

Aufgabe 1

Themenbereich: Schwingungen und Wellen

- 1.a Ein Federpendel (Federkonstante $D = 3,86 \text{ N/m}$) wird aus der Ruhelage ausgelenkt und losgelassen, so dass es zu schwingen beginnt. Die Auslenkung s wird in Abhängigkeit der Zeit t gemessen und in die folgende Tabelle eingetragen:

t in s	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
s in cm	3,0	2,1	0,0	-2,1	-3,0	-2,1	0,0	2,1	3,0	2,1	0,0	-2,1	-3,0

- Stellen Sie die Schwingung in einem geeigneten Diagramm dar.
- Bestimmen Sie die Amplitude \hat{s} , die Frequenz f und die Periodendauer T der Schwingung.
- Begründen Sie, dass es sich um eine harmonische Schwingung handeln könnte.
- Bestimmen Sie die Masse m des Pendelkörpers.

(14 BE)

- 1.b Wenn man eine Gitarrensaite zupft, so bilden sich auf der Saite stehende Wellen aus.

- Erläutern Sie das Zustandekommen der stehenden Wellen auf der Gitarrensaite.

Untersucht man das Frequenzspektrum z.B. der tiefen E-Saite, so findet man neben der Grundfrequenz von 82,41 Hz noch eine Reihe von so genannten Obertönen. (Obertöne sind Töne, die bei fast jedem Instrument neben dem eigentlichen Grundton gleichzeitig als mitklingende Bestandteile angeregt werden. Obertöne sind wesentlich für die Klangfarbe eines Instruments.)

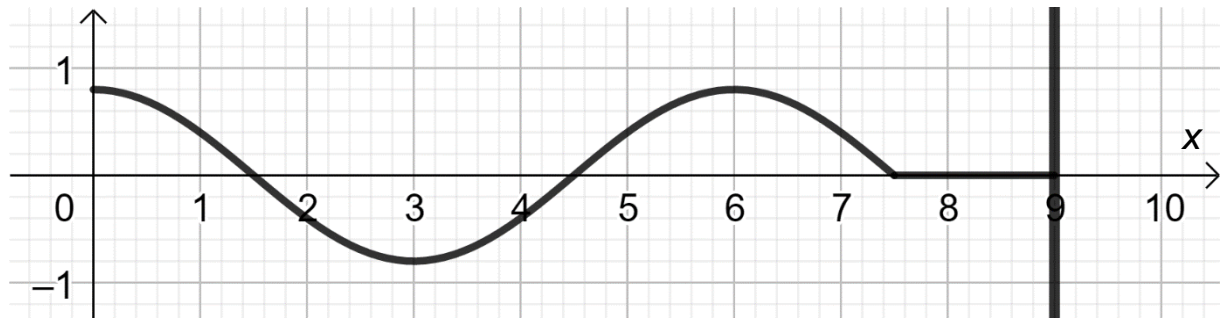
- Erläutern Sie das Zustandekommen der Obertöne.
- Bestimmen Sie die ersten drei Oberton-Frequenzen f_1 , f_2 und f_3 der tiefen E-Saite.

(14 BE)

- 1.c Eine große Schraubenfeder wird auf einen glatten Boden gelegt, an einem Ende fest eingespannt und am anderen Ende in der Hand gehalten. Dann wird die Feder leicht gespannt. Jetzt soll mit der Hand eine geeignete Bewegung ausgeführt werden, so dass sich eine Welle entlang der Feder ausbreitet.

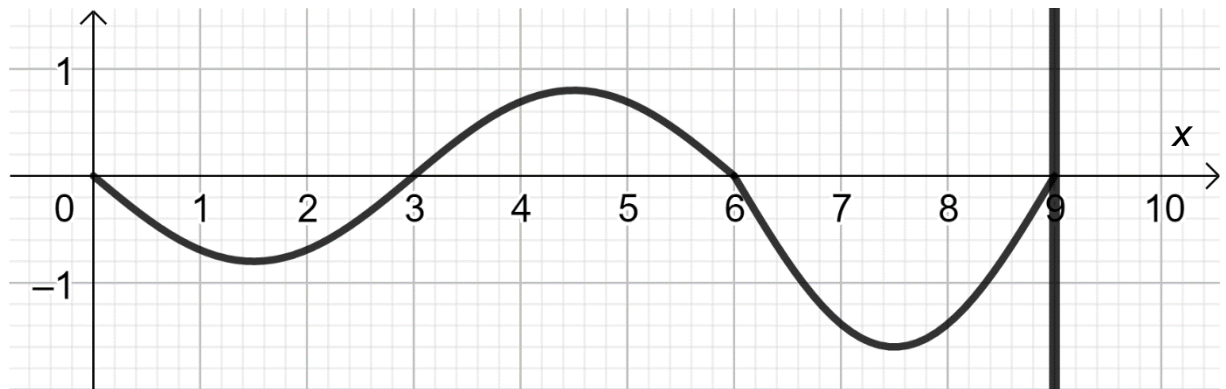
- Beschreiben Sie jeweils eine geeignete Bewegung, so dass sich entlang der Feder einmal eine Longitudinalwelle und einmal eine Transversalwelle ausbreitet.

