

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Schule und Berufsbildung

Schriftliche Abiturprüfung

Physik

Hinweise und Beispiele zu den
zentralen schriftlichen Prüfungsaufgaben

Impressum

Herausgeber:

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Schule und Berufsbildung
Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung
Felix-Dahn-Straße 3, 20357 Hamburg

Referatsleitung Unterrichtsentwicklung

mathematisch-naturwissenschaftlich-technischer Unterricht: Werner Renz

Fachreferent Physik: Jay Wiese

Diese Veröffentlichung beinhaltet Teile von Werken, die nach ihrer Beschaffenheit nur für den Unterrichtsgebrauch in Hamburger Schulen sowie für Aus- und Weiterbildung am Hamburger Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung bestimmt sind.

Eine öffentliche Zugänglichmachung dieses für den Unterricht an Hamburger Schulen bestimmten Werkes ist nur mit Einwilligung des Landesinstituts für Lehrerbildung und Schulentwicklung zulässig.

Veröffentlicht auf: www.li.hamburg.de/publikationen/abiturpruefung

Hamburg 2012

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
1 Regelungen für die schriftliche Abiturprüfung	5
2 Liste der Operatoren	6
3 Aufgabenbeispiele	8
3.1 grundlegendes Anforderungsniveau	8
Aufgabe I: Gravitation	8
Aufgabe II: Mechanische Schwingungen	12
3.2 erhöhtes Anforderungsniveau	16
Aufgabe I: Gravitation	16
Aufgabe II: Mechanische Schwingungen	20

Vorwort

Sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen,

ab dem Schuljahr 2013/2014 wird die Zahl der Fächer mit zentral gestellten Aufgaben in der Abiturprüfung u.a. um die MINT-Fächer Biologie, Chemie, Informatik und Physik erweitert. Die schriftlichen Abituraufgaben für diese Fächer werden zentral von der Schulbehörde erstellt. Sie beziehen sich auf Themen, die etwa 50 % des Unterrichts in der Studienstufe ausmachen und in den Rahmenplänen bereits verbindlich geregelt sind. Damit bleibt in der Profiloberstufe eine vernünftige Balance zwischen schulisch geprägten Themen und zentralen Leistungsanforderungen erhalten. Die fachspezifischen Hinweise im so genannten A-Heft, den „Regelungen für die zentralen schriftlichen Prüfungen“ für das Abitur 2014 (siehe Internet <http://www.hamburg.de/abitur-2014/hamburg/3365184/start.html>) informieren über die Schwerpunkte und Anforderungen der Prüfungsaufgaben. Sie ermöglichen damit eine langfristige Unterrichtsplanung.

Neu ab dem Abitur 2014 ist zudem die Wahlmöglichkeit für die zu bearbeitenden Prüfungsaufgaben durch die Schülerinnen und Schüler in allen MINT-Fächern. In den naturwissenschaftlichen Fächern und Informatik werden jeweils drei Aufgaben vorgelegt, von denen die Schülerinnen und Schüler zwei zur Bearbeitung auswählen.

Auf den nachfolgenden Seiten finden Sie zu Ihrer Orientierung Beispiele für zentrale Prüfungsaufgaben im Fach Physik, in denen neben der Aufgabenstellung auch der Erwartungshorizont und die zugeordneten Bewertungseinheiten beschrieben sind.

In der Hoffnung, dass die vorliegende Handreichung hilfreich für Sie und Ihre Unterrichtsarbeit ist, wünsche ich Ihnen und Ihren Schülerinnen und Schülern eine erfolgreiche Vorbereitung auf die schriftliche Abiturprüfung.

Den Mitgliedern der Arbeitsgruppe, die diese Handreichung erstellte, danke ich herzlich für die geleistete Arbeit.

Werner Renz

1 Regelungen für die schriftliche Abiturprüfung

Der Fachlehrerin, dem Fachlehrer

- werden **drei** Aufgaben (I, II und III) zu unterschiedlichen Schwerpunkten vorgelegt. Die jeweiligen Schwerpunktthemen entnehmen Sie bitte den *Regelungen für die zentralen schriftlichen Prüfungsaufgaben* des entsprechenden Jahrgangs.

Die Abiturientin, der Abiturient

- erhält alle **drei** Aufgaben,
- wählt davon **zwei** Aufgaben aus und bearbeitet diese,
- vermerkt auf der Reinschrift, welche Aufgabe sie / er bearbeitet hat,
- ist verpflichtet, die Vollständigkeit der vorgelegten Aufgaben vor Bearbeitungsbeginn zu überprüfen (Anzahl der Blätter, Anlagen usw.).

Aufgabenarten:	Für die schriftliche Abiturprüfung im Fach Physik sind Aufgabenstellungen geeignet, die <ul style="list-style-type: none"> • vorgeführte oder selbst durchgeführte Experimente beschreiben und auswerten lassen, • fachspezifisches Material (z. B. Diagramme, Tabellen, dokumentierte Experimente) auswerten, kommentieren, interpretieren und bewerten lassen, • fachspezifische Fragen beantworten lassen, • Formeln kommentiert herleiten lassen und kommentierte Berechnungen fordern, • fachliche Sachverhalte in historische Bezüge oder aktuelle Kontexte einordnen lassen, • physikalische Phänomene aus Natur und Technik erklären lassen, • begründete Stellungnahmen zu Aussagen oder vorgelegtem Material einfordern, • strukturiertes Fachwissen in einem größeren Zusammenhang darstellen lassen, • problembezogenes Einordnen und Nutzen von Wissen in verschiedenen inner- und außerphysikalischen Wissensbereichen ermöglichen, • mehrere Lösungswege ermöglichen. 	
Arbeitszeit:	Grundlegendes Niveau:	240 Minuten
	Erhöhtes Niveau:	300 Minuten
	Eine Lese- und Auswahlzeit von 30 Minuten ist der Arbeitszeit vorgeschaltet. In dieser Zeit darf noch nicht mit der Bearbeitung begonnen werden.	
Hilfsmittel:	Taschenrechner, Formelsammlung	

