

Physik GOS Hauptphase

Zusatz 2019

Vorwort

Seit diesem Schuljahr 2019/20 gibt es in der Hauptphase der gymnasialen Oberstufe im Saarland (GOS) wieder Grund- und Leistungskurse im Fach Physik. Für die Grundkurse decken die 1135 Aufgaben aus softfruttis bisheriger Sammlung aus dem Jahre 2012 den Lehrplan weitgehend ab. Der Lehrplan für die Leistungskurse enthält einige zusätzliche Themen, die nicht (mehr) in dieser Aufgabensammlung enthalten sind.

Da die Lehrpläne erst kurz vor Beginn des Schuljahres 2019/20 veröffentlicht worden sind, konnte die Aufgabensammlung leider nicht rechtzeitig vor ihrem Druck dem neuen Lehrplan angepasst werden. Deswegen bietet der Verlag nun in elektronischer Form den vorliegenden Satz Aufgaben als provisorische Ergänzung der Aufgabensammlung an. Es handelt sich um 60 Aufgaben aus früheren Fassungen der Aufgabensammlung.

Ab dem Schuljahr 2020/21 ist eine lehrplankonform überarbeitete Fassung der Aufgabensammlung geplant. Darin werden sich die meisten der bisherigen Aufgaben finden, die meisten aus dieser provisorischen Ergänzung, sowie etliche neue. Die Nummerierung der bisherigen Aufgaben wird bleiben. Die Aufgaben in dieser Ergänzung sind jedoch nur provisorisch als $Z(2n)$ nummeriert und bekommen erst in der geplanten Aufgabensammlung neue bleibende Nummern.

Die Neuauflage bietet eine gute Chance, Mängel zu beheben und sonstige Verbesserungen vorzunehmen. Ich freue mich daher, wenn Sie mir Rückmeldungen geben, insbesondere ...

- ... wenn Sie Fehler in den Aufgabenstellungen oder den Lösungen finden.
- ... wenn Sie bestimmte Aufgaben oder Aufgabentypen vermissen.
- ... wenn Sie bestimmte Aufgaben lieber aus der Sammlung raus hätten, weil sie z.B. zu frustrierend oder abwegig sind.

Der einfachste Weg für solche Rückmeldungen ist wohl eine e-mail an: physik@gelbini.de

(Z) Zusatzaufgaben

Arbeit im radialen E-Feld

Z 2: Im Feld einer Punktladung $Q = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ wird eine Probeladung mit $q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ vom Abstand 50 cm auf den Abstand 25 cm genähert. Berechne die Arbeit, die dazu aufgewendet werden muss!

Z 4: Im Feld einer negativen Punktladung $Q = -2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ wird eine positive Probeladung $q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ vom Abstand 30 cm auf den halben Abstand genähert. Berechne die zugehörige Arbeit!

Z 6: Im Feld einer negativen Punktladung $Q = -5 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ befindet sich im Abstand 60 cm eine positive Probeladung mit $q = 5 \cdot 10^{-7} \text{ C}$. Welche Arbeit ist notwendig, wenn die Probeladung ganz aus dem elektrischen Feld entfernt werden soll?

Z 8: Nach dem bohrschen Atommodell bewegt sich beim Wasserstoffatom ein Elektron im Abstand $r = 0,529 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ um ein Proton.

- Welche Arbeit ist notwendig, um das Elektron ganz aus dem Feld des Protons zu entfernen?
- Mit welcher Geschwindigkeit muss sich das Elektron bewegen, wenn die obige Arbeit durch seine kinetische Energie aufgebracht werden soll?

Z 10: Wie viel Arbeit ist es, zwei Elektronen einander aus 3 \AA Abstand auf 1 \AA anzunähern?

Z 12: Ein mit $q = -5 \text{ nC}$ geladenes Kügelchen der Masse 500 mg befindet sich zunächst in Ruhe 5 cm von einer punktförmigen Ladung $Q = -5 \mu\text{C}$ entfernt. Es werde nun losgelassen und unterliege nur dem Einfluss der Ladung Q .

- Mit wie viel Kraft stoßen sich die beiden Ladungen anfangs ab?
- Welche Geschwindigkeit hat das Kügelchen, nachdem es sich 1 cm weit fortbewegt hat?
- Wie weit muss es sich noch bewegen, um seine Geschwindigkeit zu verdoppeln?

Z 14: Eine fest installierte Kunststoff-Kugel mit einem Radius von 1 cm sei gleichmäßig mit $Q = +2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ geladen. 10 km von ihr entfernt wird ein „punktförmiges“ Kügelchen der Masse 200 mg und der Ladung $q = -1 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ in Ruhe losgelassen, und bewegt sich dann unter dem Einfluss nur der Kunststoff-Kugel.

- Welche Geschwindigkeit hat das Kügelchen, wenn es noch 1 m vom Mittelpunkt der Kunststoff-Kugel entfernt ist?
- Um wie viel nimmt seine Geschwindigkeit von dort an bis zum Auftreffen noch zu?

Z 16: Eine fest installierte Kunststoff-Kugel mit einem Radius von 1 cm sei gleichmäßig mit $Q = +2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ geladen. In 1 mm Entfernung von ihrer Oberfläche wird ein „punktförmiges“ Kügelchen der Masse 200 mg und der Ladung $q = 1 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ in Ruhe losgelassen, und bewege sich dann unter dem Einfluss nur der Kunststoff-Kugel.

- Welche Geschwindigkeit hat das Kügelchen, wenn es 10 m vom Mittelpunkt der Kunststoff-Kugel entfernt ist?
- Um wie viel nimmt seine Geschwindigkeit von dort an noch zu, bis es in den unendlichen Weiten des Weltraums verschwindet?
- Stelle in einem gut ablesbaren Diagramm dar, wie die Geschwindigkeit des Kügelchens von seinem Abstand zum Mittelpunkt der Kunststoff-Kugel abhängt!