In dem folgenden Diagramm ist eine Momentaufnahme für eine Schraubenfeder gezeigt, die bei $x = 9 \text{ m}$ fest eingespannt ist und bei $x = 0 \text{ m}$ mit einer periodischen Handbewegung zum Schwingen angeregt wird. Die Momentaufnahme zeigt die Feder zwei Sekunden nachdem mit der periodischen Anregung begonnen wurde.



- Bestimmen Sie die Periodendauer T der periodischen Anregung sowie die Wellenlänge λ und die Ausbreitungsgeschwindigkeit c der Welle entlang der Feder.

In dem folgenden Diagramm ist eine Momentaufnahme 3,2 Sekunden nach Beginn der periodischen Anregung gezeigt.



- Erläutern Sie das Zustandekommen der in der Momentaufnahme gezeigten Form.
- Skizzieren Sie eine entsprechende Momentaufnahme für 3,6 Sekunden nach Beginn der periodischen Anregung und begründen Sie ihre Skizze.

(22 BE)

Aufgabe 2

Themenbereich: Statische Felder

In der Physik beschreibt ein Feld die räumliche Verteilung einer physikalischen Größe. In diesem Sinne kann z. B. das elektrische Feld als räumliche Verteilung der elektrischen Feldstärke betrachtet werden.

2.a

- Vergleichen Sie ein statisches elektrisches Feld der Stärke \vec{E} und ein statisches magnetisches Feld der Stärke \vec{B} . Gehen Sie hierbei auf die folgenden Punkte ein: Ursache des Feldes; Feldlinien; die Größe der wirkenden Kraft \vec{F} im Feld auf ruhende Ladungen; die Größe der wirkenden Kraft \vec{F} im Feld auf bewegte Ladungen; physikalische Vorrichtungen, die homogene Felder erzeugen.

(14 BE)

2.b In der Physiksammlung einer Schule stehen mehrere Zylinderspulen mit bekannter Induktivität L , Querschnittsfläche A , Länge l . Wenn elektrischer Strom der Stärke I die Spule durchströmt, kann die magnetische Feldstärke im Inneren einer Spule mit einer Hallsonde gemessen werden.

- Beschreiben Sie das magnetische Feld um einen Leiter und erläutern Sie die Entstehung eines magnetischen Feldes innerhalb der Spule und außerhalb der Spule.
- Im Anhang 1 finden Sie die schematische Darstellung des Querschnittes einer Spule. Zeichnen Sie die magnetischen Feldlinien in Abbildung 1 ein.
- Geben Sie die physikalischen Größen an, über die man die magnetische Feldstärke bestimmen kann.
- Drei Schüler*innen messen die Stärke des Magnetfeldes in der Mitte des Zylinders mit einer voll funktionsfähigen Hallsonde mit Digitalanzeige und bekommen andauernd unterschiedliche Ergebnisse. Nennen Sie den physikalischen Grund für das Zustandekommen dieser unterschiedlichen Ergebnisse.

(14 BE)

2.c Mit Sprühlack lassen sich besonders gleichmäßige, farbige Oberflächen von Gegenständen herstellen. Leider färbt häufig der Sprühnebel aus Farbtöpfchen die Umgebung des Gegenstandes mit ein. Bei der elektrostatischen Lackierung wird ein elektrostatisches Hochspannungsfeld von $U = 80$ bis 150 kV genutzt (siehe Abbildung 2). Abbildung 3 zeigt eine vereinfachte Skizze der Anlage.

Abbildung einer realistischen Darstellung einer Sprühpistole und einer Autokarosserie mit elektrischem Anschluss aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Abbildung einer schematischen Darstellung einer Sprühpistole und einer Autokarosserie mit elektrischem Anschluss aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Abbildung 2.
(Impulse Physik Oberstufe, Klett, 2016, 1. Aufl., S. 134)

Abbildung 3.

- Erläutern Sie die Funktionsweise dieser Anlage und die technischen Vorteile dieses Verfahrens.
- Skizzieren Sie in der Abbildung 3 das Feldlinienbild des elektrischen Feldes und beschreiben Sie dieses.
- Zeichnen Sie in der Abbildung 3 eine Äquipotentiallinie (alle Punkte mit gleichem Potential) ein.