Die in den zentralen schriftlichen Abituraufgaben verwendeten **Operatoren** werden im Anhang genannt und erläutert. Grundlage der schriftlichen Abiturprüfung ist der Rahmenplan in der Fassung von 2009 mit den folgenden curricularen Vorgaben, Konkretisierungen und Schwerpunktsetzungen. Für die Schwerpunktthemen ist jeweils eine Unterrichtszeit von der Hälfte, höchstens aber von zwei Dritteln eines Semesters vor-

gesehen. Es besteht grundsätzlich Themengleichheit zwischen Kursen auf grundlegendem und erhöhtem Niveau. Für das erhöhte Niveau wird ein – auch qualitatives – Ad-ditum angegeben.

Es werden drei Schwerpunktthemen benannt, die verschiedene Bereiche der Physik abdecken und in etwa die Hälfte des Unterrichts bestimmen. Die jeweiligen Schwerpunktthemen entnehmen Sie bitte den *Regelungen für die zentralen schriftlichen Prüfungsaufgaben* des entsprechenden Jahrgangs. Eine Prüfungsaufgabe erstreckt sich auf alle vier im Rahmenplan Physik beschriebenen Kompetenzbereiche. Die Aufgaben gehen von möglichst lebensnahen Kontexten aus, von denen sich die physikalisch relevanten Themen und Fragestellungen ableiten.

2 Liste der Operatoren

Die in den zentralen schriftlichen Abituraufgaben verwendeten Operatoren werden in der folgenden Tabelle definiert und inhaltlich gefüllt. Entsprechende Formulierungen in den Klausuren der Studienstufe sind ein wichtiger Teil der Vorbereitung der Schülerinnen und Schüler auf das Abitur.

Neben Definitionen und Beispielen enthält die Tabelle auch Zuordnungen zu den Anforderungsbereichen I, II und III, wobei die konkrete Zuordnung auch vom Kontext der Aufgabenstellung abhängen kann und eine scharfe Trennung der Anforderungsbereiche nicht immer möglich ist.

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
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

Operatoren	AB	Definitionen
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	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 mit Hilfe 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

3 Aufgabenbeispiele

3.1 grundlegendes Anforderungsniveau

Aufgabe I

Gravitation

- a) Benennen Sie die drei Kepler'schen Gesetze und erläutern Sie diese kurz mit eigenen Worten. (9P)
- b) **Experimentelle Aufgabe:** Ermitteln Sie auf mindestens einem Weg experimentell den Ortsfaktor g in Ihrem Prüfungsraum. Im hinteren Teil des Raums finden Sie Experimentiermaterial: verschiedene Schraubenfedern (Federkonstante bekannt), Fäden, Massestücke, eine Waage, Stativmaterial, Messmaterial, eine Stoppuhr... Dokumentieren Sie Ihr Vorgehen in angemessener Form und diskutieren Sie Fehlerquellen. (10P)
- c) 2006 definierte die Internationale Astronomische Union (IAU) den Begriff des Planeten neu: Demnach bewegen sich Planeten auf einer Bahn um die Sonne, besitzen genügend Masse, um die Form einer Kugel anzunehmen, und haben alle Objekte um sich herum angezogen, so dass ihre Bahn bereinigt ist. Lesen Sie den Text in der Anlage und diskutieren Sie, ob es sich bei dem 2002 entdeckten Himmelskörper Quaoar um einen Planeten handelt. (4P)
- d) Erde und Quaoar umrunden beide die Sonne. Die Erde braucht für eine Umrundung nur 365,25 Tage, der neue Planet wesentlich länger. Bestimmen Sie mit Hilfe der Daten von Quaoar und Erde den Abstand von Quaoar zur Sonne und die Masse der Sonne. (Falls Sie kein Ergebnis für den Abstand Quaoar-Sonne finden, rechnen Sie mit dem Wert $r = 6,5 \cdot 10^{12}$ m weiter.) (9P)
- e) Ein Astronaut ($m_A = 75$ kg) besucht den neuen Himmelskörper. Eine mitgebrachte Waage zeigt auf dem Äquator eine andere Gewichtskraft an als auf dem Pol. Erläutern Sie dieses Phänomen und berechnen Sie die Anzeige der Waage an beiden Orten. (8P)
- f) Quaoar besitzt einen 2006 entdeckten Mond namens Weywot. Dieser befindet sich auf einer Bahn mit dem Radius 11000 km. Er umrundet Quaoar in 12,4 Tage und er hat eine Masse von $8,5 \cdot 10^{17}$ kg. Es gibt die Theorie, Quaoar habe früher Ringe wie der Saturn besessen, aus denen der Mond entstanden sei. Erläutern Sie, wie und unter welchen Umständen dieser Entstehungsprozess hätte stattfinden können. (10P)

Anlage zur Aufgabe „Gravitation“

Die Astronomen Michael Brown und Chadwick Trujillo vom California Institute of Technology (Pasadena, USA) entdeckten das lichtschwache Gebilde erst mit dem Teleskop auf dem Mount Palomar. Später nutzten sie die "Advanced Camera for Surveys" des Hubble-Weltraum-Teleskops, das den Durchmesser des Objekts bestimmen konnte. Das kugelförmige Objekt mit dem offiziellen Namen "2002 LM60" hat einen Durchmesser von 1300 km (mehr als die Hälfte des Pluto-Durchmessers).

