

Physik

Aufgaben



lizenziert nur zur Nutzung im Schuljahr 2026/27

Übergangslösung
2026/27
10 (G9)

Inhalt

Stoffgebiet	Aufgabenzahl	ab Seite
(L) Elektrische Ladung	31	1
(G) Elektrische Größen	78	5
(S) Elektrische Schaltungen	105	12
(T) Elektrotechnik	96	23
(N) Nutzung von Energie	57	34
(Y) Thermodynamik	34	41
(O) Optik	92	49
(K) Klimaphysik	12	62
(I) Ionisierende Strahlung	38	65
(A) Akustik	15	71
(E) Elektronik	38	72

Vorwort

Diese Sammlung enthält 596 Physik-Aufgaben für alle Zweige des 10.Schuljahres **im Schuljahr 2026/27**.

Abweichend vom Lehrplan gilt für dieses eine Schuljahr laut Rundschreiben, dass zweistündige Zweige das Themenfeld „Brechung und optische Abbildungen“ aus dem jetzigen Lehrplan für Klasse 8 nachholen. Zum Ausgleich ist für diese Zweige die „Ionisierende Strahlung“ als fakultativ ausgewiesen.

Das Kapitel „Akustik“ wird nur im 8er-Lehrplan als Wahlthema vorgeschlagen, es taucht im 10er-Lehrplan nicht auf. Ich habe es in dieser Aufgabensammlung als Wahlthema-Angebot dazu genommen, weil es thematisch sehr gut zu verpflichtenden Themen der Klasse 10 passt.

Falls Sie Anregungen zu dieser Aufgabensammlung haben, schreiben Sie mir bitte am einfachsten eine e-mail an physik@gelbini.de oder über den Verlag. Eine Liste gefundener Fehler finden Sie auf meiner Homepage unter der Adresse: <http://gelbini.de/errata.htm>

Patrick Barbian, im August 2026

Elektrische Stromkreise

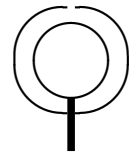
(L) Elektrische Ladung

Ladungsphänomene

L 2: Mini-Experiment für zu Hause: Lade einen Luftballon (o.ä.) durch Reiben an Deinen Haaren (o.ä.) elektrisch auf! Lasse aus einem Wasserhahn einen dünnen Strahl herauslaufen und halte den Luftballon in die Nähe des Strahles! Beobachtung? (Drehe den Wasserhahn natürlich auch wieder zu!)

L 4: Beschreibe, unter welchen Bedingungen welche Kraftwirkung zwischen geladenen Körpern auftritt!

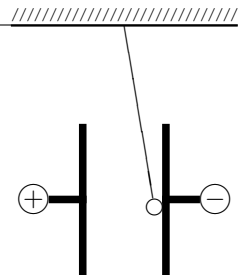
★
L 6: Eine Metallkugel mit Stiel wird von zwei metallischen Halb-Hohlkugeln eingeschlossen, so dass alle Teile miteinander in Kontakt stehen. Nun berührt man die Anordnung mit dem Pluspol einer Hochspannungsquelle. Anschließend öffnet man die äußere Kugel und entnimmt die innere Kugel. Gib in den folgenden Fällen jeweils an, welche Ladung die beiden Kugeln tragen!



- a) Stiel aus Metall, Berührung am Stiel
- b) Stiel aus Plastik, Berührung an äußerer Kugel
- c) Stiel aus Metall, Berührung an äußerer Kugel
- d) Stiel aus Metall, Berührung am Stiel, kein Kontakt zwischen Stiel und äußerer Kugel

★
L 8: Von drei gleichartigen isolierten Metallkugeln ist die erste Kugel positiv geladen, die zweite ebenso stark negativ geladen, die dritte gar nicht geladen. Nun berührt man mit der zweiten zuerst die dritte Kugel, trennt sie wieder und berührt danach mit der zweiten Kugel die erste Kugel. Wie sind die Kugeln nun geladen?

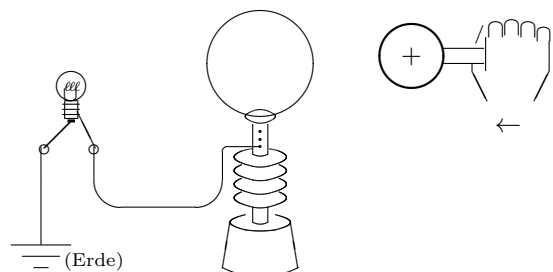
★
L 10: Ein mit Aluminium-Folie überzogenes Tischtennisbällchen hängt an einer langen Angelschnur von der Decke herab, mitten zwischen zwei Metallplatten, die mit den Polen eines Hochspannungsnetzgerätes verbunden sind. Durch geeignetes Pusten wird das Bällchen so weit ausgelenkt, dass es die eine Platte berührt, wie abgebildet. Was wird warum nun weiter geschehen? Was würde ohne Hochspannung passieren?



L 12: Welche Folgen für die gesamte Erde hat es, dass sie bei jedem Erden eines geladenen Körpers dessen Ladung übernimmt?

L 14: Was versteht man unter Influenz? Beschreibe einen Versuch dazu!

★
L 15: Eine große, isoliert aufgestellte Metallkugel wird über ein Lämpchen mit phantastischer Empfindlichkeit mit der Erde verbunden. Mit Hilfe des Fells einer gewöhnlichen Hauskatze (*felis domestica*) und eines geeigneten Stabes hat Herr B. eine Metallkugel elektrisch positiv geladen und hält sie – gemeint ist die Kugel, nicht die Katze – an einem isolierenden Griff in der rechten Hand. Er nähert nun die geladene Kugel der großen an, ohne dass sich die Kugeln berühren.



- a) Beschreibe, was unmittelbar vor, während und nach dieser Annäherung zu beobachten ist! Erkläre unter Verwendung passender Fachbegriffe, wie es dazu kommt! Gehe dabei auch auf die kleinsten beteiligten Teilchen ein!
- b) Herr B. hält die kleinere Kugel immernoch gleichbleibend nahe an der großen. Aus Versehen berührt er nun mit seinem linken Zeigefinger die kleinere Kugel. Beschreibe und erkläre ausführlich wie zuvor, was zu beobachten ist!

★

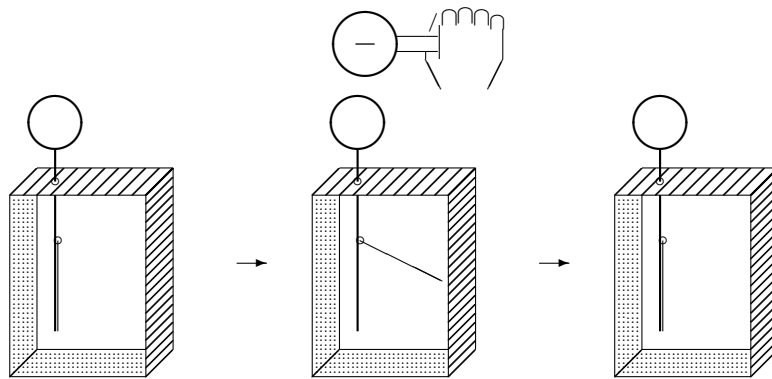
L 16:

Hier sind in Form von Bildergeschichten zwei Versuche mit einem Elektroskop und Metallkugeln beschrieben.

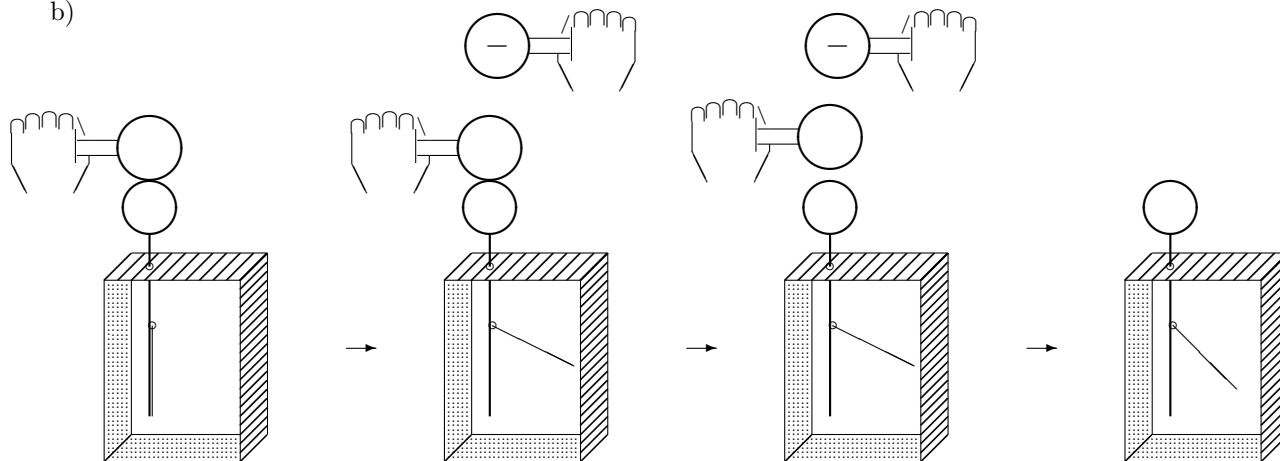
Erkläre die Beobachtung!

Zeichne ein, wann wo welche Aufladung vorliegt!

a)



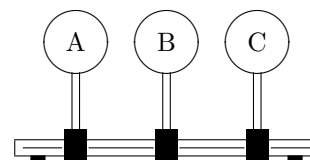
b)



c) Was wäre bei positiver Ladung der handgeführten Kugel anders?

★★

L 18: Auf einer optischen Bank (stabile Metallschiene) sind drei verschiebbare „Reiter“ (■) montiert, die jeweils eine Metallkugel auf einem gläsernen Stiel tragen. Die Kugeln seien im Folgenden mit A, B und C bezeichnet und stehen, wie es nebenstehende Abbildung zeigt, nebeneinander ohne sich gegenseitig zu berühren. Kugel © sei positiv aufgeladen, die beiden anderen neutral.



- Beschreibe in Worten oder als Bildergeschichte, wie man ohne weitere Hilfsmittel die Kugeln A und B möglichst stark elektrisch aufladen kann, ohne dass sich die Ladung von Kugel © verändert, und ohne dass die Kugeln danach an anderer Stelle stehen!
- Welche Ladungen tragen die Kugeln A und B danach?

~~~~~ Elektronen ~~~~~

L 60: Aus welchen drei Teilchensorten mit welchen Ladungen ist unsere Welt hauptsächlich aufgebaut?

★

L 61: Von zwei baugleichen Metallkugeln ist eine elektrisch neutral, die andere besitzt eine Ladung von $-2 \cdot 10^{-12} \text{ C}$. Die Kugeln werden an isolierenden Stielen zusammengebracht, sodass sie sich berühren. Wie viele überschüssige Elektronen besitzt danach die anfangs neutrale Kugel?

★

L 62: Beantworte folgende Fragen zu Röhrendioden!

- Wie muss die Diode gepolt werden, damit Stromfluss möglich ist?
- Mit welchem Vorgang wird das Austreten von Elektronen aus glühendem Metall oft verglichen?
- Welches Ladungs-Vorzeichen haben die austretenden Teilchen?
- Treten diese Teilchen auch ohne elektrische Spannung zwischen Katode und Anode aus?

★

L 63: Zu den Versuchen, die wir zur Elektrostatik mit Stäben durchgeführt haben:

- | | | |
|--|---|---|
| <p>a) Stäbe werden elektrisch aufgeladen durch</p> <p>☐ Netzgerät</p> <p>☐ Erwärmung</p> <p>☐ Reibung</p> <p>☐ Hautkontakt</p> <p>☐ laute Musik</p> | <p>c) Aufgeladene Stäbe stoßen sich ab bei Materialkombination</p> <p>☐ Glas & Glas</p> <p>☐ Kunststoff & beliebig</p> <p>☐ Kunststoff & Glas</p> <p>☐ zwei gleiche</p> <p>☐ niemals</p> | <p>e) Stäbe und andere Körper laden sich negativ auf bei</p> <p>☐ negativer Anzahl Neutronen</p> <p>☐ Abgabe von Elektronen</p> <p>☐ Aufnahme von Elektronen</p> <p>☐ ungerader Protonenzahl</p> <p>☐ feuchter Luft und Stille</p> |
| <p>b) Die aufgetretenen Kräfte nennt man</p> <p>☐ elektrostatische Kräfte</p> <p>☐ elektrodynamische Kräfte</p> <p>☐ Ampere-Kräfte</p> <p>☐ Coulomb-Kräfte</p> | <p>d) Ein ungeladener und ein geladener Stab</p> <p>☐ ziehen sich an</p> <p>☐ ziehen sich aus</p> <p>☐ stoßen sich ab</p> <p>☐ zeigen keine Kräfte</p> <p>☐ neutralisieren sich</p> | <p>f) Die elektrische Ladung eines Protons</p> <p>☐ zerfällt mit der Zeit</p> <p>☐ bleibt alle Zeit erhalten</p> <p>☐ kann + und – sein</p> <p>☐ beträgt etwa 1 Coulomb</p> <p>☐ ist eine Naturkonstante</p> |

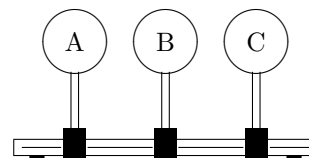
★

L 64: Was geschieht auf atomarer Ebene eigentlich i.d.R., wenn ...

- | | |
|---|---|
| <p>a) ... ein Körper elektrisch negativ aufgeladen wird?</p> <p>b) ... ein Körper elektrisch positiv aufgeladen wird?</p> <p>c) ... ein positiv geladener Alu-Klotz geerdet wird?</p> | <p>d) ... zwei Körper aneinander gerieben werden und sich dabei elektrisch aufladen?</p> <p>e) ... eine positiv geladene Metallkugel an die Innenseite eines Faraday-Bechers gehalten wird?</p> |
|---|---|

★

L 65: Wieder eine optische Bank mit drei verschiebbaren „Reitern“, die jeweils eine Metallkugel auf einem gläsernen Stiel tragen, wie abgebildet. Kugel Ⓐ trage einen Überschuss von $9 \cdot 10^{10}$ Elektronen gegenüber ihrer Anzahl an Protonen. In Kugel Ⓑ fehlen $3 \cdot 10^{10}$ Elektronen zur Neutralität. Kugel Ⓒ weist insgesamt keine elektrische Ladung auf. Nun werden die Kugeln zusammengeschoben, so dass die beiden äußeren die mittlere berühren. Nach kurzer Pause – eine Mikrosekunde dürfte reichen – werden die äußeren Kugeln wieder ein kleines Stückchen weit von Ⓑ entfernt. Gib für jede Kugel an, wie viel Coulomb Ladung sie nun trägt!



L 66: Wie viele Elektronen strömen bei 400 mA starkem Strom pro Minute durch einen Leiterquerschnitt?

L 68: Wie viel Arbeit verrichtet eine 1,5 V-Batterie an jedem von ihr angetriebenen Elektron?

★★

L 70: Kupfer enthält etwa $8,5 \cdot 10^{19}$ frei bewegliche Elektronen je mm^3 . Es werde nun ein Kupferkabel mit $2,5 \text{ mm}^2$ Querschnittsfläche betrachtet, durch das ein Strom der Stärke 16 A fließt.

- Wie viele Elektronen passieren pro Sekunde einen beliebigen Querschnitt des Kabels?
- Welches Volumen Kupfer enthält so viele beweglichen Elektronen?
- Wie lang ist ein Kabelabschnitt mit diesem Volumen?
- Wie schnell driften die Elektronen durchschnittlich?

★

L 71: Eine 1,5 V-Batterie könne zwei Stunden lang 0,3 A liefern.

- Wie viele Elektronen treten dabei aus ihrem Minuspol aus?
- Wird die Batterie durch diese Austritte ein ganz kleines bisschen leichter? Begründe Deine Antwort!
- Wie viel Energie kann die Batterie liefern?

★★

L 72: Zwei gleich dicke Kabel aus den Metallen A bzw. B sind innerhalb eines sonst beliebigen Stromkreises in Serie geschaltet. Metall A weise mehr frei bewegliche Elektronen pro Volumen auf als B. In welchem Kabel driften die Elektronen schneller?

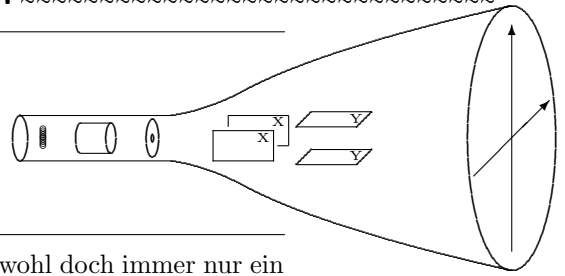
★

L 74: Ein Elektronenvolt (1 eV) ist der Energiebetrag, der umgesetzt wird, wenn ein Elektron auf einer Strecke bewegt wird, über der eine Spannung von 1 Volt anliegt. Rechne 1 eV in Joule um!

Braun'sche Röhren

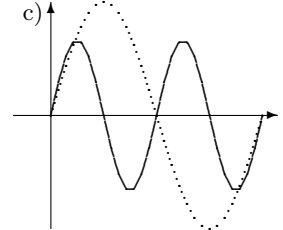
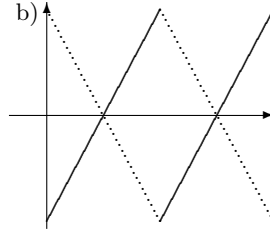
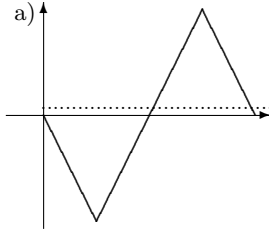
L 120: Beantworte folgende Fragen zur Braun'schen Röhre!

- Welche Spannungen werden hier wozu verwendet?
- Wie wird sichtbar, wo der Elektronenstrahl auftrifft?
- Charakterisiere kurz die beiden Betriebsarten eines „Oszis“!



L 122: Wie kann ein Oszilloskop durchgehende Linien zeigen, obwohl doch immer nur ein einziger Punkt des Schirmes vom Elektronenstrahl getroffen wird? Tipp: In Deiner Antwort könnten die Wörter „Sägezahnspannung“ und „Triggern“ vorkommen.

L 124: Beschreibe, wie sich der Leuchtfleck auf dem Schirm eines Oszilloskopes bewegt, wenn man die nebenstehend dargestellten Spannungsverläufe anlegt! (waagerechte Achse: Zeit; vertikale Achse: Spannung; durchgezogene Linie: U_X , punktierte Linie: U_Y)



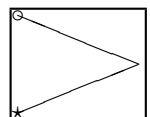
L 126: Stelle grafisch dar, wie U_X und U_Y zeitlich verlaufen müssten, damit der Leuchtfleck folgende Bewegung ausführt:

- mit fester Geschwindigkeit von der Schirmmitte aus ganz hoch, ganz runter und zur Mitte zurück
- immer wieder auf der x-Achse horizontal von links nach rechts, wobei er links langsam beginnt und nach rechts hin schneller wird!
- diagonal von links unten nach rechts oben

L 128: wie Aufgabe L126, nur ein bisschen komplizierter:

- im Uhrzeigersinn entlang eines Quadrates mit horizontalen und vertikalen Seiten
- im Uhrzeigersinn entlang eines Quadrates, dessen Seiten um 45° gegen die Horizontale geneigt sind
- im Uhrzeigersinn auf einer Kreisbahn

L 130: Ferdinand B. möchte den Leuchtfleck eines Oszilloskopes auf einem >-förmigen Weg wie abgebildet von links unten (★) nach links oben (○) über den Bildschirm laufen lassen. Beschreibe durch $U(t)$ -Diagramme (in verschiedenen Farben), mit welchen zeitlichen Verläufen der Spannungen U_X und U_Y für die horizontale bzw. vertikale Ablenkung man dies erreicht, wenn der Fleck ...

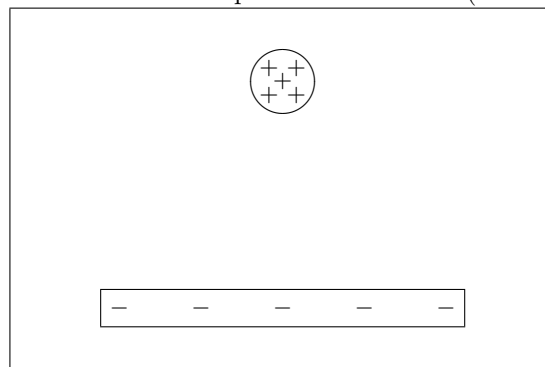


- ... auf dem ganzen Weg dieselbe Geschwindigkeit haben soll!
- ... in der oberen Bildhälfte eine höhere Geschwindigkeit haben soll!

L 132: Die elektrische Feldstärke E ist definiert als Kraft pro Ladung: $E := \frac{F}{Q}$. Leite her, dass für die Spannung U an einem Ablenk-Plattenpaar einer Braun'schen Röhre die Gleichung $U = E \cdot d$ gilt, wenn d den Abstand der Platten bezeichnet!

L 133: Begründe, warum elektrische Feldlinien weder Knicke noch Kreuzungen haben können!

L 134: Zeichne passende Feldlinien (mit Richtung) ein!

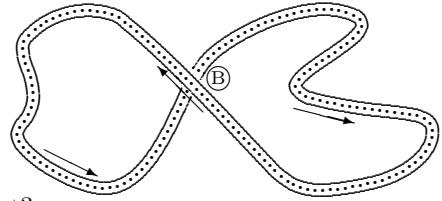


(G) Elektrische Größen

Stromstärke und Ladung

★

G 1: In einem Kleintierzirkus hat Dompteur Berthold es mit Hilfe einer betörenden Duftspur geschafft, 174 Ameisen (•) so zu dressieren, dass sie auf einem 8-förmigen Parcours schön brav hintereinander marschieren, wie es dieses Bild hier zeigt. Berthold zählt 2 Minuten lang, wie viele Ameisen über die Brücke (Ⓟ) laufen: 90 Ameisen.



- Wie viele Überquerungen sind es in einer Viertelstunde?
- Wie lange dauert es, bis jede Ameise die Brücke einmal passiert hat?
- Stelle eine Gleichung auf, die den Zusammenhang zwischen der Zähl-Zeitdauer t und der Anzahl N an gezählten Ameisen ausdrückt! Welche weitere Größe tritt darin auf? Wie könnte man sie nennen? Welchen Wert hat sie hier? Überprüfe Deine Ergebnisse in a) und b) mit Hilfe dieser Gleichung!

★

G 4: In welchen Einheiten könnte man die Stärke folgender Ströme an einer Messstelle angeben: Verkehrstrom auf der A8, Saar, Gaspipeline, Energiefluss in einem Laserstrahl, Datenstrom in einem Netzkabel

★

G 5: Beim „Sandstrahlen“ bläst man z.B. Sandkörner (meist aber Körner aus anderem Material) in einem schnellen Luftstrom gegen eine Oberfläche, die man säubern will. Die mit hoher Geschwindigkeit aufprallenden Körner sollen den Schmutz abschlagen. Durch die Düse eines Sandstrahlgebläses strömen dieser Aufgabe zuliebe in jeder Sekunde 80 000 Sandkörner, die jeweils 0,03 mg schwer sind.

- Wie viel Gramm Sand versprüht das Gebläse pro Sekunde und pro Minute, wie viel Kilogramm pro Stunde?
- Wie lange reicht ein Sandvorrat von 360 g? Wie lange reichen eine Milliarde Körner?
- Ergänze den richtigen Term: Für die im Zeitraum t versprühte Masse M an Sand und die entsprechende Körneranzahl K gelten die Gleichungen: $M = \dots? \dots$ bzw. $K = \dots? \dots$
- Welche Objekte und Größen in dieser Sandstrahl-Aufgabe entsprechen welchen beim elektrischen Strom?

G 6: Eine Batterie treibt 5 Stunden lang einen Strom von 140 mA durch ein Glühlämpchen an. Wie viel Ladung passiert dabei das Lämpchen?

G 12: Bei einem Gewitter entlade sich eine mit 1,6 C geladene Wolke in einem Blitz der mittleren Stärke 10 000 A. Wie lange dauert der Blitz?

G 8: Welche mittlere Stromstärke liegt vor, wenn 0,2 mC sich innerhalb von 8 μ s entladen?

G 14: Wie viel Ladung fließt durch eine Leitung wenn in ihr 7 s lang ein Strom der Stärke 2 A fließt?

G 10: Wie lange dauert es, bis ein Strom der Stärke 2 A eine Ladung von 30 C transportiert hat?

G 16: Wie lange dauert es, bis ein Strom der Stärke 3,2 mA die Ladung 0,192 C transportiert hat?

G 17: Wie lange dauert es mindestens, bis ein Akkumulator mit 12 960 C aufgeladen ist, wenn der Ladestrom höchstens 0,15 A stark ist? Gib das Ergebnis alltagsüblich an!

★

G 18: Eine volle Auto-Batterie der Größe 50 Ah kann eine Ladung von 180 000 C abgeben.

G 20: Ein Gerät benötige eine Stromstärke von 0,6 A. Sein voller Akku könne das Gerät 3 h lang versorgen.

- Wie viele Stunden lang kann sie einen Strom der Stärke 5 A liefern?
- Welche maximale Stromstärke kann sie eine Stunde lang liefern?
- Erkläre die Abkürzung Ah in der Größenbezeichnung der Batterie!
- Wie viel Ladung fließt bei zweistündigem Betrieb durch das Gerät?
- Wie lange dauert es, bis 72 C durch das Gerät geflossen sind?
- Wie lange würde der volle Akku reichen, wenn das Gerät 200 mA bräuchte?

★

G 22: Unter der Stromdichte in einem Leiter versteht man die Stromstärke pro Querschnittsfläche. Welche Stromdichte wird in einem Kupferkabel als unbedenklich angesehen, wenn 1,5 mm² dicke Kupferleitungen im Haushalt mit Sicherungen bis zu 16 A abgesichert werden?

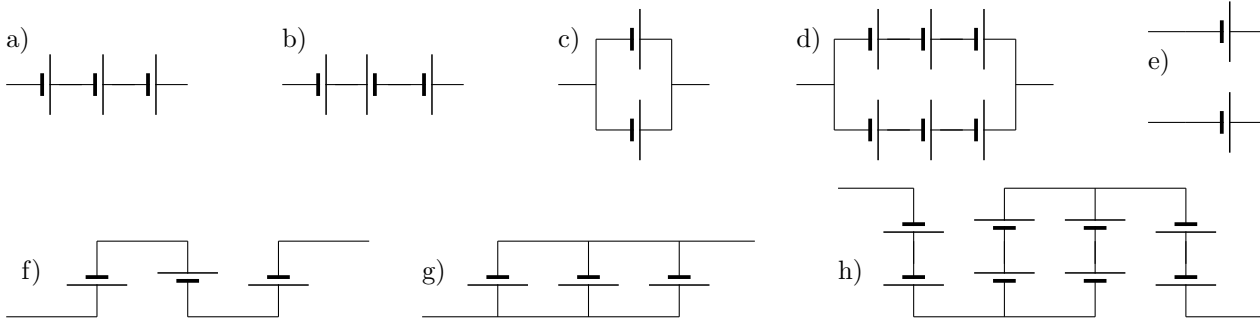
G 24: Welcher Strom ist stärker: Einer, in dem 2 μ C in 4 ms durch einen Leiterquerschnitt von 2 mm² fließen, oder einer, der in 5 Minuten 135 mC durch einen 3 mm² dicken Leiter transportiert?

★
G 26: Welchen Querschnitt muss ein Kabel haben, durch das innerhalb von fünf Sekunden 200 C gleichmäßig fließen sollen, ohne dass die Stromdichte $8 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$ überschreitet?

~~~~~ Spannung ~~~~~

★

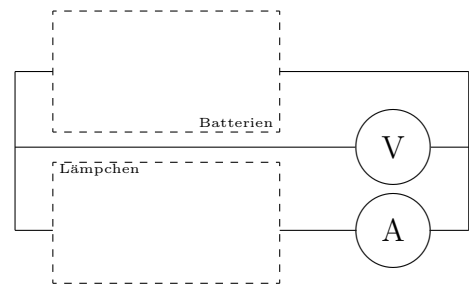
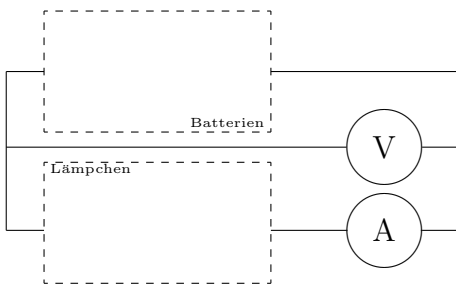
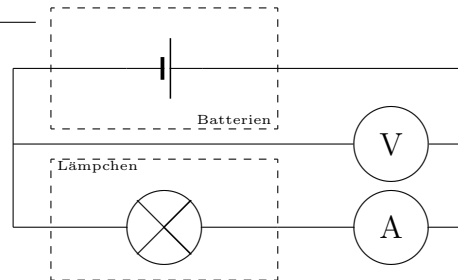
G 80: In den folgenden Schaltplänen hat jede Batterie eine Spannung von 1,2 V. Welche Gesamtspannung ergibt sich jeweils zwischen den losen Enden?



G 81: Zeichne einen Schaltplan, wie Du mit lauter 1,5 V-Batterien einen Motor mit 6 V versorgen kannst!

★

G 82: In allen Schaltungen dieser Aufgabe werden baugleiche Lämpchen mit baugleichen Batterien betrieben. Im einfachsten Fall bringt eine Batterie ein Lämpchen zum ordentlichen Brennen. (siehe →) Entwirf zwei unterschiedliche Schaltungen mit bis zu zwei Batterien, in denen zwei Lämpchen ordentlich brennen! Beschreibe jeweils auch die Anzeigen der Messgeräte im Vergleich zum einfachen Fall!



G 84: Drücke die Einheit Volt durch SI-Basis-Einheiten aus!

G 86: Eine 12 V-Autobatterie besteht aus sechs einzelnen Zellen, die jeweils eine Spannung von etwa 2 V abgeben. Wie sind diese Zellen geschaltet?

★

G 88: Zum Betrieb eines Lämpchens benötige man eine Spannung von 4 V. Wie viel Spannung ist nötig, um eine Serienschaltung (Parallelschaltung) aus fünf solcher Lämpchen zu betreiben? Begründe Deine Antwort durch eine Energiebetrachtung!

G 90: Wie viel Arbeit ist es, ein mit $1,3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ geladenes Kügelchen von A nach B zu bringen, wenn die Spannung zwischen beiden Punkten 15 V beträgt?

G 92: In einer komplizierten elektrischen Schaltung hat der Punkt K ein Potenzial von 3,2 V. Wie viel Spannung besteht zwischen K und dem Punkt T, der ein Potenzial von 4,7 V hat?

★

G 94: In einem elektrostatischen Feld kostet es $20 \mu\text{J}$ Energie, eine Probeladung von $5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ vom Punkt A zum Punkt B zu bringen. Bringt man $8 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ vom Punkt C nach B, so verrichtet man $24 \mu\text{J}$ Arbeit. Wie viel Energie wird umgesetzt, wenn man eine Probeladung von $3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ von A nach C bringt? Wird die Energie aufgewandt oder gewonnen?

G 96: Eine 1,5 V-Batterie: „Heute habe ich 6 J gearbeitet!“ Wie viel Ladung hat sie bewegt?

G 140: Zeige, dass die Einheiten $V \cdot A$ und W identisch sind!

★
G 142: Beschreibe den Energieumsatz eines brennenden Glühlämpchens! Unterscheide zwischen dem Aufleuchten beim Einschalten und dem anschließenden Brennen mit gleichbleibender Helligkeit!

G 143: Eine moderne Elektrolokomotive leiste 6000 kW . Wie viel Strom fließt dabei durch ihren Stromabnehmer, wenn die Oberleitung 15 kV führt?

G 144: Wie lange braucht ein 1500 W starker Motor um 45 kJ zu arbeiten?

★
G 148: Wie viel Energie wird umgesetzt, wenn bei einer Spannung von 30 V zwei Minuten lang ein Strom von 200 mA fließt?

G 146: Welche Leistung hat ein Gerät, wenn bei 18 V Spannung 50 mA fließen?

★
G 150: Wie viele Kilowattstunden verbraucht eine handelsübliche 60 W -Glühbirne in einem gewöhnlichen Haushalt, wenn sie 30 Minuten lang brennt?

★
G 152: Ein Generator in einem mittelgroßen Kraftwerk erzeugt üblicherweise eine Klemmenspannung von 21 kV . Welche Leistung gibt der Generator ab, wenn er mit dieser Spannung einen Strom der Stärke 4500 A antreibt? (Tatsächlich hat jeder Generator in einem Kraftwerk drei „Klemmenpaare“, erzeugt drei Wechselspannungen, treibt drei Ströme, „Drehstrom“ genannt. Die Gesamtleistung des Generators ist also dreimal so groß wie nach der Aufgabenstellung zu berechnen.)

★
G 154: Die (Wechsel-)Spannung aus einer Steckdose ändert permanent ihren Wert. Daher ändert sich auch ständig die Stärke des (Wechsel-)Stromes durch einen angeschlossenen Verbraucher. Die Spannung 230 V und Stromstärken in der Wechselstromtechnik werden jedoch so als eine Art Mittelwert angegeben, dass damit die Formel $P = U \cdot I$ für viele Verbraucher stimmt.