Gehen Sie ab jetzt davon aus, dass die Hochspannung ausgeschaltet bleibt. Auf die Lacktröpfchen mit der Masse $m = 45,2 \text{ ng}$ wirkt nun ausschließlich eine Kraft in Richtung des Erdmittelpunktes. Der Sprühkopf befindet sich in $h = 1 \text{ m}$ Höhe über der Karosserie. Für die jetzt wirkende Kraft auf das Tröpfchen finden Sie zwei Formeln in Ihrer Formelsammlung:

$$F = m \cdot g \quad (1)$$

$$F = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (2)$$

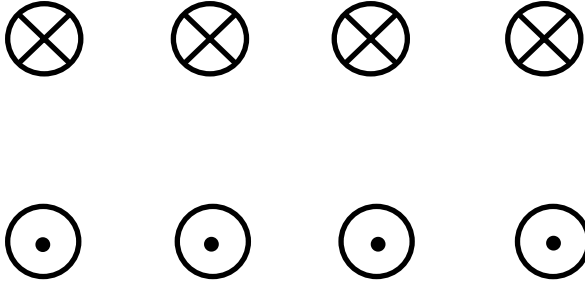
- Nennen Sie diese Kraft und erläutern Sie ihre Wirkweise.
- Erläutern Sie die physikalischen Grundlagen für die beiden Formeln und unter welchen Voraussetzungen Formel (1) benutzt werden darf.
- Berechnen Sie den Betrag der Arbeit, die durch die Bewegung des Lacktröpfchens verrichtet wurde, und erläutern Sie, wer diese Arbeit verrichtet.
- Ermitteln Sie die Größe der Kraft, die vom Lacktröpfchen auf die Erde ausgeübt wird.

Janosch, Gesas kleiner Bruder, hat eine Folge der Sendung „Galileo“ im Fernseher gesehen und behauptet „Wenn zwei Körper mit der gleichen Kraft sich gegenseitig anziehen, dann fallen die Lacktröpfchen nicht zum Boden, sondern die Erde fällt auf die Tröpfchen“.

- Formulieren Sie eine Antwort, mit der Gesa das Phänomen richtig erklärt.

(22 BE)

Anhang 1 Abbildung 1 Skizze - Querschnitt einer Spule



Aufgabe 3

Themenbereich: Thermodynamik

3.a Ein „ideales Gas“ ist die Idealisierung eines realen Gases.

- Beschreiben Sie die Grundannahmen bei einem idealen Gas.

Ein Gefäß mit einem Volumen von 800 cm^3 wird bei 15 °C und Normaldruck von $1013,25 \text{ hPa}$ mit Luft gefüllt und verschlossen. Gehen Sie von einem idealen Gas aus.

- Berechnen Sie den Druck im Gefäß, bei dem die Temperatur durch eine isochore Zustandsänderung auf 40 °C steigt.

Ein abgeschlossenes Gasvolumen von 50 cm^3 steht unter einem Druck von 1 bar . Gehen Sie von einem idealen Gas aus.

- Berechnen Sie das Volumen, bei dem der Druck durch eine isotherme Zustandsänderung auf $3,5 \text{ bar}$ steigt.

Fallschirmspringer springen üblicherweise aus maximal 4500 m Höhe ab. Dabei nimmt der Luftdruck pro 1000 gefallene Meter um etwa 125 hPa zu. Gehen Sie dabei auf Höhe des Meeresspiegels von einem normalen Luftdruck von $1013,25 \text{ hPa}$ aus.

Für Taucher jedoch steigt der Druck unter Wasser wesentlich schneller: Alle 10 Tiefenmeter kommen ungefähr 1000 hPa Druck hinzu. Viele Tauchsportverbände empfehlen maximal 30 bis 40 Meter Tauchtiefe.

Die kinetische Gastheorie besagt für ein ideales Gas bei konstanter Temperatur, dass das Produkt aus Druck und Volumen konstant bleibt.

- Erläutern Sie, dass diese Aussage der kinetischen Gastheorie für Taucher eine viel größere Bedeutung hat als für Fallschirmspringer.

(20 BE)

3.b Betrachten Sie den in Abbildung 1 gezeigten Modellversuch zur kinetischen Gastheorie. (Hinweis: Gehen Sie davon aus, dass die Höhe der in der rechten Kammer eingezeichneten Trennwände den Versuch nicht beeinträchtigt).

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Abb.1: Bild von Versuchsaufbau mit Filterkammer zur Geschwindigkeitsverteilung der Teilchen eines Modellgases.

Quelle: <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/geschwindigkeitsverteilung-von-teilchen> (Abb.2; Stand: 30.01.2019)

- Beschreiben Sie die Durchführung dieses Modellversuchs.
- Vergleichen Sie das im Versuch vorhandene Modellgas mit einem idealen Gas. Dokumentieren Sie, dass der Versuch als Modellversuch seine Gültigkeit hat.