Seine Umlaufbahn ist fast exakt kreisförmig (im Gegensatz zu der extrem exzentrischen Bahn von Pluto), und der Planet umrundet die Sonne in 288 Jahren (Pluto: 248 Jahre). Er dreht sich um sich selbst in 6 Stunden. Der Himmelskörper ist das größte Objekt im Kuiper-Gürtel, der aus Eis- und Gesteinsobjekten besteht.

Es ist noch unbekannt, aus welchem Material der neue Planet besteht, es wird jedoch vermutet, dass er eine Masse von etwa $2,5 \cdot 10^{22}$ kg besitzt. Mit Quaoar wurde zum ersten Mal seit der Entdeckung Plutos im Jahre 1930 ein Himmelskörper mit vergleichbarer Größe gefunden – ein zehnter Planet. Das Bild zeigt eine Illustration; im Foto ist Quaoar ein strukturloser Lichtpunkt.

Erwartungshorizont

	Lösungsskizze	Zuordnung, Bewertung		
		I	II	III
a)	Die drei Keplerschen Gesetze werden kurz mit eigenen Worten erläutert, die Aufgabe erfordert eine eigenständige Darstellung.	3	6	
b)	Die Schülerinnen und Schüler sollen eines von zwei Experimenten durchführen. 1. Die Schwingungsdauer eines Fadenpendels $T_1 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$ experimentell bestimmen und nach G auflösen. 2. Die Auslenkung einer Feder (D bekannt) durch eine bekannte Masse bestimmen und $F_g = m \cdot g = -D \cdot s$ nach g auflösen. Eine Fehlerrechnung wird nicht erwartet. Beide Experimente sollen angemessen beschrieben und dargestellt werden.	1	9	
c)	Die Aufgabenstellung erfordert Textverständnis, die notwendigen Informationen sind allerdings gut erkennbar: Quaoar ist kugelförmig und befindet sich auf einer Bahn um die Sonne – somit sind zwei Kriterien für die Einstufung als Planet erfüllt. Da Quaoar Teil des Kuiper-Gürtels ist, kann davon ausgegangen werden, dass seine Bahn nicht bereinigt ist, wobei diese Information nicht explizit gegeben ist und der Interpretation durch die Schüler bedarf. Somit kommt es auf eine schlüssige Argumentation an. Die gegebenen Informationen entsprechen übrigens nicht alle dem aktuellen Forschungsstand. Wenn Schüler über den Text hinausgehende Informationen liefern, ist dies natürlich positiv zu bewerten.	4		
d)	Der erste Teil dieser Aufgabe wird mit dem 3. Keplerschen Gesetz gelöst: $\frac{T_E^2}{T_Q^2} = \frac{a_E^3}{a_Q^3}, \text{ also ist } a_Q = \sqrt[3]{a_E^3 \cdot \frac{T_Q^2}{T_E^2}} = 6,5 \cdot 10^9 \text{ km}$ Teil 2: Die Gravitationskraft zwischen Sonne und Quaoar bringt die Zentripetalkraft der Kreisbewegung auf: $\gamma \cdot \frac{m_Q \cdot m_S}{r^2} = \frac{m_Q \cdot v^2}{r}$, d. h. $m_S = \frac{v^2 \cdot r}{\gamma} = 1,97 \cdot 10^{30} \text{ kg}$		7	2
e)	Die Gewichtskraft errechnet sich nach: $F_\gamma = \gamma \cdot \frac{m \cdot m_Q}{r^2} = 296 \text{ N}$ Auf dem Äquator ist die Anzeige der Waage aufgrund der Drehung des Planeten um den Wert der Zentripetalkraft reduziert. $F_{\ddot{A}} = F_G - F_Z = \gamma \cdot \frac{m \cdot m_Q}{r^2} - \frac{m \cdot v^2}{r} = 291,9 \text{ N}$ Am Pol ist der Wert nicht reduziert, also $F_P = 296 \text{ N}$	5	3	

	Lösungsskizze	Zuordnung, Bewertung		
		I	II	III
f)	Die Entstehung von Himmelskörpern aus Staubwolken ist eine gängige Theorie zur Entstehung etwas der Planeten des Sonnensystems. Die Überlegungen zur Verklumpung von Materie werden sinnvoll dargestellt, die Argumentation ist nachvollziehbar.			10
	Insgesamt 50 BWE	13	25	12