Z 18: Mit welcher Geschwindigkeit muss ein 20 mg schweres und mit $+10^{-8} \text{ C}$ geladenes Kügelchen A aus 3 m Entfernung auf ein festgehaltenes mit $+10^{-6} \text{ C}$ geladenes Kügelchen B geschossen werden, damit A bis auf 5 mm an B herankommt? (alle Entfernungen von den Kugelmittelpunkten aus gemessen)

Z 20: Zwei jeweils mit $+2 \text{ nC}$ geladene und 10 mg schwere Kügelchen A und B seien zunächst 1 cm (von ihren Mittelpunkten gerechnet) voneinander entfernt festgehalten. A werde weiter festgehalten, B losgelassen. Wie schnell ist B, wenn es sich um 4 cm bewegt hat?

Z 22: In 5 m Abstand von einer -2 mC großen Punktladung wird ein 6 g schweres Kügelchen mit $-2 \cdot 10^{-10} \text{ C}$ Ladung in Ruhe losgelassen. Welche Geschwindigkeit erreicht dieses Kügelchen maximal?

~~~~~ Quer-Ablenkung im E-Feld ~~~~~

Z 80: Ein $10000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ schnelles Elektron fliegt durch ein Oszilloskop mit einem Paar 40 mm langer Platten, die 16 mm weit auseinanderliegen und an 50 V angeschlossen sind.

- Um welchen Winkel wird das Elektron abgelenkt?
- Wie viel Ladung trägt jede der 30 mm breiten Platten betragsmäßig?

Z 82: Man betrachte den Elektronenstrahl in einem Oszilloskop, bei dem zur Zeit nur an einem der beiden Ablenk-Plattenpaare eine feste Spannung angelegt sei. Leite eine Formel für die Ablenkung her, die der Strahl beim Durchfliegen des Plattenpaares erfährt! Entwickle die Formel so, dass sie die Abhängigkeit der Ablenkung von der Beschleunigungsspannung und von der Ablenkspannung wiedergibt!

Z 84: Ein Elektron trete nach Durchlaufen der Beschleunigungsspannung U_B senkrecht zu den elektrischen Feldlinien in einen Plattenkondensator ein. Leite eine Gleichung der Bahnkurve des Elektrons ... (s.u.) ... her, aus der der Einfluss von U_B direkt ersichtlich ist! Erkläre das verwendete Koordinatensystem und die beteiligten Größen anhand einer beschrifteten Skizze!

- ... im Kondensator...
- ... nach Passieren des Kondensators...

Z 86: Wie ändert sich die Position des Leuchtflecks einer Braunschen Röhre, wenn man ...

- ... die Ablenkspannung verdoppelt?
- ... die Beschleunigungsspannung verdoppelt?
- ... den Plattenabstand bei gleichbleibenden Spannungen verdoppelt?
- ... die Platten isoliert und dann den Plattenabstand verdoppelt?

Z 88: In einer Braunschen Röhre dauert der Flug jedes Elektrons durch den ersten 9 cm langen Ablenk-Kondensator 6,2 ns. (Plattenabstand: 6 cm) Es sind 400 V angelegt.

- Um welchen Winkel wird der Elektronenstrahl abgelenkt?
- Mit welcher Geschwindigkeit verlässt jedes Elektron den Kondensator?

Z 90: Wie viel Volt muss man in einem Oszilloskop an die 40 mm langen Platten mit Plattenabstand 16 mm anlegen, damit ein anfangs $10000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ schnelles Elektron beim Durchflug ...

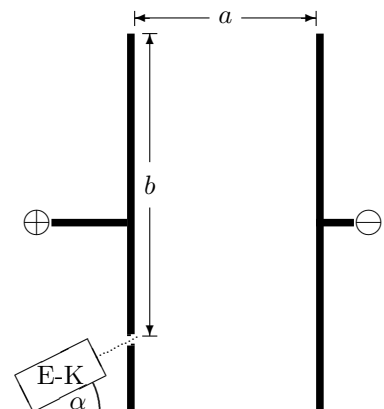
- ... seine Flugrichtung um $12,4^\circ$ verändert?
- ... eine Geschwindigkeit von $10001 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ erreicht?
- ... 12 mm entfernt von der Mitte des Schirms auftrifft, der 8 cm hinter den Platten angebracht ist?

Z 92: Ein $1200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ schnelles Proton fliegt in y-Richtung in ein homogenes elektrisches Feld der Stärke $2 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ in x-Richtung hinein. Wie lange dauert es, bis das Elektron unter einem Winkel von 5° zu den Feldlinien fliegt?

Z 94: In dem gezeichneten Plattenkondensator herrsche ein homogenes elektrisches Feld der Stärke $60 \frac{\text{kN}}{\text{C}}$. Durch ein winziges, den Feldverlauf nicht störendes Loch in der linken Platte schieße die Elektronenkanone (E-K) Elektronen mit einer Geschwindigkeit von $20000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ in den Kondensator hinein. Die Schussrichtung bilde mit der Feldrichtung den Winkel $\alpha = 30^\circ$. (eingezeichnete Abmessungen: $a = 24 \text{ mm}$, $b = 50 \text{ mm}$)

Die Schwerkraft kann vernachlässigt werden.

- Berechne die Beschleunigungsspannung der Elektronenkanone!
- Berechne die Spannung zwischen den Kondensatorplatten!
- Leite bezüglich eines geeigneten Koordinatensystems eine Gleichung für die Flugbahn der Elektronen im Kondensator her!
- Wie lange dauert der Flug eines Elektrons zwischen den Platten und wo endet er?
- Wo hat ein Elektron die kleinste Geschwindigkeit und wie groß ist diese?



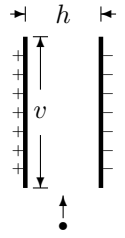
Z 96: In einem großen Fadenstrahlrohr werden Elektronen mit 700 V beschleunigt und durchfliegen einen Kreis mit 18 cm Durchmesser. Es wird dann die Elektronenkanone um 25° gekippt, so dass eine Schraubenlinie zu sehen ist. Berechne den Durchmesser und die Ganghöhe dieser Schraubenlinie!

★★

Z 98: Eine Braunsche Röhre habe statt eines ebenen Leuchtschirmes einen sphärischen Schirm, d.h. einen Ausschnitt aus einer Kugeloberfläche als Schirm. Die zugrundeliegende Kugel habe ihren Mittelpunkt genau in der Mitte des Plattenpaares, ihr Radius betrage 10 cm. Die Platten seien 30 mm lang und 12 mm auseinander. Die Röhre werde mit einer Beschleunigungsspannung von 2 kV betrieben. Wie lang ist der Bogen, den der Leuchtfleck durchläuft, wenn die Ablenkspannung innerhalb von 2,3 s von 0 auf 200 V erhöht wird?

★

Z 100: Ein mit $-2 \cdot 10^{-15} \text{ C}$ geladenes und $3 \cdot 10^{-18} \text{ g}$ schweres Teilchen wird wie skizziert mit der Geschwindigkeit $g = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ mittig von unten in einen Plattenkondensator geschossen. Die Abmessungen des als homogen angenommenen Feldes innerhalb des Kondensators betragen horizontal $h = 2 \text{ cm}$ und vertikal $v = 15 \text{ cm}$. Das Feld wird durch Anlegen einer Spannung S erzeugt.



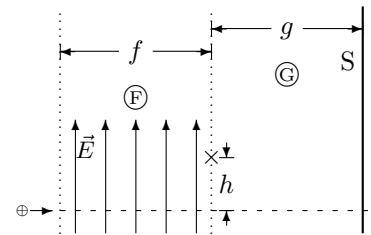
- Bis zu welchem Wert der Spannung S durchfliegt das Teilchen den Kondensator ohne auf einer Platte aufzutreffen?
- Um welchen Winkel wird seine Flugrichtung dabei höchstens gedreht? Überprüfe Deine Rechnung mit mindestens einem anderen Ansatz!
- Wo, wann und unter welchem Winkel trifft das Teilchen auf, wenn $S = 6 \text{ kV}$ beträgt?

★★

Z 102: Ein Elektron fliege durch das Plattenpaar einer Braunschen Röhre. Nach genau der halben Durchflugzeit wird die Ablenkspannung umgepolt. Untersuche den weiteren Flug!

★★

Z 104: Ein Proton (\oplus) fliegt mit $2 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ wie skizziert auf einen \vec{E} -feld erfüllten Raumbereich \textcircled{E} der Breite $f = 20 \text{ cm}$ zu, an den sich ein feldfreier Bereich \textcircled{G} der Breite $g = 20 \text{ cm}$ mit einem abschließenden Schirm S anschließt. Das Proton soll an dem mit \times markierten Punkt im Abstand $h = 5 \text{ cm}$ über der Geradeaus-Linie aus dem Feld austreten.



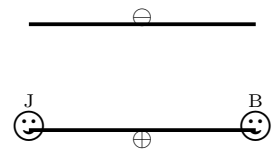
- Berechne die erforderliche elektrische Feldstärke E !
- Wo auf dem Schirm trifft das Proton auf?
- Wie müsste ein *zusätzliches* magnetisches Feld innerhalb des Bereiches \textcircled{E} beschaffen sein, damit das Proton geradeaus fliegen würde? (Betrag & Richtung)
- Wie müsste ein magnetisches Feld innerhalb des Bereiches \textcircled{E} als Ersatz für das elektrische Feld beschaffen sein, damit das Proton den Bereich \textcircled{E} am selben vorgesehenen Punkt \times verlässt? (Betrag & Richtung)
- Vergleiche die Flugrichtungen des Protons im Punkt \times in den (– in a) und d) betrachteten –) Fällen elektrischer bzw. magnetischer Ablenkung!
- In den Aufgabenteilen a) und d) wird das Proton rein elektrisch bzw. rein magnetisch durch denselben Punkt \times hindurch auf den Schirm abgelenkt. Begründe mit möglichst wenig Rechenaufwand, welche der Beziehungen $<, =$ oder $>$ zwischen den entsprechenden Flugzeiten vom Punkt \times bis zum Schirm besteht!

★★

Z 106: Ein Proton fliege mit $2 \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ entlang der x -Achse eines KO-Systems mit 1 cm als Längeneinheit. Durch geeignete, ausschließlich rechts von der y -Achse wirksame homogene Felder soll das Proton zum Punkt (1|1) gelenkt werden. Gib zwei Möglichkeiten dazu an!

★★

Z 108: Duell im Kondensator: Irgendwo im Wilden Westen eines Oszilloskopenfabrikgeländes stehen sich die Bazillen Jim und Bill zu einem Elektronenkanonen-Duell gegenüber wie gezeichnet. Der Kondensator habe 20 cm lange Platten in einem Abstand von 4 cm, sei auf 600 V aufgeladen und produziere ein homogenes Feld in seinem Inneren.



- Wie schnelle Elektronen muss Jims Colt mindestens feuern, damit er Bill treffen kann?
- In welche Richtung muss Jim schießen, wenn er Elektronen mit $3 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ abfeuert?