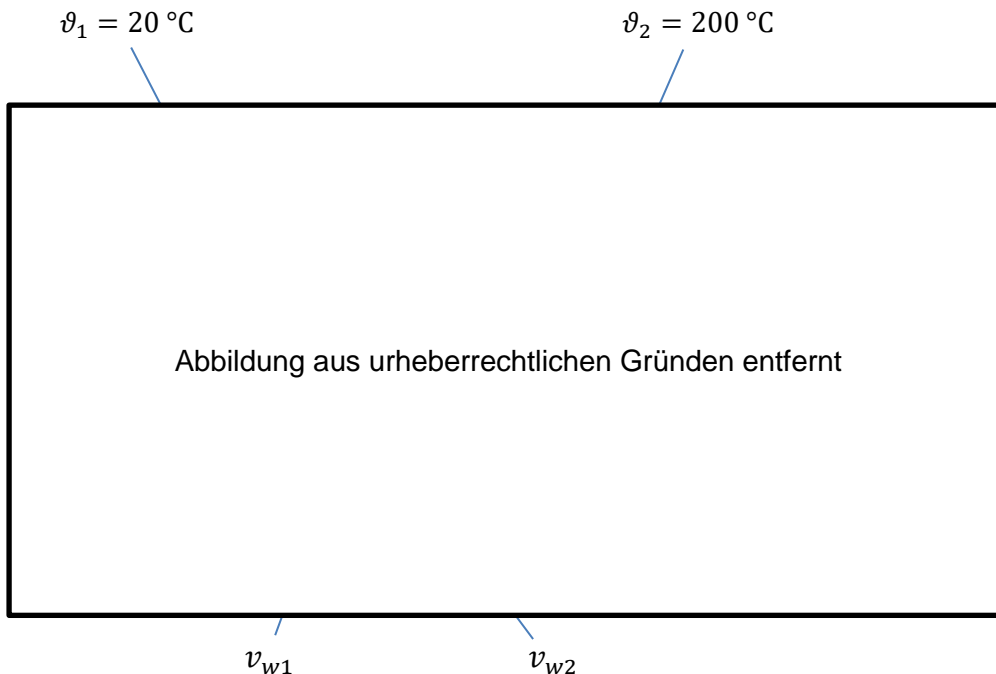


Abb.2: Diagramm zur Geschwindigkeitsverteilung der Teilchen eines Modellgases bei verschiedenen Temperaturen.

Quelle: <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/geschwindigkeitsverteilung-von-teilchen> (Abb.3; Stand: 30.01.2019)

- Beschreiben Sie die in Abbildung 2 genannten Größen.
- Beschreiben und erklären Sie die Veränderungen im Falle der höheren Temperatur.

Gasteilchen stoßen häufig mehrere Milliarden Mal pro Sekunde zusammen.

- Begründen Sie mithilfe dieser Information und einer Skizze, dass es bei Diffusionsvorgängen trotz der hohen Gasteilchengeschwindigkeiten relativ lange dauert, bis sich ein Gas gleichmäßig in einem Volumen verteilt hat.

(18 BE)

3.c Ein Wasserstoffgas hat die Temperatur $\vartheta = 500 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Berechnen Sie die Geschwindigkeit eines H_2 -Moleküls.
- Bestimmen Sie die kinetische Energie und den mittleren Impuls eines H_2 -Moleküls.
- Ermitteln Sie den Impuls, der von einem H_2 -Molekül beim senkrechten elastischen Stoß auf die Wand übertragen wird.

(12 BE)

Schriftliche Abiturprüfung 2019 im dritten Prüfungsfach

Grundkurs Physik

Montag, 6. Mai 2019, 9.00 Uhr

Unterlagen für Referenten und Korreferenten

- Diese Unterlagen sind nicht für Schülerinnen und Schüler bestimmt -

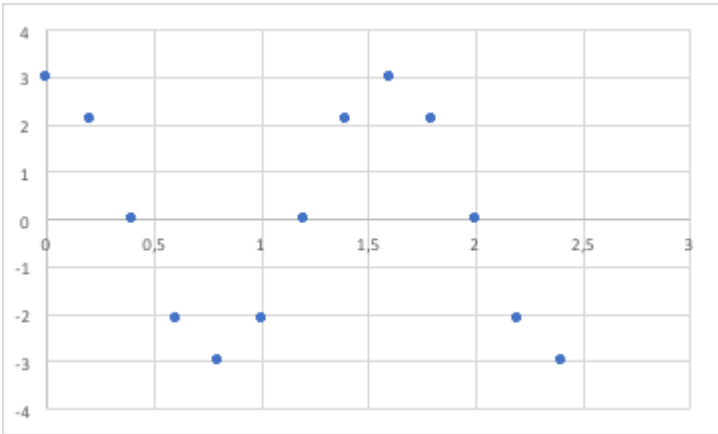
Diese Unterlagen enthalten ...

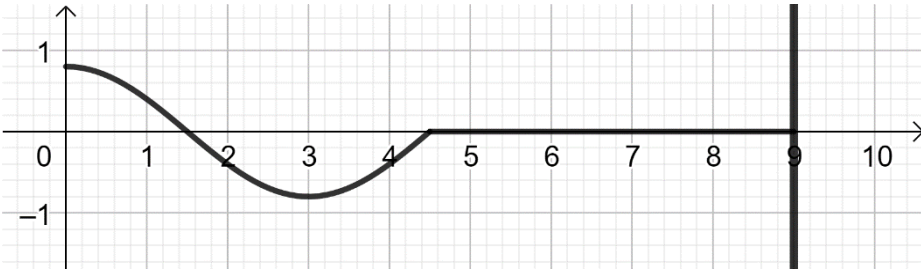
- Allgemeines,
 - Erwartungshorizonte, Bewertungen und Korrekturhinweise zu den Aufgaben,
 - keine Aufgabenstellungen – Ihre Exemplare entnehmen Sie bitte den Schüleraufgaben – ,
 - einen Protokollbogen zur Auswahl der Aufgaben für die Prüfungsakten Ihrer Schule,
 - einen Rückmeldebogen für die Zentralabiturkommission zur Auswahl der Aufgaben.
-