3.1 grundlegendes Anforderungsniveau

Aufgabe II

Mechanische Schwingungen

- a) In den Abbildungen 1 - 8 sind Momente verschiedener Bewegungen erkennbar festgehalten worden. Beschreiben Sie die zugrunde liegenden Bewegungen, indem Sie insbesondere auf deren Gemeinsamkeiten eingehen. Erläutern Sie die Bewegungsvorgänge anhand eines Beispiels und verwenden Sie dazu die Begriffe harmonische Bewegung, Periode, Auslenkung, Frequenz, Amplitude, Rückstellkraft und Ruhelage. (7P)
- b) Ein Fahrzeug (Abb. 3) der Masse $m = 0,1 \text{ kg}$ ist an einer Feder mit der Federkonstanten $D = 7,5 \text{ N/m}$ befestigt. Feder und Fahrzeug sind so abgestimmt, dass das Fahrzeug in horizontaler Richtung eine reibungsfreie harmonische Schwingung vollzieht.
- (1) Die Feder wird um $s = 0,05 \text{ m}$ aus der Gleichgewichtslage ausgelenkt. Berechnen Sie die Kraft, die dazu erforderlich ist.
 - (2) Wird der Körper freigegeben, setzt eine Schwingung ein. Begründen Sie, weshalb es sich um eine harmonische Schwingung handelt.
 - (3) Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Körpers beim Durchgang durch die Ruhelage.
 - (4) Bestimmen Sie, um wie viel Prozent sich die Schwingungsdauer des Pendels verlängert, wenn die Masse des schwingenden Körpers um $0,02 \text{ kg}$ vergrößert wird. (12P)
- c) An einem Fadenpendel hängt ein Massestück mit der Masse $m = 2 \text{ kg}$, der Faden sei $l = 2,40 \text{ m}$ lang. Das Pendel wird nur wenig ausgelenkt.
- (1) Berechne die Periodendauer für einen Ort, an dem die Erdbeschleunigung $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ beträgt.
 - (2) An einem anderen Ort misst man mit demselben Pendel eine Schwingungsdauer von $T = 3,12 \text{ s}$, bestimme die Erdbeschleunigung an diesem Ort. (7P)
- d) **Experimentelle Aufgabe:**
Im Experimentierraum finden Sie Experimentiermaterial zum Thema Schwingungen.)
- (1) Bestimmen Sie experimentell die Federkonstante einer der Federn auf zwei verschiedenen Wegen.
 - (2) Bestimmen Sie experimentell die Masse der Figur.
(Ersatzwert für die Federkonstante: $3,5 \text{ N/m}$)
 - (3) Dokumentieren Sie Ihr Vorgehen in angemessener Form und diskutieren Sie Fehlerquellen. (11P)
- e) In Abb. 4 sieht man ein Pendel mit der Länge $l = 0,5 \text{ m}$. $0,30 \text{ m}$ unter dem Aufhängepunkt befindet sich ein fester Stift im Punkt P , an den sich der Faden während des Schwingens vorübergehend anlegt. Bestimmen Sie, wie viele Schwingungen das Pendel in einer Sekunde ausführt. (12P)