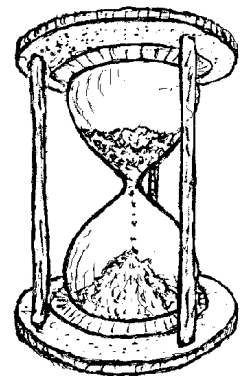
- Welche Stromstärke fließt durch eine 60-Watt -Glühbirne?
- Die Sicherung eines Zimmers springt bei 16 A heraus. Wie viel Leistung dürfen alle gleichzeitig in diesem Zimmer betriebenen Geräte zusammen haben?

★
G 155: Eine Lampe verbraucht 45 W , wenn sie an eine 12 V -Batterie angeschlossen ist. Sie brenne nun eine Minute lang.

- Um wie viel Coulomb entlädt sich die Batterie in dieser Zeit?
- Wie viel Energie gibt die Batterie in dieser Zeit ab?

G 156: Das Lämpchen einer Taschenlampe wird mit 3 V betrieben, wobei ein 400 mA starker Strom fließt.

- Zeichne den zugehörigen Schaltplan mit zwei $1,5 \text{ V}$ -Batterien!
- Wie viel Leistung hat das Lämpchen?
- Die Batterien sind nach 3 Stunden leer. Wie viel Energie haben sie abgegeben?



★
G 158: Welche Spannung liegt an einem Elektromotor mit $1,2 \text{ kW}$ elektrischer Leistung an, wenn jedes Elektron auf seinem Weg durch den Motor $47,11 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ Energie verliert?

★
G 159: In einem Experiment zur Wärmelehre werden 200 ml Wasser erwärmt, indem man vier Minuten lang 5 A durch einen Heizdraht fließen lässt, der einen Widerstand von 6Ω hat. Wie viel Energie wird dabei umgesetzt?

★★
G 160: Plane einen Versuch zur Bestimmung der mechanischen Arbeit oder Leistung, die ein elektrischer Strom leistet! (Aufbau, Durchführung, Messgrößen, Auswertung)

Dabei soll die Arbeit sein: a) Hubarbeit b) Beschleunigungsarbeit c) Reibungsarbeit

~~~~~ Widerstand ~~~~~

G 220: Durch einen bestimmten Widerstand fließen 42 A, wenn man 210 V an ihn anlegt.

- Wie groß ist der Widerstand?
- Welche Leistung wird an ihm umgesetzt?

G 222: Welche Spannung ist nötig, um 3,6 A durch einen Widerstand von 470 Ω zu treiben?

G 224: Ein 400 g schwerer Elektromotor wird von 2 A durchflossen, wenn er an eine 12 V-Batterie angeschlossen wird. Berechne seinen Widerstand!

G 226: Wie viel Volt sind erforderlich, um 20 mA durch ein Gerät mit 2 k Ω Widerstand zu treiben?

G 228: Wie viel Strom fließt durch ein Gerät mit 30 Ω , das mit 15 V betrieben wird?

★ **G 232:** Ein Widerstand der Spezifikation „80 $\Omega \pm 10\%$ “ wird an 39,6 V angeschlossen. In welchem Wertebereich müsste sich die Stromstärke einstellen?

★ **G 234:** Kombiniere die Formeln $R = \frac{U}{I}$ und $P = U \cdot I$ so, dass Du eine Formel für die Leistung erhältst, in der außer dem Widerstand nur noch die ... a) ...Stromstärke ... b) ...Spannungauftritt!

★ **G 236:** Ein Tauchsieder mit 46 Ω Widerstand wird 15 Minuten lang mit einer Spannung von 230 V betrieben.

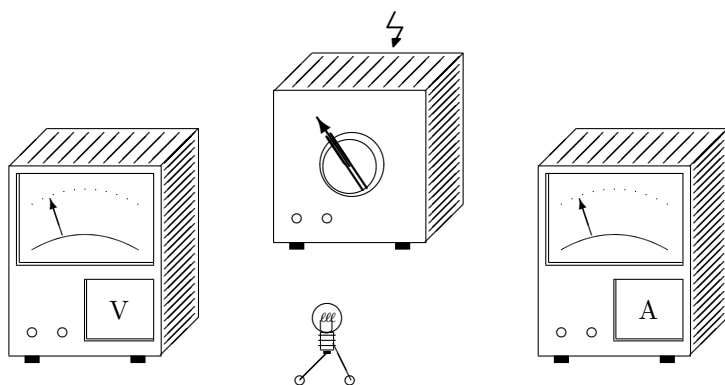
- Wie viel Kilowattstunden (kWh) Energie werden dabei umgesetzt?
- Um wie viel Grad Celsius könnte man damit 5 l Wasser erwärmen?

★ **G 238:** Eine Glühlampe trägt diese Aufschrift:
Was bedeutet das? Welchen Widerstand hat die Glühlampe?

230 V / 100 W

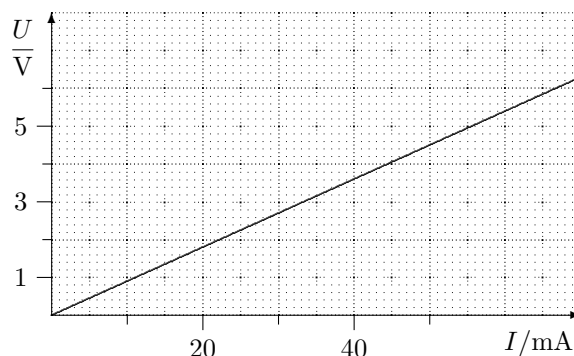
★★ **G 240:** Ein in Wasser getauchtes Heizdrähtchen hat einen Widerstand von 12 Ω . Welche Spannung muss man an dieses Drähtchen anlegen, damit es eine 50 ml große Wassermenge innerhalb von 5 min von 15 °C auf 65 °C erwärmen kann?

G 242: Mit den hier abgebildeten Bauteilen soll der Widerstand eines Glühlämpchens gemessen werden.



- Zeichne deutlich eine dazu taugliche Verkabelung ein!
- Zeichne rechts daneben ein entsprechendes Schaltbild mit üblichen Symbolen!
- Wie groß ist der gesuchte Widerstand, wenn man beim Anlegen von 8 V eine Stromstärke von 2 A misst?

★ **G 230:** Kennlinien



- Welchen Widerstand hat das Bauteil mit dieser Kennlinie?
- Zeichne die Kennlinie eines Bauteils mit 120 Ω dazu!

Vermischtes

★ **G 300:** An eine Auto-Batterie (12 V) sind bei einer nächtlichen Fahrt parallel zwei Scheinwerfer-Lampen zu je 45 W und zwei Rückleuchten zu je 5 W angeschlossen. Welche Stromstärke fließt insgesamt durch die 4 Lampen?

G 301: Ein voll geladener Akku könne maximal 5 h lang ein bestimmtes Gerät mit 700 mA versorgen.

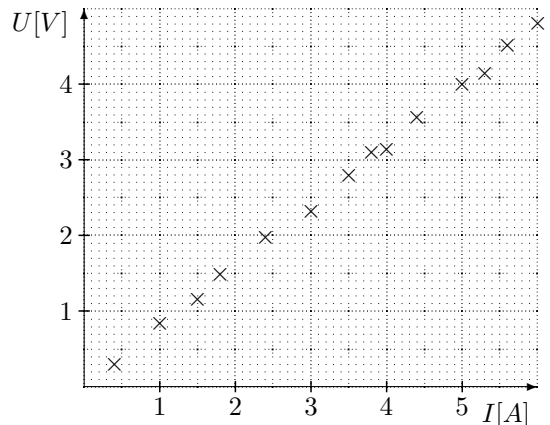
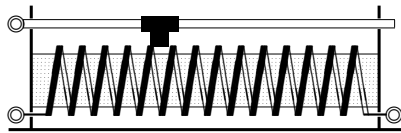
- Berechne, um wie viel Coulomb sich der Akku dabei entlädt!
- Bei Kurzschluss des Akkus fließen 140 A. Berechne, wie lange dieser Strom fließen kann!

G 302: Welchen Widerstand hat eine 60 W-Glühlampe für das 230 V-Netz bei normalem Betrieb?

G 304: An einen ohmschen Widerstand von $3300\ \Omega$ wird eine Spannung von 24 V gelegt. Wie lange dauert es, bis in ihm eine Energie von 1 Joule umgesetzt worden ist?

G 305: Georg findet einen alten Schiebe-Widerstand, dessen Beschriftung leider nicht mehr lesbar ist. Seine Anschlüsse sind als $\odot$ gezeichnet. Mit Hilfe eines Netzgerätes, einem Volt- und einem Amperemeter will Georg bestimmen, wie viel Ohm dieses alte Bauteil maximal hat.

- Ergänze hier zu einem dafür tauglichen Schaltplan!



Georg hat einige Messungen durchgeführt und ein Diagramm erstellt.

- Zeige, welcher Widerstand sich daraus ergibt!
- Zeichne 5 Punkte dazu, die zu $R = 1,5\ \Omega$ gut passen würden!

★ **G 306:** Beim Entladen einer Batterie durch Kurzschluss fließen $1\frac{1}{2}$ min lang 2,4 kA. Wie viel Ladung war in der Batterie?

★ **G 308:** Eine elektrische Kochplatte wird mit 400 V betrieben. Es fließen dabei 3 A. Auf der Platte steht ein Topf mit 1,2 l Wasser. Wie lange dauert es mindestens, bis das Wasser von $20\ ^\circ\text{C}$ auf $80\ ^\circ\text{C}$ erwärmt ist? Warum dauert es tatsächlich doch länger?

★ **G 312:** Wie ändert sich die Leistung, wenn bei konstantem Widerstand die Spannung ...

- ...verdreifacht wird?
- ...um 10% erhöht (erniedrigt) wird?

★ **G 310:** Über einen wiederaufladbaren Akkumulator

- Was bedeutet seine Beschriftung 1,2 V / 800 mAh ?
- Wie lange kann man mit diesem Akku ein 1,2 V-Lämpchen betreiben, das dem Akku 400 mA entnimmt?
- Wie viel Energie lässt sich in diesem Akku speichern?

★ **G 311:** Auf welchen Bruchteil sinkt die Leistung an einem Widerstand, wenn man die Stromstärke drittelt?

★ **G 314:** Einen an 230 V angeschlossenen Tauchsieder durchfließen 4 A. Wie lange dauert es, mit diesem Tauchsieder 180 ml Wasser von $20\ ^\circ\text{C}$ auf $90\ ^\circ\text{C}$ zu erhitzen?

★ **G 316:** Auto-Batterien bestehen in der Regel aus sechs Blei-Akkumulator-Zellen, die jeweils eine Spannung von 2 V haben. Die Klemmenspannung der Batterie beträgt 12 V. In Gustavs Automobil ist eine solche Batterie der Größe 50 Ah eingebaut.

- Gustav ist gestern abend nach Kuala Lumpur geflogen. Er hat um 23⁰⁰ sein Fahrzeug am Flugplatz geparkt und die Standbeleuchtung (bestehend aus vier Lämpchen der Spezifikation „12 V/5 W“) angelassen.
 - Wann geht diese Beleuchtung spätestens von selbst aus?
 - Wo liegt Kuala Lumpur?
- Zeichne den Schaltplan mit den einzelnen Zellen der Batterie und den einzelnen Lämpchen der Standbeleuchtung!
- Wie viele Elektronen treten beim vollständigen Entladen der Batterie aus deren Minuspol aus?
- Berechne den Widerstand eines Lämpchens der Standbeleuchtung!

★

G 318: Um wie viel Prozent nimmt die Leistung einer Kaffeemaschine ab, wenn man bei gleichbleibendem Widerstand die Spannung um 20% absenkt?

G 320:

Fülle die Tabelle wie in den Musterzeilen aus!

Größen-Name	G.-Symbol	Definitionsgleichung	Einheiten-Name	E.-Symbol
Zeit	t	(keine, da Basisgröße)	Sekunde	s
Arbeit	W	$W = F \cdot s$	Joule	J
	Q			
	U			
	I			
	R			
	P			

★

G 322: Ein Ladungsmenge von 90 C strömt durch ein Kabel.

- Wie lange dauert dieser Vorgang bei einer Stromstärke von 15 mA?
- Wie viel Energie wird dabei umgesetzt, wenn über dem Kabel eine Spannung von 2 mV anliegt?

G 324: Ein Paar heiße Fragen:

- Welchen Widerstand hat ein Tauchsieder, durch den 500 mA fließen, wenn man ihn an 25 V anschließt?
- Wie viel Strom fließt durch ein Bügeleisen, wenn es bei einer anliegenden Spannung von 230 V eine Leistung von 920 W umsetzt?
- Welche elektrische Leistung nimmt ein Bügeleisen auf, wenn es bei einer Spannung von 230 V von einem Strom der Stärke 4 A durchflossen wird?

G 326: Noch ein paar kurze Fragen:

- Wie viel Spannung muss man an einen Tauchsieder mit 50 Ω Widerstand legen, damit 500 mA fließen?
- Wie viel Arbeit verrichtet eine 3 V-Batterie, wenn sie Ladungsträger mit einer Gesamtladung von 2 C von einem ihrer Pole zum anderen befördert?
- Wie lange dauert es, dass ein Strom von 2 A die Ladung 3 C durch einen Leiterquerschnitt transportiert?

G 328: Eine 3 V-Batterie treibe 20 s lang einen Strom der Stärke 600 mA durch ein 140 g schweres Spielzeug-Auto an. Wie viel ...

- ... Arbeit verrichtet die Batterie dabei?
- ... Ladung wurde ihr dabei entnommen?

G 330: Unterscheide: Wie lautet das ohmsche Gesetz? Wie ist ohmscher Widerstand definiert?

★

G 332: Trage jeweils in das Kästchen auf diesem Blatt für die erfragte Größe ein: das übliche Größensymbol, einen passenden Formelterm und den Wert (Maßzahl und Einheit)!

Beispiel) Welchen Umfang hat ein Kreis mit 5 cm Radius?

$$U = 2\pi \cdot r = 31,416 \text{ cm}$$

- Wie lange dauert es, bis ein Strom der Stärke 4 A eine Ladung von 20 C transportiert hat?
- Wie viel Strom fließt durch einen 50 Ω -Widerstand, wenn man ihn an 30 V anschließt?
- Wie viel Energie spart es, wenn man zwei Stunden lang statt einer 60 W-Glühbirne eine Sparlampe mit 10 W brennen lässt?

★

G 333: wie Aufgabe G332

- Welchen Widerstand hat eine Lampe, durch die 0,3 A fließen, wenn man sie an 24 V anschließt?
- Bei einer Elektrolyse fließen zwanzig Sekunden lang 250 mA. Wie viel Ladung geht durch die Apparatur?
- Wie viel Energie wird umgesetzt, wenn 20 C bei 3000 V bewegt werden?

★

G 334: wie Aufgabe G332

- a) Wie viel Spannung fällt über einem Tauchsieder ab, wenn dieser $150\ \Omega$ hat und von $2,5\ \text{A}$ durchflossen wird?
- b) Eine Glühlampe verbraucht $45\ \text{W}$, wenn sie an eine $12\ \text{V}$ -Batterie angeschlossen ist. Wie viel Strom fließt durch sie?
- c) Wie viel Leistung wird in einer elektrischen Heizung mit $90\ \Omega$ Widerstand umgesetzt, wenn man sie an $150\ \text{V}$ anschließt?

★

G 335: wie Aufgabe G332

- a) Wie viel Strom fließt, wenn eine $46\ \text{W}$ -Leuchte an $230\ \text{V}$ betrieben wird?
- b) Welchen Widerstand hat eine Maschine, die an $230\ \text{V}$ angeschlossen nur $23\ \text{W}$ leistet?
- c) Wie lange muss eine $5\ \text{V}$ -Batterie einen $0,02\ \text{A}$ starken Strom antreiben, damit sie ein ganzes Joule abgibt?

★

G 336: wie Aufgabe G332

- a) Wie viel Spannung erzeugt eine Batterie, die bei der Abgabe von $\frac{1}{2}\ \text{C}$ eine Energie von $3\ \text{J}$ umsetzt?
- b) Wie viel Energie wird umgesetzt, wenn $4\ \text{min}$ lang ein Strom der Stärke $5\ \text{A}$ durch einen $6\ \Omega$ -Widerstand fließt?
- c) Wie viel Arbeit ist es, eine Ladung von $4\ \text{C}$ von A nach B zu bringen, wenn dazwischen $50\ \text{V}$ herrschen?

★

G 338: wie Aufgabe G332

- a) Durch eine Leuchte fließen $200\ \text{mA}$, wenn sie mit $230\ \text{V}$ betrieben wird. Welchen Widerstand hat sie?
- b) Eine Kilowattstunde ist so viel Arbeit, wie eine Stunde lang ein Kilowatt zu leisten. Wie viel Joule sind das?
- c) Welche durchschnittliche Stromstärke ergibt sich, wenn eine Ladung von $20\ \mu\text{C}$ innerhalb von $5\ \mu\text{s}$ abfließt?

★

G 340: wie Aufgabe G332

- a) Mit welcher Leistung arbeitet Peter, wenn er in zwei Minuten $3\ \text{kJ}$ arbeitet?
- b) Eine Amperestunde ist so viel Ladung, wie ein Strom von $1\ \text{A}$ in einer Stunde transportiert. Wie viel Coulomb sind das?
- c) Eine Glühbirne, die gerade von $400\ \text{mA}$ durchflossen wird: „Jetzt schluck’ ich $30\ \text{W}$.“ Welche Spannung liegt an?

★

G 342: wie Aufgabe G332

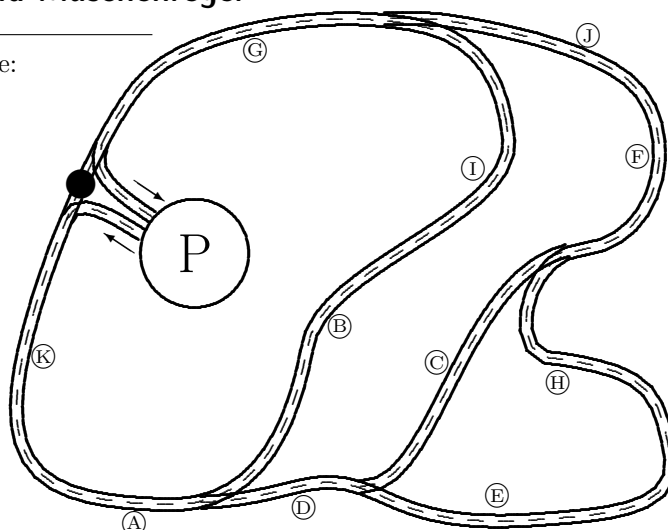
- a) Um wie viel steigt die Stromstärke, wenn an einem $50\ \Omega$ -Widerstand die Spannung um $10\ \text{V}$ erhöht wird?
- b) Wie viel Coulomb gibt eine Batterie ab, wenn sie eine Stunde lang $200\ \text{mA}$ liefert?
- c) Bei welcher Stromstärke werden an einem $40\ \Omega$ -Widerstand $360\ \text{W}$ geleistet?

(S) Elektrische Schaltungen

Knoten- und Maschenregel

S -10: Hier siehst Du eine besondere Rennstrecke:

Start und Ziel sind auf dem Parkplatz P, wo es auch eine Tankstelle gibt. Auf der Strecke gibt es Verzweigungen, an denen die Fahrer ihre weitere Route wählen können. Die kürzeren Routen sind nicht unbedingt die besten. Ein guter Fahrer berücksichtigt die Beschaffenheit des Straßenbelags, Steigungen und Engstellen, sowie auch das aktuelle Verkehrsaufkommen und die Wetterlage. Für diese Aufgabe haben sich an die Stellen ①, ②, ... Leute hingesetzt und während eines ganzen Rennens die vorbeifahrenden Autos gezählt. Alle Autos, die vom Parkplatz losgefahren sind, sind auch wieder dorthin zurückgekehrt. Niemand ist gegen die vorgeschriebene Richtung gefahren, niemand hat sich verzählt.



Ergänze die Tabelle mit den richtigen Zahlen!

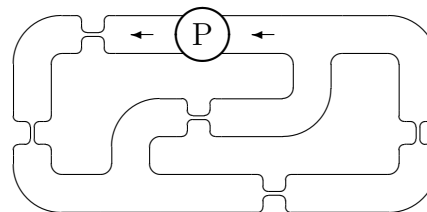
Stelle	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
Autos		293	45								179	

S -8: Das obige Bild zeigt jetzt nicht

Stelle	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
Liter/Min.	50			35					10			

mehr Straßen, sondern mit Wasser gefüllte Rohre. Der Parkplatz P ist jetzt eine Pumpe, die das Wasser in Pfeilrichtung antreibt. An den Stellen ①, ... sind Wasseruhren montiert, die den Durchfluss in der Einheit Liter/Minute messen. Ergänze wieder!

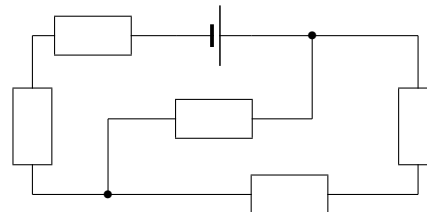
S -2: Hier siehst Du einen Rohrkreislauf, durch den eine Pumpe P Luft treibt. Die Pumpe saugt die Luft aus dem Rohrabschnitt rechts von ihr und drückt sie in den Rohrabschnitt links von ihr. Durch die dicken Rohre könne die Luft sich ungehemmt bewegen, durch die Engstellen nur sehr schwer. Die dicken Rohrabschnitte bilden deshalb zwischen den Engstellen einige zusammenhängende Räume, in denen jeweils durchgehend ein bestimmter Druck herrscht. (Wir sehen von einem Schweredruck ab.)



Jede Engstelle grenzt zwei dieser Räume voneinander ab, allerdings nur wie eine kaputte Dichtung, durch die doch immer etwas Luft aus dem Raumgebiet mit höherem Druck in den mit niedrigerem zischt, und zwar dem Druckunterschied entsprechend mehr oder weniger heftig. Wie viele Druckgebiete sind es? Färbe sie dem Druck entsprechend unterschiedlich! (z.B. mit steigendem Druck in weiß-gelb-orange-rot-violett-...-Tönen)

S -1: Diese Schaltung entspricht dem Kreislauf in Aufgabe S-2. Färbe entsprechend und setze im folgenden Text die passenden Wörter ein!

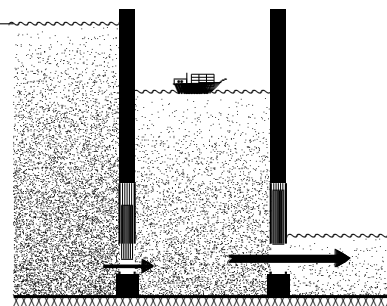
Hier siehst Du eine [1→], durch die ein [2→] [3→] treibt. Es saugt sie aus der [4→] rechts von ihm und drückt sie in diejenige links von ihm. Durch die [5→] können die [6→] sich ungehemmt bewegen, durch die [7→] nur sehr schwer. Die [8→] bilden deshalb zwischen den [9→] einige zusammenhängende Räume, in denen jeweils durchgehend ein bestimmtes sogenanntes elektrisches [10→] herrscht. Jeder [11→] R grenzt zwei dieser Räume voneinander ab, allerdings nur wie eine kaputte [12→], durch die doch immer [13→] aus dem einem Raumgebiet in das andere strömen, und zwar der Potenzial-[14→] ($=$ [15→] U) entsprechend in mehr oder weniger hoher [16→] $I = U/R$.



Zur Auswahl stehen: Differenz Elektronen Elektronen Elektronen Isolation Leitung Leitungen Leitungen Netzgerät Potenzial Schaltung Spannung Stromstärke Widerstand Widerstände Widerständen

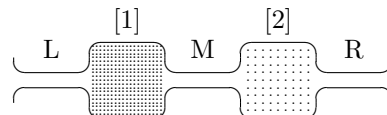
~~~~~ Serienschaltung ~~~~~

★
S 0: Dieses Bild zeigt im Prinzip, wie ein Schleuse aufgebaut sein könnte. (siehe auch GeoGebra-Simulation „Schleuse“) Die Wasserstände („Pegel“) links und rechts seien unveränderlich hoch. Der Pegel in der Schleusenkammer dazwischen variiert je nachdem, wie weit ihre Zu- und Abflüsse geöffnet sind. (hier unrealistisch als Schütze in den Schleusentoren gezeichnet) Die Pfeile geben mit ihrer Größe an, wie stark das Wasser gerade durch diese Öffnungen strömt. Die Öffnungen bleiben in dieser Aufgabe unverändert weit offen.



- Welche beiden Ursachen hat es, dass momentan rechts mehr Wasser aus der Kammer herausströmt als links hinein?
- Wie wird sich der Pegel in der Kammer dadurch verändern?
- Welche Auswirkung hat das auf die Strömungen links und rechts?
- Wie wird sich der Pegel in der Kammer langfristig entwickeln?

★★
S 2: Ein Luftrohr ist an zwei Stellen [1] und [2] ausgeweitet und mit unterschiedlich dicht gepresster Stahlwolle gefüllt. Während der Luftstrom in den Leitungsstücken L, M und R kaum gehemmt wird, wird er in [1] und [2] stark behindert. Bei gleicher Druckdifferenz zwischen den Anschlüssen der jeweiligen Ausweitung ströme durch [1] nur halb so viel Luft pro Zeit wie durch [2]. Die Stromstärke wachse bei beiden proportional mit der Druckdifferenz.



An den offenen Enden seien Pumpen angeschlossen, die im Rohrabchnitt L konstant 10 bar Druck halten und im Abschnitt R 1 bar. Zu Beginn herrsche im Abschnitt M ein Druck von 2 bar.

- Berechne die anfänglichen Druckdifferenzen über [1] und [2]!
- Durch welchen Abschnitt [1] oder [2] strömt anfänglich mehr Luft?
- Wie ändern sich dadurch Luftmenge und Druck im Abschnitt M?
- Wie ändern sich dadurch die Stromstärken durch [1] und [2]?
- Welcher Druck stellt sich langfristig in M ein?

★
S 4: Bearbeite Aufgabe S2 für einen anfänglichen Druck von 9 bar in M!

S 6: Zwei Widerstände $R_1 = 200 \Omega$ und $R_2 = 300 \Omega$ sind seriell an ein Netzgerät mit $U = 120 \text{ V}$ angeschlossen.

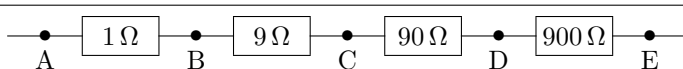
- Zeichne ein entsprechendes Schaltbild!
- Berechne den Gesamtwiderstand der Schaltung und zeichne ein entsprechendes Ersatzschaltbild!
- Berechne die Stromstärke, die das Netzgerät liefert!
- Welche Stromstärken und Spannungen misst man an den einzelnen Widerständen?

S 8: Berechne alle Teil-Stromstärken und -Spannungen in einer Serienschaltung aus $R_A = 180 \Omega$ und $R_B = 470 \Omega$ bei einer Gesamtspannung von 130 V!

S 10: Es werde eine Serienschaltung aus $R_1 = 160 \Omega$, $R_2 = 320 \Omega$ und $R_3 = 400 \Omega$ betrachtet, die an eine Spannung 110 V angeschlossen sei.

- Berechne den Gesamtwiderstand und die Gesamtstromstärke! Falls Du einen Tipp brauchst: Die Kombination aus R_1 und R_2 könnte man sich durch ihren Ersatzwiderstand ersetzt denken.
- Berechne alle Teilspannungen U_1 , U_2 und U_3 !

★
S 12:



- An den abgebildeten Leiterstrang (d.h. zwischen A und E) wird eine Spannung von $U_{AE} = 400 \text{ V}$ angelegt. Welche Spannungen herrschen dann über den Abschnitten A-B, A-C und A-D?
- Entwirf eine mit 24 V gespeiste Schaltung, in der man auch 12 V und 5 V abgreifen kann! Benutze möglichst wenige Widerstände!

★
S 14: Wie viel Spannung muss man an eine Serienschaltung aus $R_1 = 60 \Omega$ und $R_2 = 90 \Omega$ legen, damit ...

- ... ein Gesamtstrom von 200 mA fließt?
- ... durch R_1 ein Strom von 200 mA fließt?
- ... an R_1 eine Spannung von 20 V abfällt?
- ... an R_1 eine Leistung von 20 W umgesetzt wird?

★
S 16: Ein Widerstand R_1 wird mit einem Widerstand $R_2 = 4 \cdot R_1$ in Serie an eine Spannung von 10 V angeschlossen. Welche Spannung fällt über R_1 ab?

Tipp: Egal, ob Du einen Zahlenwert für die Stromstärken kennst oder berechnen kannst, es muss bei der Serienschaltung jedenfalls $I_1 = I_{ges}$ sein. Es gilt außerdem immer $I_x = \frac{U_x}{R_x} \dots$

S 18: Ergänze richtig: Wenn man n gleiche Widerstände in Serie schaltet, so ist der Gesamtwiderstand

★
S 20: Zeige allgemein: Bei einer Serienschaltung verhalten sich die Teil-Spannungen wie die Teil-Widerstände, d.h. $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$. (Beispiel: Am 17-fachen Widerstand fällt die 17-fache Spannung ab.)

★
S 22: Zwei baugleiche Glühlämpchen, die jeweils für eine Betriebsspannung von 12 V ausgelegt sind, werden in Serie an eine 12 V-Batterie geschaltet. Was ist warum zu beobachten?

S 24: Wie viele 11 V-Lämpchen müsste man in Serie zusammenschalten, um den ganzen Strang an einer Steckdose ordentlich betreiben zu können?

★
S 26: Ein Gerät mit einem ohmschen Widerstand von 42Ω darf nur an Spannungen bis höchstens 9 V angeschlossen werden. Es steht als Spannungsquelle jedoch nur eine 12 V-Batterie zur Verfügung. Zeichne ein Schaltbild, wie das Gerät mit dieser Batterie und einem Vorwiderstand gefahrlos betrieben werden kann! Berechne den erforderlichen Vorwiderstand!

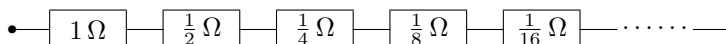
★
S 28: Ein Widerstand von 100Ω wird mit einem Widerstand von $x \Omega$ in Serie an eine Spannung von 50 V angeschlossen.

	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
4					
5					

- Welche Werte kann die Stromstärke je nach x annehmen?
- Stelle in einem Diagramm dar, wie die Stromstärke von x abhängt!

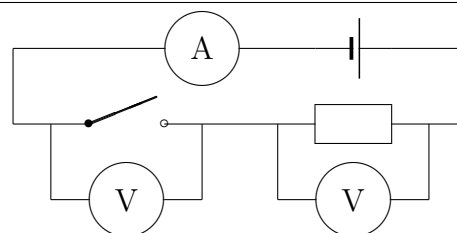
★
S 30: Um Temperaturen elektrisch zu messen schließt ein Physik-Lehrer zwei baugleiche Widerstände $R_{1,2}$ in Serie an eine Batterie. Er misst den Spannungsabfall über dem zimmerwarm gehaltenen R_1 und verwendet R_2 als Sensor. Wie ändert sich die Spannungsanzeige, wenn er den Sensor nun in das flüssige Wachs eines Teelichtes hält und der Sensor bei einer Erwärmung den Strom schlechter leitet?

★★
S 32:



- Wie entwickelt sich der Gesamtwiderstand, wenn man zu 1Ω zunächst $\frac{1}{2} \Omega$ seriell dazuschaltet, dann ein weiteres $\frac{1}{4} \Omega$ dazu, ein weiteres $\frac{1}{8} \Omega$, $\frac{1}{16} \Omega$ usw.?
- Wie ist es bei der Ohm-Folge $1, \frac{1}{10}, \frac{1}{100}, \frac{1}{1000}, \dots$?
- Wie ist es bei $1, \frac{2}{3}, \frac{4}{9}, \frac{8}{27}, (\frac{2}{3})^4 \dots$?

★
S 34: Beschreibe die Anzeigen der beiden idealen Voltmeter und des idealen Amperemeters bei offenem und bei geschlossenem Schalter!



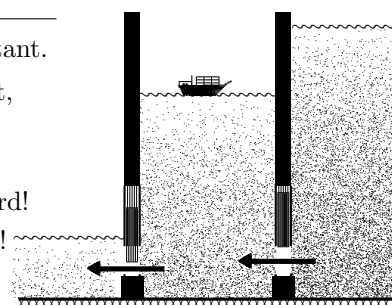
S 36: Eine Sorte Lämpchen ist dazu gedacht, mit 1,8 V betrieben zu werden, wobei dann 30 mA fließen. Entwickle einen Vorschlag, wie man unter Verwendung eines zusätzlichen Widerstandes zwei dieser Lämpchen ohne Risiko an einer 4,5 V-Batterie betreiben kann!

★★
S 38: Der Wasserpegel in der mittleren Kammer dieser Schleuse sei konstant.

- Wie kann es sein, dass durch beide Öffnungen gleich viel Wasser strömt, obwohl die rechte Öffnung weiter offen steht als die linke?

Die rechte Öffnung wird nun ebensoweit verengt wie die linke es schon ist.