Allgemeines

- Prüfen Sie die Prüfungsaufgaben vor der Aushändigung an die Schülerinnen und Schüler auf ihre Vollständigkeit und formale und inhaltliche Korrektheit und ergänzen Sie sie gegebenenfalls. Bei nicht ausreichender Anzahl erstellen Sie entsprechende Kopien vor Ort. Bei einem schwerwiegenden inhaltlichen Fehler informieren Sie sofort die Senatorin für Kinder und Bildung von 7.00 bis 9.30 Uhr. Die von der Senatorin für Kinder und Bildung vorgenommene Korrektur gibt die Schule sofort an die für die schriftliche Prüfung zuständige Lehrkraft weiter.
- Wählen Sie gemeinsam mit Ihrer Korreferentin / Ihrem Korreferenten aus den drei vorgelegten Aufgaben zwei aus. Kommt es zu keiner Einigung, bestimmt die/der Vorsitzende des Fachprüfungsausschusses die Auswahl der Aufgaben (§ 10 Abs. 2 Nr. 1 AP-V). Protokollieren Sie auf dem beigefügten Protokollformular, welche Aufgaben Sie gewählt haben (Prüferin/Prüfer und Korreferentin/Korreferent und ggf. auch die/der Vorsitzende des Fachprüfungsausschusses unterschreiben das Protokoll).
- Füllen Sie bitte für die Zentralabiturkommission Physik den beigefügten Rückmeldebogen zur Auswahl der Aufgaben aus und schicken ihn an die dort genannte Adresse.
- Fragen Sie vor Verteilung der Aufgaben nach der Arbeitsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler und weisen Sie diese auf die Regelungen des § 5 AP-V (Täuschung und Behinderung) hin.
- Machen Sie die Schülerinnen und Schüler auf die Arbeitshinweise aufmerksam, die am Anfang ihrer Unterlagen für die Prüfung stehen. Geben Sie ihnen ggf. die nötigen Angaben zur Schulnummer sowie zur genauen Kursbezeichnung.
- Die Bearbeitungszeit beträgt 180 Minuten.
- Erlaubte Hilfsmittel: Rechtschreiblexikon, Formelsammlung, Taschenrechner.

Aufgabe 1 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
a.	<p>Ein t-s-Diagramm zeigt den Verlauf der Schwingung für die ersten 2,4 Sekunden:</p>  <p>Aus der Tabelle kann direkt eine Amplitude von 3 cm und eine Periode von 1,6 s abgelesen werden. Hieraus ergibt sich eine Frequenz von 0,625 Hz. Die harmonische Schwingung kann entweder durch Verweis auf das lineare Kraftgesetz oder mit Verweis des im Diagramm gezeigten sinus-artigen Schwingungsverlaufs begründet werden.</p> <p>Aus $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$ ergibt sich $m = \frac{T^2}{4\pi^2} \cdot D$ und durch Einsetzen ergibt sich eine Masse von $m = 250 \text{ g}$.</p>	12	2	
b.	<p>Die Wellen werden an den (festen) Enden der Gitarrensaite mit Phasensprung reflektiert. Die einlaufenden und die reflektierten Wellen überlagern sich jeweils. Bei Wellen, für die die Länge der Gitarrensaite ein ganzzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge ist, bilden sich Schwingungsbäuche aus, bei denen sich die einlaufenden und reflektierten Wellen durch konstruktive Interferenz verstärken. An den festen Enden und zwischen den Schwingungsbäuchen bilden sich Knotenpunkte aus, bei denen sie die einlaufenden und reflektierten Wellen durch destruktive Interferenz auslöschen.</p> <p>Der Grundton ergibt sich aus der stehenden Welle, bei der die Länge der Gitarrensaite der halben Wellenlänge entspricht. Die Obertöne ergeben sich aus den stehenden Wellen, bei der die Länge der Gitarrensaite dem Doppelten, Dreifachen, n-Fachen der halben Wellenlänge entspricht.</p> <p>Damit die Länge der Gitarrensaite dem Doppelten, Dreifachen, n-Fachen der halben Wellenlänge entspricht, muss die Welle (bei gleicher Ausbreitungsgeschwindigkeit) mit der Doppelten, Dreifachen, n-Fachen Frequenz schwingen. Hieraus ergeben sich für die ersten drei Obertöne der tiefen E-Saite die Frequenzen 164,82 Hz, 247,23 Hz und 329,64 Hz.</p>		14	
c.	<p>Eine Longitudinalwelle kann erzeugt werden, indem man das Ende mit der Hand entlang der Richtung der gespannten Feder hin und her bewegt, so dass die Feder weiter gespannt und entspannt wird. Eine Transversalwelle kann erzeugt werden, indem man das Ende mit der Hand quer zur Richtung der gespannten Feder hin und her bewegt.</p>			