Anlage zur Aufgabe „Mechanische Schwingungen“



Abb. 1 © Tobilander #27926076/ Fotolia.com



Abb. 2 ©Foto-Ruhrgebiet #30270558 / Fotolia.com

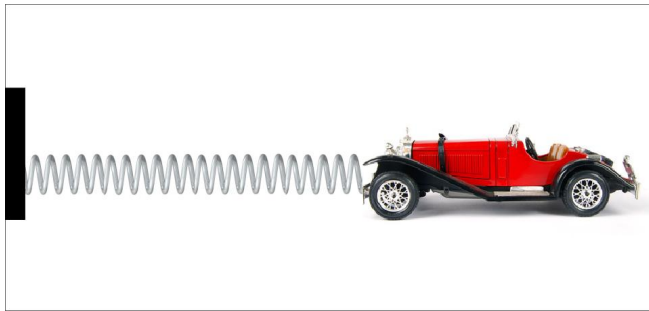


Abb. 3 © Flexmedia #26797271/ Fotolia.com

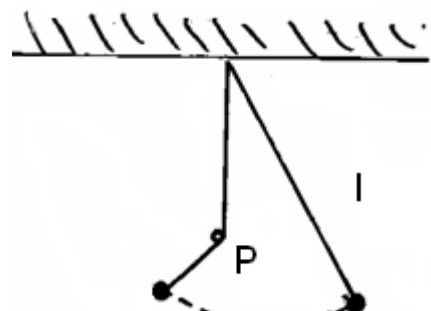


Abb. 4



Abb. 5 ©Joachim Wendler #31842789 / Fotolia.com



Abb. 6 © laska_love #27926076/ Fotolia.com



Abb. 7 © Igor Yaruta #31449046 / Fotolia.com



Abb. 8 © Klaus Epele #26797271 / Fotolia.com

Erwartungshorizont

	Lösungsskizze	Zuordnung, Bewertung		
		I	II	III
a)	Die Periodizität aller Vorgänge soll diskutiert werden, die Begriffe harmonische Bewegung, Periode, Auslenkung, Frequenz, Amplitude, Rückstellkraft und Ruhelage werden an den Beispielen in angemessener Weise erläutert.	4	3	
b)	<p>(1) $F = D \cdot s = 0,375 \text{ N}$</p> <p>(2) Eine harmonische Schwingung liegt vor, wenn die rücktreibende Kraft proportional zur Auslenkung ist. Für das Federpendel gilt $F = D \cdot s$, also gilt bei konstantem D: $F \sim s$.</p> <p>(3) Diese Aufgabe lässt sich über eine Energiebetrachtung (Spannenergie ist gleich kinetischer Energie: $\frac{1}{2} D \cdot s^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_m^2$, $v_m = s_m \cdot \omega = \frac{2\pi}{T} = 0,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}$) oder über die Kenntnis der Bewegungsgleichungen ($v(t) = s_m \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t)$, also $v_m = s_m \cdot \omega = \frac{2\pi}{T} = 0,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}$) lösen.</p> <p>(4) Die Formel für die Schwingungsdauer lautet: $T = 2 \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$. Es können beide Werte errechnet und verglichen werden, oder über einen direkten Vergleich ($T_1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{m_1}{D}}$; $T_2 = 2 \cdot \sqrt{\frac{m_2}{D}}$) der Unterschied von 9,5 % ermittelt werden.</p>	5	6	1
c)	<p>(1) Die Periodendauer beträgt $T = 2 \cdot \sqrt{\frac{l}{g}} = 3,108 \text{ s}$</p> <p>(2) Die Erdbeschleunigung beträgt an dem anderen Ort $g = \frac{4l}{T^2} = 9,73 \text{ m/s}^2$</p>	1	6	
d)	<p>Die Schülerinnen und Schüler sollen die Federkonstante einerseits über $T = 2 \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$ andererseits über $F = D \cdot s$ bestimmen. Eine Fehlerrechnung wird nicht erwartet. Die Masse der Figur kann dann mit der bekannten Federkonstante bestimmen.</p> <p>Neben einer angemessenen Dokumentation ist eine möglichst genaue Bestimmung der Federkonstante und der Masse der Figur erforderlich.</p> <p>Anmerkung: Verwendet wird eine in der Schule vorhandene Feder (z.B. $D = 3 \text{ N/m}$). Als Figur wird ein beliebiger, in der Schule vorhandener Gegenstand (z.B. der Masse 50g – 100g) gewählt, der an der Feder befestigt werden kann.</p>	3	8	

	Lösungsskizze	Zuordnung, Bewertung		
		I	II	III
e)	<p>Um die gesuchte Frequenz zu erhalten, ist die Schwingungsdauer einer Schwingung zu bestimmen. Eine Schwingung setzt sich aus zwei halben Schwingungen zusammen: die mit der langen Fadenlänge und die mit der kurzen Fadenlänge.</p> $T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2}$ <p>Mit der Gleichung für die Schwingungsdauer eines Fadenpendels erhält man dann die Gesamtschwingungsdauer:</p> $T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2}$ $T = \frac{2 \cdot \pi \sqrt{l_1}}{2 \sqrt{g}} + \frac{2 \cdot \pi \sqrt{l_2}}{2 \sqrt{g}} = \pi \cdot \left(\sqrt{\frac{l_1}{g}} + \sqrt{\frac{l_2}{g}} \right)$ $T = \frac{\pi}{\sqrt{g}} \cdot (\sqrt{l_1} + \sqrt{l_2}) = 1,158s$ <p>Damit kann nun die Frequenz berechnet werden:</p> $f = \frac{1}{T} = 0,863 \frac{1}{s}$		3	9
Insgesamt 50 BWE		13	26	11

3.2 erhöhtes Anforderungsniveau

Aufgabe I

Gravitation

- a) Bestimmen Sie die Masse der Erde auf einem einfachen Weg über den mittleren Abstand des Mondes und seine Umlaufzeit. Vergleichen Sie die Masse mit dem Wert aus dem Tafelwerk. Beurteilen Sie die Abweichungen und erläutern Sie, warum sich die Erdmasse mit Hilfe von künstlichen Satelliten genauer berechnen lässt. (8P)
- b) **Experimentelle Aufgabe:** Ermitteln Sie auf experimentell den *Ortfaktor* g in Ihrem Prüfungsraum auf zwei unterschiedlichen Wegen. Im hinteren Teil des Raums finden Sie Experimentiermaterial: verschiedene Schraubenfedern (Federkonstante bekannt), Fäden, Massestücke, eine Waage, Stativmaterial, Messmaterial, eine Stoppuhr... Dokumentieren Sie Ihr Vorgehen in angemessener Form und diskutieren Sie Fehlerquellen. (10P)
- c) 2006 definierte die Internationale Astronomische Union (IAU) den Begriff des Planeten neu: Demnach bewegen sich Planeten auf einer Bahn um die Sonne, besitzen genügend Masse, um die Form einer Kugel anzunehmen, und haben alle Objekte um sich herum angezogen, so dass ihre Bahn bereinigt ist. Lesen Sie den folgenden Text und diskutieren Sie, ob es sich bei dem 2002 entdeckten Himmelskörper Quaoar um einen Planeten handelt. (4P)
- d) Erde und Quaoar umrunden beide die Sonne. Die Erde braucht für eine Umrundung nur 365,25 Tage, der neue Planet wesentlich länger. Bestimmen Sie mit Hilfe der Daten von Quaoar und Erde den Abstand von Quaoar zur Sonne und die Masse der Sonne. (Falls Sie kein Ergebnis für den Abstand Quaoar-Sonne finden, rechnen Sie mit dem Wert $r = 6,5 \cdot 10^{12}$ m weiter.) (9P)
- e) Ein Astronaut ($m_A = 75$ kg) besucht den neuen Himmelskörper. Eine mitgebrachte Waage zeigt auf dem Äquator eine andere Gewichtskraft an als auf dem Pol. Erläutern Sie dieses Phänomen und berechnen Sie die Anzeige der Waage an beiden Orten. (7P)
- f) Untersuchungen aus dem Jahr 2003 stellen die Hypothese auf, der Himmelskörper sei größtenteils hohl und habe nur eine Masse von etwa $1,0 \cdot 10^{16}$ kg. Angenommen, diese Theorie wäre richtig: Schätzen Sie ab, ob es dann möglich wäre, dass unser Astronaut aus eigener Kraft das Gravitationsfeld des Himmelskörpers verlassen kann. (12P)