~~~~~Fadenpendel~~~~~

Z 160: Welche Länge muss ein Fadenpendel haben, wenn die Schwingungsdauer 2 s betragen soll? Welchen Einfluss hat hierbei die Masse des Pendelkörpers?

Z 162: Foucault verwendete bei seinem berühmten Pendelversuch zum Nachweis der Erdrotation (1852 im Pantheon in Paris) ein Pendel mit einer Länge von 67 m und einem Pendelkörper mit der Masse 28 kg. Berechne die Schwingungsdauer dieses Pendels!

Z 164: An einer 25 cm langen Schnur hängt eine kleine Eisenkugel mit der Masse 50 g. Die Kugel wird seitlich um den Winkel $\varphi_0 = 4^\circ$ ausgelenkt und dann losgelassen.

- a) Berechne die Schwingungsdauer und die Frequenz der Schwingung!
- b) Berechne die Amplitude der Schwingung!
- c) Berechne die Schwingungsenergie!
- d) Wie groß ist die maximale Geschwindigkeit der Kugel?

★

Z 166: Ein Fadenpendel der Länge $l = 1$ m schwingt ungedämpft mit der Energie $W = 0,1$ J. Die schwingende Masse besitzt dabei die maximale Geschwindigkeit $v_0 = 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

- a) Berechne die Masse m des Pendelkörpers, die Schwingungsdauer T und die Frequenz f !
- b) Um welchen Winkel φ_0 wurde das Pendel anfangs ausgelenkt?
- c) Welche Länge muss ein Fadenpendel mit dem gleichen Pendelkörper besitzen, wenn die Schwingung mit der dreifachen Frequenz erfolgen soll?