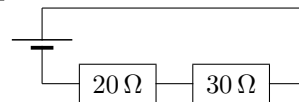
- Beschreibe und erkläre, was ab dieser Änderung zu beobachten sein wird!
- Beschreibe den langfristig zu erwartenden Endzustand möglichst genau!



★

S 40: Berechne: Welche Spannung ...

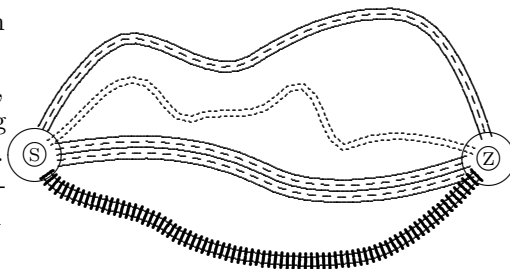
- a) ... fällt über dem rechten Widerstand ab, wenn die Batterie 60 V liefert?
 b) ... liefert die Batterie, wenn durch den rechten Widerstand 200 mA fließen?
 c) Durch welchen Widerstand müsste man den linken Widerstand ersetzen, damit über dem rechten sogar bei 1000 V Batteriespannung nicht mehr als 3 V abfallen?



~~~~~ Parallelschaltung ~~~~~

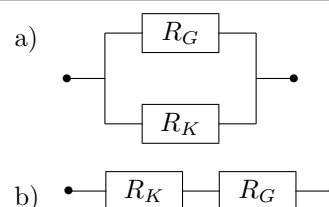
★

S 78: Man kann auf verschiedenen Wegen von Ⓢtartlingen nach Ⓣielhausen kommen: Landstraße, Wanderweg, Autobahn, Eisenbahn, Luftweg. Jeder Weg kostet auf seine Weise etwas: Zeit, Geld, Nerven, CO₂-Abdruck, Energie, ... – und das zum Teil auch abhängig davon, wie viele andere Leute gleichzeitig denselben Weg benutzen. Schreibe ein paar Gedanken auf zu den Fragen: Warum können Kosten eines Weges steigen, wenn mehr Leute ihn benutzen? Was tun Leute, wenn ein Weg teurer wird? Was hat das mit elektrischem Strom zu tun?



S 79: Aus zwei Widerständen $R_G = 150 \Omega$ und $R_K = 100 \Omega$

werden die beiden nebenstehenden Schaltungen aufgebaut und jede davon mit ihren beiden dicken Punkten an eine Batterie angeschlossen, welche die Schaltung mit 30 V versorgt. Benenne jeweils die Art der Zusammenschaltung! Bestimme jeweils die Stromstärke I_K durch R_K und die Spannung U_K , die über R_K abfällt!



S 80: Zwei Widerstände $R_1 = 200 \Omega$ und $R_2 = 300 \Omega$ sind parallel an $U = 120 \text{ V}$ angeschlossen.

- a) Zeichne ein entsprechendes Schaltbild! c) Berechne die Stromstärke, die die Quelle liefert!
 b) Berechne den Gesamtwiderstand der Schaltung und zeichne ein entsprechendes Ersatzschaltbild! d) Welche Stromstärken und Spannungen misst man an den einzelnen Widerständen?

S 82: Berechne alle Teil-Stromstärken und -Spannungen in einer Parallelschaltung aus $R_A = 470 \Omega$ und $R_B = 582 \Omega$ bei einer Gesamtspannung von 130 V!

★

S 84: Zeige allgemein: Bei einer Parallelschaltung verhalten sich die Teil-Ströme umgekehrt wie die Teil-Widerstände, d.h. $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$. (Beispiel: Durch den 17-fachen Widerstand fließt nur eine 17-tel Stromstärke)

S 86: In jedem Feld nebenstehender Tabelle soll der Widerstand der Parallelschaltung aus den beiden Widerständen stehen, die am Zeilenanfang bzw. im Spaltenkopf stehen. (alle Angaben in Ω)
 (→ Tabellenkalkulation?)

	10	20	
30			
50			
100			37,5

S 88: Es werde eine Parallelschaltung aus $R_1 = 150 \Omega$, $R_2 = 300 \Omega$ und $R_3 = 400 \Omega$ betrachtet, die an eine Spannung 900 V angeschlossen sei.

- a) Berechne den Gesamtwiderstand und die Gesamtstromstärke! Falls Du einen Tipp brauchst: Die Kombination aus R_1 und R_2 könnte man sich durch ihren Ersatzwiderstand ersetzt denken.
 b) Berechne alle Teilströme I_1 , I_2 und I_3 !

S 90: Welcher Ersatzwiderstand ergibt sich, wenn man die Widerstände 40Ω und 60Ω ...

- a) ... seriell zusammenschaltet?
 b) ... parallel zusammenschaltet?

S 92: Welcher Gesamtwiderstand ergibt sich, wenn man die Widerstände 10Ω , 200Ω und 3000Ω ...

- a) ... hintereinander schaltet?
 b) ... parallel schaltet?

S 94: Welchen Widerstand muss man zu 1000Ω parallel dazuschalten um insgesamt 999Ω zu erhalten?

★ **S 96:** Wie viel Spannung muss man an eine Parallelschaltung aus $R_1 = 60\ \Omega$ und $R_2 = 90\ \Omega$ legen, damit ...

- a) ... ein Gesamtstrom von 200 mA fließt? c) ... an R_1 eine Spannung von 20 V abfällt?
b) ... durch R_1 ein Strom von 200 mA fließt? d) ... an R_1 eine Leistung von 20 W umgesetzt wird?

★ **S 98:** Ein Widerstand R_1 wird mit einem Widerstand $R_2 = 4 \cdot R_1$ parallel geschaltet. Nach Anlegen einer geeigneten Spannung fließen insgesamt 10 A. Berechne die Stromstärke durch R_1 ! Tipp: Egal, ob Du einen Zahlenwert für die Stromstärken kennst oder berechnen kannst, es muss bei der Parallelschaltung jedenfalls $U_1 = U_{ges}$ sein. Es gilt außerdem immer $I_x = \frac{U_x}{R_x}$

★ **S 100:** Ein Kronleuchter für unser gewöhnliches 230 V-„Lichtnetz“ enthält acht 25 W-Glühlämpchen. Welche Stromstärke herrscht in der Zuleitung des Leuchters?

★ **S 102:** Die Elektronik-Bastlerin Flora hat in einer Schaltung einen Widerstand von $470\ \Omega$ eingelötet. Leider erweist sich dieser Widerstand später als zu groß, kann jedoch wegen Unzugänglichkeit nicht mehr einfach ersetzt werden. Flora könnte jedoch einen anderen Widerstand parallel dazulöten. Wie groß müsste dieser Zusatzwiderstand sein, damit der Gesamtwiderstand $330\ \Omega$ beträgt?



★ **S 104:** Zeichne ein Koordinatensystem mit $1\text{ cm} \hat{=} 10\ \Omega$. Markiere auf der x -Achse die Widerstände $R_i = i \cdot 20\ \Omega$ mit Werten $i \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$, und markiere auf der y -Achse den Widerstand $R_Y = 60\ \Omega$!

- a) Berechne jeweils, welchen Ersatzwiderstand man erhält, wenn man R_i mit R_Y parallel schaltet!
b) Verbinde die Punkte $(R_i|0)$ jeweils mit $(0|R_Y)$! Was fällt Dir auf, wenn Du noch die erste Winkelhalbierende hinzuzeichnest?

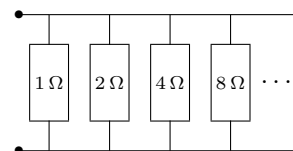
★ **S 106:** Lege mit einer dynamischen Geometrie-Software eine Konstruktion an, die zu (möglichst bequem) vorgebbaren Widerständen R_1 und R_2 deren Ersatzwiderstand bei Parallelschaltung ermittelt! (Wie das geht, kannst Du anhand von Aufgabe S104 sehen. Eventuell hilft Dir auch Aufgabe ?? auf Seite ??.)

★ **S 108:** Ein Widerstand von $100\ \Omega$ wird parallel zu einem Widerstand von $x\ \Omega$ an 50 V angeschlossen.

- a) Welche Werte kann die Gesamtstromstärke je nach x annehmen?
b) Stelle in einem Diagramm dar, wie I_{gesamt} von x abhängt! (→ Tabellenkalkulation?)

★★ **S 110:** Wie entwickelt sich der Gesamtwiderstand, ...

- a) ..., wenn man zu $1\ \Omega$ zunächst $2\ \Omega$ parallel dazuschaltet, dann weitere $4\ \Omega$ dazu, weitere $8\ \Omega$, $16\ \Omega$ usw.?
b) Wie ist es bei der Ohm-Folge 1, 2, 3, 4, 5, ...?



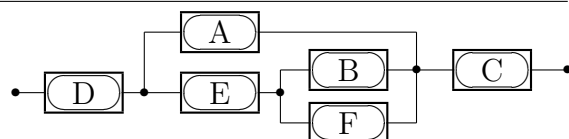
★ **S 112:** Ergänze das richtige Wort: In einer Parallelschaltung addieren sich die

★ **S 114:** Ergänze richtig: Wenn man n gleiche Widerstände parallel schaltet, so ist der Gesamtwiderstand

~~~~~ Komplexe Schaltungen ~~~~~

★ **S 158:** Hier siehst Du einen Ausschnitt aus einer Schaltung mit den Widerständen A, B, C, D, E und F.

	A	B	C	D	E	F
$U[\text{V}]$	18	8		20		
$I[\text{A}]$				5	4	2,5

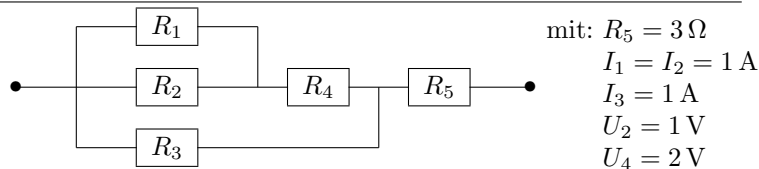


Fülle die Tabelle so weit aus, wie die Einträge sich eindeutig ergeben!

★ **S 159:** Es wird wieder die gleiche Schaltung wie in Aufgabe S158 aufgebaut, dieses Mal aber aus lauter gleichen Widerständen von jeweils $60\ \Omega$, also $R_A = R_B = \dots = 60\ \Omega$. Berechne, wie viel Strom durch **A** fließt, wenn über **F** eine Spannung von 30 V abfällt!

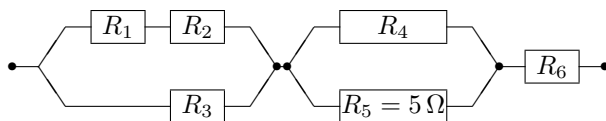
★
S 160: Gegeben sei dieser Ausschnitt aus einer Schaltung.

Bestimme: I_4 , I_5 , U_1 , U_3 und U_5



mit: $R_5 = 3 \Omega$
 $I_1 = I_2 = 1 \text{ A}$
 $I_3 = 1 \text{ A}$
 $U_2 = 1 \text{ V}$
 $U_4 = 2 \text{ V}$

★
S 162: Gegeben sei folgender Ausschnitt aus einer Schaltung:



$I_3 = 2 \text{ A}$
 $I_1 = 3 \text{ A}$
 $I_5 = 4 \text{ A}$
 $U_3 = 6 \text{ V}$
 $U_2 = 2 \text{ V}$
 $U_6 = 10 \text{ V}$

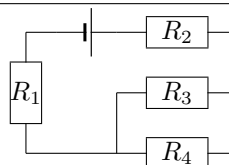
a) Fülle folgende Tabelle aus:

U_1	U_4	I_2	I_4	I_6	R_3

b) Welche Spannung liegt an der gesamten Schaltung – d.h. zwischen den beiden dicken Punkten – an?

★
S 164:

Berechne für nebenstehende Schaltung alle Teilstromstärken und -spannungen!



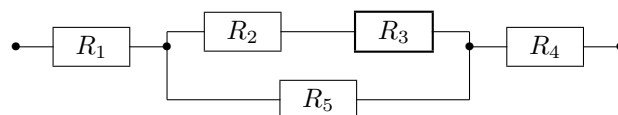
$R_1 = 90 \Omega$
 $R_2 = 90 \Omega$
 $R_3 = 200 \Omega$
 $R_4 = 300 \Omega$
 $U_0 = 30 \text{ V}$

★
S 166: Auf welche Weisen kann man 3 Widerstände zu je 240Ω zusammenschalten? Berechne jeweils den Gesamtwiderstand!

★
S 168: Um wie viel Ohm unterscheiden sich die Serien- und die Parallelschaltung dreier Widerstände mit 200Ω , 300Ω bzw. 400Ω ?

★
S 169: Berechne, wie viel Spannung man über R_3 messen kann, wenn die gesamte Schaltung an 360 V angeschlossen ist!

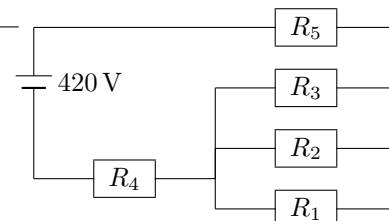
$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 50 \Omega$ $R_5 = 400 \Omega$



★
S 170: Drei Widerstände zu 120Ω , 240Ω bzw. 360Ω können auf verschiedene Arten zusammenschaltet werden. Wie groß ist der kleinstmögliche Gesamtwiderstand?

★
S 172: In dieser Schaltung seien alle $R_i = 120 \Omega$.

- Berechne den Ersatzwiderstand der $R_{1,2,3,4,5}$!
- Berechne I_5 und I_1 sowie U_4 und U_2 !
- Was wäre anders, wenn die R_i doppelt so groß wären?



★
S 174: Berechne alle Stromstärken und Spannungen!

Es seien:

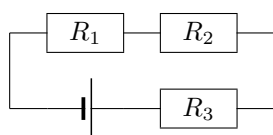
$R_1 = R_2 = 100 \Omega$

$R_3 = 40 \Omega$

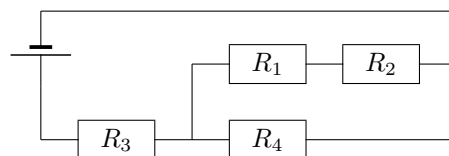
$R_4 = 50 \Omega$

$U_0 = 24 \text{ V}$

a)

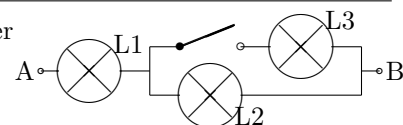


b)



★
S 176: Diese Schaltung mit baugleichen Lämpchen und offenem Schalter wird mit ihren Punkten A und B an eine Batterie angeschlossen.

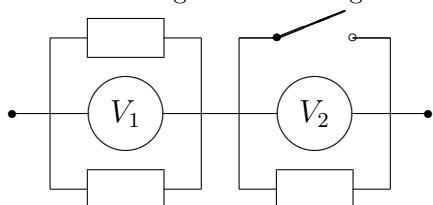
Bearbeite folgende beiden Aufgaben jeweils für beide Schalterstellungen!



- Beschreibe möglichst genau die Helligkeiten der 3 Lämpchen!
- Gib die Stromstärken durch die Lämpchen als Bruchteile des Gesamtstromes und die Spannungsabfälle über den Lämpchen als Bruchteile der Batteriespannung an!
- Um wie viel Prozent würde sich die Gesamt-Stromstärke beim Schließen des Schalters ändern, wenn der Widerstand der Lämpchen unveränderlich wäre?

★

S 178: Folgende Schaltung wird mit den dicken Punkten an eine 6 V-Batterie angeschlossen.

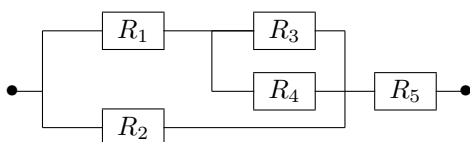


Die drei Widerstände seien gleich groß. Trage in die Tabelle ein, welche Werte die beiden Voltmeter bei offenem bzw. geschlossenem Schalter anzeigen!

	V_1	V_2

★

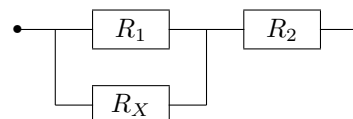
S 180: Fülle die Tabelle weiter aus!



$R_1 =$	$U_1 =$	$I_1 = 300 \text{ mA}$
$R_2 =$	$U_2 = 33 \text{ V}$	$I_2 =$
$R_3 =$	$U_3 = 18 \text{ V}$	$I_3 = 180 \text{ mA}$
$R_4 =$	$U_4 =$	$I_4 =$
$R_5 = 10 \Omega$	$U_5 =$	$I_5 = 520 \text{ mA}$

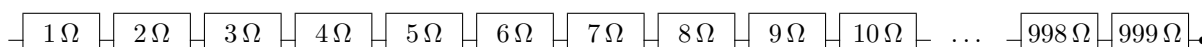
★

S 182: Wie groß muss R_X sein, damit $I_2 = 400 \text{ mA}$, wenn die Schaltung mit den dicken Punkten an 115 V angeschlossen wird? ($R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 200 \Omega$)



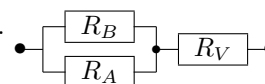
★

S 183: Welchen Widerstand hat diese Kette?



★

S 184: Hier sind $R_A = 80 \Omega$, $R_B = 40 \Omega$ und $R_V = 20 \Omega$. Durch R_A fließen 200 mA. Welche Spannung fällt über R_V ab?



★

S 186: Selbe Schaltung wie in Aufgabe S184: Wie viel Strom fließt durch R_A , wenn an die gesamte Schaltung eine Spannung $U_0 = 36 \text{ V}$ angelegt wird und ...

a) ... $R_A = R_B = R_V = 80 \Omega$

b) $R_A = 90 \Omega$, $R_B = 60 \Omega$ und $R_V = 144 \Omega$

★

S 188: Ein Gerät mit der Aufschrift $5 \text{ V} / 20 \text{ W}$ soll mit Vorwiderstand an einer 12 V-Batterie betrieben werden. Berechne den benötigten Vorwiderstand und die Leistung, die im Vorwiderstand umgesetzt wird!

★

S 190: Ein Lämpchen mit der Aufschrift $6 \text{ V} / 300 \text{ mW}$ soll mit einer 8 V-Batterie betrieben werden. Welchen Widerstand muss man zum Lämpchen in Serie dazuschalten, damit es ordnungsgemäß leuchtet?

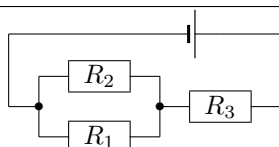
★

S 191: Batterie: 36 V

a) $R_1 = 30 \Omega$ $R_2 = 6 \Omega$

$R_3 = 10 \Omega$

Berechne I_2 !

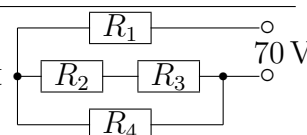


b) Hier sind bekannt:

$R_3 = 3 \Omega$ $I_3 = 3 \text{ A}$

$R_4 = 6 \Omega$ $U_4 = 30 \text{ V}$

Berechne R_1 und R_2 !



★

S 192: Auf die Frage „Was hast Du eigentlich in letzter Zeit im Physik-Unterricht gelernt?“ antwortet Diana ihrer Tante: „Komm' ich zeig's Dir gerade mal!“

Fast als ob Diana mit dieser Frage gerechnet hätte, zückt sie zwei Widerstände von 24Ω bzw. 40Ω aus ihrer Hosentasche, dazu eine 9,6 V-Batterie, drei als Voltmeter oder Amperemeter verwendbare Digital-Multimeter und reichlich Kabelstücke. Daraus stöpselt sie nacheinander verschiedene Schaltungen zusammen und erklärt ihrer Tante die Zusammenhänge zwischen den Stromstärken und Spannungen, die jeweils auftreten.

Zeichne die vollständige Schaltung (mit allen Messgeräten), mit der Diana ihrer Tante die Gesetzmäßigkeit ...

a) ... über Spannungen bei Serienschaltung erläutert! Berechne die Spannungen, die sie über der Batterie bzw. den Widerständen jeweils misst!

b) ... über Stromstärken bei Parallelschaltung erläutert! Berechne die drei Stromstärken, die sie zur Bestätigung ihrer Ausführungen misst!

★

S 194: Zwei ohmsche Widerstände von 72Ω bzw. 90Ω werden zusammengeschaltet.

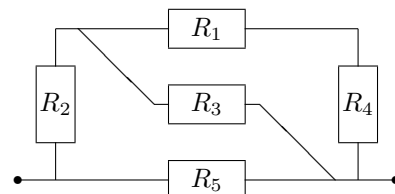
a) Berechne für eine Serienschaltung und für eine Parallelschaltung jeweils den Gesamtwiderstand! Welche Spannung fällt über dem größeren Widerstand ab, wenn die Serienschaltung ...

b) ... von 2 A durchflossen wird?

c) ... an 81 V angeschlossen wird?

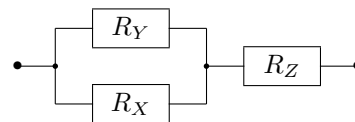
d) Wie viel Strom fließt durch den größeren Widerstand, wenn an die Parallelschaltung eine Spannung von 36 V angelegt wird?

★ **S 196:** Berechne alle Teilstromstärken und -spannungen bei 120 V Spannung zwischen den dicken Punkten, wenn alle $R_i = 240 \Omega$ betragen!

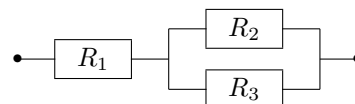


S 198: Die Schaltung aus Aufgabe S200 mit $R_X = 60 \Omega$ und $R_Y = 45 \Omega$ werde mit ihren äußeren Kontaktstellen (•) an eine 16 V-Batterie angeschlossen. Durch R_X fließen dann 150 mA.

- a) Wie viel Strom fließt durch R_Y ? b) Wie groß ist R_Z ?



S 200: Die nebenstehende Schaltung aus den Widerständen $R_X = 420 \Omega$, $R_Y = 315 \Omega$ und $R_Z = 140 \Omega$ werde mit ihren äußeren Kontaktstellen (•) an eine 112 V-Batterie angeschlossen. Berechne für jeden der drei Widerstände, wie viel Spannung über ihm anliegt und wie viel Strom durch ihn fließt!



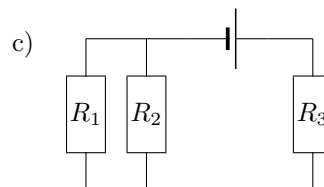
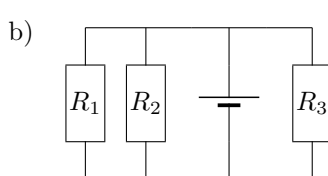
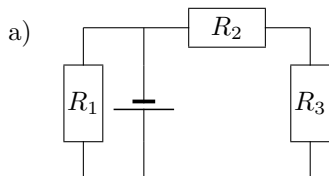
S 202: Nebenstehend gezeichnete Schaltung werde an eine Wechselspannung von 54 V angeschlossen. Es sind: $R_1 = 45 \Omega$, $R_2 = 90 \Omega$ und $R_3 = 18 \Omega$. Berechne die Stromstärke durch den Widerstand R_3 !

★ **S 204:** Eine Schaltung habe den Gesamtwiderstand 500Ω . Ist es möglich, durch Hinzufügen eines weiteren Widerstandes den Gesamtwiderstand auf 400Ω zu senken? Wenn nein: Warum nicht? Wenn ja: Wie geht das?

★ **S 206:** Schalte aus möglichst wenigen 20Ω -Widerständen folgende Gesamtwiderstände zusammen:

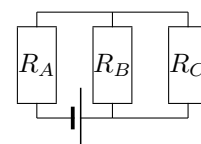
- a) 80Ω b) 10Ω c) 4Ω d) 10Ω

★ **S 208:** In den folgenden Schaltungen betragen $R_1 = R_2 = R_3 = 100 \Omega$, und die Batterie gebe eine Spannung von 12 V ab. Berechne jeweils I_2 !

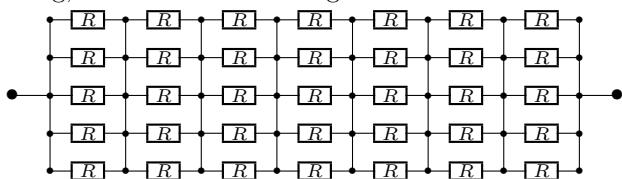


★ **S 210:** Die nebenstehende Schaltung besteht aus einer Batterie mit der Spannung U_0 und drei Widerständen $R_{A,B,C}$. Bestimme jeweils die fehlenden dieser 4 Größen so, dass gilt:

- a) Bei $U_0 = 12 \text{ V}$ beträgt die Stromstärke $I_A = 1,2 \text{ A}$, die Spannung $U_B = 8,4 \text{ V}$ und die Stromstärken durch R_B und R_C sind gleich.
b) Bei lauter gleichen Widerständen und $U_0 = 12 \text{ V}$ fließt ein Gesamtstrom von 20 mA .

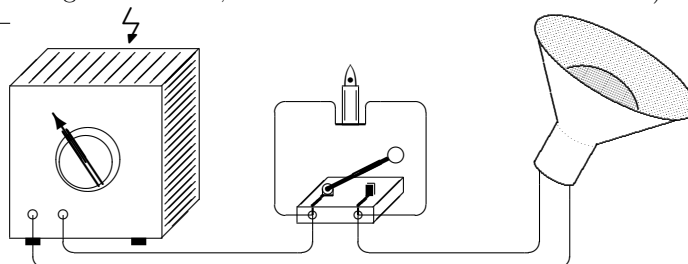


★ **S 211:** Welchen Widerstand hat die folgende Schaltung, wenn $R = 60 \Omega$ beträgt?



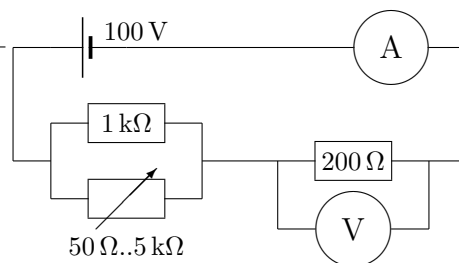
★ **S 212:** Stelle auf einem möglichst übersichtlichen, sinnvoll illustrierten und einprägsamen Plakat alle Regeln/Formeln zusammen, die man zum Berechnen von Gesamt- und Teilströmen in komplexen Schaltungen brauchen kann! (Kriterien für die Anordnung könnten sein: Schaltungstyp (seriell/parallel), auf den die Regel anzuwenden ist; Größe (R , U , I) über die eine Aussage gemacht wird; mathematische Struktur der Formel)

S 214: Der große Strahler rechts in nebenstehender Schaltung habe unabhängig von seiner Helligkeit einen Widerstand von 10Ω , das kleine Lämpchen habe 990Ω Widerstand. Beide Leuchtmittel sind dafür ausgelegt, mit Spannungen zwischen 190 V und 210 V betrieben zu werden. Das Netzgerät sei auf 200 V eingestellt.



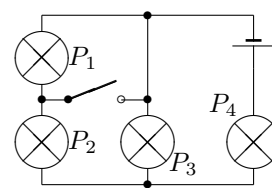
- a) Berechne für beide Lampen die an ihr anliegende Spannung und ihre Stromstärke bei offenem Schalter!
b) Welche Werte ergeben sich bei geschlossenem Schalter?
c) Welchen Zweck könnte die Schaltung haben?

★
S 216: Diese Schaltung enthält einen Widerstand, dessen Größe im angegebenen Wertebereich eingestellt werden kann. Es werden die Spannung über dem $200\ \Omega$ -Widerstand sowie die Stromstärke durch ebendiesen gemessen. Stelle – mit Hilfe einer Tabellenkalkulation? – in einem Diagramm dar, wie diese Messgrößen vom eingestellten Widerstand abhängen!



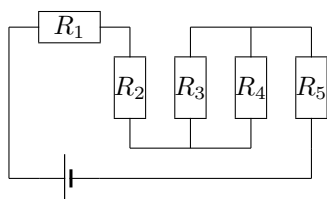
★★
S 217: Die 4 Pumpen P_1 bis P_4 seien baugleich und haben einen Widerstand, der unabhängig von der Betriebsspannung sei. Sie speisen jeweils eine Fontäne eines Springbrunnens. Bei höherer Spannung an einer Pumpe spritzt auch die Fontäne höher empor.

- Vergleiche die Höhen der 4 Fontänen bei offenem Schalter!
- Ausgehend von der gezeichneten Situation tritt eines der folgenden 5 Szenarien ein. Beschreibe jeweils, wie sich die Höhen der Fontänen ändern!
 - Eine der Pumpen P_1 bis P_4 fällt aus und leitet keinen Strom mehr.
 - Der Schalter wird geschlossen.



★
S 218: Berechne alle Teilströme und -spannungen in diesen Schaltungen!

a)



Es seien:

$$U_0 = 300\text{ V}$$

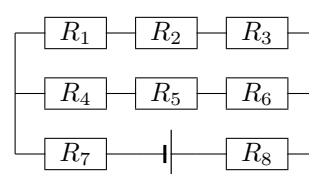
$$R_1 = R_2 = 100\ \Omega$$

$$R_3 = R_4 = 200\ \Omega$$

$$R_5 = R_6 = 200\ \Omega$$

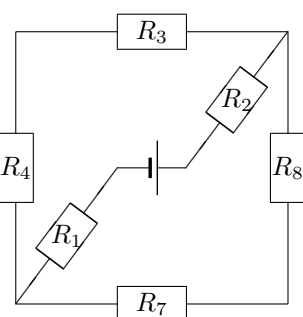
$$R_7 = R_8 = 50\ \Omega$$

b)

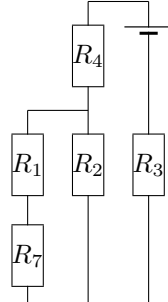


★
S 220: Noch einmal mit selben Daten wie in Aufgabe S218!

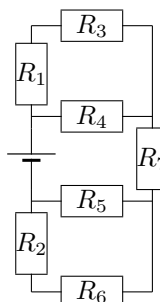
a)



b)

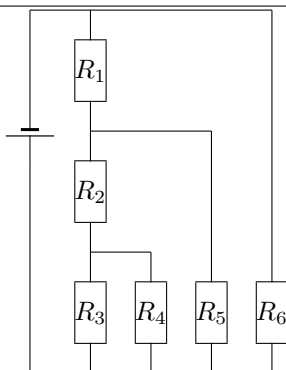


c)

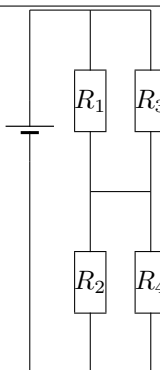


★
S 222: Zur Aufgabe S218 noch eine letzte Zugabe!

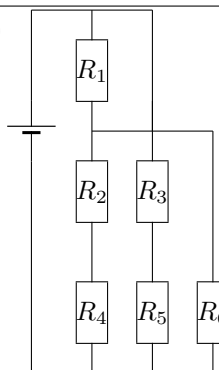
a)



b)



c)



★
S 224: In den Schaltungen der Aufgabe S218 seien nun die Widerstände mit ungeradem Index $30\ \Omega$ groß, diejenigen mit geradem Index $40\ \Omega$. Wie groß müsste jeweils U_0 sein, damit I_2 genau 1 A beträgt?

★
S 226: In den Schaltungen der Aufgabe S220 seien nun die Widerstände mit ungeradem Index $30\ \Omega$ groß, diejenigen mit geradem Index $40\ \Omega$. Wie groß müsste jeweils U_0 sein, damit U_2 genau 1 V beträgt?

★
S 228: In den Schaltungen der Aufgabe S222 seien nun die Widerstände mit ungeradem Index $30\ \Omega$ groß, diejenigen mit geradem Index $40\ \Omega$. Wie groß ist jeweils I_1 , wenn I_2 genau 1 A beträgt?

★★
S 230: In den Schaltungen der Aufgaben S220 seien nun alle Daten unbekannt. Welche Auswirkung hat es auf I_1 , wenn ein Anschluss von R_2 plötzlich abreißt?

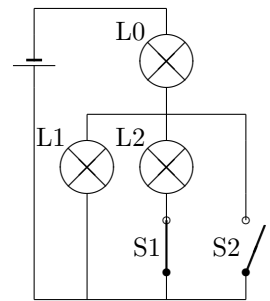
★★

S 232: Entwirf eine möglichst einfache Schaltung aus Widerständen $R_1, 2, \dots$, in der bei gleichbleibender Versorgungsspannung durch R_2 mehr Strom fließt, wenn R_1 durchbrennt und dadurch nicht mehr leitet!

★★

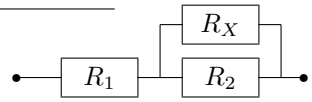
S 234: In nebenstehender Schaltung sind alle Lämpchen L_0 , L_1 und L_2 baugleich. Beschreibe möglichst genau die Helligkeiten der drei Lämpchen. . .

- a) ... in der gezeichneten Ausgangslage! b) ... wenn noch S_1 geöffnet wird! c) ... wenn S_2 geschlossen wird!



★

S 236: Diese Schaltung sei mit den dick gezeichneten Punkten an eine unveränderliche Spannung angeschlossen. Wie ändern sich I_1 , I_2 und I_X , wenn man R_X erhöht?



★

S 238: Welcher Gesamtwiderstand ergibt sich, wenn man ...