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze	Bewertung		
	I	II	III
<p>Aus der Momentaufnahme kann direkt eine Wellenlänge von 6 m abgelesen werden. In den zwei Sekunden der periodischen Anregung hat sich die Störung um 7,5 m ausgebreitet. Daraus ergibt sich eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von 3,75 m/s. In den zwei Sekunden wurden 1,25 Schwingungen durchgeführt. Hieraus ergibt sich eine Periode von 1,6 s.</p> <p>Bei einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von 3,75 m/s hat sich die Störung in 3,2 s um 12 m ausgebreitet. Dabei wurde die Störung nach 9 m mit Phasensprung reflektiert und hat sich dann um weitere 3 m fortgepflanzt. Somit zeigt die Momentaufnahme für $x = 0$ bis $x = 6$ m nur die einlaufende Welle. Für $x = 6$ bis $x = 9$ m zeigt die Momentaufnahme eine Überlagerung aus einlaufender und reflektierter Welle. Der Phasensprung führt dazu, dass der einlaufende Wellenberg als Wellental reflektiert wurde und das zwischen $x = 6$ und $x = 9$ m einlaufende Wellental verstärkt.</p>  <p>Nach 3,6 s hat sich die Störung um 13,5 m ausgebreitet. Dabei wurde die Störung nach 9 m mit Phasensprung reflektiert und hat sich dann um weiter 4,5 m ausgebreitet. Somit zeigt die Momentaufnahme für $x = 0$ bis $x = 4,5$ m nur die einlaufende Welle. Für $x = 4,5$ bis $x = 9$ m zeigt die Momentaufnahme eine Überlagerung aus einlaufender und reflektierter Welle. Die einlaufenden und reflektierten Wellenberge und Wellentäler sind jetzt um eine weitere halbe Wellenlänge zueinander verschoben. Dies führt zu einer Auslöschung in der Momentaufnahme zwischen $x = 4,5$ und $x = 9$ m.</p>	3	9	10
Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche	15	25	10

Korrekturhinweis: „Individuelle Lösungswege werden angemessen berücksichtigt, wenn sie in sinnvoller Weise von den Erwartungen abweichen.“

Aufgabe 2 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
a.	<p>Die Ursachen für das elektrische Feld sind ruhende elektrische Ladungen, die für das magnetische Feld sind bewegte elektrische Ladungen (dies gilt auch für das Magnetfeld von Ferromagneten, das seine Ursache letztlich in der Bewegung der Elektronen um die Atomkerne hat). Zwischen den Platten eines Plattenkondensators besteht ein homogenes elektrisches Feld. Im inneren einer langgestreckten, stromdurchflossenen Zylinderspule besteht ein homogenes Feld.</p> <p>Die Größe der wirkenden Kraft \vec{F} im el. Feld auf ruhende Ladungen ist proportional zur Ladungsmenge und der elektrischen Feldstärke. Im magn. Feld ist die Größe der wirkenden Kraft \vec{F} gleich Null.</p> <p>Die Größe der wirkenden Kraft \vec{F} im el. Feld auf bewegte Ladungen ist proportional zur Ladungsmenge und der elektrischen Feldstärke und unabhängig von der Geschwindigkeit der Bewegung. Im magn. Feld ist die Größe der wirkenden Kraft \vec{F} proportional zur Bewegungsgeschwindigkeit, Ladungsmenge und magnetischen Feldstärke.</p> <p>Elektrische Feldlinien beginnen und enden stets an elektrischen Ladungen. Sie sind niemals geschlossen (sonst wäre der Energiesatz verletzt). Magnetische Feldlinien sind stets in sich geschlossen, Sie besitzen weder einen Anfangs- noch einen Endpunkt.</p>	6	6	2
b.	<p>Ein stromdurchflossener, gerader Leiter wird von kreisförmigen Feldlinien umgeben. Das Magnetfeld einer stromdurchflossenen Zylinderspule mit N Windungen lässt sich als Überlagerung der Magnetfelder von N einzelnen Ringströmen der Stärke I auffassen.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>Abbildung des Magnetfeldes einer stromdurchflossenen Spule aus urheberrechtlichen Gründen entfernt</p> </div> <p>Ruft ein Magnetfeld auf einen Leiter der Länge l, der senkrecht zu den Feldlinien liegt und vom Strom I durchflossen ist, die Kraft F hervor, so hat das Feld die Feldstärke B.</p> <p>Die Richtung der Hallsonde ist bei dieser Messung sehr wichtig. Die Messfläche der Sonde liefert nur dann die maximale Hall-Spannung, wenn sie von den magnetischen Feldlinien senkrecht durchsetzt wird. Wenn man bei dieser Messung die Sonde nicht solange dreht und räumlich orientiert, bis das Maximum gefunden ist, begeht man eine Fehlmessung.</p>	4	7	3
c.	<p>Bei der elektrostatischen Lackierung wird der Lack elektrisch aufgeladen. Die geladenen Lacktröpfchen wandern (idealerweise) entlang elektrischer Feldlinien von der Pistole auf das geerdete Werkstück. Da bei dieser Beschichtungstechnik die Farbe nur dort hinkommt wo sie hin soll, entsteht kaum der für Lackierarbeiten typische Nebel. Dies ist sehr umweltfreundlich.</p>			