★

Z 168: Die Fallbeschleunigung auf dem Mars beträgt $g_{\text{Mars}} = 3,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Ein auf dem Mars gelandeter Astronaut misst für ein Fadenpendel die Schwingungsdauer 2 s. Um welche Länge muss das Fadenpendel vergrößert werden, wenn die Schwingungsdauer 3 s betragen soll?

★

Z 170: In einem Raumschiff befindet sich ein Pendel der Länge $l = 50$ cm. Das Raumschiff landet auf dem Mond.

- a) Berechne die Frequenz, mit der dieses Fadenpendel auf der Erde schwingen würde!
- b) Welche Frequenz besitzt das Pendel auf dem Mond? ($g_{\text{Mond}} = 1,62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$)
- c) Wie muss die Pendellänge verändert werden, damit auf dem Mond dieselbe Frequenz wie auf der Erde vorliegt?

★

Z 172: An einem masselosen Faden der Länge $l = 1$ m ist eine punktförmig angenommene Kugel der Masse $m = 0,5$ kg aufgehängt. Die Kugel wird so ausgelenkt, dass der Faden mit der Vertikalen einen Winkel von 5° einschließt. Zum Zeitpunkt $t = 0$ s wird die Kugel losgelassen. Sie schwingt anschließend harmonisch und ungedämpft in Richtung der positiven s -Achse.

- a) Berechne die Frequenz der Schwingung!
- b) Gib je eine Gleichung für die Auslenkung $s(t)$ und die Geschwindigkeit $v(t)$ der Kugel an!
- c) Wann geht die Kugel erstmals durch die Ruhelage?
Wie groß ist dabei ihre Geschwindigkeit?

★

Z 174: An einen wie langen Faden muss man ein 500 g-Gewichtsstück hängen, damit sich die Schwingungsdauer dieses Fadenpendels um 200 ms erhöht, wenn man den Faden um 10% verlängert?

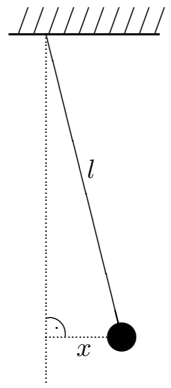
★

Z 176: Ein Fadenpendel mit der Länge $l = 4$ m wird aus der Ruhelage angestoßen und erreicht den Auslenkungswinkel $\varphi = 5^\circ$. Der Pendelkörper hat die Masse $m = 500$ g.

- a) Berechne die Schwingungsdauer T des Pendels!
- b) Bestimme die Anfangsgeschwindigkeit des Pendelkörpers!
- c) Welche kinetische und welche potenzielle Energie hat das Pendel bei dem Auslenkungswinkel $\varphi_1 = 3^\circ$?

★
Z 178: Ein Fadenpendel aus einem Faden der Länge $l = 8\text{ m}$ und einem 200 g -Gewichtsstein wird horizontal um $x = 40\text{ cm}$ ausgelenkt und losgelassen.

- Berechne die maximale Auslenkung s_m , die der Pendelkörper auf seiner Bahn zwischen der Ruhelage und einem Umkehrpunkt zurücklegt!
- Berechne die Schwingungsdauer des Pendels!
- Gib die Funktionen $s(t)$, $v(t)$ und $a(t)$ für diese spezielle Schwingung an. Die Zeitmessung beginne mit dem Loslassen.
- Beschreibe, welche Energieumwandlungen während der Schwingung stattfinden!
- Berechne die Gesamtenergie des schwingenden Systems!
- Welche Geschwindigkeit hat der Pendelkörper, wenn er von der Ruhelage aus gemessen die halbe Höhe erreicht hat wie bei Maximalauslenkung?



★
Z 180: Ein reibungsfreies Fadenpendel bestehe aus einem schweren Stein an einer 180 cm langen masselosen Schnur. Es werde um 5° nach links ausgelenkt.

- Wie lange dauert es nach dem Loslassen, bis der Stein den höchsten Punkt seiner Bahn rechts erreicht?
- Wie groß ist die Bahnbeschleunigung in diesem höchsten Punkt?
- Mit welcher Geschwindigkeit passiert der Stein den tiefsten Punkt seiner Bahn?

★
Z 182: An einen wie langen Faden muss man ein 500 g -Gewichtsstück hängen, damit es daran mit der selben Frequenz hin und her pendeln kann, mit der es an einer Schraubenfeder der Härte $10\frac{\text{N}}{\text{m}}$ auf und ab schwingen würde?

★
Z 184: Die Schwingungsdauer eines Fadenpendels ist auf dem Mars um $62,6\%$ größer als auf der Erde. Welcher Ortsfaktor des Mars ergibt sich daraus? ($g_{\text{Erde}} = 9,81\frac{\text{N}}{\text{kg}}$)

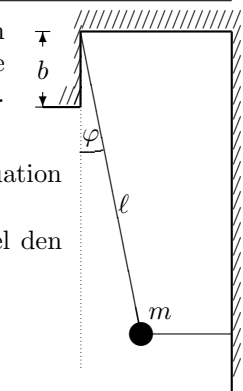
★
Z 186: Bei der Erkundung eines neuen Planeten stellt man fest, dass ein 80 cm langes Fadenpendel 40 mal pro Minute hin und her pendelt. Werte dies aus!

★★
Z 188: Ein Fadenpendel aus einem 75 cm langen Faden und einer 310 g schweren Eisenkugel pendelt mit einer maximalen Amplitude von 11 cm . Berechne den Betrag folgender Kräfte!

- die resultierende Kraft, der die Kugel bei maximaler Auslenkung ausgesetzt ist; (Berechne auf zwei Wegen und erkläre den Unterschied!)
- die Kraft, mit der der Faden bei maximaler Auslenkung gespannt ist
- die Kraftkomponente in Bewegungsrichtung, der die Kugel beim Durchgang durch die Ruhelage ausgesetzt ist
- die Kraft, mit der der Faden während des Durchgangs durch die Ruhelage gespannt ist (Hinweis: Die Kugel befindet sich auf einer Kreisbahn.)