- a) ... drei Wid. von 70Ω , $0,3 \text{ k}\Omega$ bzw. 50Ω in Serie schaltet?
b) ... drei Wid. von 70Ω , $0,3 \text{ k}\Omega$ bzw. 50Ω parallel schaltet?
c) ... fünfzig Wid. von jeweils 800Ω parallel schaltet?
d) ... n Wid. von jeweils $n \Omega$ parallel schaltet?

★★

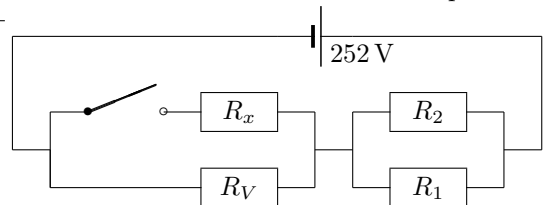
S 239: Zwei Widerstände können in Serie oder parallel geschaltet werden.

- a) Welche beiden Widerstände ergeben seriell 121Ω und parallel 30Ω ?
b) Zeige: Seriell ergibt sich immer mindestens 4-mal so viel Wid. wie parallel!

★

S 240: Gegeben: $R_1 = 120 \Omega$ $R_2 = 80 \Omega$ $R_V = 78 \Omega$

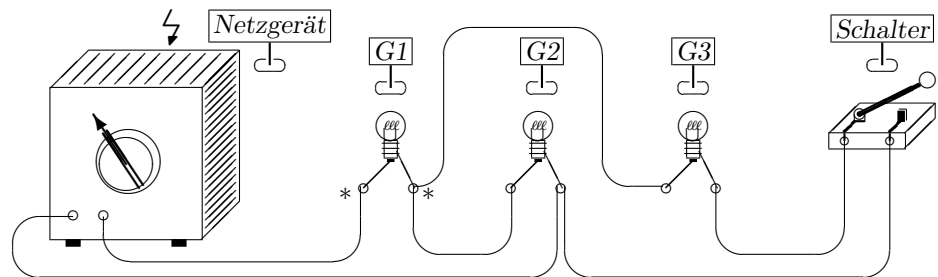
- a) Berechne alle Teil-Stromstärken und Spannungen!
b) Bestimme R_x so, dass bei geschlossenem Schalter durch R_1 und R_2 doppelt so viel Strom fließt wie bei offenem!



★★

S 242:

Diese Schaltung enthält drei baugleiche Glühlämpchen (G_1 , G_2 , G_3). Das Netzgerät sei auf diejenige Spannung eingestellt, bei der ein Lämpchen dieser Bauart maximal hell leuchten würde.



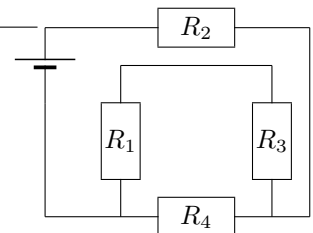
- a) Der Schalter sei zunächst offen. Beschreibe die Stromstärken durch die drei Lämpchen möglichst genau!
b) Erkläre und beschreibe möglichst genau, was sich beim Schließen des Schalters ändert!
c) Was geschieht bei geöffnetem Schalter, wenn G_1 durchbrennt?
d) Was geschieht bei geschlossenem Schalter, wenn die beiden mit * gekennzeichneten Anschlüsse von Lämpchen G_1 durch ein Kabel miteinander verbunden werden?

★

S 244: Die Spannungsquelle in nebenstehender Schaltung liefert 700 V . Die Widerstände betragen:

$$R_1 = 100 \Omega \quad R_2 = 200 \Omega \quad R_3 = 300 \Omega \quad R_4 = 240 \Omega$$

Berechne für jeden der vier Widerstände die an ihm abfallende Spannung und die durch ihn fließende Stromstärke!



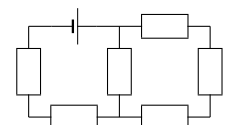
★★

S 246: Während seiner zweiwöchigen Expedition durch die innere Mongolei will sich der ungeduldige Zacharias zwischendurch mal schnell eine Tasse Tee kochen können. Neben einer Auto-Batterie und Solarzellen zum Aufladen derselben nimmt er deshalb auch zwei passende baugleiche Tauchsieder mit, die er wahlweise einzeln, parallelgeschaltet oder in Serie geschaltet an die (in jedem Fall ausreichend starke) Batterie anschließen kann. Mit einem einzelnen Tauchsieder dauert das Kochen 6 min. Wie lange dauert es wohl mit den anderen Schaltungsvarianten?

★

S 248: In nebenstehend gezeichneter Schaltung betragen alle Widerstände 60Ω . Die Batterie liefert eine Spannung von 12 V .

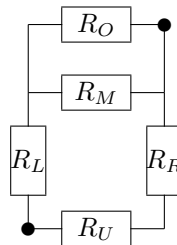
Berechne, wie viel Strom durch den Widerstand in der Mitte fließt!



★

S 250:

Nebenstehende Schaltung wird mit den dick gezeichneten Eckpunkten an eine Spannungsquelle von 60 V angeschlossen. Ergänze die Tabelle mit den richtigen Werten!

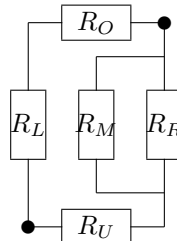


X	U_X [V]	R_X [Ω]	I_X [mA]
L			
O		20	
M	15		500
U			100
R		400	

★

S 252:

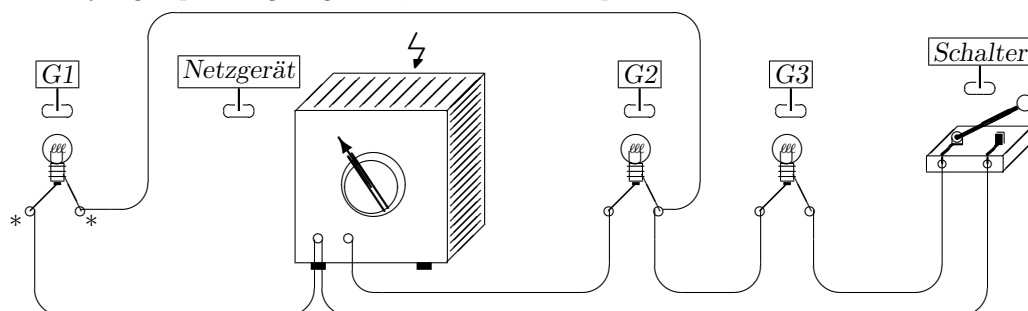
Nebenstehende Schaltung wird mit den dick gezeichneten Eckpunkten an eine Spannungsquelle von 50 V angeschlossen. Ergänze die Tabelle mit den richtigen Werten!



X	U_X [V]	R_X [Ω]	I_X [mA]
L			
O	40	400	
M			
U			1250
R	15		750

★★

S 254: Das folgende Bild zeigt eine Schaltung mit drei baugleichen Glühlämpchen (G_1 , G_2 , G_3). Das Netzgerät sei auf diejenige Spannung eingestellt, bei der ein Lämpchen dieser Art maximal hell leuchten würde.



- Der Schalter sei zunächst offen. Beschreibe die Stromstärken durch die drei Lämpchen möglichst genau!
- Der Schalter werde nun geschlossen, und die beiden mit * gekennzeichneten Anschlüsse von Lämpchen G_2 werden durch ein Kabel miteinander verbunden. Beschreibe die Helligkeit jedes Lämpchens!

★

S 256: Die drei Schiebewiderstände in nebenstehender Schaltung seien so eingestellt, dass von oben nach unten aufgezählt

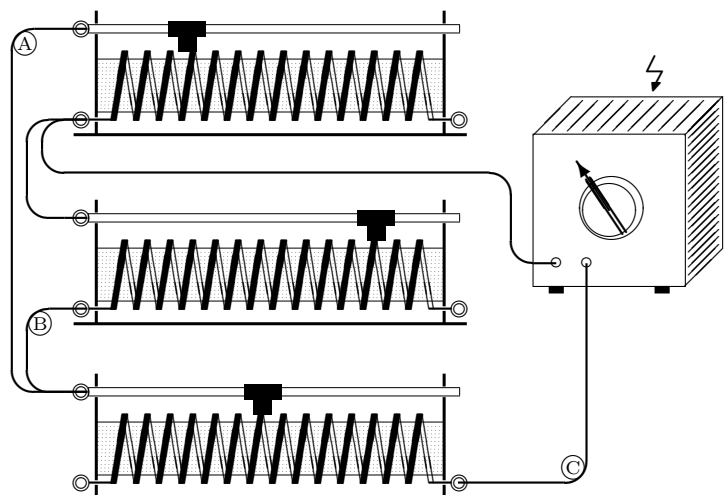
$$R_1 = 90 \, \Omega,$$

$$R_2 = 450 \, \Omega \text{ und}$$

$$R_3 = 225 \, \Omega \text{ wirksam sind.}$$

Das Netzgerät liefere eine Spannung von 54 V.

Wie viel Strom fließt in Leitung ③?



★★

S 258: Zur Bewachung des leckeren Inhalts seines Kühlschranks benötigt Herr Giotto eine Schaltung, bei der ein Lämpchen an geht, wenn man einen Schalter – nämlich die Kühlschranktür – öffnet. Hilf ihm bitte!

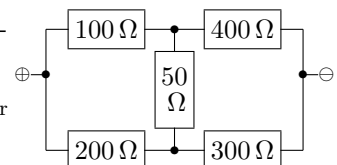
★★

S 260: Herrn Giottos Kühlschrank-Problem aus Aufgabe S258 ist noch nicht perfekt gelöst: Falls das Lämpchen kaputt ist, kann die Kühlschranktür unbemerkt geöffnet werden! Herr Giotto wünscht sich deshalb eine Schaltung, bei der ein Lämpchen zur Kontrolle seiner Funktionstüchtigkeit dauernd ein wenig brennt, aber deutlich heller leuchtet, wenn der Schalter – ja, genau: die Tür – geöffnet wird. Kannst Du helfen?

★★★

S 262: *Harte Nuss!* Wie viel Strom fließt in welcher Richtung durch den Widerstand in der Mitte, wenn man 100 V an die Schaltung anlegt?

Hinweis: Für die 5 unbekannten Stromstärken durch die 5 Widerstände brauchst Du 5 voneinander unabhängige Gleichungen, die Du mit Maschen- und Knotenregeln aufstellen kannst.



Energie-Technik

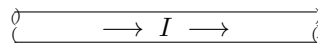
(T) Elektrotechnik

T 0: Zeichne in folgende Bilder einige Magnetfeldlinien ein!

dauermagnetischer Stabmagnet:



stromdurchflossenes Drahtstückchen:

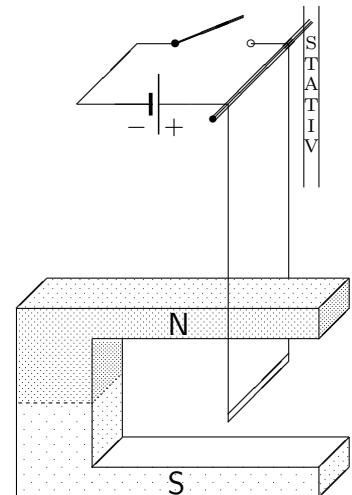


Lorentzkraft

T 2: Die folgende Tabelle zeigt für elektrische Ströme in Magnetfeldern verschiedene Kombinationen aus Stromrichtung, Magnetfeld-Richtung sowie der dabei auftretenden Lorentzkraft. Ergänze!

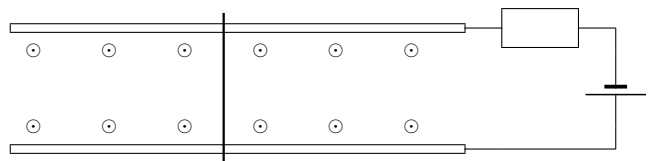
($\odot$: aus der Zeichenebene heraus, $\otimes$: in die Zeichenebene hinein)

Strom	$\leftarrow$	$\uparrow$	$\leftarrow$	$\otimes$		$\leftarrow$	$\leftarrow$	$\leftarrow$		$\otimes$	$\rightarrow$	$\downarrow$
Magnetfeld	$\otimes$	$\odot$	$\leftarrow$	$\odot$	$\odot$					$\uparrow$	$\leftarrow$	$\uparrow$
Kraft					$\leftarrow$	$\odot$	$\uparrow$	$\otimes$		$\otimes$		$\odot$



T 3: Was wird an dieser Leiterschaukel zu beobachten sein, wenn der Schalter geschlossen wird? Erkläre, wie hier die passende Regel angewandt wird! Was ändert sich, wenn man den Hufeisenmagneten so umdreht, dass Nord unten liegt? Was ändert sich, wenn man die Anschlüsse an der Batterie vertauscht?

T 4: In welcher Richtung wirkt die Lorentzkraft auf den Metallstab, der wie abgebildet auf zwei spannungsführenden Schienen durch ein Magnetfeld rollen kann, wenn die Feldlinien des Magnetfeldes ($\odot$) aus der Zeichenebene heraus verlaufen?



T 6: Diese Tabelle zeigt für bewegte Teilchen verschiedene Kombinationen aus der Ladung des Teilchens und den Richtungen seiner Bewegung, des Magnetfeldes sowie der auftretenden Lorentzkraft. Ergänze!

Ladung	+	+	-		+	-	+	-		-	+	
Bewegung	$\leftarrow$	$\uparrow$	$\rightarrow$	$\otimes$		$\rightarrow$	$\leftarrow$	$\rightarrow$		$\uparrow$	$\odot$	$\leftarrow$
Magnetfeld	$\otimes$	$\odot$	$\leftarrow$	$\downarrow$	$\odot$					$\rightarrow$	$\leftarrow$	$\uparrow$
Kraft				$\leftarrow$	$\leftarrow$	$\odot$	$\uparrow$	$\otimes$		$\otimes$		$\odot$

★

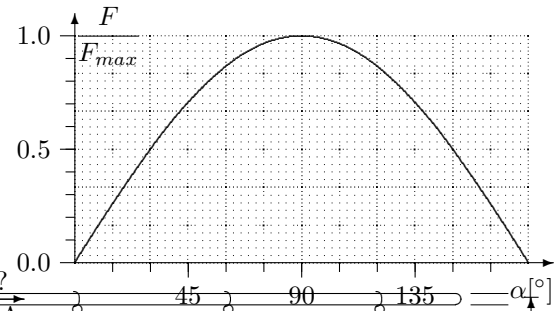
T 8: Unter welchen Umständen ist es möglich, dass ein Teilchen in einem nach oben verlaufenden Magnetfeld eine ... wirkende Lorentzkraft erfährt?

- a) ... nach links ... b) ... nach unten ... c) ... zum Betrachter ...

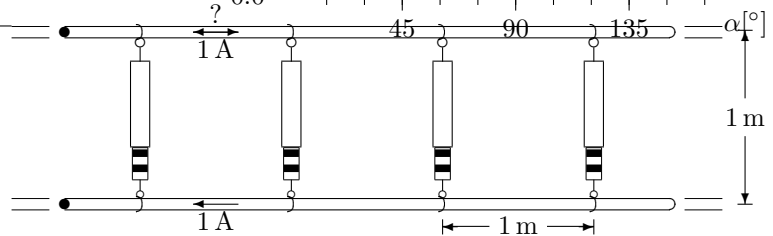
★★

T 10: Diese Kurve zeigt, wie der Betrag der Lorentzkraft F vom Winkel α zwischen Magnetfeld- und Bewegungs- bzw. Stromrichtung abhängt. Bei welchen Winkeln ist die Kraft ...

- ... maximal?
- ... halb maximal?
- ... etwa proportional zum Winkel?
- ... am wenigsten empfindlich gegen kleine Winkeländerungen?



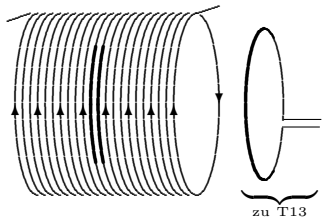
T 11: Bis 2019 war ein Ampere definiert als die Stromstärke, die theoretisch in zwei unendlich langen, parallelen Leitern mit 1 Meter Abstand fließen muss, damit je Meter Leiterlänge eine Kraft von $2 \cdot 10^{-7}$ Newton auftritt. Jeder der beiden Leiter erfährt nämlich eine Kraft



aufgrund des Magnetfeldes des anderen Leiters. In dieser Zeichnung sorgen die gespannten Kraftmesser dafür, dass die beiden Leiter trotzdem in Ruhe bleiben. Bestimme die Richtung des Stroms im oberen Leiter!

★

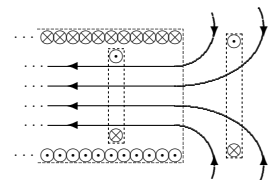
T 12: Es waren einmal zwei Leiterstücke, die waren aus demselben lackierten Kupferdraht, lagen ganz dicht nebeneinander und wurden auch immer vom selben Strom in selber Richtung durchflossen, denn die beiden Stücke waren Abschnitte benachbarter Windungen derselben Spule, wie hier mitten im Bild dick eingezeichnet. Nennen wir die beiden Liwin (*linke Windung*) und Rewin. (Oder lieber Ludwin und Erwin?) Wenn durch Liwin Strom fließt, dann gehört zu diesem Strom ein Magnetfeld um Liwin herum, das auch Rewin durchsetzt. Rewin erfährt deshalb eine Lorentzkraft.



- Bestimme für eine Stromrichtung nach oben die Richtung dieser Kraft auf Rewin! Schreibe dazu der Reihe nach auf, nach welchen Regeln welche Deiner Körperteile für welche Größen in welche Richtungen zeigen!
- Bestimme ebenso, in welche Richtung gleichzeitig Liwin Kraft in Rewins Magnetfeld erfährt!
- Was ergibt sich bei einer Stromrichtung nach unten?

★★

T 13: Diese Skizze ist ein Querschnitt durch das rechte Ende einer Spule längs ihrer Achse. Der Umriss der Spule ist gestrichelt angedeutet. (perspektivische Darstellung: siehe T12) Die $\odot$ und $\otimes$ stellen Schnitte durch den Spulendraht dar, mit der Richtung des Stromes aus der Zeichenebene heraus bzw. in sie hinein. Zusätzlich sind auf selbe Art zwei einzelne Leiterschleifen eingezeichnet, die sich innerhalb bzw. außerhalb der Spule befinden. Tief innerhalb der Spule verlaufen die Feldlinien praktisch axial, d.h. parallel zur Achse. Außerhalb haben sie auch eine radiale Komponente, d.h. hier senkrecht auf die Achse hin. (siehe Pfeilspitzen) Bestimme für die beiden Leiterschleifen jeweils, welche Richtung die Lorentzkraft auf kurze Segmente der Schleife hat, und welche Richtung die resultierende Kraft auf die gesamte Schleife hat!



Elektromotoren

T 60: Gib 12 Beispiele an, wo Elektromotoren arbeiten!

T 62: Welche Anforderungen stellt man an Schleifkontakte? Welcher nicht-metallische Werkstoff wird oft verwendet?

T 64: Ein paar Fragen zu Elektromotoren

- Warum polt man lieber den Rotor um als den Stator?
- Wie oft wird der Rotor bei einer Umdrehung umgepol?
- Unter welcher Voraussetzung könnte man für die Umpolungen einfach Wechselspannung benutzen?
- Wozu dient in einem Elektromotor der *Kommutator*?

T 66: (und ex-T68) Ein Motor bestehe aus einem Doppel-T-Anker zwischen den Polen eines Hufeisenmagneten.

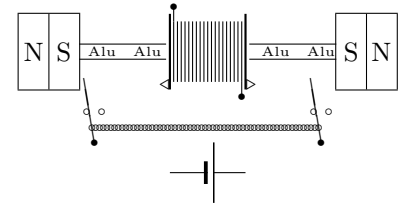
- Warum läuft er fast nie von selbst an, wenn man den Strom einschaltet, und warum läuft er nicht schön „rund“?
- Wie müsste man den Motor bauen, um diese Mängel zu beheben?
- Wie verhält sich der Motor, wenn man die Stromzufuhr umpolt?
- Wie, wenn man Wechselspannung anlegt?

★
T 67: Wir betrachten einen Gleichstrom-Elektromotor mit Doppel-T-Anker als Rotor. Als Stator werde ein Dauermagnet verwendet oder ein Elektromagnet, der mit dem Rotor in Serie geschaltet sei. Gib mit „ja/nein“ für jede Variante an, ob der Motor die genannten Eigenschaften hat!

Eigenschaft	Dauer	Elektro
läuft aus dem Stand sicher von selbst an		
kann für beide Drehrichtungen genutzt werden		
läuft auch mit Wechselstrom		

★
T 70: Wie erreicht man, dass ein Elektromotor auch mit Wechselstrom läuft?

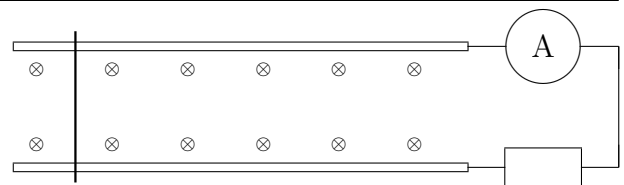
★
T 71: Eine Spule kann entlang einer gefetteten Aluminiumschiene zwischen den Südpolen zweier Dauermagneten hin und her gleiten. An den Enden der Schiene stößt die Spule (mit den Dreieckchen als Puffer) an Schalthebel von Wechselschaltern. Die Schalthebel sind über eine Plastik-Kette miteinander verbunden. Dein Job: Verkabele die Wechselschalter, die Batterie und die Spule mit ausreichend langen Kabeln so, dass ... – ja, was könnte hier eigentlich passieren?



Induktion

T 120: Heini: „Unser Lehrer fängt an zu verkalken: Heute hat er uns den gleichen Leiterschaukelversuch wie beim Thema Lorentzkraft schon wieder vorgeführt, diesmal aber was von Induktion dazugelabert!“ Natürlich weißt Du es besser: Was war zwar gleich, worin lag aber der Unterschied?

★
T 122: In welcher Richtung fließt der Strom, wenn in der folgend dargestellten Anordnung der Metallstab auf den Schienen nach rechts gerollt wird? Was ändert sich daran, wenn man das Magnetfeld umpolt und die Bewegungsrichtung umkehrt?

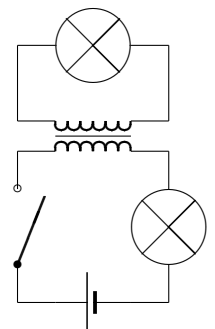


★
T 123: Auf einem Campingplatz in Afrika verlaufe das Erdmagnetfeld genau nach Norden. Ein Camper hält eine metallene Zeltstange waagrecht in Ost-West-Richtung. Dann lässt er sie fallen. Welches Vorzeichen hat die elektrische Aufladung des östlichen Endes der Stange beim Auftreffen auf dem Boden?

★
T 124: Eine Leiterschaukel wurde ausgelenkt, losgelassen und schaukelt nun im Bereich zwischen den Schenkeln eines Hufeisenmagneten hin und her. Skizziere, wie sich die Induktionsspannung zwischen ihren Enden mit der Zeit verändert!

★
T 126: Wie ändert sich die induzierte Wechselspannung, wenn man unter sonst gleichen Bedingungen eine Generatorspule schneller dreht?

★★
T 128: Beschreibe und erkläre das Verhalten dieser Schaltung! Insbesondere: Wann leuchtet welche Lampe?

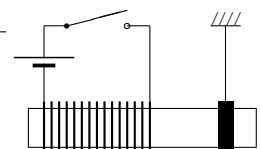


T 130: Schreibe folgende Sätze über drei grundlegende elektromagnetische Gesetzmäßigkeiten mit folgenden Einsetzungen richtig ergänzt in Dein Heft! Einsetzungen (zwei bleiben übrig!): 3-Finger, umgeben, Teilchen, geladene, ruhende, Leiterschleife, Magnetfeldern, Magnetfeldern, bewegte, erfahren, Ströme, Lorentzkräfte, Spannung, Änderungen, Flusses, Rechte-Faust, Linkes-Knie, induzieren

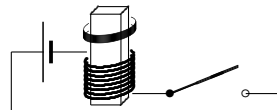
- Elektrische [?] sind von [?] gemäß [?]-Regel [?].
- [?] elektrisch [?] [?] [?] in [?] [?] gemäß [?]-Regel.
- [?] des magnetischen [?] durch eine [?] [?] in der Schleife eine [?].

Lenz'sche Regel

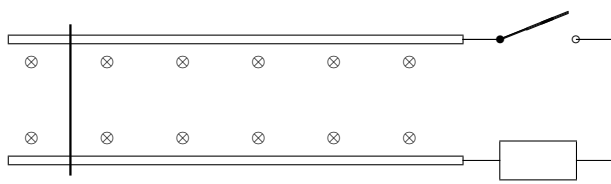
T 180: Über den Eisenkern einer Spule ist ein leichter Metallring geführt, der an einem Seil hängend frei pendeln kann. Es wird ein Strom durch die Spule eingeschaltet und nach einiger Zeit wieder ausgeschaltet. Beschreibe und erkläre die Beobachtung!



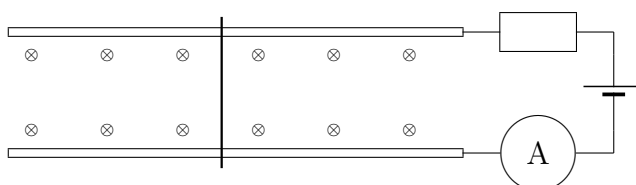
★
T 181: Lage: ein aufrecht stehender Eisenkern; eine Spule aus Kupferdraht unten daran befestigt; über einen Schalter an eine Batterie angeschlossen; oben ein Ring aus Aluminium auf einer (nicht eingezeichneten) Halterung aus Pappe locker um den Eisenkern herum gelegt. Die technischen Daten seien so, dass ein deutlich sichtbarer Effekt eintritt, wenn der Schalter geschlossen wird. Beschreibe und erkläre diesen Effekt!



★
T 182: In folgender Abbildung wird der Metallstab nach rechts angestoßen, woraufhin er reibungsfrei nach rechts rollt. Nachdem er in der Hälfte der Schienen angekommen ist, wird der Schalter geschlossen. Beschreibe die Bewegung vor und nach dem Schließen!

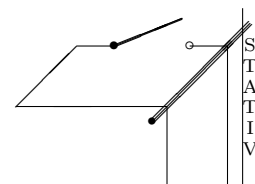


★
T 184: Ein blanker Metallstab kann auf zwei spannungsführenden ebenen Schienen reibungsfrei rollen. Zwischen den Schienen herrscht ein Magnetfeld, wie folgend dargestellt:

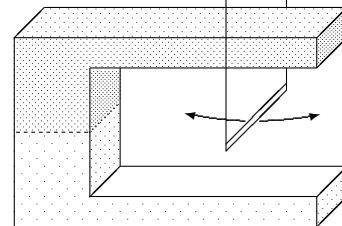
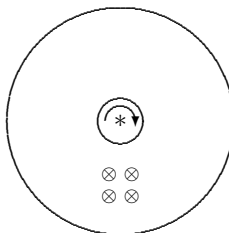


- In welcher Richtung wirkt die Lorentzkraft auf den Metallstab?
- Macht es für die Stromstärke einen Unterschied, ob der Stab festgehalten wird oder frei rollen kann? Welchen Einfluss hat die Rollgeschwindigkeit?

★★
T 185: Eine Leiterschaukel hänge in einen Hufeisenmagneten hinein wie nebenstehend gezeichnet. Die Enden ihrer Aufhängedrähte sind elektrisch nur über den eingezeichneten Schalter verbunden. Man stößt die Schaukel nun so an, dass sie hin und her pendelt, wie durch die gebogenen Pfeilchen angedeutet. Beschreibe, welchen Unterschied man wohl beobachten kann, je nachdem, ob der Schalter offen oder geschlossen ist! Erkläre, wie der Unterschied zustande kommt!