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze	Bewertung		
	I	II	III
<p>Das Feldlinienbild wird nur dann mit voller Punktzahl gewertet, wenn die Feldlinien senkrecht zur Oberfläche starten und enden. Sie sollen auf der Karosserie äquidistant enden. Das so entstandene Feld ist inhomogen, die elektrische Feldstärke ist im Sprühkopf besonders hoch, die Feldlinien sind gebogen und starten bzw. enden senkrecht zur Oberfläche. Hier soll eine Äquipotentiallinie eingezeichnet werden.</p> <p>Nach der Abschaltung der Anlage wirkt auf die Tröpfchen nur noch die Gewichtskraft (Formel (1)) oder Gravitationskraft (Formel (2)). Diese äußert sich durch die gegenseitige Anziehung von Massen.</p> <p>Die Gravitationskraft nimmt mit zunehmender Entfernung r der Massen ab, besitzt aber unendliche Reichweite. Auf der Erde bewirkt die Gravitation, dass alle Körper Richtung Erdmittelpunkt fallen. Auf der Erdoberfläche und in erdnahen Entfernungen (Lebensbereich der Menschen ca. 10 km über NN) ist das Gravitationsfeld der Erde näherungsweise homogen. So gilt die folgende Näherung: $\gamma \cdot \frac{m_{\text{Erde}}}{r^2} \approx \text{konstant} = g$. Damit kann in diesem Bereich die Fallbeschleunigung (Ortsfaktor) als konstant angesehen werden.</p> <p>Aus dem allgemeinen Zusammenhang zwischen Arbeit und Energie ergibt sich, dass die verrichtete Arbeit gleich der Änderung der potentiellen Energie ist. Erfolgt die Bewegung des Körpers Richtung Erdmittelpunkt, so ist der Körper in der Lage, Arbeit zu verrichten.</p> <p>$W = F \cdot s$ (Formelsammlung) mit $s = h$, $F = m \cdot g$ gilt:</p> $W = 45,2 \cdot 10^{-9} \text{ g} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 1 \text{ m} = 4,44 \cdot 10^{-10} \text{ J}$ <p>Zwei beliebige Körper (hier Erde und Lacktröpfchen) üben aufgrund ihrer Massen aufeinander anziehende Kräfte aus. Die beiden Kräfte haben den gleichen Betrag aber sind entgegengesetzt ausgerichtet.</p> <p>Also $\left \vec{F}_{\text{Erde auf Tröpfchen}} \right = \left \vec{F}_{\text{Tröpfchen auf Erde}} \right$ entweder $F = m \cdot g = 4,44 \cdot 10^{-10} \text{ N}$</p> <p>oder $F = \gamma \cdot \frac{m_{\text{Erde}} \cdot m_{\text{Tröpfchen}}}{(r_{\text{Erde}} + 1 \text{ m})^2} \approx 4,44 \cdot 10^{-10} \text{ N}$</p> <p>Die Argumentation sollte beinhalten, dass die Gravitationskräfte auf unterschiedliche Objekte wirken. Die beschleunigten Massen sind deutlich unterschiedlich, so dass in dem gleichen Zeitraum die Erde im Potentialfeld des Tröpfchens auf eine infinitesimal kleine „Entfernung“ bewegt würde.</p>	5	12	5
Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche	15	25	10

Korrekturhinweis: „Individuelle Lösungswege werden angemessen berücksichtigt, wenn sie in sinnvoller Weise von den Erwartungen abweichen.“