★★
Z 190: Eine Kugel der Masse $m = 70\text{ g}$ ist wie nebenstehend gezeichnet an einem Faden der Länge $l = 120\text{ cm}$ an einem Deckenbalken der Dicke b aufgehängt. Zunächst sei sie außerdem mit einem horizontal gespannten Faden um den Winkel $\varphi = 7^\circ$ seitlich ausgelenkt. Dieser Faden wird später durchgebrannt.

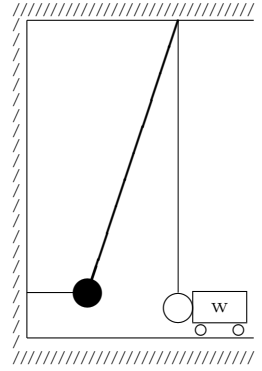
- Berechne die Kräfte, mit denen die beiden Fäden in der gezeichneten Ausgangs-Situation gespannt sind!
- Wie lange dauert es nach dem Durchbrennen des horizontalen Fadens, bis die Kugel den tiefsten Punkt ihrer Bahn erreicht?
- Welche Geschwindigkeit erreicht die Kugel maximal?
- Wie dick ist der Balken, wenn eine vollständige Schwingung $2,127\text{ s}$ dauert?



★★
Z 192: Aus einem gewöhnlichen Fadenpendel soll ein Galileo-Pendel gemacht werden, indem lotrecht unter den Aufhängepunkt ein Hemm-Stift angebracht wird. Wie tief unter der Aufhängung muss der Stift angebracht werden, damit sich die Schwingungsdauer um 5% ändert?

★★

Z 194: Ein Fadenpendel besteht aus einem 80 cm langen Faden und einer 80 g schweren Stahlkugel. Bei ruhendem Pendel (dünn gezeichnet) wird unmittelbar rechts neben die Kugel ein 200 g schweres stählernes Wägelchen gestellt, das auf seiner horizontalen Unterlage reibungsfrei rollen könne. Über eine schließlich horizontal gespannte Schnur wird die Kugel dann so weit nach links ausgelenkt, dass das Fadenpendel um φ ausgelenkt ist. (dick gezeichnet) Nun wird diese Schnur durchgebrannt. „Kurz darauf“ prallt der Pendelkörper mit $39,077 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ vollkommen elastisch auf das Wägelchen.



- Berechne φ !
- Wie lang genau dauert „kurz darauf“?
- Berechne die beiden Seilkräfte vor dem Durchbrennen!
- Welche Geschwindigkeiten haben die Kugel und das Wägelchen unmittelbar nach ihrem Zusammenstoß?
- Welchen Auslenkungswinkel erreicht das Fadenpendel nach dem Stoß wieder? Berechne dies einmal mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes und einmal mit Hilfe der Bewegungsgleichungen des Fadenpendels! Woher kommt der Unterschied?

★

Z 196: Punching-Ball I

An einer 7 m langen Schnur hängt ein 3,5 kg schwerer Gummiball. Viktor boxt horizontal so fest auf den ruhenden Ball, dass er einen Kraftstoß von 4,2 Newtonsekunden ausübt.

- Bis in welche Höhe pendelt der Ball?
- Wie lange dauert es nach dem Schlag, bis der Ball an seine Ruheposition zurückkehrt?

★

Z 198: Punching-Ball II

An einer 7 m langen Schnur hängt ein 3,5 kg schwerer Gummiball. Viktor schießt ein 12,5 g schweres Geschoss mit $800 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ horizontal in den ruhenden Ball, wobei das Geschoss im Ball steckenbleibt.

- Bis zu welchem Winkel wird das Pendel ausgelenkt?
- Wie spät nach dem Einschuss kehrt der Ball an seine Ruheposition zurück?

★★

Z 200: Punching-Ball III

An einer 7 m langen Schnur hängt ein 3,5 kg schwerer Gummiball. Viktor schießt ein 12,5 g schweres Stahlgeschoss horizontal auf den ruhenden Ball. Das Geschoss durchschlägt den Ball und tritt mit $600 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ gegenüber wieder aus. Es löse sich dabei kein Gummi vom Ball und kein Metall vom Geschoss ab. Der Ball pendelt anschließend mit einer Amplitude von 1,5 m. Wie schnell war das Geschoss?

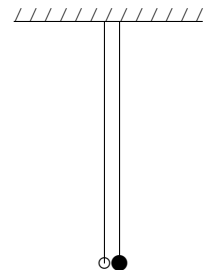
★★

Z 202: Punching-Ball IV

An einer 7 m langen Schnur hängt ein 3,5 kg schwerer Gummiball. Viktor schleudert zum Zeitpunkt $t = 0$ ein 100 g schweres Bällchen horizontal und zentral mit $25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ auf den ruhenden Ball. Stelle eine Gleichung für die Auslenkung $s(t)$ des Gummiballs auf!

★★

Z 204: Zwei Stahlkugeln hängen in gleicher Höhe nebeneinander von derselben Decke herab. Die rechte Kugel, die doppelt so schwer wie die linke ist, wird zunächst soweit ausgelenkt, dass sie sich um h höher befindet, dann wird sie losgelassen.



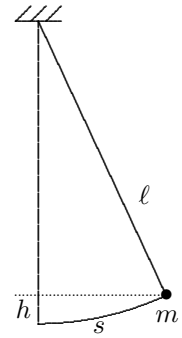
- Welche Höhen erreichen die beiden Kugeln nach ihrem vollkommen elastischen Zusammenprall?
- Zu welcher Seite schwingt die schwerere Kugel unmittelbar nach dem Stoß?
- Begründe, dass die Kugeln ihre Maximalhöhen gleichzeitig erreichen!
- Wie verläuft die Bewegung nach der maximalen Auslenkung weiter?

Schwingkreise

★ **Z 260:** Qualitatives zu elektromagnetischen Schwingungen

- Zähle kurz auf, bei welchen Vorgängen in einem gedämpften Schwingkreis welche Energieumwandlungen stattfinden!
- Vergleiche die Schwingung in einem Schwingkreis mit der eines Fadenpendels (bei „kleiner“ Auslenkung), indem Du folgende Tabelle von Entsprechungen ausfüllst!