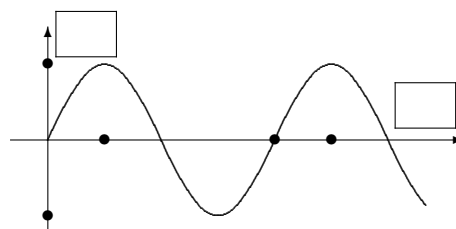
★
T 186: Nebenstehend siehst Du eine Wirbelstrombremse skizziert: Die Achse (*) soll in ihrer Drehung gebremst werden. Dazu ist auf der Achse eine Metallscheibe starr montiert. Einen Bereich dieser mitrotierenden Scheibe kann man von einem Magnetfeld durchsetzen lassen, dessen Feldlinien (⊗) dann wie gezeichnet z.B. in die Zeichenebene hinein verlaufen. Erkläre, warum die rotierende Scheibe bei eingeschaltetem Magnetfeld gebremst wird! Betrachte dazu die Bewegung der frei beweglichen Elektronen der Scheibe! Zeichne die Wirbelströme ein!



~~~~~ Wechselspannung ~~~~~

T 238: Ein Generator erzeuge eine sinusförmige Wechselspannung mit einer Frequenz von 25 Hz und 400 V Amplitude.

- Wie lange dauert eine halbe Umdrehung der Generatorspule?
- Beschrifte das Diagramm! (aufgetragene Größen in den Kästchen und Zahlenwerte an den mit • markierten Stellen)
- Berechne die Effektivspannung und zeichne sie ein!



T 240: Eine Generatorspule drehe sich 300-mal pro Minute und erzeuge dabei eine Wechselspannung mit 40 V als Amplitude.

- Welche Frequenz und welche Schwingungsdauer hat die erzeugte Spannung?
- Berechne die Effektivspannung!

T 242: Welchen Scheitelwert und welchen Effektivwert hat die 230 V-Wechselspannung im Haushalt?

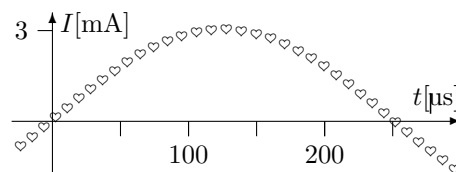
T 244: In einem Generator rotiere eine Spule mit 1200 Umdrehungen pro Minute in einem geeigneten Magnetfeld.

- Berechne die Frequenz der erzeugten Wechselspannung in der Einheit Hertz!
- Wie viel Zeit vergeht zwischen zwei Vorzeichenwechseln der Spannung?
- Nach wie vielen Umdrehungen hatte die Wechselspannung 3000 Vorzeichenwechsel?

T 246: Wie lange behält ein Wechselstrom der Frequenz 50 Hz seine Richtung ohne Unterbrechung bei?

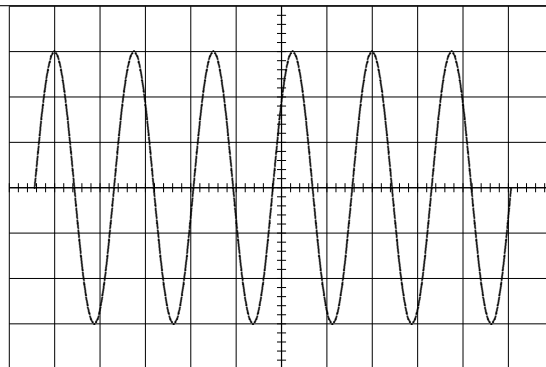
T 247: Herzlichen Glückwunsch! (zu was auch immer ...)

- Wie viele Herzen erkennst Du?
- Wie viel Hertz erkennst Du?



T 248: Ein Tauchsieder hat bei Betrieb an 230 V Wechselspannung 25 Ω Widerstand. Berechne den Effektivwert und den Scheitelwert der Stromstärke!

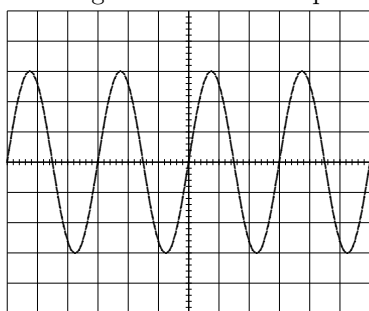
T 249: Bestimme aus dem Oszilloskop-Bild die Frequenz und den Scheitelwert der dargestellten Wechselspannung! Das Gerät sei im Moment so eingestellt, dass ein Kästchen mit seinen Abmessungen für 20 ms bzw. 5 V steht.



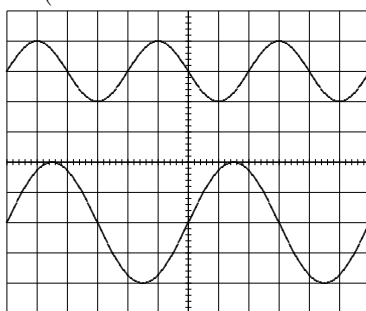
T 250: Beschreibe, wie sich die Elektronen in einem Kabel bewegen, wenn sie angetrieben werden von:

- einer Wechselspannung
- einer pulsierenden Gleichspannung

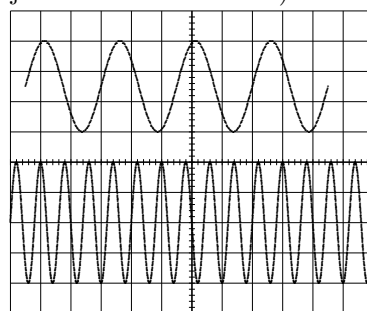
T 252: Lies aus folgenden Oszilloskop-Bildern (im 1- bzw. 2-Kanal-Modus) die Frequenz und den Scheitelwert der dargestellten Wechselspannungen ab! (Die Einheiten der Achsen stehen jeweils unter dem Bild.)



4 ms, 2 V



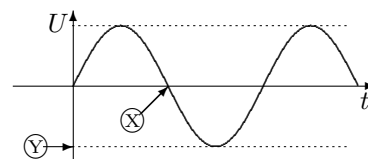
50 μ s, 100 mV



10 ms, 50 V

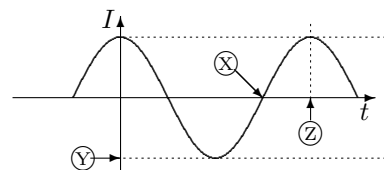
T 254: Welche Werte liegen auf den Stellen $\otimes$ und $\odot$ der Koordinatenachsen jeweils, wenn für die dargestellte Wechselspannung Folgendes gilt?

- Die Schwingungsdauer beträgt 12 ms, und 5 V ist der Scheitelwert.
- Die Spannung beträgt effektiv 14 V und hat 200 Hz als Frequenz.
- Es handelt sich um die Spannung einer Steckdose zu Hause.
- U erreicht 240-mal pro Minute seinen größten Betrag von 25 V.
- Die Nulldurchgänge liegen 200 ms auseinander, und die Amplitude beträgt 10 kV.



T 255: Welche Werte liegen auf den Stellen $\otimes$, $\odot$ und $\oplus$ der Koordinatenachsen jeweils, wenn für den dargestellten Wechselstrom Folgendes gilt?

- Er wird in einer Spule erzeugt, die mit 6000 Umdrehungen pro Minute rotiert. Er lässt ein Glühlämpchen ebenso hell leuchten wie ein konstanter Gleichstrom von 707 mA Stärke.
- Er fließt mit einer Frequenz von 5 kHz durch einen 60 Ω großen Widerstand, an dem eine Spannung mit Scheitelwert 30 V abfällt.

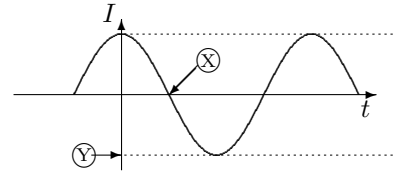


★
T 256: Ein Heizdrähtchen mit einem ohmschen Widerstand von $12\ \Omega$ werde von einem Wechselstrom der Frequenz $80\ \text{Hz}$ durchflossen. Die Stromstärke weise gerade ihren maximalen Wert von $600\ \text{mA}$ auf.

- a) Wie lange dauert es, bis die Stromstärke das nächste Mal Null beträgt?
- b) Berechne den Effektivwert der Stromstärke!
- c) Berechne die mittlere Heizleistung!
- d) Wie viel Spannung liegt effektiv am Drähtchen an?

★
T 258: Welche Werte liegen auf den Stellen $\otimes$ und $\oplus$ der Koordinatenachsen jeweils, wenn für den dargestellten Wechselstrom Folgendes gilt?

- a) Er wird in einer Spule erzeugt, die mit 40 Umdrehungen pro Sekunde rotiert. Er lässt ein Glühlämpchen ebenso hell leuchten wie ein konstanter Gleichstrom von $64\ \text{mA}$ Stärke.
- b) Er fließt mit einer Frequenz von $200\ \text{Hz}$ durch einen $60\ \Omega$ großen Widerstand, an dem eine Spannung mit Scheitelwert $30\ \text{V}$ abfällt.
- c) Der Strom ist effektiv $3\ \text{A}$ stark und wechselt 3000 -mal pro Minute die Richtung.



★
T 260: Berechne den Scheitelwert des Stromes, der durch eine Kochplatte mit $230\ \text{V}$ ~ Betriebsspannung und $3\ \text{kW}$ Leistung fließt!

★
T 262: Welcher Wechselstrom ist stärker: Strom $\textcircled{A}$ mit einem Effektivwert von $5\ \text{A}$ und $50\ \text{Hz}$ Frequenz oder Strom $\textcircled{B}$ mit einer Amplitude von $7\ \text{A}$ und $30\ \text{Hz}$ Frequenz?

★
T 264: An einen Verbraucher mit $3\ \Omega$ Widerstand wird eine $50\ \text{Hz}$ -Wechselspannung mit effektiven $24\ \text{V}$ angelegt. Berechne die Scheitelwerte der Spannung und der Stromstärke sowie die mittlere Leistung!

★
T 266: Ein Glühdrähtchen mit einem ohmschen Widerstand von $20\ \Omega$ werde von einem Wechselstrom durchflossen, dessen Stärke mit $50\ \text{Hz}$ zwischen $\pm 40\ \text{mA}$ wechsele.

- a) Wie lange dauert eine Periode dieses Wechselstroms?
- b) Welchen Wert würde man mit einem Amperemeter für diesen Strom messen?
- c) Zwischen welchen Werten schwankt die Spannung über dem Drähtchen?
- d) Welche Frequenz weist die Spannung über dem Drähtchen auf?

★
T 267: Eine Spule rotiere mit 2400 Umdrehungen pro Minute in einem Magnetfeld, so dass in ihr eine Wechselspannung entstehe, die von einem Voltmeter als $140\ \text{V}$ angezeigt werde.

- a) Gib in den Standard-Einheiten an: Scheitelspannung, Effektivspannung, Frequenz
- b) Zeichne ein vollständig beschriftetes Diagramm, das die zeitliche Entwicklung der Spannung über zwei Perioden darstellt!

★
T 268: Eine sinusförmige Wechselspannung mit einer Frequenz von $80\ \text{Hz}$ hat $100\ \text{V}$ als Scheitelspannung. An diese Wechselspannung wird ein Verbraucher angeschlossen, der einen Widerstand von $2,5\ \Omega$ hat.

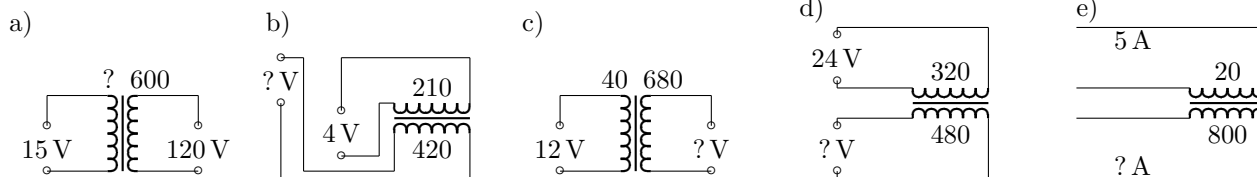
- a) Welchen Effektivwert hat die Spannung?
- b) Warum verwendet man überhaupt neben Scheitelwerten gerne die Effektivwerte?
- c) Welchen Betrag erreicht die Stromstärke maximal?
- d) In wie vielen Zeitpunkten pro Minute fließt gar kein Strom?

Transformatoren

T 320: Ein idealer Transformator bestehe primärseitig aus einer Spule mit 300 Windungen, sekundärseitig hat er 20 Windungen. Es wird eine Primärspannung von $240\ \text{V}$ angelegt und mit der Sekundärspannung eine Lokomotive einer Modelleisenbahn mit einem Widerstand von $40\ \Omega$ angeschlossen.

- a) Berechne die Sekundärspannung!
- b) Berechne die Stromstärke durch die Lokomotive!
- c) Berechne die Stromstärke auf der Primärseite!
- d) Berechne die Leistungen auf beiden Seiten!

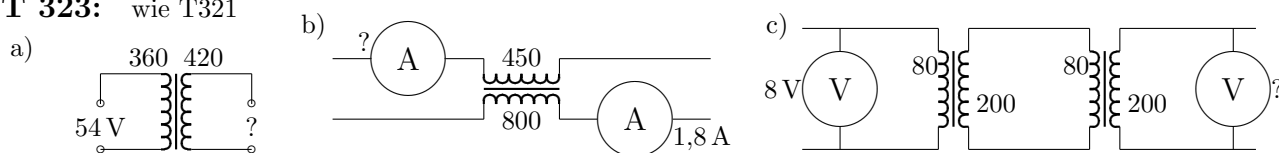
T 321: Die folgenden Bildchen stellen jeweils einen Ausschnitt aus einer Schaltung mit Transformator dar, betrieben mit sinusförmiger Wechselspannung. Außer Spannungen und Stromstärken sind Windungszahlen angegeben. Für welchen Wert steht das Fragezeichen jeweils?



T 322: Die Primärspule eines Netzgerätes habe 2000 Windungen, die Sekundärspule nur 250, in einer Lage nebeneinander gewickelt. An der Sekundärspule ist an einem Ende ein Anschluss fest angelötet, ein weiterer Anschluss ist als Schleifkontakt ausgeführt, der von Windung zu Windung verschoben werden kann.

- Um wie viel ändert sich die mit den Anschlüssen abgegriffene Spannung, wenn man den Schleifkontakt um eine (zwei, zehn) Windungen verschiebt?
- Welche Spannung kann höchstens abgegriffen werden?
- Beantworte die vorigen Fragen für 500 Sekundärwindungen!

T 323: wie T321



T 324: Flora möchte ein 12 V-Lämpchen betreiben, hat jedoch nur eine 230 V-Steckdose, eine Spule mit 600 Windungen auf einem Eisenkern und genügend Kabel zur Verfügung. Flora baut sich daraus einen Transformator. Als Primärspule nimmt sie die 600er-Spule an der Steckdose, die Sekundärspule wickelt sie aus dem Kabel um den Eisenkern. Wie viele Wicklungen sollte sie wickeln?



T 325: Klaus hat einen kleinen Tauchsieder, der zum Betrieb an einer Autobatterie (12 V) ausgelegt ist und so verwendet 180 W leistet. Klaus möchte diesen Tauchsieder mit einer haushaltsüblichen 230 V-Steckdose als Elektrizitätsquelle über einen passenden Transformator betreiben.

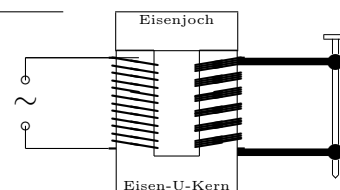
- Mache einen Vorschlag, mit welchen Windungszahlen (jeweils mindestens 100) der Transformator aufgebaut sein könnte! Zeichne einen Schaltplan!
- Wie viel Strom muss die Steckdose mindestens liefern?

T 326: Wie viele Windungen sind bei einem Transformator primärseitig erforderlich, damit bei einer Primärspannung von 12 V ~ in seiner Sekundärspule mit 320 Windungen 20 V ~ (30 V ~) induziert werden?

T 327: Die Primärspule eines Transformators habe 3450 Windungen und werde an 230 V Wechselspannung angeschlossen. Aus seiner Sekundärspule mit 75 Windungen wird das Glühdrähtchen eines Fadenstrahlrohrs mit Strom versorgt. Wie viel Strom fließt primärseitig, wenn das Drähtchen $2\ \Omega$ Widerstand hat?

T 328: Welche beiden Spannungen kann man mit einer 300er- und einer 24000er-Spule aus 230 V gewinnen?

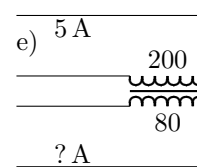
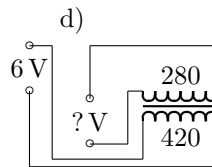
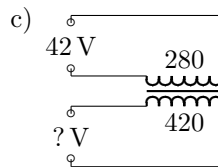
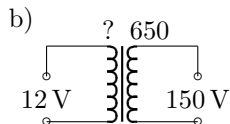
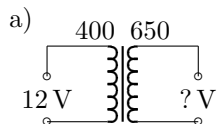
T 329: Ein spektakulärer Versuch: Die beiden Spulen in diesem Bild haben 600 bzw. 6 Windungen. Als Spannungsquelle ist links eine Steckdose mit 230 V und 50 Hz vorgesehen. Rechts ist ein dicker Eisennagel zwischen den Enden der 6er-Spule eingespannt. Der Nagel habe nur $2\ \text{m}\Omega$ Widerstand. Berechne die Stromstärke, die die Steckdose unter diesen Umständen liefert!



T 330: Ein Transformator habe primärseitig 350 Windungen und sei an eine sinusförmige Wechselspannung mit Scheitelwert 70 V angeschlossen. Die Sekundärspule habe 500 Windungen.

- Berechne den Scheitelwert der Sekundärspannung!
- Wie viele Sekundärwindungen müssten vorliegen, damit der Trafo sekundärseitig effektiv 100 V liefert?

T 332: wie T321

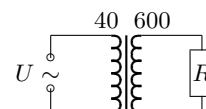


T 334: Bei einem Trafo mit $n_P = 1000$ und $n_S = 200$ gebe es an der Sekundärspule Anschlüsse an jedem Ende, an der 110. Windung, an der 60. und an der 20. Windung. Welche Spannungen können abgegriffen werden, wenn primär 200 V angelegt sind?

T 336: Beantworte folgende Fragen zu Transformatoren!

- Warum heißt ein Transformator so?
- Warum herrscht über jeder Windung im Trafo dieselbe Spannung?
- Wieso leistet sogar eine Spule mit vernachlässigbarem ohmschen Widerstand einem Wechselstrom Widerstand, obwohl sie einen Gleichstrom kaum hemmen würde?
- Was versteht man unter einem unbelasteten und was unter einem belasteten Transformator?
- Welches der beiden Gleichheitszeichen in $\frac{U_P}{U_S} = \frac{n_P}{n_S} = \frac{I_S}{I_P}$ gilt bei einem verlustlosen Transformator streng und nicht nur näherungsweise?
- Nimmt ein verlustfreier Transformator im Leerlauf elektrische Leistung auf? Fließt ein Primärstrom?

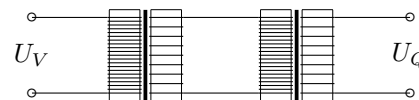
T 338: Mit nebenstehend gezeichneter Schaltung wird ein Gerät mit dem ohmschen Widerstand $R = 450 \Omega$ über einen Transformator mit den angegebenen Windungszahlen an einer Wechselspannungsquelle $U = 12 \text{ V}$ betrieben. Wie viel Strom fließt primärseitig?



T 340: Ein Gerät mit einer Betriebsspannung von 25 V und einer Leistung von 20 W soll über einen Transformator an 400 V angeschlossen werden. Wie groß wird der Primärstrom mindestens?

T 342: Ein Gerät mit einer Leistung von 3,6 kW wird über einen passenden Transformator mit 360 Primärwindungen an eine Wechselspannungsquelle mit 400 V angeschlossen. Wie stark ist der Primärstrom?

T 344: Zwei baugleiche Transformatoren mit $n_P = 1000$ und $n_S = 5000$ werden wie nebenstehend angedeutet an eine Spannungsquelle mit $U_Q = 110 \text{ V}$ angeschlossen.



- Welche Spannung U_V wird damit für einen Verbraucher erzeugt?
- Wie groß wäre U_V , wenn Verbraucher und Quelle die Seiten tauschten?
- Wie groß wäre U_V , wenn bei einem der Trafos die Seiten vertauscht würden?

•	12 V	1.4 A	•
KLINGELING			
•	230 V	50 Hz	•

T 346: Welches Übersetzungsverhältnis hat ein „Klingeltrafo“, der wie hier gezeichnet beschriftet ist?

T 348: Warum kann man einen Nagel nicht einfach dadurch schmelzen, dass man ihn direkt an die Steckdose anschließt?

T 350: Wie groß könnten in unseren Hochstrom- und -spannungsversuchen die Sekundärströme höchstens sein, wenn die Haus-Sicherung Ströme bis 16 A zulässt?

T 352: Bei einer Variante elektrischen Schweißens lässt man über die Berührstelle zweier Metallstücke so starke Ströme fließen, dass die Metalle dort schmelzen, ineinanderfließen und daher nach dem Abkühlen fest miteinander verbunden sind.

Erkläre mit Beispiel-Daten, wie man mit einer gewöhnlichen Steckdose Stromstärken von über 100 A gewinnen kann, obwohl die Sicherung der Steckdose z.B. nur 16 A zulässt!

T 354: Ein Transformator spannt unsere Netzspannung von 230 V auf 12 V herunter. An seine Sekundärseite wird ein Verbraucher mit $R = 30 \Omega$ angeschlossen. Wie groß ist die effektive Primärstromstärke mindestens?

T 356: Ein Transformator bestehe aus einer Primärspule mit 550 Windungen und einer Sekundärspule mit 1375 Windungen, an die ein Verbraucher mit 75Ω Widerstand angeschlossen sei. Wie viel Strom fließt primärseitig, wenn dort eine Spannung von 80 V anliegt?

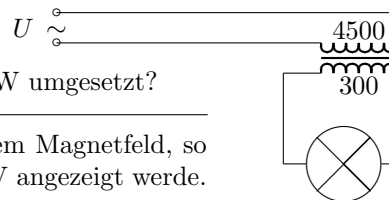
★
T 358: Wie ändert sich das Übersetzungsverhältnis eines beliebigen Transformators, wenn man auf der Primär- und der Sekundärseite ...

- a) ... die Wicklungszahl jeweils verdreifacht? b) ... jeweils drei Wicklungen hinzufügt?



★
T 360: Flora möchte sich selbst einen Transformator bauen, der 230 V auf 11,5 V umsetzt. Sie möchte dafür ihren gesamten Drahtvorrat verwenden, der für insgesamt 273 Windungen ausreicht. Wie viele Windungen davon wickelt sie primärseitig?

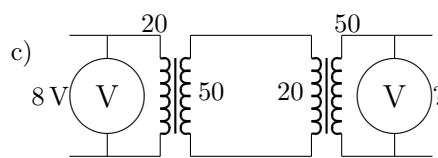
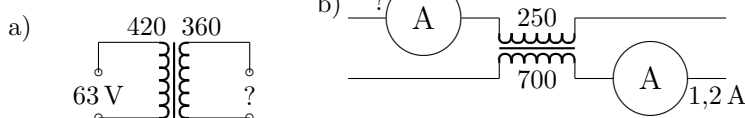
★
T 362: Der Verbraucher in dieser Schaltung habe einen ohmschen Widerstand von $50\ \Omega$. Bei welcher Spannung U wird eine Leistung von 1,28 W umgesetzt?



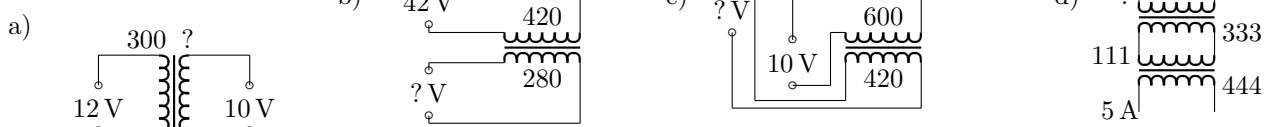
★
T 363: Eine Spule A rotiere mit 2400 Umdrehungen pro Minute in einem Magnetfeld, so dass in ihr eine Wechselspannung entstehe, die von einem Voltmeter als 140 V angezeigt werde.

- a) Gib in den Standard-Einheiten an: Scheitelwert, Effektivwert, Frequenz dieser Wechselspannung
 b) Zeichne ein vollständig beschriftetes Diagramm, das die zeitliche Entwicklung dieser Spannung über zwei Perioden darstellt!
 c) An die Spule A wird eine Spule B (500 Windungen) angeschlossen, die mit Spule C (700 Windungen) auf einem gemeinsamen Eisenkern sitzt. Wie viel Spannung misst man über Spule C?

★
T 364: wie T321



★
T 366: wie T321

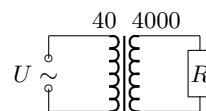


★
T 368: Schreibe folgende drei Sätze über Transformatoren mit Einsetzungen aus folgender Liste richtig ergänzt auf! Doch Vorsicht: Fünf Wörter der Liste stehen nur zu Deiner Verwirrung dabei.

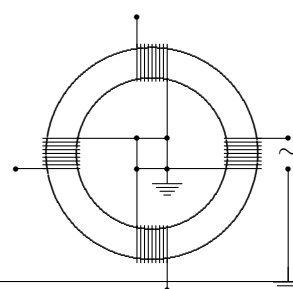
Einsetzungen: *Änderungen, Eisenkern, Kurzschluss, Leerlauf, Primär, Primär, Sekundär, Sekundär, Sekundär, Spannung, Stromstärke, Toaster, Transformator, abgibt, aufnimmt, geschlossenen, größer, induzieren, kleiner*

- [?] des magnetischen Flusses, den die [?]-spule eines Transformators im [?] erzeugt, [?] in der [?]-spule eine [?].
- Man spricht von einem [?] im [?], wenn seine [?]-spule nicht in einem [?] Stromkreis liegt.
- Die Leistung, die ein Transformator auf seiner [?]-seite [?], ist niemals [?] als die Leistung, die er auf der [?]-seite abgibt.

★
T 370: Mit nebenstehend gezeichneter Schaltung wird ein Gerät mit dem ohmschen Widerstand R über einen Transformator mit den angegebenen Windungszahlen an einer Wechselspannungsquelle mit $U = 5\text{ V}$ betrieben. Wie groß ist R , wenn primärseitig 25 A fließen?



★★
T 372: Auf einen Eisenring sind vier mit $i \in \{1, 2, 3, 4\}$ durchnummerierte Spulen mit $n_i = i \cdot 87$ Wicklungen gewickelt. Ein Ende jeder Spule ist geerdet. Es wird nun an Spule Nummer 3 eine sinusförmige Wechselspannung von 60 V angelegt. Welche Spannungen führen dann die freien Enden der anderen Spulen gegenüber Erde?

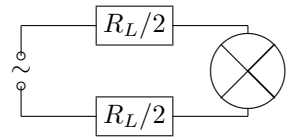


★★
T 374: Ein Transformator, dessen Sekundärspule 120 Windungen weniger als die Primärspule hat, erzeugt aus jeder Primärwechselspannung eine nur ein Drittel so große Sekundärwechselspannung. Wie viele Primärwicklungen hat dieser Trafo?

★★
T 376: Ein Transformator übersetzt Spannungen auf ihren 5-fachen Wert. Hätten seine beiden Spulen jeweils 100 Windungen weniger, wäre der Übersetzungsfaktor sogar 6. Wie viele Wicklungen hat der Trafo insgesamt?

★

T 420: An das Kraftwerk „Volle Pulle“ in Schilda soll die 59 km entfernte Gummibärenfabrik als Großverbraucher über Kupferkabel angeschlossen werden. Die Fabrik sei für 230 V ausgelegt und leiste 46 kW.



- Angenommen, die daumendicken Kupferkabel hätten eine Querschnittsfläche von 2 cm^2 . Wie groß wäre der Widerstand R_L der gesamten Leitung?
- Wie viel Strom fließt bei regulärem Betrieb durch den Verbraucher?
- Welche Leistung wird dabei in den Anschlussleitungen umgesetzt, wenn deren Gesamtwiderstand $R_L = 10 \Omega$ beträgt?
- Wie viel Prozent der Kraftwerks-Leistung sind das?
- Welche Klemmenspannung muss das Kraftwerk haben, damit die Fabrik mit 230 V versorgt wird?
- Welche Spannung läge an der Fabrik an, wenn das Kraftwerk eine Spannung von 230 V abgäbe?

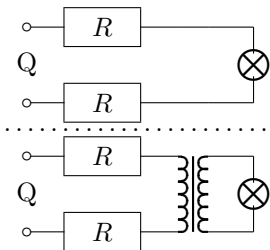
★

T 422: Auf Anraten eines saarländischen Touristen wird die Stromversorgung in Schilda umgebaut. Am Kraftwerk „Volle Pulle“ wird ein Transformator installiert, der die Ausgangsspannung des Kraftwerkes um den Faktor 50 erhöht. Die erhöhte Spannung wird an die bestehenden Fernleitungen angelegt, an deren Ende ein zweiter Transformator die Spannung für die Gummibärenfabrik wieder auf ein Fünftel herunterspannt.

- Welche Stromstärke fließt nun in den Fernleitungen, wenn die Fabrik regulär betrieben wird?
- Wie viel Prozent der Kraftwerksleistung gehen verloren?

★

T 424: Der Verbraucher ($\otimes$) in dieser Aufgabe soll mit einer Wechselspannung von 110 V versorgt werden und wird dann von einem Strom der Stärke 720 mA durchflossen. Ein Netzgerät als Stromquelle Q ist allerdings nur über lange Leitungen mit jeweils $R = 7,5 \Omega$ Widerstand anschließbar. In jeder der beiden folgenden Varianten wird das Netzgerät so eingestellt, dass der Verbraucher wunschgemäß versorgt wird. Berechne jeweils die Leistung, die in den Leitungen verloren geht!



- Der Verbraucher werde ohne weitere Bauteile an das Netzgerät angeschlossen.
- Der Verbraucher werde über einen Transformator an das Netzgerät angeschlossen, der 12000 Primär- und 300 Sekundärwicklungen hat.

★★

T 426: Mäxchen Schlau behauptet: „Um elektrische Energie über große Distanz wirtschaftlich zu übertragen, legt man am besten möglichst kleine Spannungen an die Fernleitungen an, denn die Verlustleistung berechnet sich ja nach $P = U^2/R$, wird also kleiner, wenn U kleiner wird.“ Worin liegt Mäxchens Fehler?

★

T 428: Beantworte folgende Fragen:

- Welche Vorteile hat ein großes Verbundnetz gegenüber regional abgegrenzten Stromversorgern?
- Belastet ein Kraftwerksausfall bei Athen ein Kraftwerk in Holland?
- Warum mag die Elektrizitätswirtschaft keine Verbrauchsschwankungen?
- Warum ist es günstig für einen Elektrizitätsverbund, wenn er sich über mehrere Zeitzone erstreckt?

★

T 430: Recherchiere Interessantes zu folgenden Themen:

- Verbundnetze in Europa und anderswo
- Import/Export von elektrischer Energie
- elektrische Verbindungen zwischen unserem Verbund und seinen Nachbarn
- Anschluss von Inseln (z.B. Korsika) an das Netz des Festlands

★

T 432: Obwohl private Haushalte mit maximal nur 400 V versorgt werden, arbeitet das versorgende Netz über weite Strecken mit Hochspannungen bis zu 380 kV, die entsprechend hohe Ansprüche an die Isolation stellen. Warum verwendet man trotzdem solche hohen Spannungen?

★★

T 434: Um elektrische Energie über weite Strecken zu übertragen, verwendet man Hochspannungsleitungen. Erkläre anhand von Dir gewählter Beispiel-Daten, warum man das tut!

★★

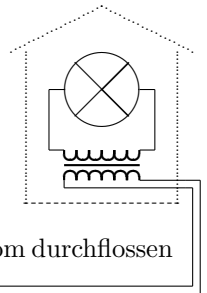
T 436: Flora hat sich zwei einsame Inselchen in der Südsee gekauft, die 5 km weit auseinander liegen. Auf der einen Insel baut sie ein Ferienhaus, in dessen Keller sie einen mit Diesel betriebenen Generator installiert, der maximal 9 kW bei 230 V und 50 Hz leistet. Auf der anderen Insel betreibt Flora einen kleinen Leuchtturm, der bei 400 V Betriebsspannung 20 A Strom „verbraucht“. Von ihrem Ferienhaus hat sie bereits zwei Leitungen zum Leuchtturm verlegt, von denen die teurere $50\ \Omega$, die billigere $70\ \Omega$ Widerstand hat. Nun muss sie noch passende (und verlustlose) Transformatoren an den Enden der Leitung installieren.



- Auf welche Spannung muss Flora die Generatorspannung für die Übertragung der elektrischen Energie mindestens transformieren, um den Leuchtturm überhaupt betreiben zu können?
- Welches Übersetzungsverhältnis benötigt sie im Trafo auf der Insel des Leuchtturmes, wenn sie höchstens 2% Energieverlust auf der Leitung in Kauf nehmen möchte?

★

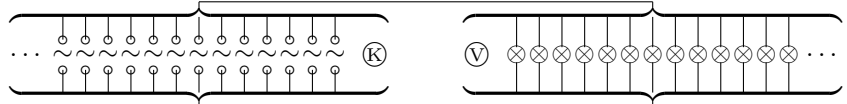
T 438: Werner hat in seinem Gartenhäuschen eine starke Kreissäge stehen, die mit 230 V Wechselspannung zu betreiben ist und dann 3450 W elektrischer Leistung aufnimmt. Die Säge soll vom 270 m entfernt stehenden Wohnhaus mit Strom versorgt werden. Um Energieverluste auf der langen Leitung dazwischen (Gesamtwiderstand: $6\ \Omega$) zu verringern, überträgt Werner die Energie mit Hochspannung. Auf Seite der Kreissäge installiert er im Gartenhäuschen einen („idealen“) Transformator aus Spulen mit 12000 bzw. 400 Windungen.



- Wie viel Leistung wird auf den langen Leitungen ungenutzt umgesetzt?
- Wie viel Leistung würde auf den Leitungen umgesetzt, wenn diese Leitungen vom selben Strom durchflossen würden, den die Säge benötigt?
- Wie viel Spannung muss Werner hier:  idealerweise anlegen?

★★

T 440: Wie passt sich die Leistung der Kraftwerke an die Nachfrage der Verbraucher an? Ergänze möglichst treffend:



Unser Stromnetz verhält sich in dieser Frage stark vereinfacht wie eine europaweite K von , die eine Parallelschaltung V von mit einer bestimmten versorgt. Ein zusätzlicher in V den Gesamt- von V , so dass ein Gesamt- fließt, der nach der Regel die von in den stärker . So wird die zusätzliche elektrische für den zusätzlichen zunächst aus der von Generatoren und gespeist, deren dabei . Gegen die so verursachte der geben die Kraftwerke „mehr Gas“, um sie wieder auf ihren zu regeln.

(N) Nutzung von Energie

Brennwert/Heizwert

feste Stoffe			Flüssigkeiten			Gase		
Stoff	HeizW. kJ/g	Schütt- Dichte g/cm ³	Stoff	HzW. kJ/g	Dichte g/cm ³	Stoff	HzW. kJ/g	Dichte g/dm ³
trock. Holz	15	0,5	Spiritus	27	0,83	Erdgas	45	0,80
Holzpellets	18	0,65	Heizöl, Diesel	43	0,85	Wasserstoff	120	0,09
Braunkohle	20	0,75	Benzin	43	0,74			
Steinkohle	30	0,80						

Hinweis: Die meisten Werte sind nur als Beispiele zu verstehen, weil die Zusammensetzung der Stoffe variiert. Nur der Wasserstoff ist chemisch genau definiert.

N 0: Brennwert und Heizwert

- Recherchiere: Was ist der Unterschied zwischen Brennwert und Heizwert? Was bedeutet Brennwerttechnik bei Heizungen?
- Die Brennwerte von Steinkohle, Heizöl, Erdgas und Wasserstoff liegen um 2%, 6%, 11% bzw. 18% über den jeweiligen Heizwerten. Wie viel Prozent Brennstoff könnte man jeweils einsparen, wenn man unter sonst gleichen Bedingungen den Brenn- statt des Heizwertes nutzen würde?

N 1: Im Zusammenhang mit unserer Energieversorgung wird Energie häufig in der Einheit *Kilowattstunde*, abgekürzt kWh angegeben. Dabei gilt quasi Wort für Wort übersetzt die eingerahmte Umrechnung. Rechne um:

$$1 \text{ kWh} = 1 \cdot 1000 \cdot \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

- 0,36 kWh = _____ kJ
- 45 000 J = _____ kWh
- 720 MJ = _____ kWh
- $6,12 \cdot 10^7 \text{ J} = \text{_____ kWh}$
- 1 MWh = _____ kWh
- 8 MWh = _____ GJ
- 1 MJ = _____ kWh
- 1,2 MWh = _____ GJ
- 39600 MJ = _____ MWh
- 24 Wh = _____ J
- 0,05 GWh = _____ GWs
- 35 mWh = _____ J

N 2: Wie viel Energie (in Joule und Kilowattstunden) wird beim Verbrennen von einem Liter Heizöl frei?

N 3: Eine Familie braucht in einem Jahr 30 000 kWh Heizungswärme.

- Wie viel Kilogramm Holzpellets müsste sie dafür verbrennen?
- Wie viel Raum ist nötig, um diese Menge zu lagern?

N 4: Wie viel Kilogramm Braunkohle haben den gleichen Heizwert wie eine Tonne Steinkohle?

N 5: Berechne die Heizwerte von Erdgas und von Wasserstoff in der Einheit $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$!

N 6: Zeige, dass in 3000 l Heizöl etwa genauso viel Heizwert steckt wie in 3000 m³ Erdgas!

N 7: Um in einem Gewächshaus Pflanzen vor leichtem Frost zu schützen, stellt mancher Gärtner brennende Teelichter (unter Tontöpfen) darin auf. Berechne, wie viel Watt Heizleistung ein Teelicht hat, wenn es aus etwa zwölf Gramm Wachs besteht und innerhalb von etwa vier Stunden vollständig abbrennt. Nimm als Heizwert von Wachs 45 kJ/g.



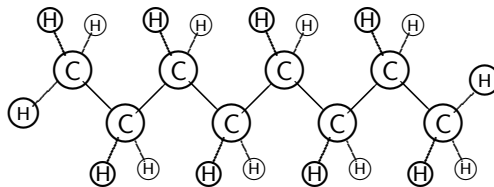
N 8: Bestimme überschlägig den Heizwert von feuchtem Holz anhand folgender Aussagen! (Schlage benötigte Materialkonstanten nach!) Frisch geschlagenes Buchenholz verliert beim Lagern an frischer Luft etwa ein Fünftel seines anfänglichen Gewichtes durch Austrocknung. Beim Verbrennen von feuchtem Holz wird dieselbe chemische Energie freigesetzt wie bei trockenem Holz, jedoch zum Teil dafür aufgebraucht, das überschüssig enthaltene Wasser zu verdampfen.

N 10: In welchem der Energieträger ist die Energie am billigsten, wenn für eine Kilowattstunde Strom 0,30€ verlangt werden, für eine Tonne Holzpellets 400€, für eine Tonne Steinkohle 500€, für einen Liter Heizöl 1€, für einen Liter Benzin 2€, für ein Kilogramm Wasserstoff 10€ und für einen Kubikmeter Erdgas 1€? Rechne jeweils aus, wie viel eine Kilowattstunde kostet!

N 11: Recherchiere aktuelle Preise und berechne den Preis pro kWh bei den Energieträgern wie in Aufgabe N10

★★

N 12: Im Hinblick auf den Klimaschutz interessiert bei Brennstoffen auch deren Freisetzung von Kohlendioxid ($\text{O}=\text{C}=\text{O}$, CO_2). Man kann mit etwas Chemie ausrechnen, dass pro 12 Gramm verbranntem Kohlenstoff 44 Gramm Kohlendioxid entstehen. Betrachte nun vereinfacht Erdgas als Methan (CH_4) und Benzin als Oktan (C_8H_{18}). Aus den Summenformeln errechnet sich, dass Methan zu 12/16 seiner Masse aus Kohlenstoff besteht, und Oktan sogar zu 96/114, was auch gut zu Heizöl und Diesel passt. Betrachte außerdem noch Steinkohle und trockenes Holz als Stoffe, die ganz bzw. halb aus Kohlenstoff bestehen. Berechne aus diesen Daten und den Heizwerten, wie viel Gramm CO_2 beim Freisetzen von 1 kWh Wärme aus den genannten Stoffen jeweils entsteht!



★

N 13: Aus Aufgabe N12 könntest Du den Eindruck bekommen, Heizen mit Holz wäre ziemlich klimaschädlich.

- Warum ist die eigentlich hohe CO_2 -Freisetzung beim Verbrennen von Holz kein Problem für's Klima?
- Warum findet man trotzdem für das Heizen mit Holz Angaben von immerhin bis zu 20 g/kWh ?
- Welche Emissionen sind bei Holz eher problematisch?