Anlage zur Aufgabe „Gravitation“

Die Astronomen Michael Brown und Chadwick Trujillo vom California Institute of Technology (Pasadena, USA) entdeckten das lichtschwache Gebilde erst mit dem Teleskop auf dem Mount Palomar. Später nutzten sie die "Advanced Camera for Surveys" des Hubble-Weltraum-Teleskops, das den Durchmesser des Objekts bestimmen konnte. Das kugelförmige Objekt mit dem offiziellen Namen "2002 LM60" hat einen Durchmesser von 1300 km (mehr als die Hälfte des Pluto-Durchmessers).

Seine Umlaufbahn ist fast exakt kreisförmig (im Gegensatz zu der extrem exzentrischen Bahn von Pluto), und der Planet umrundet die Sonne in 288 Jahren (Pluto: 248 Jahre). Er dreht sich um sich selbst in 6 Stunden. Der Himmelskörper ist das größte Objekt im Kuiper-Gürtel, der aus Eis- und Gesteinsobjekten besteht.

Es ist noch unbekannt, aus welchem Material der neue Planet besteht, es wird jedoch vermutet, dass er eine Masse von etwa $2,5 \cdot 10^{22}$ kg besitzt. Mit Quaoar wurde zum ersten Mal seit der Entdeckung Plutos im Jahre 1930 ein Himmelskörper mit vergleichbarer Größe gefunden – ein zehnter Planet. Das Bild zeigt eine Illustration; im Foto ist Quaoar ein strukturloser Lichtpunkt.

Erwartungshorizont

	Lösungsskizze	Zuordnung, Bewertung		
		I	II	III
a)	<p>Gleichsetzung der Terme für die Radialkraft, die den Mond auf seiner Kreisbahn hält, $F_r = M_{Mond} \cdot \omega^2 \cdot r$, und für die Gravitationskraft, $F_\gamma = \gamma \cdot \frac{m_{Mond} \cdot m_{Erde}}{r^2}$. Auflösen nach M_{Erde}: $M_{Erde} = \frac{4\pi^2 \cdot r^3}{\gamma \cdot T^2} = 4,5 \cdot 10^{27} \text{ kg}$ (Fehler um Faktor 1000)</p> <p>Masse der Erde lt. Tabelle: $5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$, Abweichung über 30 %</p> <p>Durch die relativ große Masse des Mondes dreht sich der Mond nicht um den Mittelpunkt der Erde, sondern beide drehen sich um einen gemeinsamen Schwerpunkt, der außerhalb des Erdmittelpunktes liegt. Dies führt auf eine komplexere Berechnung. Durch eine entsprechende Berechnung mit einem Satelliten, der eine deutlich geringere Masse als der Mond hat, entfällt dieses Problem.</p>	3	5	
b)	<p>Die Schülerinnen und Schüler sollen zwei Experimente durchführen.</p> <ol style="list-style-type: none"> Die Schwingungsdauer eines Fadenpendels $T_1 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$ experimentell bestimmen und nach G auflösen. Die Auslenkung einer Feder (D bekannt) durch eine bekannte Masse bestimmen und $F_g = m \cdot g = -D \cdot s$ nach g auflösen. <p>Eine Fehlerrechnung wird nicht erwartet. Beide Experimente sollen angemessen beschrieben und dargestellt werden.</p>	1	9	
c)	<p>Die Aufgabenstellung erfordert Textverständnis, die notwendigen Informationen sind allerdings gut erkennbar: Quaoar ist kugelförmig und befindet sich auf einer Bahn um die Sonne – somit sind zwei Kriterien für die Einstufung als Planet erfüllt. Da Quaoar Teil des Kuiper-Gürtels ist, kann davon ausgegangen werden, dass seine Bahn nicht bereinigt ist, wobei diese Information nicht explizit gegeben ist und der Interpretation durch die Schüler bedarf. Somit kommt es auf eine schlüssige Argumentation an.</p> <p>Die gegebenen Informationen entsprechen übrigens nicht alle dem aktuellen Forschungsstand. Wenn Schüler über den Text hinausgehende Informationen liefern, ist dies natürlich positiv zu bewerten.</p>	4		
d)	<p>Der erste Teil dieser Aufgabe wird mit dem 3. Keplerschen Gesetz gelöst:</p> $\frac{T_E^2}{T_Q^2} = \frac{a_E^3}{a_Q^3}, \text{ also ist } a_Q = \sqrt[3]{a_E^3 \cdot \frac{T_Q^2}{T_E^2}} = 6,5 \cdot 10^9 \text{ km}$ <p>Teil 2: Die Gravitationskraft zwischen Sonne und Quaoar bringt die Zentripetalkraft der Kreisbewegung auf: $\gamma \cdot \frac{m_Q \cdot m_S}{r^2} = \frac{m_Q \cdot v^2}{r}$, d. h.</p> $m_S = \frac{v^2 \cdot r}{\gamma} = 1,97 \cdot 10^{30} \text{ kg}$		7	2