Schwingkreis	Q	I	W_{mag}	W_{el}	L	Aufladen
Fadenpendel						



Compton-Streuung

★ **Z 320:** Ein Röntgenphoton der Wellenlänge $\lambda = 6 \cdot 10^{-12}$ m führt mit einem Elektron einen Comptonstoß durch, wobei das Elektron die Energie $W = 1,6 \cdot 10^{-15}$ J aufnimmt.

- Wie groß ist die Wellenlänge des gestreuten Photons?
- Unter welchem Winkel wird das Photon gestreut?
- Bestimme den Betrag des Impulses des Elektrons nach dem Stoß!

Z 322: Um wie viel ändert sich die Wellenlänge eines Röntgenphotons, wenn sich seine Bewegungsrichtung bei einem Compton-Stoß um 70° ändert?

Z 324: Bei einer Compton-Streuung um 120° verringert sich die Frequenz eines Photons um 20%. Welche Frequenz hatte das Photon ursprünglich?

★ **Z 326:** Ein Versuch zur Compton-Streuung soll mit einer solchen einfallenden Strahlung durchgeführt werden, dass die um 60° Compton-gestreuete Strahlung gerade die halbe Frequenz hat. Welche Wellenlänge muss die einfallende Strahlung dazu haben?

★ **Z 328:** Ein Röntgenphoton der Wellenlänge $9,7 \cdot 10^{-12}$ m wird um 120° Compton-gestreut. Welchen Impuls (Betrag und Richtung) hat das beteiligte Elektron danach?

★ **Z 330:** Nach einem Compton-Stoß im Ursprung eines Koordinatensystems mit der einfallenden Strahlrichtung als x-Achse bewegt sich das Compton-gestreute Photon mit einem Impuls von $3,667 \cdot 10^{-23}$ Ns auf den Punkt $(-1|-2)$ zu. Berechne die Geschwindigkeit und die Bewegungsrichtung des beteiligten Elektrons!

Moseley'sches Gesetz

Z 380: Wie viel Elektronenvolt Energie haben die Photonen aus der K_α -Strahlung von Eisen, das die Kernladungszahl 26 hat?

★ **Z 382:** Bestimme x so, dass $(Z - 1)^2 \cdot x$ eV die Energie eines Photons aus der K_α -Strahlung eines Elementes mit der Ordnungszahl Z nach dem Moseley-Gesetz beschreibt!

★★ **Z 384:** Die K_α -Linie des Magnesiums liegt bei 1253,6 eV. Welche Kernladungszahl „spürt“ ein Elektron, das von der zweiten Schale eines Magnesium-Atoms auf die erst einfach besetzte erste Schale springt? Wie stark schirmt demnach das bereits auf der ersten Schale sitzende Elektron die Ladung der 12 Protonen im Kern ab?

Z 386: Berechne die Kernladungszahl von Aluminium aus der Frequenz $3,5948 \cdot 10^{17}$ Hz seiner K_α -Linie!

Zusatzaufgaben

Arbeit im radialen E-Feld

- Z2** 179.8 mJ **Z4** -1.798 J **Z6** 374 mJ
Z8a $4.36 \cdot 10^{-18} \text{ J} = 27.2 \text{ eV}$ **Z8b** $3.094 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Z10 $1.538 \cdot 10^{-18} \text{ J} = 9.6 \text{ eV}$ **Z12a** 89.88 mN
Z12b $W_{pot}(5 \text{ cm}) = 4.50 \text{ mJ}$ $W_{pot}(6 \text{ cm}) = 3.74 \text{ mJ}$
 $\Delta W_{pot} = 0.749 \text{ mJ}$ $v = 1.73 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Z12c $W_{kin} = 3.00 \text{ mJ}$ $W_{pot}(x) = W_{pot}(5 \text{ cm}) - W_{kin} = 1.50 \text{ mJ}$
 $x = 15 \text{ cm}$ noch 9 cm
Z14b $v(r) = \sqrt{\frac{Q \cdot q}{2\pi\epsilon_0 \cdot r \cdot m}}$ $v(1 \text{ m}) = 1.34 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 $v(1 \text{ cm}) = 13.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Z16b $W_{pot,11\text{mm}} = -16.34 \text{ mJ}$ $W_{pot,10\text{m}} = 17.98 \mu\text{J}$
 $v = \sqrt{\frac{2\Delta W}{m}} = 12.77 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $v_\infty = 12.78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Z18 $\sqrt{\frac{Q_A \cdot Q_B}{2\pi\epsilon_0 \cdot m} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)} = 42.36 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ **Z20** $75.84 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
Z22 $W = 7.19 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ $v = 48.956 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$