~~~~~ Energiewandler, Wirkungsgrad ~~~~~

★

N 60: Eine 2,5 kg schwere Pumpe wird von einem Gleichstrommotor angetrieben, durch den bei einer Betriebsspannung von 50 V ein Strom der Stärke 1,2 A fließt. Die Pumpe fördert pro Minute 15 l Wasser aus einem 20 m tiefen Brunnen. Wie hoch ist der Wirkungsgrad der Pumpe?

N 61: Das kann nicht stimmen:

Das neue Kraftwerk in Entenhausen hat einen Wirkungsgrad von 40%, verfeuert pro Stunde Erdgas mit einem Heizwert von insgesamt 72 GJ und erzeugt daraus 45 GJ elektrischer Energie.

Berichtige auf drei Wegen durch Abändern jeweils nur einer Zahl so, dass es zumindest rechnerisch stimmt!

★

N 62: Wie viel Holz muss man mindestens verfeuern, um einen Topf mit 700 ml eiskaltem Wasser zum Kochen zu bringen? Schätze den Wirkungsgrad des Kochens über einem Lagerfeuer!

★

N 64: Wie viele Tonnen Steinkohle muss ein Kraftwerk stündlich verfeuern, um bei einem Wirkungsgrad von 38% eine Leistung von 200 MW abzugeben?

★

N 66: Ein Braunkohle-Kraftwerk gibt bei einem Wirkungsgrad von 35% eine elektrische Leistung von 280 MW ab. Wie viel Braunkohle könnte pro Tag eingespart werden, wenn man den Wirkungsgrad auf 36% erhöhen könnte?

★

N 68: Stelle eine Übersicht über alle Dir bekannten Formeln zur Arbeit/Energie zusammen! Super wäre eine web-site zu diesem Thema, auf der neben den Bezeichnungen und Formeln auch jeweils eine typische, selbst ausgedachte Beispielaufgabe mit Lösung abgerufen werden könnte. Kleine Grafiken zur Illustration jeder Energieform wären natürlich noch der Hit! Wenn Deine Übersicht außerdem noch zeigen würde, wie manche Formeln als Spezialfälle einer anderen Formel gesehen werden können, wäre das die ultimative Krönung!

★

N 69: Wow! Der neue Brennwert-Heizkessel von Familie Gluding soll einen Wirkungsgrad von über 100% haben! Geht das mit rechten Dingen zu? Erkläre!

★

N 70: Welche Energieumwandlungen finden beim üblichen Betrieb folgender Geräte statt? (mit Verlusten)

- | | | | | |
|---------------|---------------|----------------|------------------|-------------|
| a) Bügeleisen | c) Motorrad | e) Luftgewehr | g) Dampfkocher | i) Öl- |
| b) Computer | d) Solarzelle | f) Kühlschrank | h) Springbrunnen | Förderpumpe |

★

N 71: Ein Dieselmotor nutze die chemische Energie des Diesels zu 30%, um einen Generator anzutreiben. Der Generator erzeuge mit einem Wirkungsgrad von 85% elektrische Energie. Die elektrische Energie werde zum Antrieb einer Maschine genutzt, bei der 20% der Antriebsenergie zu Verlust werde. Welchen Wirkungsgrad hat diese gesamte Kette?

N 72: Rotkäppchens Oma lebt bekanntlich in einem abgelegenen Haus in einem Wald, mindestens seit dem Jahre 1695 und bisher ohne Elektrizität. Zu ihrem nächsten Geburtstag will Rotkäppchen ihr endlich einige elektrische Küchengeräte schenken, die allesamt zum Betrieb an 230 V konzipiert sind und bei gleichzeitigem Betrieb 16,1 kW an elektrischer Leistung aufnehmen. Für Omas Stromversorgung stehen zwei Alternativen zur Debatte:

Die langen Kupfer-Kabel hätten einen Gesamtwiderstand von $60\,\Omega$. In Omas Haus könnte ein Transformator montiert werden, der aus zwei Spulen mit 700 bzw. 35000 Windungen besteht.

- Wie viel Volt müssen auf Rotkäppchens Seite an die Leitungen gelegt werden, damit Oma alle Geräte gleichzeitig richtig benutzen kann!
- Wie viel Prozent der gesamten Leistung gehen dann auf den Leitungen verloren?

Das gesamte Aggregat hätte einen Wirkungsgrad von 22%. Diesel habe einen Brennwert von $42,4 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ und eine Dichte von $0,83 \frac{\text{kg}}{\ell}$. Ein Liter kostet im Märchenwald etwa 1,30 Sterntaler.

- Wie viel Kilogramm Diesel verbraucht Oma, wenn sie alle Geräte drei Stunden laufen lässt?
- Rechne den Brennwert von Diesel in der Einheit „Megajoule pro Liter“ aus!

N 73: Nach dem gleichen Prinzip, wie ein Kühlschrank Wärme aus seinem Inneren nach außen „pumpt“, bringt eine Heizung mit Wärmepumpe Wärme aus der Umgebungsluft oder dem Erdreich in ein Haus hinein. Die Wärmepumpe wird mit elektrischem Strom angetrieben, dessen Energie letzten Endes ebenfalls zu Wärme wird und zum Heizen zur Verfügung steht. Insgesamt kann im Laufe eines Jahres mit z.B. 8000 kWh elektrischem Energieverbrauch das Haus mit 30 000 kWh geheizt werden.

- Berechne für dieses Beispiel den Wirkungsgrad, den man hier übrigens *Jahresarbeitszahl* nennt!
- Wie viel Wärme wird aus der Umgebung entnommen? Wie viel geht letzten Endes dorthin?

N 74: Ein kleines Kohlekraftwerk verbrenne pro Stunde 4,97 t Steinkohle ($30 \frac{\text{kJ}}{\text{g}}$) und produziere 12,01 MW elektrischer Leistung. Pro 12 g verbrannter Kohle entstehen 44 g CO_2 .

- Berechne den Wirkungsgrad dieses Kraftwerkes!
- Berechne, wie viel CO_2 dieses Kraftwerk täglich in die Atmosphäre immittiert!
- Man überlegt, als Ersatz für das Kohlekraftwerk ein Wasserkraftwerk zu bauen, das dieselbe Leistung abgeben kann. Es steht ein Stausee zur Verfügung, in dem das Wasser 38 m hoch aufgestaut ist. Die Technik des Wasserkraftwerks ermögliche 82% Wirkungsgrad. Berechne, wie viel Wasser pro Sekunde durch seine Turbinen strömen müsste!

N 118: Färbe und beschrifte dieses Bild eines Kohlekraftwerkes mit folgenden Wörtern!

Fluss Gebläse Generator Kamin Kesselhaus Kondensator Kühlturm Maschinenhaus Netz Pumpe Transformator Turbine



★
N 120: Stelle die Energieumwandlungen in einem Kohlekraftwerk verbal oder grafisch dar! (einschließlich der Energieverluste) Aus Deiner Arbeit sollte hervorgehen, welche Energieformen nacheinander hergestellt werden, und welche Anlagen im Kraftwerk dies jeweils bewerkstelligen.

★
N 121: Ein paar Lehramts-Studenten wollen einen Zeichentrickfilm drehen, der die Funktionsweise eines Kohlekraftwerkes zeigt. Damit es lustiger wird, soll die Hauptrolle ein vermenschlichtes Wassermolekül spielen, das in demjenigen Kreislauf „lebt“, der das Kesselhaus mit dem Maschinenhaus verbindet. Beschreibe grob, was das Molekül bei einem vollständigen Rundlauf nacheinander alles erlebt! Insbesondere: welche Stationen durchlaufen werden, und wie Temperatur und Druck sich dabei entwickeln. Beginne mit dem Eintritt ins Kesselhaus.

N 122: Referat-Vorschläge zu Dampfkraftwerken:

- | | | |
|------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| a) Betrieb, Abläufe, Anlagen | d) Kraft-Wärme-Kopplung | g) Strom aus Müll |
| b) Reinigung der Rauchgase | e) Mini-KWK | h) Kraftwerke im Saarland |
| c) Erwärmung von Flüssen | f) Fernwärme | i) Rekorde |

N 123: Referat-Vorschläge zur Klima-Problematik:

- | | | |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| a) Energiebilanz der Erde | d) Klimawandel, Wetterextreme | g) CO ₂ einsparen |
| b) Treibhauseffekt und -gase | e) Meeresspiegel, Versauerung | h) CO ₂ bepreisen |
| c) Eis-Albedo-Rückkopplung | f) Europa und der Golfstrom | i) CO ₂ binden |

N 124: Referat-Vorschläge zur historischen Entwicklung:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| a) Erste Dampfmaschinen: Technik und Anwendung | c) Entwicklung des Kohlebergbaus |
| b) Anfänge der Eisenbahn in England und Deutschland | d) Entwicklung der Feinstaubbelastung |

N 126: Referat-Vorschläge zur Automobiltechnik:

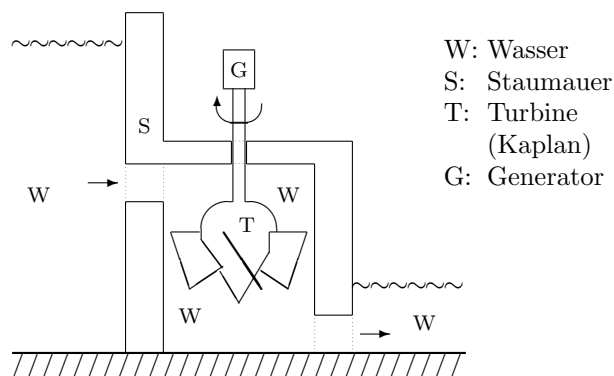
- | | | |
|------------------------------|-------------------|------------------|
| a) KFZ-Elektrik / Zündanlage | c) Abgasreinigung | e) Zweitakter |
| b) Getriebe und Kupplungen | d) Dieselmotoren | f) Wankelmotoren |

~~~~~ Wasserkraftwerke ~~~~~

★
N 180: Prinzip eines Flusskraftwerkes

An der Staustufe Mettlach ist die Saar 11 Meter hoch gestaut: Vor der Staumauer steht der Wasserspiegel des ankommenden Wassers 11 m höher als der Wasserspiegel des abfließenden Wassers hinter der Staumauer.

- a) Wie viel Lageenergie verliert das Flusswasser, wenn 1 Liter Wasser durch die Staumauer fließt? (Hilfsfrage: Wo fehlt (ohne Beachtung sonstiger Zu- bzw. Abflüsse) nachher ein Liter Wasser, wo ist einer dazugekommen? Ja, die Antwort lautet natürlich: jeweils an der Wasseroberfläche!)



- | | |
|--|--|
| b) Wie viel Lageenergie gibt die Saar pro Sekunde dadurch ab, dass in dieser Zeit 35 m ³ Wasser durch jede der beiden Turbinen strömen? | e) Wie viel elektrische Energie würde das Kraftwerk in einem Jahr liefern, wenn es ununterbrochen die Leistung aus dem vorigen Aufgabenteil hätte? (Tatsächlich sind es 35 GWh.) |
| c) Welche Leistung könnte das Kraftwerk demnach höchstens haben? | |
| d) Tatsächlich beträgt die elektrische Leistung des Kraftwerkes bei diesem Durchfluss nur 6400 kW. Berechne den Wirkungsgrad des Kraftwerkes! | |

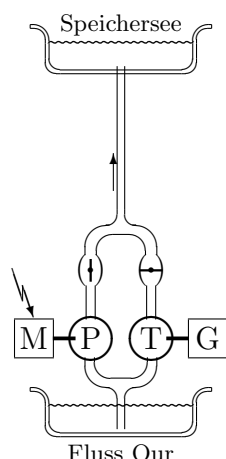
★
N 181: Oberstufenschülerin Waltraud hat für „Jugend forscht“ ein Modell eines Wasserkraftwerkes gebaut: Sie hat einen Bach an einer Engstelle so weit aufgestaut, dass das Wasser vor der Staumauer 90 cm höher steht als dahinter. In den Fuß der Staumauer hat sie natürlich eine kleine Turbine mit Generator eingebaut, durch die nun pro Sekunde 15 l Wasser strömen. Immerhin leistet ihr Kraftwerkchen genug, um eine 60 W-Glühlampe ordentlich zu betreiben. Berechne seinen Wirkungsgrad!

★
N 182: Das Speicherkraftwerk „Walchensee“ liegt 183 m tiefer als die Oberfläche des Walchensees. Es leistet bis zu 124,5 MW.

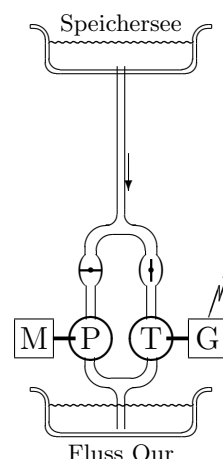
- a) Wie viel Liter Wasser aus dem Walchensee müssten dann pro Sekunde durch die 8 Turbinen des Kraftwerkes strömen, wenn der Wirkungsgrad 100% betrüge?
- b) Entscheide mit Begründung, welche der folgenden Angaben stimmt: Tatsächlich strömen 58 oder 84 Kubikmeter pro Sekunde durch das Kraftwerk.

★
N 183: Welchen Höhenunterschied müsste ein Wasserkraftwerk nutzen, damit ein Liter Wasser ihm ebensoviel Energie anbietet wie ein Milliliter Öl einem Dampfkraftwerk?

★
N 184:



Im Nordosten des Großherzogtums Luxemburg hilft ein Pumpspeicherkraftwerk, Europas Spitzenbedarf an elektrischer Energie zu decken. Zu Zeiten, in denen die Verbraucher deutlich weniger Strom aus dem Netz beziehen, als die Kraftwerke erzeugen können – man denke an nachts –, wird bei der Ortschaft Vianden mit überschüssig produzierter elektrischer Energie Wasser aus dem aufgestauten Fluss Our in ein höher gelegenes Becken gepumpt. (linkes Bild: Motor **[M]** und Pumpe **(P)**) Zu Zeiten, in denen die Nachfrage nach elektrischer Energie besonders hoch ist – man denke an die Mittagszeit –, wird das Wasser aus dem Speichersee wieder abfließen gelassen (rechtes Bild), wobei das Wasser über Turbinen **(T)** Generatoren **[G]** antreibt, welche Strom ins Netz einspeisen.



Maschinensatz (Turbine&Generator) Nr. 10 des Kraftwerks gibt bei einem genutzten Höhenunterschied von 291,30 m und einem Wasserstrom von $77 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ eine elektrische Leistung von 196 MW ab. Welchen Wirkungsgrad hat Maschinensatz Nr.10 ?

~~~~~Energiequellen~~~~~

★
N 240: Außer der Kernenergie, auf die auch der größte Teil der Erdwärme zurückgeht, stammt alle Energie auf der Erde von unserer Sonne. Verfolge zurück, wie die Sonnenenergie in folgende Energieträger gelangt: Wind, Wasser, Kohle, Erdöl, Erdwärme, Biogas.

★
N 242: Wo kommt unsere Energie letzten Endes her? Elektrische Energie aus der Steckdose kann ja z.B. aus chemischer Energie von Kohle stammen. Welche Primärenergieträger haben welche Anteile am gesamten Energieverbrauch in Deutschland?

★
N 244: Der gesamte Energieverbrauch in Deutschland fällt grob betrachtet auf die Bereiche Verkehr, Industrie, private Haushalte sowie Handel/Gewerbe/Dienstleistungen. Wie groß sind diese Anteile genauer?

★
N 246: Welche Anteile haben verschiedene Primärenergiequellen an der gesamten deutschen Stromproduktion? Wofür wird welcher Anteil der elektrischen Energie genutzt?

★
N 248: Woher kommt unser Öl? Wofür wird es verwendet? Woher kommt Kohle, woher Erdgas?

N 250: Referat-Vorschläge zu regenerativen Energien:

- | | | | |
|------------------|---------------|--------------------|-----------------------------|
| a) Wasserkraft | d) Bio-Diesel | g) Photovoltaik | j) Wasserstoff |
| b) Windkraft | e) Geothermie | h) Sonnenkollektor | k) Synthetische Kraftstoffe |
| c) Gezeitenkraft | f) Wärmepumpe | i) Brennstoffzelle | |

Entwertung

★
N 300: Bei Wärmepumpen bezieht man in den Wirkungsgrad nur die von der Pumpe umgesetzte Energie und die abgegebene Wärme mit ein, nicht jedoch die Wärme, die dem kälteren Reservoir entnommen wird. So gibt man ja die tatsächlichen Kosten (zum Betrieb der Pumpe) und Nutzen (in Form eines geheizten Hauses) wieder. Eine elektrisch betriebene Wärmepumpe habe nun einen Wirkungsgrad von 250% und gebe pro Sekunde 1500 J an Heizwärme ab. Wie viel Energie entnimmt sie pro Sekunde dem Erdreich, wie viel der Steckdose?

★
N 302: Nenne Vorgänge, die – von Reibung abgesehen – auch rückwärts ablaufen können!

★
N 304: Beschreibe, wie diese Vorgänge rückwärts ablaufen würden: (insbesondere mikroskopisch gesehen)

- | | |
|---|---|
| a) Abbremsen eines Fahrrades | d) Fall eines Knetklumpens auf die Erde |
| b) Auflösen eines Salzkörnchens in Wasser | e) Leuchten einer Glühlampe |
| c) Verbrennen eines Holzstückes | |

Wahrscheinlichkeit

★
N 360: In einem Aquarium schwimmen unabhängig voneinander sechs Fische, ohne irgendwelche Stellen im Aquarium zu bevorzugen.

- Auf wie viele Arten können sich die Fische auf die beiden Hälften des Aquariums aufteilen?
- Bei wie vielen Verteilungen befinden sich in jeder Hälfte drei Fische?
- Wie wahrscheinlich ist es demnach, bei einem Blick ins Aquarium je drei Fische links und rechts zu sehen?
- Wie wahrscheinlich halten sich alle Fische links auf?
- Bringt man mit einem Tintentropfen Farbstoffmoleküle anstelle der Fische ins Wasser, beobachtet man bei diesen Molekülen weitaus unwahrscheinlicher als bei den Fischen eine Ansammlung aller Objekte in einer Hälfte des Aquariums. Woran liegt das?

★
N 362: Du bekommst eine Wette angeboten: Eine gewöhnliche Münze wird viermal geworfen. Du sollst darauf wetten, dass dabei einmal oder zweimal Kopf fällt, dein Gegner wettet auf keinmal, dreimal oder viermal. Wie stünden Deine Chancen?

Anzahl der Möglichkeiten, Portionen an Empfänger zu verteilen										
Porti- onen	Zahl der Empfänger									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	3	6	10	15	21	28	36	45	55	
3	4	10	20	35	56	84	120	165	220	
4	5	15	35	70	126	210	330	495	715	
5	6	21	56	126	252	462	792	1287	2002	
6	7	28	84	210	462	924	1716	3003	5005	
7	8	36	120	330	792	1716	3432	6435	11440	
8	9	45	165	495	1287	3003	6435	12870	24310	
9	10	55	220	715	2002	5005	11440	24310	48620	
10	11	66	286	1001	3003	8008	19448	43758	92378	
11	12	78	364	1365	4368	12376	31824	75582	167960	
12	13	91	455	1820	6188	18564	50388	125970	293930	
13	14	105	560	2380	8568	27132	77520	203490	497420	
14	15	120	680	3060	11628	38760	116280	319770	817190	
15	16	136	816	3876	15504	54264	170544	490314	1307504	
16	17	153	969	4845	20349	74613	245157	735471	2042975	
17	18	171	1140	5985	26334	100947	346104	1081575	3124550	
18	19	190	1330	7315	33649	134596	480700	1562275	4686825	
19	20	210	1540	8855	42504	177100	657800	2220075	6906900	
20	21	231	1771	10626	53130	230230	888030	3108105	10015005	

★
N 364: Liste alle Möglichkeiten auf, wie man 5 Cent an Deinen Physiklehrer, Deinen Mathematiklehrer und Dich selbst verteilen könnte!

★
N 366: Ein System aus 10 Teilchen enthalte zunächst eine Energieportion. Um welche Faktoren ändert sich die Anzahl an Aufteilungsmöglichkeiten mit jeder weiteren zugeführten Portion? (bis maximal 15 Portionen)

★
N 368: System A enthalte 7 Teilchen und 4 Energieportionen, System B enthalte 3 Teilchen und 2 Portionen. A und B seien zunächst getrennt.

- Wie viele Energieaufteilungen gibt es insgesamt?
- Die Systeme kommen nun in Kontakt und können Energieportionen austauschen. Welcher Zustand wird sich am wahrscheinlichsten einstellen?

★

N 370: System A enthalte 10 Teilchen mit 12 Energieportionen, System B 5 Teilchen mit 3 Energieportionen.

- Wie viele Aufteilungsmöglichkeiten verliert System A, wenn es eine Energieportion abgibt?
- Wie viele Möglichkeiten gewinnt System B, wenn es eine Portion aufnimmt?
- Wie ändert sich die Zahl der Möglichkeiten im Gesamtsystem bei dieser Energieübertragung?

★★

N 372: Welches System ist heißer: System A aus 5 Teilchen mit 5 Energieportionen oder System B aus 10 Teilchen mit 10 Energieportionen?

N 374: Berechne, wenn möglich im Kopf:

$\log_3(9)$ $\log_2(128)$ $\lg(1000000)$ $\log_2(\frac{1}{8})$ $\log_4(20)$ $\ln(2)$ $\log_{11}(1)$

★★

N 376: Mit Entropie eng verwandt ist Information. Eine Nachricht hat einen Informationsgehalt von x bit, wenn sie aus einer Menge von 2^x möglichen Alternativen stammt. (Im Zweiersystem reichen nämlich x -stellige Zahlen gerade zur Numerierung von 2^x Alternativen.) Beispiel: Beim Ziehen einer Skat-Karte gibt es 32 Möglichkeiten. Also beträgt die Information, welche Karte gezogen wurde, genau 5 bit, denn $2^5 = 32$. Wie viel Information steckt demnach in der Antwort auf die Frage, ...



- ...welches Geschlecht Du hast?
- ...wer in Deutschland am ältesten ist?
- ...welches Dein Lieblingsfach ist? (außer Physik ;-)
- ...auf welcher Seite dieses Buches der letzte Hund sitzt?

★★

N 378: Eine 1000 K heiße große Eisenkugel kühlt an 300 K warmer Luft ab.

- Die Eisenkugel gebe zunächst 1 J Wärme an die Luft ab, wodurch sich die Temperaturen nicht merklich ändern. Um wie viel ändert sich die Entropie des Gesamtsystems dabei?
- Die Kugel gibt natürlich weitere Joule ab, wobei sie immer weiter abkühlt und die Luft sich erwärmt. Wie ändert sich der Betrag der Entropieänderung von Joule zu Joule?

★

N 380: Welche Aussagen treffen zu? Ein Wärmeübergang zwischen zwei Körpern hört auf, ...

- ☐ ... wenn beide Körper dieselbe Gesamtenergie besitzen.
- ☐ ... wenn beide Körper dieselbe Temperatur besitzen.
- ☐ ... wenn beide Körper dieselbe Entropie besitzen.
- ☐ ... wenn durch weiteren Wärmeübergang die Gesamt-Entropie nicht mehr wächst.

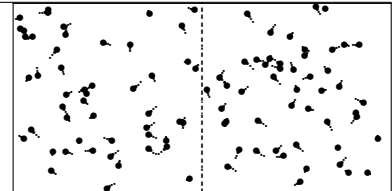
(Y) Thermodynamik

Zustandsgrößen

Y 2: Der Zustand einer Portion eines Gases schlägt sich in den hier aufgelisteten Messgrößen nieder. (Temperatur soll die absolute sein.) Lege eine Tabelle an, die zu jeder Größe enthält: das übliche Formelsymbol, übliche Einheiten, einen exemplarischen Wert bei einem aufgeblasenen Luftballon, wie die Größe mit der Bewegung der Gas-Teilchen zusammenhängt

**Volumen
Druck
Temperatur**

★
Y 4: Eine Kammer ist durch eine Trennwand (gestrichelte Linie) in zwei Hälften geteilt. Jede Halb-Kammer hat dasselbe Volumen V und enthält eine selbe Anzahl N von Gas-Teilchen derselben Art bei selber Zimmer-Temperatur T . Die momentane Flugrichtung eines Teilchens ist durch eine gepunktete Spur angedeutet. (In echt sollen es viel mehr Teilchen sein.)



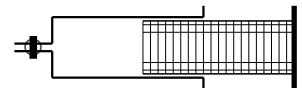
a) Begründe, dass in beiden Halb-Kammern derselbe Druck p herrscht!

Aus den beiden bisher getrennten Gasportionen soll nun eine einzige zusammenhängende Portion werden. Gib nach den folgenden Schritten jeweils an, welche Werte die Zustandsgrößen für die entstandene Portion haben!

b) Zunächst wird einfach die Trennwand entfernt.

c) Die linke Wand der Kammer wird dorthin verschoben, wo die Trennwand war, so dass alle Gasteilchen in die rechte Hälfte der Kammer gedrängt sind. Man wartet, bis sich wieder T eingestellt hat.

★
Y 6: In einem Kolbenprober ist eine Portion Stickstoff in einem Volumen von 84 ml eingeschlossen. Es herrscht sommerliches Hochdruck-Wetter mit einer Temperatur von 300 K und einem Luftdruck von 102 kPa . Der Kolbenprober liegt mit geschlossenem Hahn lose auf dem Tisch.



a) Begründe, dass auch im Inneren des Kolbenprobers derselbe Druck herrscht wie außen!

Über Nacht kühlt es bei gleichbleibendem Luftdruck auf 280 K ab. Welche weitere Veränderung ergibt sich dadurch an der Gasportion, wenn der Kolbenprober ...

b) ...einfach nur weiterhin so herumliegt?

c) ...zuvor so eingespannt worden ist, dass der Kolben arretiert ist? (d.h. der Kolben kann sich nicht bewegen)

d) Wie ändern sich die vorigen Antworten, wenn ein Gas aus doppelt so schweren Teilchen verwendet wird?

★
Y 8: Bei einem idealen Gas hängen die Stoffmenge¹ n des Gases, sein Volumen V , der Druck p und die Temperatur T „Dreisatz-artig“ zusammen: Lässt man 2 der 4 Größen fest, so sind die beiden anderen direkt oder umgekehrt proportional zueinander, bilden also gleichbleibende Quotienten bzw. Produkte.

a) Trage in der 2.Spalte der Tabelle „verdoppelt“ oder „halbiert“ ein, sowie einen gleichbleibenden Rechenausdruck in die 3.Spalte!

b) Kombiniere die Terme der letzten Spalte zu einem einzigen Term aus allen 4 Größen, der gleich bleibt, egal, was man macht!

Ist ↓,	so ist ↓.	↓ = const
V halb.	p	
T verd.	p	
n halb.	p	
n verd.	V	
T verd.	V	
n verd.	T	
egal, was man macht:		

¹Eine Stoffportion hat die **Stoffmenge 1 Mol**, wenn sie aus etwa $6,022 \cdot 10^{23}$ gleichartigen Teilchen (Atome, Moleküle, Formeleinheiten) besteht.

★
Y 10: Eine Gasportion werde in jeder Teilaufgabe aus dem Zustand mit 30 l , 270 K und $1,2\text{ bar}$ in einen neuen Zustand gebracht. Berechne jeweils, welche neuen Werte entstehen!

a) Das Gas ist in einer Stahlflasche eingeschlossen, die auf 360 K erwärmt wird.

b) Das Gas ist in einem Kolbenprober mit frei beweglichem Stempel untergebracht und wird um 45 K erwärmt.

c) Das Gas wird bei gleichbleibender Temperatur auf 20 l komprimiert.

d) Das Gas zieht in ein 40 l großes Gefäß um, das auf 405 K geheizt ist.

e) Das Gas wird so komprimiert, dass es nur noch 12 l einnimmt und unter $4,1\text{ bar}$ Druck steht.

★

Y 11: Eine Gasportion werde in jeder Teilaufgabe aus dem Zustand mit 60 ml, 300 K und 2,4 mbar in einen neuen Zustand gebracht. Berechne jeweils, welche neuen Werte entstehen!

- Das Gas befindet sich in einem engen Röhrchen zwischen zwei Tropfen Quecksilber. Es wird auf 57 °C erwärmt.
- Das Gas wird innerhalb von 1,4 s so auf ein Volumen von 240 ml expandieren gelassen, dass es nun unter einem Druck von nur noch 384 mbar Druck steht.
- Das Gas ist in einer Phiole eingeschlossen, die auf 260 K abgekühlt wird.
- Das Gas ist eine Luftblase unter Wasser, die nach langsamem Aufsteigen um 6 m einem um 0,6 bar geringeren Schweredruck ausgesetzt ist.
- Das Gas zieht in ein um 20% größeres Gefäß um, das auf 405 K geheizt ist.
- Das Gas wird erst auf halbes Volumen komprimiert und dann noch auf halben Druck gekühlt.

★

Y 12: Mit der allgemeinen Gaskonstanten $R \approx 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ lautet die ideale Gasgleichung: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

- Welche Temperatur darf ein 12 l großer Behälter mit 2 mol eines Gases nicht überschreiten, wenn der Druck unter 5 bar bleiben soll?
- Wie viel Sauerstoff kann bei 280 K und $1,2 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ in einem $8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$ großen Behälter sein?
- Welches Volumen nimmt 1 mol eines Gases bei Zimmertemperatur und gewöhnlichem Luftdruck ein?
- Ein Mol Wasser wiegt 18 g. In einem 50 m³ großen abgedichteten Raum werden 216 g verdampft. Welchen Druck würde dieses verdampfte Wasser bei 40 °C alleine im Raum erzeugen?

★

Y 14: Die Vorsilbe *iso-* stammt aus dem Griechischen und bedeutet *gleich*. Mit den Adjektiven *isotherm*, *isobar* und *isochor* bezeichnet man Vorgänge, bei denen die Temperatur, der Druck bzw. das Volumen gleich bleibt.

iso- $\begin{cases} \text{therm} \\ \text{bar} \\ \text{chor} \end{cases}$

- Gib für jedes davon eine Möglichkeit an, wie man experimentell ziemlich sicherstellen kann, dass die Veränderung des Zustandes einer Gasportion so abläuft! (für Ideen siehe vorige Aufgaben)
- Was sind auf Landkarten Isobaren und Isothermen? Kennst/Findest Du weitere Iso...?

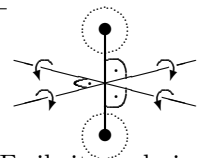
Y 16: Es kostet stets [1→] , etwas zu [2→] . Bei einem idealen Gas geht diese Energie in die ungeordnete [3→] der Gas- [4→] und heißt dann [5→] Energie E_{th} des Gases. Die Teilchen bewegen sich bei [6→] Temperatur durchschnittlich [7→] . Das betrifft immer die [8→] durch den Raum, je nach Art der Teilchen aber auch [9→] um sich selbst sowie [10→] innerhalb der Teilchen. Da dies alles [11→] im Inneren des Gases sind, zählt die thermische Energie zur [12→] Energie U des Gases.