	Lösungsskizze	Zuordnung, Bewertung		
		I	II	III
e)	<p>Die Gewichtskraft errechnet sich nach: $F_G = \gamma \cdot \frac{m \cdot m_Q}{r^2} = 296 \text{ N}$</p> <p>Auf dem Äquator ist die Anzeige der Waage aufgrund der Drehung des Planeten um den Wert der Zentripetalkraft reduziert.</p> $F_A = F_G - F_Z = \gamma \cdot \frac{m \cdot m_Q}{r^2} - \frac{m \cdot v^2}{r} = 291,9 \text{ N}$ <p>Am Pol ist der Wert nicht reduziert, also $F_P = 296 \text{ N}$</p>	5	2	
f)	<p>Die Fluchtgeschwindigkeit soll berechnet werden und anhand von Erfahrungswerten aus dem Alltag abgeschätzt werden, ob ein Mensch diese aus eigener Kraft aufbringen kann.</p> <p>Die Fluchtgeschwindigkeit berechnet sich aus der potentiellen Energie am Pol</p> $E_{\text{pot}} = -\gamma m_Q m_A / r$ <p>und der aufzubringenden kinetischen Energie $W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$, d. h.</p> $v = \sqrt{\frac{2\gamma m_Q}{r}} = 1,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ <p>Ein normal trainierter Mensch kann auf der Erde $h = 0,5 \text{ m}$ hoch springen.</p> <p>Aus $v = (2hg)^{1/2}$ ergibt sich $v = 3,1 \text{ m/s}$, somit sollte der bestens trainierte Astronaut aus eigener Kraft die Fluchtgeschwindigkeit erreichen können.</p> <p>(Alternative Überlegungen (Geschwindigkeit eines Läufers (tangentialer Absprung vom Planeten), Fußgängers etc. sind selbstverständlich erwünscht und ebenso richtig.)</p>		3	9
	Insgesamt 50 BWE	13	26	11

3.2 erhöhtes Anforderungsniveau

Aufgabe II

Mechanische Schwingungen

- a) In den Abbildungen 1 - 8 sind Momente verschiedener Bewegungen erkennbar festgehalten worden. Beschreiben Sie die zugrunde liegenden Bewegungen, indem Sie insbesondere auf deren Gemeinsamkeiten eingehen. Erläutern Sie die Bewegungsvorgänge anhand eines Beispiels und verwenden Sie dazu die Begriffe harmonische Bewegung, Periode, Auslenkung, Frequenz, Amplitude, Rückstellkraft und Ruhelage. (7P)
- b) Ein Fahrzeug (Abb. 3) der Masse $m = 0,1 \text{ kg}$ ist an einer Feder mit der Federkonstanten $D = 7,5 \text{ N/m}$ befestigt. Feder und Fahrzeug sind so abgestimmt, dass das Fahrzeug in horizontaler Richtung eine reibungsfreie harmonische Schwingung vollzieht.
- (1) Die Feder wird um $s = 0,05 \text{ m}$ aus der Gleichgewichtslage ausgelenkt. Berechnen Sie die Kraft, die dazu erforderlich ist.
 - (2) Wird der Körper freigegeben, setzt eine Schwingung ein. Begründen Sie, weshalb es sich um eine harmonische Schwingung handelt.
 - (3) Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Körpers beim Durchgang durch die Ruhelage.
 - (4) Bestimmen Sie, um wie viel Prozent sich die Schwingungsdauer des Pendels verlängert, wenn die Masse des schwingenden Körpers um $0,02 \text{ kg}$ vergrößert wird. (13P)
- c) In Abbildung 2 sieht man eine in der Ruhelage befindliche schwimmende Flaschenpost. Wird sie etwas tiefer eingetaucht und dann losgelassen, schwingt es um ihre Ruhelage. Zeigen Sie, dass die Bewegung harmonisch ist.
Hinweis: Nach Archimedes ist die Auftriebskraft F_A eines Körpers gleich der Gewichtskraft F_G des von ihm verdrängten Wassers, also $F = \rho V g$. (9P)
- d) **Experimentelle Aufgabe:** Im Experimentierraum finden Sie Experimentiermaterial zum Thema Schwingungen.
- (1) Bestimmen Sie experimentell die Federkonstante einer der Federn auf zwei verschiedenen Wegen.
 - (2) Bestimmen Sie experimentell die Masse der Figur.
Ersatzwert für die Federkonstante: $3,5 \text{ N/m}$
 - (3) Dokumentieren Sie Ihr Vorgehen in angemessener Form und diskutieren Sie Fehlerquellen. (11P)
- e) In Abb. 4 sieht man ein Pendel mit der Länge $l = 0,5 \text{ m}$. $0,30 \text{ m}$ unter dem Aufhängepunkt befindet sich ein fester Stift im Punkt P , an den sich der Faden während des Schwingens vorübergehend anlegt. Bestimmen Sie, wie viele Schwingungen das Pendel in einer Sekunde ausführt. (10P)