Quer-Ablenkung im E-Feld

- Z80a** 12.4°
Z80b $C = 6.64 \cdot 10^{-13} \text{ F}$ $Q = 3.32 \cdot 10^{-11} \text{ C}$
Z82 $x(t) = v_0 t \wedge y(t) = \frac{1}{2} at^2 \Rightarrow y(x) = \frac{a}{2v_0^2} x^2$
 $a = \frac{F}{m} = \frac{qU_A}{md}$ $v_0^2 = \frac{2qU_B}{m}$
 $y(x) = \frac{U_A}{4dU_B} x^2$ $y(l) = \frac{U_A l^2}{4dU_B}$
Z84a $y = \frac{1}{4} \frac{U}{U_B} \frac{x^2}{d}$ **Z84b** $y = \frac{l}{2d} \frac{U}{U_B} (x - \frac{l}{2})$
Z86a Auslenkung $\cdot 2$ **Z86b** $/2$ **Z86c** $/2$
Z86d $\cdot 1$
Z88 $v_x = 14516 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ $a = 1.172 \cdot 10^{15} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $v_y = 7270 \frac{\text{km}}{\text{s}}$
 $\alpha = 26.6^\circ$ $v = 16235 \frac{\text{km}}{\text{s}}$
Z90a 50 V **Z90b** 3.216 V **Z90c** 27.29 V
Z92 $v_x = 13716 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $F = 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ N}$ $a = 1.93 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
 $t = 71.08 \mu\text{s}$
Z94a (klassisch) $U = \frac{1}{2} \frac{m}{e} v^2 = 1137 \text{ V}$
Z94b $U = E \cdot d = E \cdot a = 1440 \text{ V}$
Z94c z.B. KO-System mit Ursprung bei Eintritts-Stelle:
mit $v_y = v_0 \cdot \sin \alpha = \text{const}$: $y(t) = v_y \cdot t \Leftrightarrow t = \frac{y}{v_y}$ (1)
mit $a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m}$ und $v_{x,0} = v_0 \cdot \cos(\alpha)$ $x(t) = v_{x,0} t - \frac{1}{2} \frac{eE}{m} t^2$ (2)
(1) in (2): $x(y) = \cot(\alpha)y - \frac{eE}{2mv_0^2} y^2 =$
 $1.732 \cdot y - 52.76 \frac{1}{\text{m}} \cdot y^2$
Z94d Ende bei $(0|32.83 \text{ mm})$ nach 3.283 ns ($= 2 \cdot \frac{v_{x,0}}{a}$)
Z94e $v_{min} = v_y = 10000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ im Scheitel
 $(14.21 \text{ mm}|16.41 \text{ mm})$
Z96 $v[10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}] = 15.69$ $B = 0.9913 \text{ mT}$ $v_\perp = 14.22$
 $v_\parallel = 6.632$ $d = 16.31 \text{ cm}$ $T = \frac{2\pi r}{v_\perp} = 36.04 \text{ ns}$ $h = 23.90 \text{ cm}$
Z98 $\alpha = \arctan(0.125) = 7.125^\circ$ Bogenlänge $b = 1.24 \text{ cm}$
Z100a $x(y) = \frac{qS}{2hm_g^2} y^2$ $x(v) = -h/2$ $S = 4266 \text{ V}$
Z100b $\arctan(\frac{h/2}{v/2}) = 7.59^\circ$ $v_x = 5.333 \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $t = 375 \text{ ns}$
Z100c $x(y) = -0.625 \text{ m} \cdot y^2 = -0.01 \text{ m}$ $y = 12.65 \text{ cm}$
 $t = 316.23 \text{ ns}$ $x'(y) = 0.158$ $\alpha = 8.985^\circ$

- Z102** s-förmige Bahn, bei Austritt um $\frac{qEl^2}{4mv_0^2}$ von Geradeaus-Gerade entfernt und Flugrichtung wie vor Eintritt
Z104a $E = \frac{2mv_0^2 y}{qf^2} = 103683 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ **Z104b** $s = 15 \text{ cm}$
Z104c $B = E/v_0 = 51.84 \text{ mT}$ \odot
Z104d $(r-h)^2 + f^2 = r^2 \Leftrightarrow r = \frac{f^2+h^2}{2h} = 42.5 \text{ cm}$
 $B = 48.79 \text{ mT}$ \otimes
Z104e $\alpha_E = \arctan(5/10) = 26.6^\circ < 28.1^\circ = \arcsin(f/r) = \alpha_M$ $\Delta s = 6 \frac{2}{3} \text{ mm}$
Z104f el: $v_x = v_0$, $t_E = 0.2 \mu\text{s}$ mag: $v_x = v_0 \cos(\alpha_M) = 0.88v_0$, $t_M = 0.226 \mu\text{s}$ $t_M > t_E$
Z106 $B = \frac{mv}{qr} = 20.73 \text{ mT}$ \otimes $E = 829.15 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ \uparrow
Z108a in halber Flugzeit = t: vertikal: $d = \frac{1}{2} at^2$ mit $a = qU/md$ $t = d \sqrt{\frac{2m}{qU}} = 5.5 \text{ ns}$
 $v_{0Y} = at = \sqrt{\frac{2qU}{m}} = 1.4528 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ horizontal:
 $v_X = l/2t = 1.8160 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ gesamt:
 $v_0 = \sqrt{\frac{qU}{m} (2 + \frac{l^2}{8d^2})} = 2.3256 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Z108b vertikal: $v_0 \sin(\alpha) = at$ horizontal: $v_0 \cos(\alpha) = l/2t$ $\cos(\alpha)^2 = \frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{4} - (\frac{al}{2v_0^2})^2}$ $\alpha = 17.95^\circ$

Fadenpendel

- Z160** 99.4 cm **Z162** 16.42 s
Z164a $T = 1 \text{ s}$ $f = 1 \text{ Hz}$ **Z164b** $s_0 = 1.745 \text{ cm}$
Z164c $W = 3 \text{ mJ}$ **Z164d** $v_0 = 11 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
Z166a $m = 5 \text{ kg}$ $T = 2 \text{ s}$ $f = 0.5 \text{ Hz}$
Z166b $\varphi_0 = 3.66^\circ$ **Z166c** $l = 11.1 \text{ cm}$
Z168 $\Delta l = 48.1 \text{ cm}$ **Z170a** 0.705 Hz
Z170b 0.286 Hz **Z170c** $l_M = 8.26 \text{ cm}$
Z172a 0.5 Hz
Z172b $s(t) = -8.73 \text{ cm} \cdot \cos(3.13 \text{ s}^{-1} \cdot t)$
 $v(t) = 27.3 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \cdot \sin(3.13 \text{ s}^{-1} \cdot t)$
Z172c $t = 0.5 \text{ s}$ $v = 27.3 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
Z174 $l = \frac{\Delta T^2 \cdot g}{4\pi^2 \cdot (1 - \sqrt{1.1})^2} = 4.171 \text{ m}$ **Z176a** 4.01 s
Z176b $54.7 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
Z176c $W_{pot} = 26.9 \text{ mJ}$ $W_{kin} = 47.8 \text{ mJ}$
Z178a $\varphi = \arcsin(\frac{0.4}{8}) = 2.866^\circ = 0.05$
 $s_m = l \cdot \varphi = 40.01067 \text{ cm}$
Z178b $T = \frac{2\pi}{\omega} = 5.674 \text{ s}$ $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} = 1.107 \text{ s}^{-1}$
Z178c $s(t) = s_m \cdot \cos(\omega t)$ $v_m = s_m \cdot \omega = 0.443 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 $a_m = s_m \cdot \omega^2 = 0.491 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
Z178e $h = l(1 - \cos(\varphi)) = 10.006 \text{ mm}$
 $W = mgh = 19.63 \text{ mJ}$
Z178f $\frac{1}{2} mv^2 = mg \frac{h}{2}$ $v = \sqrt{gh} = 0.3133 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Z180a $T/2 = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 1.346 \text{ s}$
Z180b $a = g \cdot \sin(\phi) = 0.855 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
Z180c $h = l \cdot (1 - \cos(\phi)) = 6.85 \text{ mm}$
 $v = \sqrt{2gh} = 36.66 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
Z182 $T = 1.405 \text{ s}$ $l = 49 \text{ cm}$ **Z184** $3.71 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$
Z186 $g = 14.04 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
Z188a $\phi = 8.4^\circ$ $\omega = 3.6166 \text{ s}^{-1}$ $v_m = 39.78 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
 $a_m = 1.4388 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $F_m = 446 \text{ mN}$ $mg \sin(\phi) = 444 \text{ mN}$
ungleich, weil $s(t)$ nur Näherung für kleine ϕ

