I = 30 \text{ mA}$ fließt.

- b) • Berechnen Sie die elektrische Ladung, die dabei durch die LED fließen muss, und die dafür benötigte Kapazität des Kondensators. (5P)

Ein Kondensator besteht aus zwei dünnen Metallfolien mit einer isolierenden Schicht (mit der Dielektrizitätszahl $\epsilon_r = 9,6$ und der Dicke $d = 0,70 \text{ }\mu\text{m}$) als Dielektrikum.

- c) • Berechnen Sie den benötigten Flächeninhalt pro Kondensatorplatte, um die Kapazität $C = 2,2 \text{ F}$ in einem Plattenkondensator mit diesem Dielektrikum zu erhalten.
- Die Metallfolien und das Dielektrikum werden zu einem Zylinder aufgewickelt.
- Erläutern Sie, wieso es auch bei Vernachlässigung der Metallfoliendicke nicht möglich ist, die Folien in einem Zylinder mit $1,8 \text{ cm}$ Durchmesser und $3,5 \text{ cm}$ Höhe unterzubringen. (10P)

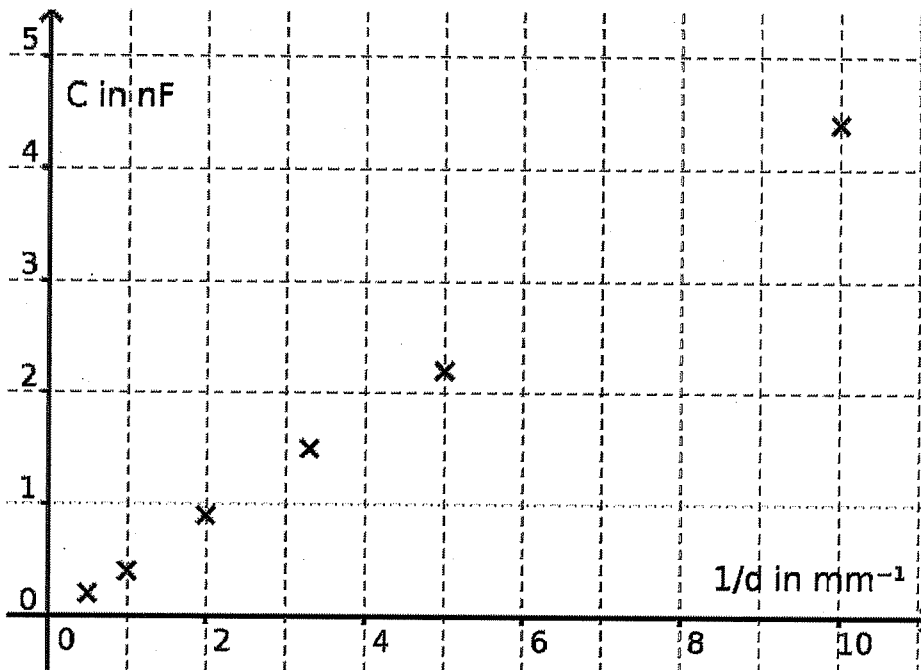
Anmerkung: Für die benötigten Hochkapazitätskondensatoren wird eine spezielle elektrochemische Technik verwendet, mit der sich im Vergleich zu gewöhnlichen Kondensatoren 1000fach höhere Kapazitäten bei gleichem Volumen erreichen lassen.

Ein Fahrradfahrer ist unzufrieden mit der noch zu kurzen Leuchtdauer seines Rücklichtes. Er besorgt sich dazu einen weiteren Kondensator mit der Kapazität $C_2 = 3,3 \text{ F}$ und möchte diesen zusätzlich zum schon vorhandenen Kondensator der Kapazität $C_1 = 2,2 \text{ F}$ in sein Rücklicht einbauen.

- d) • Geben Sie einschließlich Schaltskizze zwei grundsätzlich unterschiedliche Möglichkeiten an, zwei Kondensatoren und einen Verbraucher zu einem Stromkreis zusammenzuschalten.
- Berechnen Sie für jede der beiden Schaltungen die Gesamtkapazität.
- Begründen Sie, welche der beiden Schaltungen verwendet werden sollte. (10P)

Es wurde ein neuartiges Material entwickelt, dessen Eignung als Dielektrikum untersucht werden soll. Dafür werden Plattenkondensatoren mit 100 cm^2 großen Platten bei verschiedenen Plattenabständen d angefertigt. Der Zwischenraum wird vollständig mit dem neuen Material ausgefüllt. Zu jedem Plattenkondensator wird die Kapazität C gemessen.

Die Messergebnisse (C in Abhängigkeit von $1/d$) sind in folgendem Diagramm dargestellt.



- e) • Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen C und $1/d$.
- Prüfen Sie, ob das hier untersuchte Material sich hinsichtlich möglichst hoher Kapazität und kleinem Raumbedarf tatsächlich besser als Dielektrikum eignet als das in Aufgabenteil c) beschriebene Dielektrikum. (9P)
- f) • Begründen Sie, dass – im Gegensatz zur Vereinfachung in Aufgabenteil b) – weder die Kondensatorspannung noch die Stromstärke durch die LED während der Entladung konstant sind und

- beschreiben Sie qualitativ den zeitlichen Verlauf der Spannung und der Stromstärke.

Der Spannungsverlauf während einer Kondensatorentladung über einen Widerstand R wird beschrieben durch $U(t) = U_0 e^{-t/RC}$. Die Spannung bei Beginn der Entladung betrage $U_0 = 3 \text{ V}$, wobei $I_0 = 0,05 \text{ A}$ fließe. Die LED erlischt, wenn die Spannung unter $1,8 \text{ V}$ sinkt.

- Berechnen Sie unter der Annahme, dass die LED einen ohmschen Widerstand darstellt, die Dauer, für die die LED bei Verwendung eines Kondensators der Kapazität $C = 2,2 \text{ F}$ leuchtet. (10P)