Auswahl: [Teilchen] [erwärmen] [Vorgänge] [invisible] [Bewegung] [Schwingungen] [thermische] [höherer] [inneren] [Lebensdauer]
[Flugbewegung] [heftiger] [Energie] [Schokolade] [zahmer] [Geld] [kühlen] [Rotationen] [Position] [Tierchen]

★

Y 17: Grob betrachtet verteilt sich die [1→] Energie eines idealen Gases im zeitlichen Mittel [2→] auf alle Freiheitsgrade aller Teilchen. Die Beweglichkeit in den drei [3→] des Raums ergibt für alle Arten von Teilchen drei [4→] . Bei [5→]-atomigen Molekülen spielen zumindest zwei weitere Freiheitsgrade in Form von [6→] um Achsen senkrecht zur Molekülachse eine Rolle. Die [7→] eines Gases beträgt [8→] Freiheitsgrad seiner einzelnen Teilchen $\frac{1}{2} R$. Ein Mol eines zweiatomigen Gases (wie z.B. [9→]) nimmt also pro [10→] Erwärmung mindestens $5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 8,314 \text{ J}$ auf.

Auswahl: [gleichmäßig] [thermische] [Dimensionen] [zwei] [Stickstoff] [Wärmekapazität] [Freiheitsgrade] [pro] [Grad] [Rotationen]



★

Y 18: Die spezifische Wärmekapazität von Luft beträgt etwa $c = 720 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

In einer „leeren“ 1,5 l-Flasche aus hartem Plastik befinden sich aktuell 1,8 g Luft bei 20 °C. (=Zustand ①)

Die Flasche wird nun zugeschraubt und auf 35 °C erwärmt. (=Zustand ②)

- Berechne die Dichte der Luft in Zustand ①!
- Berechne, um wie viel ihre thermische Energie bei der Erwärmung wächst!
- Gib an, welche Größen sich beim Übergang von ① nach ② ändern! (soweit möglich mit Zahlenwerten)

Die thermische Energie eines idealen Gases hängt NUR von der Temperatur ab.
 $E_{th} = c \cdot m \cdot T$

Y 20: Eine Gasportion ist in einem unveränderlich 600 cm^3 fassenden Gefäß bei 27°C eingeschlossen. Wie viel Energie kostet es, die Temperatur des Gases zu ändern, wenn es sich dabei um ...

... 430 mg Methan ($1,68 \frac{\text{J}}{\text{g}\cdot\text{K}}$) handelt, das ...

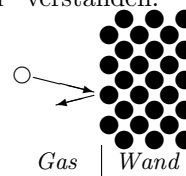
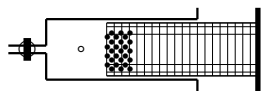
- a) ... um 80°C erwärmt wird?
b) ... auf 80°C erwärmt wird?

... 1,1 g Argon ($310 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$) handelt, das ...

- c) ... um 160 K erwärmt wird?
d) ... auf 160 K gebracht wird?

Y 22: Ein *ideales Gas* kann auf verschiedene Weisen [1→] mit seiner [2→] austauschen. In dieser Aufgabe wird „Umgebung“ im Sinne von „unmittelbar angrenzendem Material“ verstanden.

Wir betrachten hier auch nur Energie, die übertragen wird durch [3→] zwischen den Teilchen (○) des Gases und denen (●) seiner Begrenzung. →
← Man denke an das Gas in einem Kolbenprober, das allseits von gläsernen Wänden begrenzt wird: von Mantel und Boden des äußeren Zylinders sowie vom Boden des eingeschobenen Kolbens



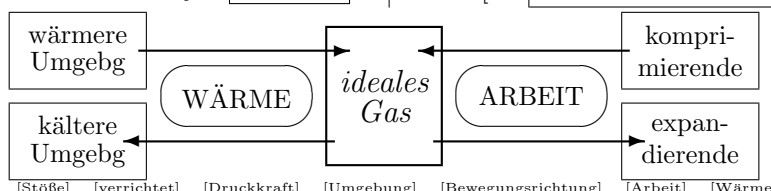
Entscheidend bei den Stößen zwischen Wand- und Gas-Teilchen: Wer gibt wem durchschnittlich Energie ab?

Einzelne Wand-Teilchen betrachtet:

Ist die Wand wärmer als das Gas, dann geben ihre heftiger bewegten Teilchen Energie an das Gas ab. Bei kälterer Wand umgekehrt. Die dabei übertragene Energie heißt [4→].

Wand als fester Verbund ihrer Teilchen betrachtet:

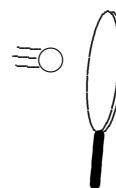
Während jedes Stoßes übt das Gas eine [5→] auf die Wand aus. Bewegt sich die Wand dabei auf das Gas zu oder von ihm weg, dann wirkt diese Kraft entgegen bzw. in der [6→].



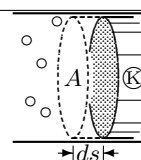
Auswahl: [Energie] [Stöße] [verrichtet] [Druckkraft] [Umgebung] [Bewegungsrichtung] [Arbeit] [Wärme]

Demnach [7→] die Wand [8→] am Gas bzw. umgekehrt das Gas an der Wand.

Y 23: Ein Tischtennisbällchen ($\hat{=}$ Gasteilchen) kommt auf den Schläger ($\hat{=}$ Wand) eines Spielers zugeflogen. Wie muss der Spieler den Schläger bewegen, damit das Bällchen nach dem Zusammenstoß... a) ... genauso schnell... b) ... schneller... c) ... langsamer... fliegt?



Y 24: Der Kolben ⑨ eines Kolbenprobers habe die Bodenfläche A und werde um eine Strecke ds bewegt. Das Volumen V , das den Gasteilchen (○) zur Verfügung steht, ändert sich dabei um das Volumen dV des Zylinders zwischen den beiden Bodenflächen, die gestrichelt umrandet bzw. schattiert eingezeichnet sind. Während der Bewegung des Kolbens übt das Gas aufgrund seines Druckes p eine Kraft F auf den Kolbenboden aus. Dabei wird eine Arbeit dW verrichtet.



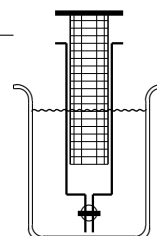
- a) Ergänze Terme gemäß der Grundformeln: $dV =$ [] $F =$ [] $dW =$ []
b) Leite aus diesen Grundformeln eine Gleichung für dW her, in der weder A noch ds vorkommen! []
Trage diese Gleichung hier ein: []
c) Diese Herleitung setzt voraus, dass p während des Vorganges konstant bleibt. Erläutere, warum konstanter Druck gerade bei diesem Vorgang nicht selbstverständlich ist!

Y 25: Ausgangslage für jeden Aufgabenteil: In einem Kolbenprober befindet sich eine 70 cm^3 große Portion 300 K warmer Luft unter gewohntem Umgebungsdruck von 1 bar. Diese Luft soll unter verschiedenen Versuchsbedingungen über ein Wasserbad auf 360 K erhitzt werden.

Bestimme jeweils:

- die neuen Werte für Druck und Volumen
- die Zunahme ΔE_{th} der thermischen Energie der Luft
- die Wärme Q_W , die das Wasserbad der Luft liefern muss

- a) Der Kolben des Probers wird für den Vorgang arretiert. Die Luft nimmt $Q = 3,5 \text{ J}$ an Wärme auf.
b) Der Kolben des Probers bleibt während des Vorgangs wie zuvor frei beweglich.



Y 26: Bei Gasen findet man als Wärmekapazität zwei Varianten: Wärmekapazität c_V bei konstantem Volumen und c_p bei konstantem Druck. Erläutere, warum dies unterschiedliche Werte sind! Welcher davon ist in Aufgabe Y18 als c eingeführt worden? Welcher Wert ist der größere? Extra-Frage: Um wie viel größer?

★★

Y 28: Wieder einmal ist eine Gasportion in einem Kolbenprober eingeschlossen.

adiabatisch

Ihre Daten: $p_0 = 1,2 \text{ bar}$, $V_0 = 80 \text{ ml}$, $T_0 = 290 \text{ K}$, $m_0 = 0,1155 \text{ g}$, $c = c_V = 717 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

- Der Kolben wird nun so schnell herausbewegt, dass das Gas dabei kaum Zeit hat, Wärme mit der Umgebung auszutauschen. Einen solchen Vorgang ohne Wärmestrom nennt man *adiabatisch*, hier konkreter: eine adiabatische Expansion. Begründe für jede gegebene Größe, in welcher Richtung sie sich dabei ändert! Tipp: Während der ganzen Expansion arbeitet das Gas am Kolben auf Kosten seiner thermischen Energie.
- Damit Du hier auch etwas näherungsweise rechnen kannst, nehmen wir an, dass das Gas nur um $0,5 \text{ ml}$ expandiert wird, so dass sich alle Größen nur wenig ändern. (Rechne deshalb aber mit mindestens 5 geltenden Ziffern, damit diese kleinen Änderungen nicht Deiner Rundung zum Opfer fallen!) Berechne die Temperatur, die das Gas unmittelbar nach der Expansion hat!
- Berechne den zugehörigen Druck, unter dem es unmittelbar nach der Expansion steht!
- Auf welchen Druck kommt das Gas, wenn es sich im Laufe der Zeit wieder auf die Umgebungstemperatur T_0 erwärmt? Wie viel Wärme nimmt es dabei auf?

★★

Y 29: Der Zustand des Gases in Aufgabe Y28 wurde nur geringfügig verändert. Bei einer größeren schnellen Expansion kann man nicht mehr einfach so rechnen, als ob der $[1 \rightarrow \text{]}$ den ganzen Vorgang über konstant bliebe. Man zerlegt stattdessen die gesamte Expansion gedanklich in $[2 \rightarrow \text{]}$ Teil-Expansionen um jeweils eine $[3 \rightarrow \text{]}$ Volumenänderung dV , für die die Rechnung mit dem jeweils bereits $[4 \rightarrow \text{]}$ Druck einen winzigen Beitrag dW zur gesamten Arbeit ergibt. Die $[5 \rightarrow \text{]}$ all dieser Winzlige ergibt etwa die gesamte Arbeit. Bei unendlich feiner Zerlegung erhält man mit Integralrechnung auch einen exakten Wert.

Auswahl: [winzige] [Druck] [erreichten] [Summe] [viele]

Allgemein lässt sich zeigen, dass bei adiabatischen Vorgängen mit einem idealen Gas das Produkt $p \cdot V^\kappa$ konstant bleibt. Bestimme den Adiabatenexponenten κ für das Gas aus Aufgabe Y28!

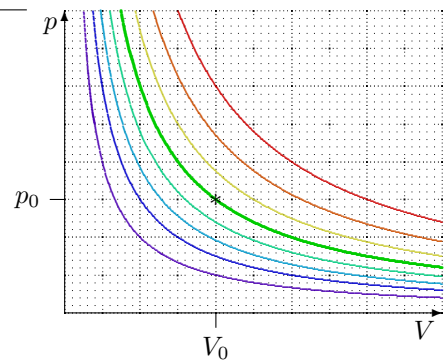
★

Y 30: Das Gas aus Aufgabe Y28 hat am Ende dieselbe Temperatur wie am Anfang. Zwischenzeitlich hat es auch nur eine geringfügig $[1 \rightarrow \text{]}$ Temperatur. Der gesamte Vorgang ist also fast $[2 \rightarrow \text{]}$. Wiederholt man winzige Expansionen also so $[3 \rightarrow \text{]}$, dass das Gas immer Zeit hat, seine Temperatur an eine konstante Umgebungstemperatur etwa $[4 \rightarrow \text{]}$, so erhält man im Ganzen eine „beliebig“ große isotherme Expansion. Die vom Gas aufgenommene $[5 \rightarrow \text{]}$ hat den gleichen Betrag wie die von ihm am Kolben verrichtete $[6 \rightarrow \text{]}$.

Auswahl: [Wärme] [langsam] [niedrigere] [anzugleichen] [Arbeit] [isotherm]

★

Y 32: Der Zustand einer bestimmten idealen Gasportion ist durch ihren Druck p und ihr Volumen V bereits vollständig festgelegt. Die dritte Zustandsgröße Temperatur T ergibt sich ja bei feststehender Stoffmenge n aus p und V gemäß der Gasgleichung. In einem pV -Diagramm stellt jeder Punkt mit seinen beiden Koordinaten eine bestimmte Werte-Kombination der beiden Größen p und V dar. Jeder Punkt entspricht also einem bestimmten Zustand des Gases. Die Temperatur ist nicht ohne weiteres ersichtlich. Falls Du diese Seite in Farbe siehst, deuten immerhin Farben die Temperaturen grob an, von kaltem Violett zu heißem Rot. Der als * markierte Punkt ($V_0|p_0$) stellt einen Zustand der Gasportion dar, dessen Temperatur T_0 einem bestimmten Grünton entspricht.

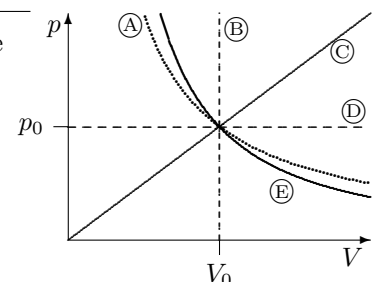


- Begründe mit Hilfe der Gasgleichung: $T \sim p \cdot V$ Gib auch die Proportionalitätskonstante an!
- Die dick eingezeichnete (grüne) Linie, auf der * liegt, besteht aus unendlich vielen weiteren Punkten mit anderen Werten für V und p . Begründe, dass aber alle diese Punkte zur selben Temperatur T_0 gehören! Tipp: Du kennst zwar keine Zahlen der Achs-Skalierungen, aber das Millimeterpapier ist nicht nur Deko.
- Gleiches gilt für die anderen eingezeichneten Linien, auch sie sind **Isothermen**. Wenn das Gas isotherm verändert wird, bewegt sich sein Zustand (als Punkt dargestellt) auf einer solchen Linie. Zu welchen Temperaturen gehören die eingezeichneten Isothermen, wenn $T_0 = 300 \text{ K}$ gilt?

★

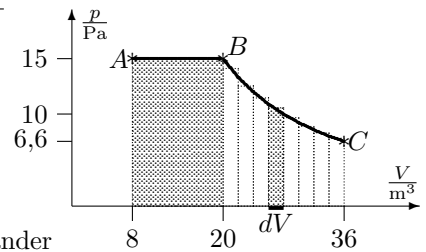
Y 34: Unter den fünf Linien (A) bis (E) sind eine Isobare, eine Isochore, eine Isotherme und eine Adiabate.

- Welche vier Linien sind was davon?
- Beschreibe für jede der fünf Linien, wie man ein Gas vom Zustand ($V_0|p_0$) ausgehend dazu bringen kann, dass sein Zustand auf der Linie in Richtung des Kenn-Buchstabens läuft!



★★

Y 36: Ein Gas wird aus dem Zustand *A* zunächst isobar in den Zustand *B* expandiert und anschließend (z.B. adiabatisch) weiter in den Zustand *C* expandiert. Bei beiden Expansionen verrichtet das Gas Arbeit.

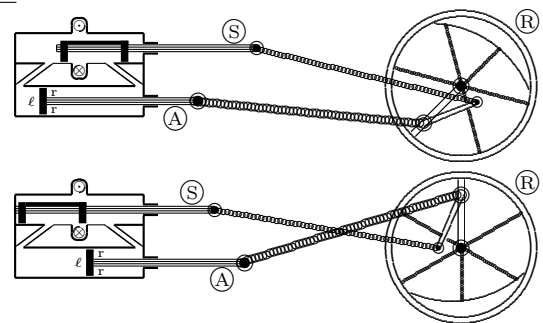


- Von *A* nach *B* lässt sich diese Arbeit leicht berechnen, weil der Druck konstant ist. Wie viel Arbeit ist es?
- Zur Lösung von a) werden mit dem Produkt aus Druck (15 Pa) und Volumenänderung (von 8 auf 20 um 12 m³) zwei Größen miteinander multipliziert, die jeweils einer Strecke in Richtung der *p*- bzw. *V*-Achse entsprechen. Färbe am schattierten Rechteck und/oder auf den Achsen diese Strecken! Welche geometrische Größe ergibt das Produkt dieser Strecken? Diese anschauliche Größe entspricht also der geleisteten Arbeit!
- Von *B* nach *C* ist es nicht so einfach. Man könnte näherungsweise für eine kleine Expansion wie diejenige um das markierte *dV* mit dem dabei *etwa* 10 Pa großen Druck die Arbeit berechnen. Wie viel ist das?
- Welcher geometrischen Größe entspricht diese Arbeit? Welche geometrische Größe müsste demnach die gesamte Arbeit zwischen *B* und *C* beschreiben? Schätze sie ab!

Maschinen

★

Y 100: Hier siehst Du den Antrieb einer Dampflokomotive in zwei Stellungen. In jeder Stellung strömt heißer Dampf unter hohem Druck durch die mit ⊙ markierte Öffnung in den Schieberkasten. Im oberen Bild steht dadurch die (ℓ)inke Seite des Arbeitskolbens (am linken Ende der Stange Ⓐ) unter hohem Druck, im unteren Bild ist es die (r)echte Seite. Der jeweils gegenüberliegende Raum des Arbeitszylinders rechts bzw. links des Kolbens ist mit der Öffnung (⊗) verbunden, durch die der Dampf sich ins Freie entspannen kann. Je nach Stellung des Rades ist die Maschine abwechselnd in Phasen, in denen der Arbeitskolben von links bzw. von rechts nach rechts bzw. links gedrückt wird, wodurch das Rad Ⓓ angetrieben wird. Die Stellung des Rades sorgt über den Steuerschieber (Ⓢ) dafür, dass der frische Dampf auf die richtige Seite des Arbeitskolbens wirkt und der verbrauchte Dampf aus der vorangegangenen Phase austreten kann.



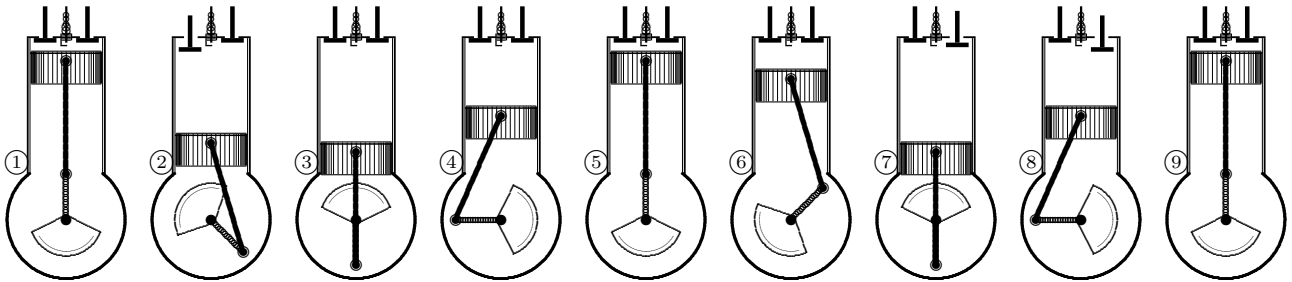
- Suche und betrachte eine passende Animation im Internet. Zeichne in die Bilder Pfeile ein: für die Strömung des Dampfes, die Bewegung der Kolben und die Drehung des Rades
- In welchen Stellungen kann die Maschine nicht selbständig starten? Wie kommt sie beim Laufen über diese Stellungen hinweg? Wieso kann eine Dampflokomotive selbständig anfahren?



Falls Du hier rot siehst, sind der Schieberkasten und das direkt angetriebene Rad hier rot markiert. Das Gestänge ist in echt etwas komplizierter.

★

Y 110: Die folgende Bildergeschichte zeigt die 4 Takte eines vollen Zyklus' eines Zylinders eines Otto-Motors.

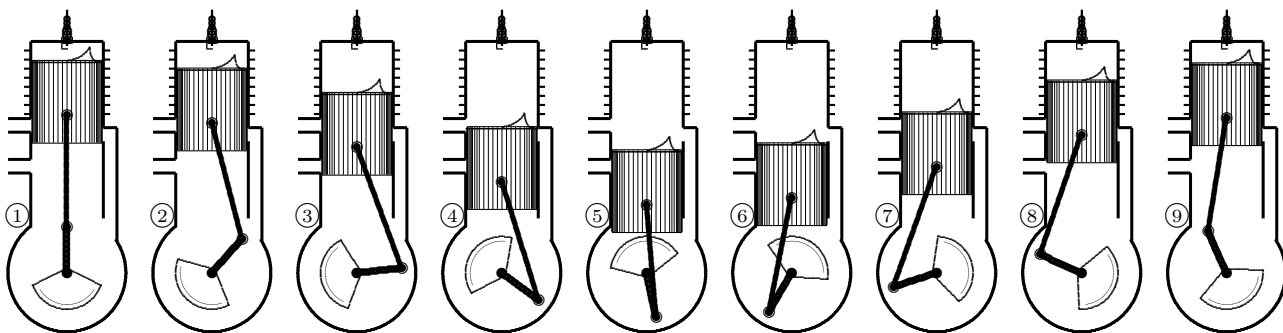


Du findest vermutlich schnell eine Animation dazu. Der Kolben saugt bei seiner ersten Abwärts-Bewegung ein Benzin-Luft-Gemisch ein und komprimiert es dann beim Hochgehen. Nach Zündung des Gemisches entsteht bei seiner Verbrennung viel Hitze, wodurch der Druck im Zylinder stark ansteigt und den Kolben nach unten treibt. Zuletzt schiebt der Kolben bei seiner Aufwärts-Bewegung das verbrannte Gemisch aus dem Zylinder heraus.

- Ergänze in den Bildern Pfeile für ein-/ausströmendes Material, für die Bewegung des Kolbens und die Drehung der Pleuellager! Ergänze im richtigen Bild den Zündfunken!
- Zwischen welchen Bildern finden welche vier Takte statt? Färbe den Brennraum in jedem Bild passend zu seiner Füllung! Vorschlag: hell-/dunkelblau für frisches Gemisch je nach seinem Druck, gelb für brennendes Gemisch, grau für die Abgase
- Warum werden oft mindestens 4 Zylinder dieser Art kombiniert? Kann ein Motor aus solchen Zylindern selbständig starten?

Y 111: Wie unterscheidet sich ein Dieselmotor von einem Ottomotor?

Y 120: Diese Bildergeschichte über einen Zweitaktmotor beginnt damit, dass sich unterhalb des Kolbens bereits frisch eingesogenes Gemisch befindet. Oberhalb wird bereits komprimiertes Gemisch gerade gezündet.



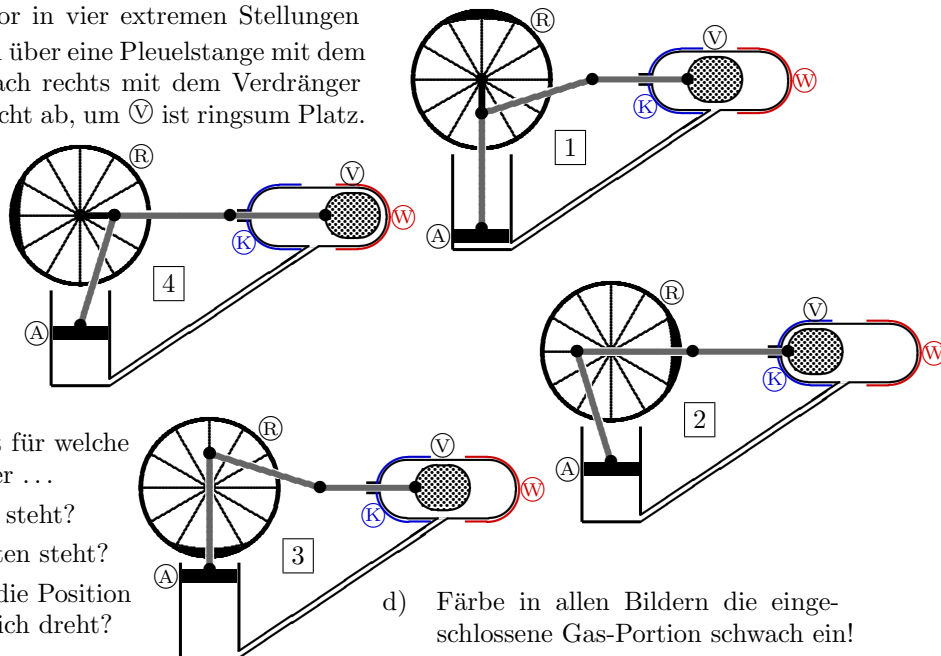
Der Kolben wird durch den Druck der Verbrennungsgase nach unten getrieben. In ④ hat er die Auslassöffnung freigegeben, durch die das Abgas bis ⑥ ausströmt. In ⑤, ⑥ ist zusätzlich rechts eine Öffnung freigegeben. Durch sie strömt das leicht komprimierte Gemisch aus dem Raum unter dem Kolben in den Brennraum herauf. Ab ⑦ wird es dort komprimiert, und ab ⑧ strömt neues Gemisch unten ein. So schließt sich der Zyklus. Dein Job sind jetzt die üblichen Pfeilchen, Funke und Färbungen.

Y 130: Hier ist ein Stirling-Motor in vier extremen Stellungen gezeichnet. Das Rad $\textcircled{R}$ ist nach unten über eine Pleuelstange mit dem Arbeitskolben $\textcircled{A}$ verbunden, und nach rechts mit dem Verdränger $\textcircled{V}$. Nur $\textcircled{A}$ schließt seinen Zylinder dicht ab, um $\textcircled{V}$ ist ringsum Platz.

Die Maschine arbeitet die ganze Zeit mit der Portion Gas, die im Gehäuse von $\textcircled{V}$, im Zylinder unter $\textcircled{A}$ und der schräg verlaufenden Leitung dazwischen eingeschlossen ist. Das oval gezeichnete Gehäuse von $\textcircled{V}$ ist an seiner rechten Seite von warmem Material $\textcircled{W}$ umgeben, an der linken Seite von kaltem $\textcircled{K}$.

Welchen Unterschied macht es direkt für welche Zustandsgröße der Gasportion, ob der ...

- ... Verdränger links oder rechts steht?
- ... Arbeitskolben oben oder unten steht?
- In welchen Bildern ändert sich die Position von $\textcircled{A}$ und $\textcircled{V}$, wenn das Rad sich dreht?



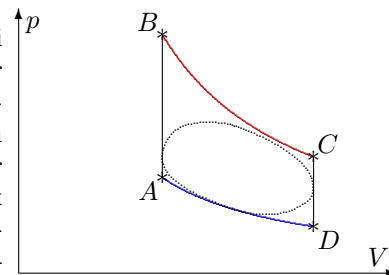
- Färbe in allen Bildern die eingeschlossene Gas-Portion schwach ein!

Y 131: Die Luft in einem stabil laufenden Stirling-Motor durchläuft bei jeder Umdrehung des Rades immer wieder dieselben Zustände. Der Motor arbeitet periodisch, und in einem p-V-Diagramm wird ein in sich geschlossener Weg durchlaufen. Man spricht deshalb von einem thermodynamischen Kreisprozess. Dabei ist „Kreis“ nur im Sinne von „Zyklus“ gemeint. In der Realität zeigt das Diagramm etwas wie die gepunktete Schleife. Sehr stark idealisiert kann der Stirling-Prozess als Weg $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ aufgefasst werden. Man tut dafür so, als ob Arbeits- und Verdrängerkolben unabhängig voneinander bewegt würden.

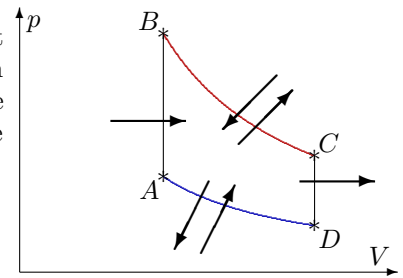
Bild 1 in Aufgabe Y130 entspräche dann einem Moment, in dem der Arbeitskolben arretiert würde und der Verdränger plötzlich von ganz rechts nach ganz links verschoben und dort arretiert würde. Es wäre der Start einer *isochoren Erwärmung* bis zum Erreichen der Temperatur von $\textcircled{W}$ und entsprechendem Anstieg des Druckes. Danach würde man $\textcircled{A}$ wieder freigeben und ihn vom Druck unter ihm sehr langsam nach oben drücken lassen. Bild 2 wäre die Mitte der so durchgeführten *isothermen Expansion*.

Beschreibe in ähnlicher Weise den Rest des Zyklus! (Wann wird welcher Kolben arretiert oder wie bewegt?)

Wie benennt man die dadurch ausgelösten Vorgänge, die auch den Etappen auf dem Weg $ABCD A$ entsprechen? Zeichne die Punkte auf dem Weg $ABCD A$ ein, zu denen die Bilder 1 bis 4 am besten passen!



★
Y 132: Der in Aufgabe Y131 beschriebene idealisierte Stirlingmotor nimmt in den 4 Phasen seines Kreisprozesses Energie auf und gibt welche ab. Im Diagramm sind bereits Pfeile dafür eingezeichnet. Pfeile, die in die Fläche $ABCD$ hineinweisen, sollen Energieaufnahmen des Gases darstellen. Die Längen der Pfeile haben noch keine Bedeutung.



- Gib für jeden Pfeil an, welche Art von Energiestrom – Wärme oder Arbeit – er darstellt!
- Vergleiche die Energiebeträge! (ob = / < / > , mit Begründungen)
- Zeichne die Pfeile je nach Energieart Wärme oder Arbeit in unterschiedlichen Farben und je nach Energiebetrag dicker und/oder länger nach! Falls Dir zum Betrag Information fehlt, leg' willkürlich was fest.

★★
Y 134: Ein gemäß Aufgabe Y131 idealisierter Stirling-Motor nimmt während der isochoren Erwärmung von $T_K = 300\text{ K}$ auf $T_W = 500\text{ K}$ insgesamt $41,60\text{ J}$ Wärme auf und während der anschließenden isothermen Expansion weitere $16,85\text{ J}$. Die isotherme Kompression erfordert später $10,11\text{ J}$ an Arbeit am Gas.

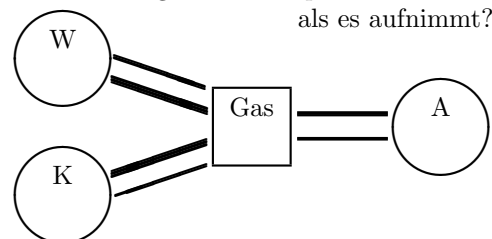
Wie viel Joule Wärme gibt das Gas ...

Wie viel Joule Arbeit ...

- ... bei der isochoren Abkühlung ab?
- ... bei der isothermen Kompression ab?
- ... im ganzen Zyklus mehr ab als es aufnimmt?
- ... verrichtet das Gas beim Expandieren?
- ... gibt das Gas im ganzen Kreisprozess mehr ab als es aufnimmt?

f) Das hier begonnene Bildchen soll alle einzelnen Energieströme zwischen dem Gas, den beiden Reservoiren und dem Arbeitskolben durch passend dicke Pfeile darstellen.

Ergänze die Pfeilspitzen! Beschrifte die Pfeile mit Joule-Zahlen! Trage bei jedem „Akteur“ seine Netto-Energiebilanz ein! Zur Übersichtlichkeit: Runde stimmig ganzzahlig, lasse J weg.



- Unter dem Wirkungsgrad η einer Energieumwandlung oder einer Maschine versteht man allgemein das Verhältnis von genutzter zu aufgewandter Energie. Beim Stirling-Motor ist es üblich, die überschüssig gewonnene Arbeit als den Nutzen anzusehen, und die in $B \rightarrow C$ aus $\textcircled{W}$ entnommene Wärme als den Aufwand. Der theoretisch bestmögliche Wirkungsgrad beträgt $\eta_{\text{best}} = 1 - T_K/T_W$. Zeige, dass der idealisierte Motor dieser Aufgabe $\eta = \eta_{\text{best}}$ erreicht!

$$\eta := \frac{E_{\text{Nutzen}}}{E_{\text{Aufwand}}}$$

★★
Y 135: Die Berechnung des Wirkungsgrades eines Stirling-Motors wie in Aufgabe Y134 ist nicht realistisch. Real erhält man aus mehreren Gründen deutlich geringere Werte.

- Wie im Diagramm zu Aufgabe Y131 zu sehen, läuft der Kreisprozess im Motor deutlich anders ab als in der Idealisierung. Finde möglichst viele thermodynamische Gründe dafür!
- Welche sonstigen Gründe gibt es?
- Obiges η berücksichtigt gar nicht, dass auch zur isochoren Erwärmung Energie aufgewandt werden muss, die praktisch größtenteils verloren ist. Welches η ergibt sich in Y134, wenn man die netto geleistete Arbeit ins Verhältnis setzt zur gesamten Wärme, die man aus dem warmen Reservoir entnimmt?
- Tatsächlich kann man einen Motor so bauen, dass die in $A \rightarrow B$ benötigte Energie teilweise aus der in $C \rightarrow D$ abfallenden gewonnen wird. Recherchiere dies! (Stichwort: Regenerator)

★
Y 140: Lies folgende Texte und versuche, sie anhand von Bildern aus vorigen Aufgaben und/oder Animationen nachzuvollziehen!