Z188b $F_F = mg \cos(\phi) = 3.008 \text{ N}$ **Z188c** 0 N
Z188d $F_F = mg + mv_m^2/l = 3.0411 \text{ N} + 0.06542 \text{ N} = 3.10652 \text{ N}$
Z190d $F_\ell = G/\cos(\varphi) = 692 \text{ mN}$ $F_- = G \cdot \tan(\varphi) = 84.3 \text{ mN}$ $T/4 = 0.5494 \text{ s}$ $s_m = 14.66 \text{ cm}$ $v_m = 41.9 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
 $b = 15 \text{ cm}$
Z192 0.19ℓ
Z194c $h = 7.7856 \text{ mm}$ $\varphi = 8^\circ$ $t = 448.6 \text{ ms}$
 $F_G = 784.8 \text{ mN}$ $F_- = 110.3 \text{ mN}$ $F_j = 792.5 \text{ mN}$
Z194e $u_1 = (m_1 v_1 + m_2(2v_2 - v_1))/(m_1 + m_2)$
 $u_K = -16.75 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ $u_W = 22.33 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ $h_2 = 1.43 \text{ mm}$ $\varphi_2 = 3.43^\circ$
Z196a $v = 1.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $h = 7.342 \text{ cm}$
Z196b $T = 5.3 \text{ s}$ $t = T/2 = 2.65 \text{ s}$
Z198a $v = 2.847 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $h = 41.3 \text{ cm}$ $\alpha = 19.786^\circ$
Z198b $T = 5.3 \text{ s}$ $t = T/2 = 2.65 \text{ s}$
Z200 $\alpha = 12.28^\circ$ $h = 16.01 \text{ cm}$ $v_m = 1.772 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 $p = 13.7 \text{ Ns}$ $v_0 = 1096 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Z202 $v_m = 1.389 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $h = 9.835 \text{ cm}$ $\alpha = 9.616^\circ$
 $s_m = 1.175 \text{ m}$ $\omega = 1.1836 \text{ s}^{-1}$ $s(t) = s_m \cdot \sin(\omega t)$
Z204a $h_R = \frac{1}{9} h$ $h_L = \frac{16}{9} h$ **Z204b** nach links
Z204c gleiches $l \rightarrow$ gleiches T , gleiche Startzeit
Z204d wie in zurücklaufendem Film

~~~~~ Schwingkreise ~~~~~

Z260a Aufladen: magn. \rightarrow el.E. Entladen: el. \rightarrow magn.
 immer bei $I \neq 0$: t_0 Joulsche Wärme (evtl. + Abstrahlung)

Z260b

Schw.	Q	I	W_{mag}	W_{el}	L	Aufladen
Fad.p.	s	v	W_{kin}	W_{pot}	m	Auslenken

~~~~~ Compton-Streuung ~~~~~

Z320a $hc/\lambda_0 - W_e = hc/\lambda$ $\lambda = 6.3 \text{ pm}$
Z320b $\Delta\lambda = 0.3047 \text{ pm}$ $\varphi = 29^\circ$
Z320c $p_0 = 1.1 \cdot 10^{-22} \text{ Ns}$ $p = 1.05 \cdot 10^{-22} \text{ Ns}$
 $p_e = 5.43 \cdot 10^{-23} \text{ Ns}$ $v_e = 0.195c$
Z322 $0.658\lambda_C = 1.596 \text{ pm}$
Z324 $f' = 0.8f \Leftrightarrow \frac{c}{\lambda + \Delta\lambda} = \frac{0.8c}{\lambda} \Leftrightarrow \lambda = 4\Delta\lambda = 1.456 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ $f = 2.06 \cdot 10^{19} \text{ Hz}$
Z326 $\frac{1}{2}\lambda_C = 1.21 \cdot 10^{-12} \text{ m}$
Z328 $p = 6.8311 \cdot 10^{-23} \text{ Ns}$ $\lambda' = 1.334 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
 $p' = 4.967 \cdot 10^{-23} \text{ Ns}$
 $p_e = 10.260 \cdot 10^{-23} \text{ Ns}$ -24.79°
Z330 $\lambda' = 18.07 \text{ pm}$ $\varphi = 116.565^\circ$ $\Delta\lambda = 1.447\lambda_c$
 $\lambda = 14.56 \text{ pm}$
 $p_P = 4.551 \cdot 10^{-23} \text{ Ns}$ $p_e = 7.006 \cdot 10^{-23} \text{ Ns}$ $\alpha_E = 27.9^\circ$
 $W_{kin} = 2.65 \cdot 10^{-15} \text{ J}$

~~~~~ Moseley'sches Gesetz ~~~~~

Z380 6378 eV
Z382 $h \cdot f_{Rydberg} (\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2})/e = \frac{3m_e e^3}{32\epsilon_0^2 h^2} = 10.2 \text{ eV}$ $x = 10.2$
Z384 $(Z - s) = 11.08$ $s = 0.92$
Z386 $\sqrt{4f/3f_R} = 12.07$ $Z = 13$