Anlage zur Aufgabe „Mechanische Schwingungen“



Abb. 1 © Tobilander #27926076/ Fotolia.com



Abb. 2 ©Foto-Ruhrgebiet #30270558/ Fotolia.com

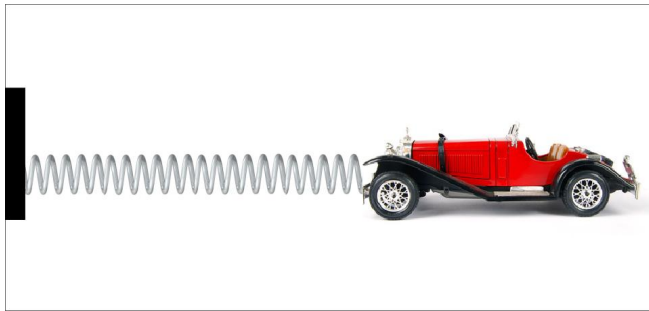


Abb. 3 © Flexmedia #26797271/ Fotolia.com

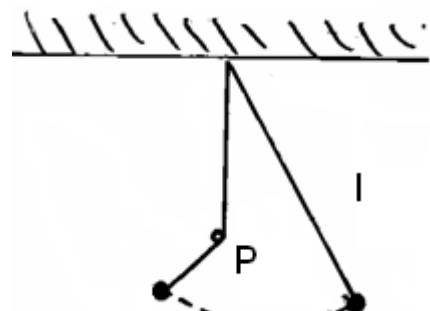


Abb. 4



Abb. 5 ©Joachim Wendler #31842789/ Fotolia.com



Abb. 6 © laska_love #27926076/ Fotolia.com



Abb. 7 © Igor Yaruta #31449046/ Fotolia.com



Abb. 8 © Klaus Epele #26797271/ Fotolia.com

Erwartungshorizont

	Lösungsskizze	Zuordnung, Bewertung		
		I	II	III
a)	Die Periodizität aller Vorgänge soll diskutiert werden, die Begriffe harmonische Bewegung, Periode, Auslenkung, Frequenz, Amplitude, Rückstellkraft und Ruhelage werden an den Beispielen in angemessener Weise erläutert.	4	3	
b)	<p>(1) $F = D \cdot s = 0,375 \text{ N}$</p> <p>(2) Eine harmonische Schwingung liegt vor, wenn die rücktreibende Kraft proportional zur Auslenkung ist. Für das Federpendel gilt $F = D \cdot s$, also gilt bei konstantem D: $F \sim s$.</p> <p>(3) Diese Aufgabe lässt sich über eine Energiebetrachtung (Spannenergie ist gleich kinetischer Energie: $\frac{1}{2} D \cdot s^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_m^2$, $v_m = s_m \cdot \omega = \frac{2\pi}{T} = 0,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}$) oder über die Kenntnis der Bewegungsgleichungen ($v(t) = s_m \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t)$, also $v_m = s_m \cdot \omega = \frac{2\pi}{T} = 0,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}$) lösen.</p> <p>(4) Die Formel für die Schwingungsdauer lautet: $T = 2 \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$. Es können beide Werte errechnet und verglichen werden, oder über einen direkten Vergleich ($T_1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{m_1}{D}}$; $T_2 = 2 \cdot \sqrt{\frac{m_2}{D}}$) der Unterschied von 9,5 % ermittelt werden.</p>	5	8	
c)	<p>Die Auftriebskraft beträgt $F = \rho \cdot V \cdot g$. (g ist die Erdbeschleunigung, ρ die Dichte des Wassers, V das verdrängte Flüssigkeitsvolumen). Das Volumen eines Zylinders beträgt $V = A \cdot h$</p> <p>Beim Eintauchen des Glases um Δs vergrößert sich das eingetauchte Volumen um $\Delta V = A \cdot \Delta s$, also auch die zusätzliche Auftriebskraft, die auch als Rückstellkraft wirkt: $F_R = \rho \cdot \Delta V \cdot g = \rho \cdot \Delta s \cdot A \cdot g$. Also ist die Rückstellkraft proportional zur Auslenkung.</p>		4	5
d)	<p>Die Schülerinnen und Schüler sollen die Federkonstante einerseits über $T = 2 \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$ andererseits über $F = D \cdot s$ bestimmen. Eine Fehlerrechnung wird nicht erwartet. Die Masse der Figur kann dann mit der bekannten Federkonstante bestimmen.</p> <p>Neben einer angemessenen Dokumentation ist eine möglichst genaue Bestimmung der Federkonstante und der Masse der Figur erforderlich.</p> <p>Anmerkung: Verwendet wird eine in der Schule vorhandene Feder (z.B. $D = 3 \text{ N/m}$). Als Figur wird ein beliebiger, in der Schule vorhandener Gegenstand (z.B. der Masse 50g – 100g) gewählt, der an der Feder befestigt werden kann.</p>	3	8	

	Lösungsskizze	Zuordnung, Bewertung		
		I	II	III
e)	<p>Um die gesuchte Frequenz zu erhalten, ist die Schwingungsdauer einer Schwingung zu bestimmen. Eine Schwingung setzt sich aus zwei halben Schwingungen zusammen: die mit der langen Fadenlänge und die mit der kurzen Fadenlänge.</p> $T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2}$ <p>Mit der Gleichung für die Schwingungsdauer eines Fadenpendels erhält man dann die Gesamtschwingungsdauer:</p> $T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2}$ $T = \frac{2 \cdot \pi \sqrt{l_1}}{2 \sqrt{g}} + \frac{2 \cdot \pi \sqrt{l_2}}{2 \sqrt{g}} = \pi \cdot \left(\sqrt{\frac{l_1}{g}} + \sqrt{\frac{l_2}{g}} \right)$ $T = \frac{\pi}{\sqrt{g}} \cdot (\sqrt{l_1} + \sqrt{l_2}) = 1,158s$ <p>Damit kann nun die Frequenz berechnet werden:</p> $f = \frac{1}{T} = 0,863 \frac{1}{s}$	1	3	6
Insgesamt 100 BWE		13	26	11