Aufgabe 3 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
a.	<p>Definition „Ideales Gas“:</p> <ol style="list-style-type: none"> Der Durchmesser der Moleküle ist sehr viel kleiner als der gegenseitige Abstand der Moleküle. Die Moleküle üben nur im Augenblick ihres Zusammenstoßes Kräfte aufeinander aus, ansonsten nicht. Die Stöße zwischen zwei Molekülen oder einem Molekül und der Gefäßwand sind elastisch. Die Bewegung der Teilchen erfolgt völlig regellos (Prinzip der molekularen Unordnung). <p>Isochore Zustandsänderung: $\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_1}{T_1}$ ergibt $p_2 = 1101,21 \text{ hPa}$</p> <p>Isotherme Zustandsänderung: $V_2 \cdot p_2 = V_1 \cdot p_1$ ergibt $V_2 \approx 14,29 \text{ cm}^3$</p> <p><i>Die folgende Frage kann je nach Unterricht unterschiedlich beantwortet werden:</i></p> <p>Ein Fallschirmspringer kann bekanntlich mehrere 1000m Höhenunterschied schnell „durchfallen“; er muss keine besondere Rücksicht auf Luftdruckunterschiede in verschiedenen Höhen nehmen.</p> <p>Ein Taucher hingegen muss sich langsam und vorsichtig an die sehr großen Druckunterschiede unter Wasser gewöhnen: Bereits in 10m Tiefe ist der Druck fast 100% höher als an der Wasseroberfläche.</p> <p>Da p sich wie dargestellt unter Wasser extrem stark verändert, muss sich beim Tauchen wegen der konstanten Körpertemperatur auch das Volumen der Organe stark verändern. Das macht den Sachverhalt für Taucher besonders kritisch.</p>	5	10	5
b.	<p><i>Je nach Unterricht können die Antworten auch hier zu den folgenden beiden Bullets verschieden ausfallen:</i></p> <p>Durchführung:</p> <p>In der Seitenwand der Kammer wird eine Lochblende geöffnet, die dafür sorgt, dass nur Teilchen mit einer Geschwindigkeit in Richtung der Horizontalen die Kammer verlassen. Vor die Blende wird eine Filterkammer mit Richtungssektoren gesetzt.</p> <p>Die herausfliegenden Kugeln sammeln sich in einer unterteilten Flachkammer.</p> <p>Man trägt die Teilchenzahl in den Sektoren in einem Diagramm auf:</p> <p>Vergleich:</p> <p>Das Modellgas im Versuch ist zwar deutlich kein ideales Gas, weil wie auch im Bild zu sehen der Durchmesser der Stahlkugeln recht groß ist im Vergleich zum gegenseitigen Abstand. Außerdem sorgt der nur vertikal bewegliche Stempel sicher nicht für eine nicht völlig regellose Bewegung, und die Stahlkugeln kollidieren auch nicht vollkommen elastisch miteinander oder mit der Wand.</p>			

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
<p>Dokumentation:</p> <p>Dennoch liefert das Experiment brauchbare Ergebnisse über das Verhalten von Teilchen in Gasen:</p> <p>Die Füllhöhe in den einzelnen Abteilungen ist ein Maß für die Häufigkeit der Teilchen in den verschiedenen Geschwindigkeitsintervallen. Sie gibt die Wahrscheinlichkeit an, ein Teilchen mit der Geschwindigkeit zwischen v und $v + \Delta v$ anzutreffen. Die Füllhöhen insgesamt erinnern in ihrem Aussehen schon sehr stark an das Verhalten eines idealen Gases.</p> <p>v ist die Geschwindigkeit der Gasteilchen. $N(v)$ ist die Anzahl der Teilchen mit der Geschwindigkeit zwischen v und $v + \Delta v$. v_w ist die am häufigsten vorkommende (wahrscheinlichste) Geschwindigkeit der Teilchen. ϑ ist die Temperatur des Gases.</p> <p>Bei der höheren Temperatur ist zu erkennen, dass die Geschwindigkeiten über einen noch weiteren Bereich streuen. Die wahrscheinlichste Geschwindigkeit liegt deutlich höher als vorher, sie kommt aber nicht mehr bei so vielen Teilchen vor. Die Asymmetrie des Graphen zugunsten von hohen Geschwindigkeiten ist eher noch stärker als vorher ausgeprägt. Gemäß der maxwellschen Geschwindigkeitsverteilung können Gasteilchen bei höheren Temperaturen stärker unterschiedliche Geschwindigkeits- und Energiewerte annehmen.</p> <p>Die Gasteilchen kommen trotz hoher Geschwindigkeit nicht weit, weil sie durch die unvorstellbar vielen gegenseitigen Stöße ständig ihre Richtung ändern. Die Strecken zwischen zwei Zusammenstößen sind natürlich unterschiedlich lang, trotzdem verhindern die Stöße aufgrund ihrer enormen Anzahl eine schnelle Ausbreitung des Gases:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center; margin: 10px auto; width: fit-content;"> Abbildung von stoßenden Teilchen in einem Volumen aus urheberrechtlichen Gründen entfernt </div>		6	9	3
C.	<p>Aus $\frac{1}{2} m (\bar{v})^2 = \frac{3}{2} kT$ folgt mit den gegebenen Daten $m = \frac{2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{N_A}$ und $T=773,15 \text{ K}$ die mittlere Geschwindigkeit.</p> $\bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 3105 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $W_{kin} = \frac{3}{2} kT = 1,601 \cdot 10^{-20} \text{ J} \left(= \frac{1}{2} m (\bar{v})^2 \right)$ $\bar{p} = m \bar{v} = 1,03 \cdot 10^{-23} \text{ Ns}$			

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
	Das Teilchen bewegt sich nach dem beschriebenen Stoß mit der gleichen Geschwindigkeit wie vor dem Stoß, nur genau in die entgegengesetzte Richtung. Es überträgt also seinen doppelten Eigenimpuls an die Wand: $\Delta p = 2 \bar{p} = 2,06 \cdot 10^{-23} \text{ Ns}$	4	6	2
Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		15	25	10

Korrekturhinweis: „Individuelle Lösungswege werden angemessen berücksichtigt, wenn sie in sinnvoller Weise von den Erwartungen abweichen.“