Die in Aufgabe Y130 beschriebene Maschine arbeitet als **Motor**, wenn man für Wärmezufuhr über $\textcircled{W}$ und Wärmeabfuhr über $\textcircled{K}$ sorgt. Das angetriebene Rad $\textcircled{R}$ dreht sich dabei im Uhrzeigersinn wie es die Bildfolge $\boxed{1} \rightarrow \boxed{2} \rightarrow \boxed{3} \rightarrow \boxed{4} \rightarrow \boxed{1}$ für eine Umdrehung zeigt. Dieselbe Maschine kann aber auch in zwei weiteren Modi (Weisen) genutzt werden.

oft **Kältemaschine** genannt:

Treibt man sie von außen im selben Drehsinn an, wie sie auch als Motor laufen würde, so wird in Bild $\boxed{2}$ das Gas adiabatisch expandiert und in $\boxed{4}$ adiabatisch komprimiert. Dadurch bleibt seine Temperatur deutlicher unter der von $\textcircled{W}$ bzw. über der von $\textcircled{K}$. Der Wärmeaustausch mit den Reservoiren wird dadurch größer. Die Maschine transportiert noch mehr Wärme von $\textcircled{W}$ nach $\textcircled{K}$, als sie es als Motor täte.

Wärmepumpe:

Treibt man sie von außen gegen den Motor-Drehsinn an, so wird in Bild $\boxed{2}$ das Gas adiabatisch komprimiert und in $\boxed{4}$ adiabatisch expandiert. Dadurch steigt seine Temperatur über die von $\textcircled{W}$ bzw. fällt unter die von $\textcircled{K}$. Die Wärme strömt daher in entgegengesetzter Richtung! Die Maschine pumpt Wärme gegen das Temperaturgefälle von $\textcircled{K}$ nach $\textcircled{W}$.

Y 142: Eine Wärmepumpe schaffe es, einem nur $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ warmen Erdreich 6.0 kWh Wärme zu entziehen und einem $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ warmen Heizkreislauf eines Hauses 7.6 kWh zuzuführen.

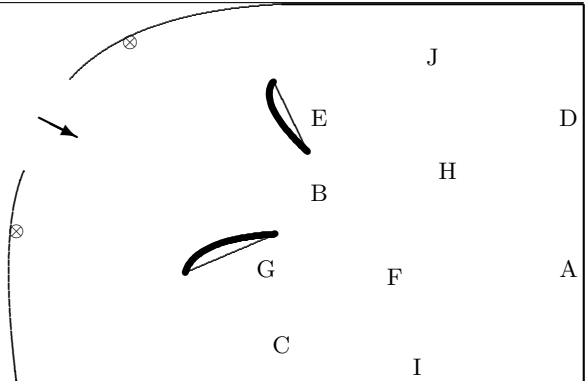
- a) Wie viel elektrische Energie verbraucht die Wärmepumpe dabei mindestens?
- b) Welcher Wirkungsgrad errechnet sich daraus? Warum ist er tatsächlich etwas kleiner?

Strahlung

(O) Optik

Countdown aus Klasse 7

O -10: Hier siehst Du den Grundriss eines Ausstellungsraumes. Man betritt ihn, wie es der Pfeil zeigt, und hat zunächst optimalen Blick auf zwei gebogene Plakatwände (dicke Linien), die von zwei Lampen ($\otimes$) angestrahlt werden. Im Raum hinter den undurchsichtigen Plakatwänden stehen einige Exponate (Buchstaben). Konstruiere die Schattenräume hinter den Plakatwänden! Gib für jedes Exponat an, von wie vielen Lampen es angestrahlt wird! Die Exponate selbst werfen keine Schatten aufeinander.



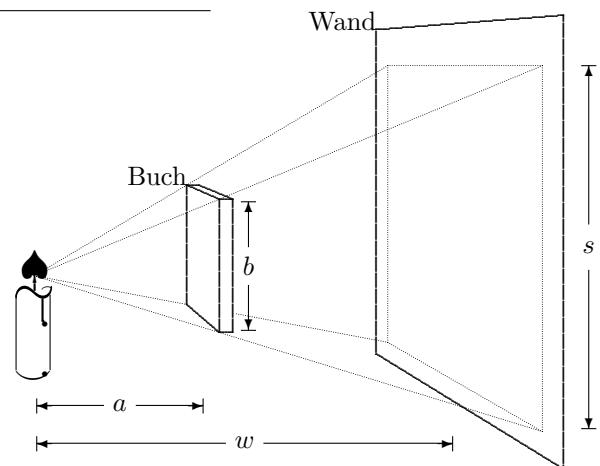
O -9:



Wie in Aufgabe O-10: Ein Raum mit zwei Plakatwänden und zwei punktförmigen Lampen, die in alle Richtungen strahlen. Konstruiere alle Schattenräume! Färbe Halb- und Kernschattenräume in verschiedenen Farben! Alternativ zur Färbung kannst Du auch in jedes konstruierte Feld die Anzahl der Lampen schreiben, deren Licht dieses Feld durchstrahlt.

O -8: Im Licht einer Kerze wirft ein Buch einen Schatten auf eine Wand. Das Buch ist $b = 22 \text{ cm}$ hoch und wird in $a = 40 \text{ cm}$ Abstand von der Kerze gehalten. Die Wand befindet sich $w = 1,40 \text{ m}$ von der Kerze entfernt.

- Wie hoch ist der Schatten auf der Wand?
- Auf welchen Wert müsste man a verändern, damit der Schatten einen Meter hoch wird?



O -7: Licht breitet sich im Vakuum etwa $300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ schnell aus.

- Wie lange braucht es von der $150\,000\,000 \text{ km}$ weit entfernten Sonne bis zu uns?
- Wie weit kommt es in einer Schulstunde?

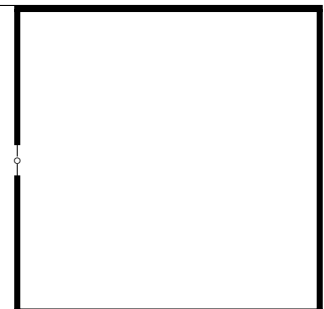
O -6: Hier geht es um eine Lochkamera mit 3 kleinen Leuchtdioden A , B und C davor. Zunächst sei das Loch der Kamera winzig („unendlich“) klein, dargestellt durch das Kringelchen $\circ$ in der Mitte der Vorderwand.

$B \otimes$

$A \otimes$

$C \otimes$

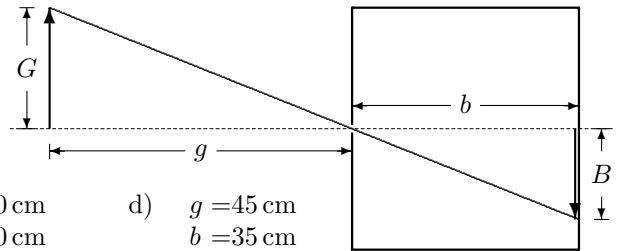
- Konstruiere in verschiedenen Farben die Bildpunkte der Leuchtdioden!
- Vergleiche die Länge der Strecke $\overline{AB}$ mit der Länge ihres Bildes!
- Nun wird das Loch vergrößert: Denke Dir das Kringelchen und die dünnen Linien daran weg. Konstruiere, welche Bereiche der Rückwand von welcher Leuchtdiode angestrahlt werden! Für welche Leuchtdiode ist der Effekt am stärksten?



★★

O -5: In einem Aufbau wie in Aufgabe O-6 liegen A und B jeweils 50 mm von der Vorderseite der Kamera entfernt und 16 mm voneinander. Die Kamera sei nur 30 mm lang. Wie groß müsste ihr Loch sein, damit sich die von A und B beleuchteten Flecken auf der Rückwand überlappen?

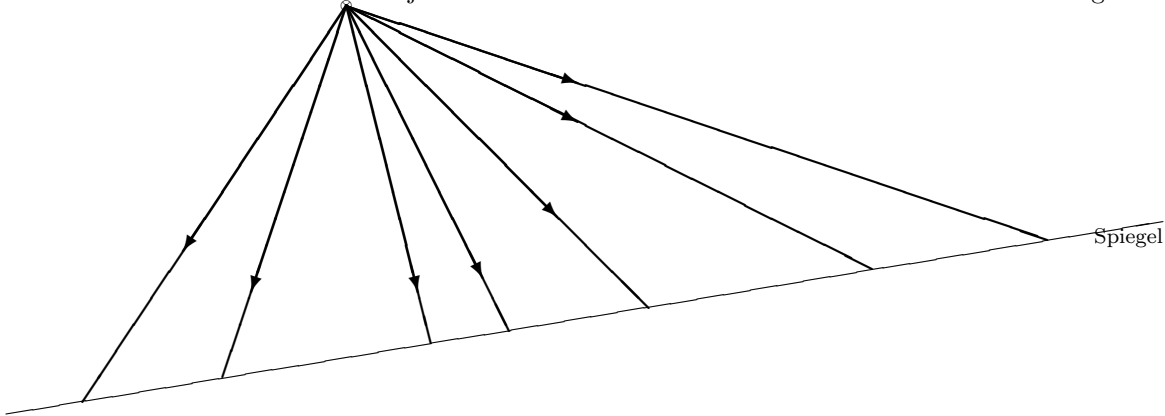
O -4: Ein $G = 50$ cm großer Gegenstand steht $g = 3$ m weit entfernt vor einer Lochkamera. Welche Größe B hat das Bild, wenn die Lochkamera $b = 60$ cm lang ist?



O -3: Bestimme die fehlende Abmessung!

- | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| a) $G = 48$ cm | b) $G = 20$ cm | c) $G = 80$ cm | d) $g = 45$ cm |
| $g = 120$ cm | $g = 0,7$ m | $b = 70$ cm | $b = 35$ cm |
| $B = 12$ cm | $b = 140$ mm | $B = 14$ cm | $B = 21$ cm |

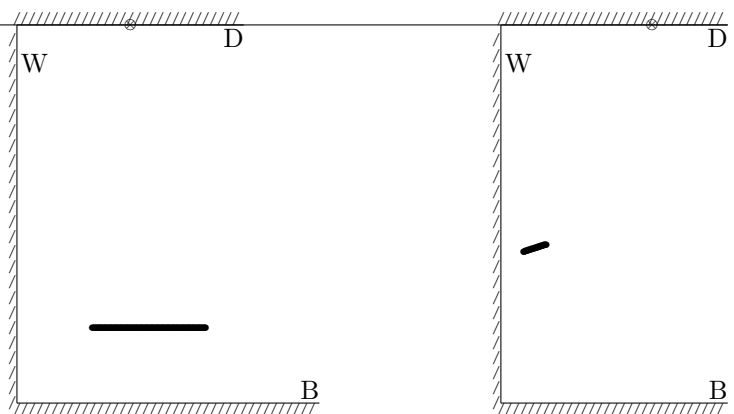
O -2: Konstruiere zu jedem Strahl den reflektierten Strahl und dessen rückwärtige Verlängerung!



★
O -1: SÜS!

Schatten Über Spiegel

Die beiden Bilder zeigen jeweils (D)ecke, (W)and und (B)oden eines Badezimmers. Die Wand ist voll verspiegelt. Es gibt eine Lampe (⊗) an der Decke. Der dicke Strich stellt einen undurchsichtigen Körper wie z.B. eine Holzplatte dar. Konstruiere alle Kern- und Halb-Schattenräume über dem Boden!



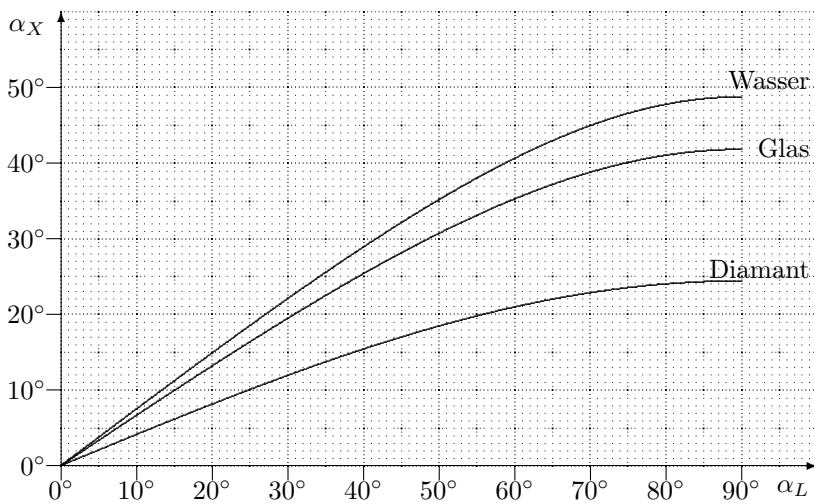
O 0: Kontruiere die beiden Strahlverläufe, über die der Beobachter B vom Meerschweinchen Esmeralda den Popo (P) und das Näschen (N) sieht!

B^*

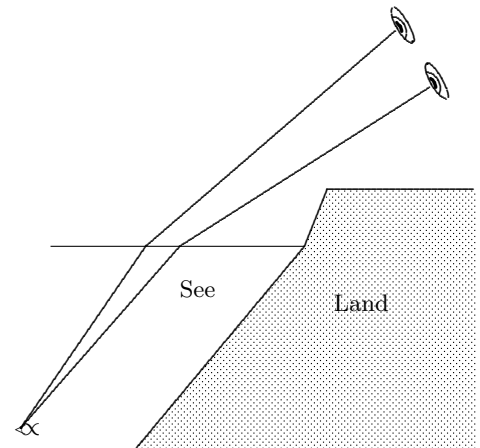
Spiegel



Brechung



Bei der Brechung an der Grenzfläche Luft-X gehört zum Winkel α_L in Luft der Winkel α_X im Medium X. Wenn nicht anders gesagt sind Winkelangaben immer auf das Einfallslot bezogen.



O 2: Ein Fischerei-Problem: Diese Skizze zeigt Lichtstrahlen, die von einem Fisch in einem See zu den Augen eines Beobachters (mit seitlich geneigtem Kopf) am Ufer verlaufen. Wo scheint aus Sicht des Beobachters der Fisch zu stehen?

O 3: Du stehst am Beckenrand eines Schwimmbeckens mit ganz ruhiger Wasseroberfläche und siehst, dass am Boden des Beckens ein kleines Schmuckstück liegt. Um es Deinem Freund zu zeigen, willst Du es mit einem Laserpointer anstrahlen. Richtest Du den Laserpointer dorthin, wo Du das Schmuckstück siehst, oder höher oder tiefer? Begründe Deine Antwort!

O 4: Ableseübungen für Anfänger

- Unter welchem Winkel verläuft ein Lichtstrahl in Glas, wenn er unter 75° aus Luft gekommen ist?
- Bei welchem Einfallswinkel aus Luft verläuft ein Strahl in Wasser unter einem Brechungswinkel von 40° ?

O 6: Ableseübungen für Fortgeschrittene

- Um wie viel Grad ändert sich der Brechungswinkel eines Lichtstrahls in Glas, wenn sein Einfallswinkel in Luft von 10° auf 20° erhöht wird?
- Um wie viel Grad ändert sich der Brechungswinkel eines Lichtstrahls in Luft, wenn sein Einfallswinkel in Diamant von 10° auf 20° erhöht wird?
- Um wie viel Grad ändert ein Strahl seine Richtung, wenn er unter einem Einfallswinkel von 60° von Luft in Wasser einfällt?

O 8: Ableseübungen für Profis

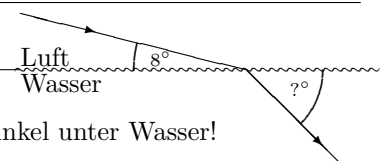
- Ein Strahl trifft unter 40° von Luft auf Wasser. Welchen Winkel bildet der gebrochene mit dem reflektierten Strahl?
- Bei welchem Einfallswinkel in Luft ändert ein Lichtstrahl beim Eintritt in Wasser seine Richtung um 10° ?
- Unter welchem Winkel muss ein Lichtstrahl von Luft auf Wasser auftreffen, damit reflektierter und gebrochener Strahl senkrecht aufeinander stehen? („Brewster-Winkel“)

O 10: Konstruiere in verschiedenen Farben die Verläufe von Lichtstrahlen, die mit den Einfallswinkeln 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° bzw. 89° aus der Luft auf eine Wasseroberfläche treffen!

O 12: Konstruiere den Verlauf eines Lichtstrahles, der mit einem Einfallswinkel von 50° (70° , 30°) auf eine 5 cm dicke Glasscheibe trifft! Vergleiche den Weg des Strahles hinter der Glasscheibe mit dem Weg, den der Strahl ohne die Glasscheibe durchlaufen würde!

O 14: Vergleiche die optischen Dichten von Glas und Diamant!

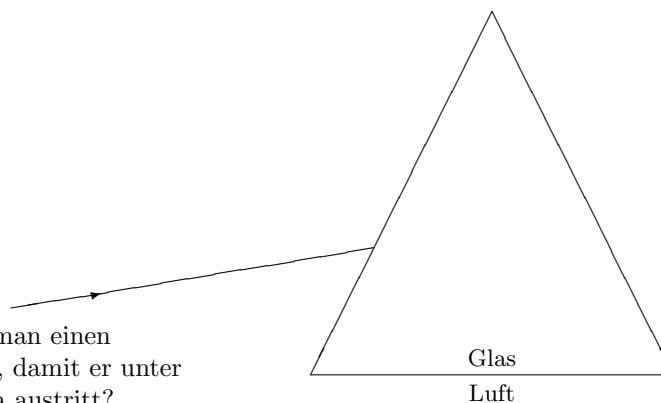
O 16: Ein Lichtstrahl tritt wie skizziert unter einem recht kleinen Winkel zur Wasseroberfläche aus Luft in Wasser ein. Bestimme den eingezeichneten Winkel unter Wasser!



O 18: Tritt ein Lichtstrahl schräg aus Wasser in Glas ein, wird er zwar auch gebrochen, aber weniger stark, als wenn er unter sonst gleichen Bedingungen aus Luft in Glas einträte. Begründe dies mit den optischen Dichten von Luft, Wasser und Glas!

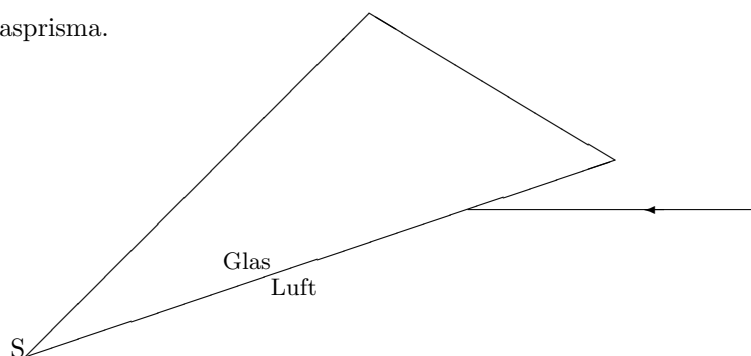
★★
O 20: Hier trifft ein Lichtstrahl auf ein Prisma aus Glas.

- Konstruiere den weiteren Verlauf des Lichtstrahles! (ohne reflektierte Anteile)
- Um welchen Winkel wird der Strahl insgesamt abgelenkt?
- Mit welchem Einfallswinkel muss man einen Lichtstrahl auf das Prisma richten, damit er unter demselben Winkel aus dem Prisma austritt?



★
O 22: Ein Lichtstrahl trifft auf ein Glasprisma.

- Konstruiere den weiteren Verlauf! (ohne reflektierte Anteile)
- Wie weit ist die Austrittsstelle von der Spitze S entfernt?

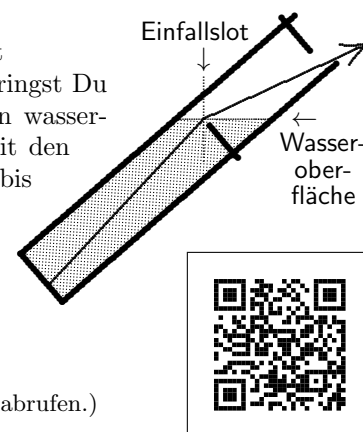


★
O 24: Detlef hat den Magier Goliath Kupferfeld für seine Geburtstagsfeier engagiert. Herr Kupferfeld zeigt den Tiefseh-Tassen-Trick: Detlef legt eine kleine Kupfermünze in eine leere Porzellan-Tasse. Die Zuschauer sollen nun so über den Rand der Tasse in die Tasse hinein schauen, dass sie die Münze gerade so nicht sehen können. Mit einem komplizierten Zauberspruch gießt Herr Kupferfeld nun ganz vorsichtig eine durchsichtige Flüssigkeit in die Tasse. Obwohl sich weder Münze noch Zuschauer bewegen, behaupten nun mehrere Zuschauer, die Münze zu sehen! Probiere aus und erkläre!

★★
O 26: Bastelprojekt: Du benötigst ein Plastikröhrchen wie die, in denen oft Vitamin-C-Brausetabletten verkauft werden. Auf der Innenseite des Bodens bringst Du irgendetwas wasserfestes an, z.B. eine kleine Münze, eine Drahtfigur oder ein wasserfest gemaltes Bildchen. Wie hier abgebildet sägst Du – nach Rücksprache mit den Eltern – das Röhrchen in zwei Höhen von gegenüberliegenden Seiten her so bis etwas über die Mitte ein, dass Du einen undurchsichtigen Zwischenboden in den gesägten Schlitz einschieben kannst. Diese Zwischenböden sollten auch wasserfest sein. Es können mit Klebeband überzogene Stücke Pappe sein. Den Schlitz dichtet Du noch mit Flüssigkleber ab. Wegen der Zwischenböden kann man das Objekt am Boden nun nicht mehr sehen.

Es sei denn, Erkläre selbst und bastle!

(Eine ausführliche Bastelanleitung kannst Du über <https://gelbini.de/GePhLYGe1> abrufen.)



~~~~~ Totalreflexion ~~~~~

O 140: Welche Grenzwinkel der Totalreflexion haben Wasser und Diamant?

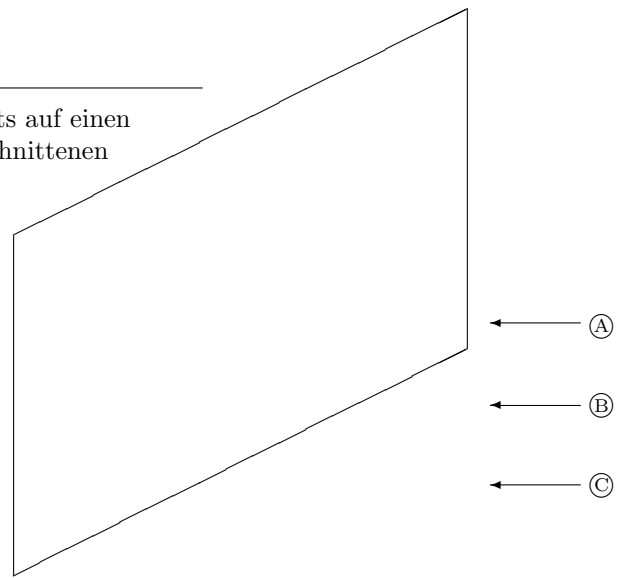
★
O 141: Erläutere, was man unter einer Totalreflexion versteht, und unter welchen Bedingungen sie auftritt!

★
O 142: Skizziere und beschreibe, wie man von Zedernholzöl den Grenzwinkel der Totalreflexion gegenüber Luft bestimmen kann!

★

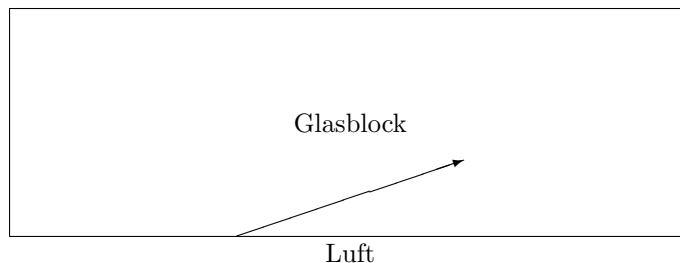
O 143: Drei Lichtstrahlen ①, ② und ③ treffen von rechts auf einen Diamanten wie hier im Querschnitt gezeichnet. Die vier geschnittenen Seitenflächen des Diamanten stehen dabei senkrecht zur Zeichenebene und bilden darin ein Parallelogramm. Zeichne möglichst exakt ein:

- die Wege, auf denen reflektierte und gebrochene Anteile von ① weiter verlaufen
- den Anteil von ②, der beim Auftreffen auf den Diamanten reflektiert wird
- den Anteil von ②, der in den Diamanten eintritt und ihn schnellstmöglich wieder verlässt
- den Anteil von ③, der in den Diamanten eintritt und ihn schnellstmöglich wieder verlässt



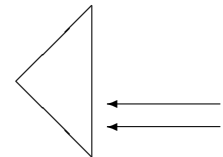
★

O 144: Bestimme zu dem eingezeichneten Strahl alle möglichen vorherigen Verläufe!



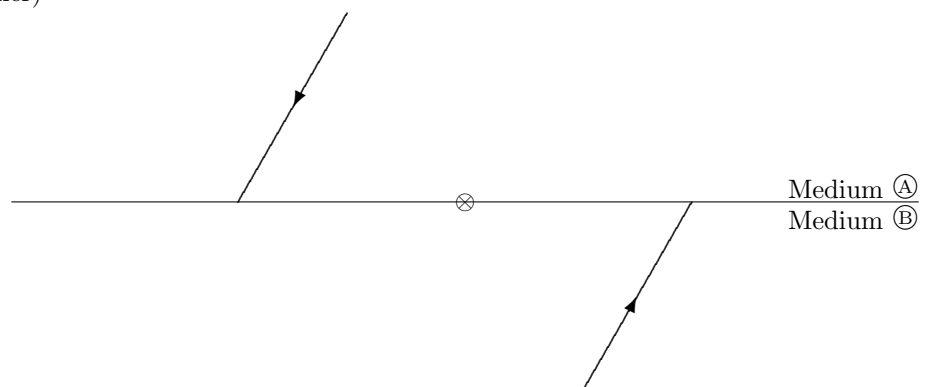
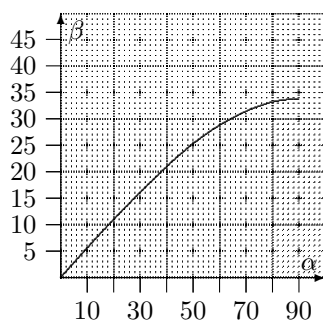
★

O 146: Erkläre die Funktionsweise des Umkehrprismas, dessen gleichschenkelig rechtwinkliger Querschnitt hier rechts zusammen mit zwei einfallenden Lichtstrahlen gezeichnet ist!



★

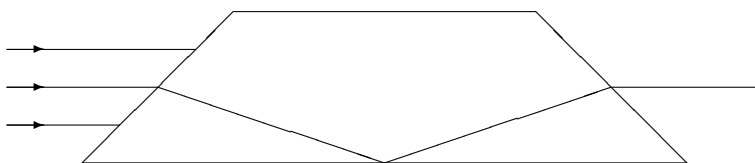
O 587: (aus Platzgründen hier)



Auf die Grenzfläche zwischen zwei optischen Medien ① und ② treffen zwei Lichtstrahlen, wie es das rechte Bild zeigt. Das linke Bild stellt den Zusammenhang zwischen Winkeln α in Medium ① und Winkeln β in Medium ② dar, der für den weiteren Verlauf der Lichtstrahlen entscheidend ist.

- Benenne die beiden Phänomene, die nun bei jedem Lichtstrahl auftreten!
- Zeichne alle weiteren Strahlverläufe möglichst exakt ein! Gib die dafür benötigten Winkelmaße an!
- Zeichne einen Strahl mit möglichst kleinem Einfallswinkel (Maß?), der bei $\otimes$ totalreflektiert wird!
- Welches der beiden Medien ist das optisch dichtere?

★
O 148: An dem hier dargestellten Glaskörper werden die von links eintreffenden Lichtstrahlen zunächst an der linken Schräge gebrochen, dann an der langen Unterseite totalreflektiert und beim Austritt an der rechten Schräge wieder gebrochen. Der bereits vollständig eingezeichnete Strahl verlässt den Glaskörper so, wie er auch ohne den Glaskörper verlaufen wäre. Konstruiere den weiteren Verlauf der beiden äußeren Strahlen und erkläre, warum man den Glaskörper ein (Wende- oder) Umkehrprisma nennt!



★★
O 150: Angenommen, Du befändest Dich – nach Belieben mit Taucherausrüstung – am Boden eines Schwimmbeckens und die Wasseroberfläche bliebe trotz Deiner Bewegungen (und anderer möglicher Störungen) völlig ruhig, ohne jegliche Wellen. Was könntest Du beim Blick auf die Unterseite der Wasseroberfläche alles sehen?

~~~~~ Linsen ~~~~~

O 200: Stelle Dir eine super billige Mini-Konvexlinse her!
 Biege aus einem dünnen Draht eine etwa 3 mm weite, möglichst runde Schlinge und bringe einen Wassertropfen hinein. Der Tropfen ist eine optische Linse. Halte sie dicht über irgendetwas kleines und schaue hindurch!

O 202: Zeichne eine optische Achse, die um 30° gegenüber der Horizontalen geneigt ist, und darauf eine Konvexlinse mit einer Brennweite von 32 mm. Zeichne dann die Strahlengänge von 8 verschiedenen Lichtstrahlen, die von derselben Linsenseite her als Brennstrahlen einfallen! Wiederhole das Ganze für Mittelpunktstrahlen und für Parallelstrahlen!

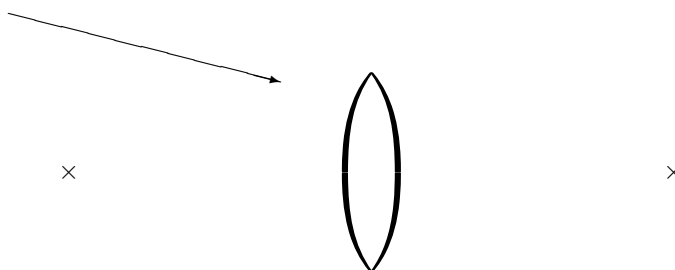
O 204: Claudia experimentiert mit einer Konvexlinse.
 Zueinander fast parallel einfallende Sonnenstrahlen bündelt sie mit der Linse in einem Punkt, der 9 cm hinter der Mittelebene und 2 cm oberhalb der optischen Achse liegt.

a) Unter welchem Winkel zur optischen Achse scheint die Sonne?
 b) Welche Brennweite hat Claudias Linse?

★
O 206: Wie ändert sich die Brennweite einer Konvexlinse, wenn man sie unter Wasser taucht?

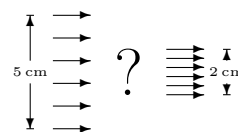
★
O 208: Beschreibe einen Versuch, der die Regel über einfallende Brennstrahlen an Konvexlinsen bestätigt!

O 210:
 Konstruiere den weiteren Verlauf des Lichtstrahles in folgender Abbildung!
 (Tipp: Der gezeichnete Strahl könnte aus einem Bündel paralleler Strahlen stammen.)



★
O 212: Auf eine Konvexlinse mit der Brennweite 6 cm treffen einige zueinander parallele Lichtstrahlen unter einem Winkel von 35° zur optischen Achse auf. Zeichne eine Situation nach dieser Beschreibung und konstruiere den weiteren Verlauf der Strahlen! (Tipp: Einer der möglichen parallelen Strahlen ist besonders leicht zu verfolgen.)

★
O 214: Überlege Dir und zeichne, wie man mit Hilfe geeigneter Konvexlinsen ein 5 cm weites Bündel paralleler Lichtstrahlen auf 2 cm verdichten kann!



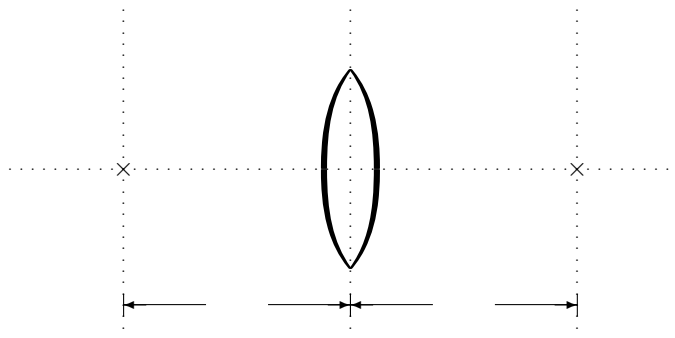
O 216: Zeichne eine optische Achse, die um 30° gegenüber der Horizontalen geneigt ist, und darauf eine Konkavlinse mit einer Brennweite von 32 mm. Zeichne dann die Strahlengänge von 8 verschiedenen Lichtstrahlen, die von derselben Linsenseite her als Brennstrahlen einfallen! Wiederhole das Ganze für Mittelpunktstrahlen und für Parallelstrahlen!

★
O 218: Entlang einer optischen Achse stehen, von links nach rechts aufgezählt, eine Konvexlinse und eine Konkavlinse so hintereinander, dass ihre rechten Brennpunkte zusammenfallen. Erkläre mit einer Zeichnung, welche Wirkung diese Linsenkombination auf ein von links einfallendes Bündel von Parallelstrahlen hat!

★
O 220: Beschreibe einen Versuch, der die Regel über einfallende Brennstrahlen an Konkavlinsen bestätigt!

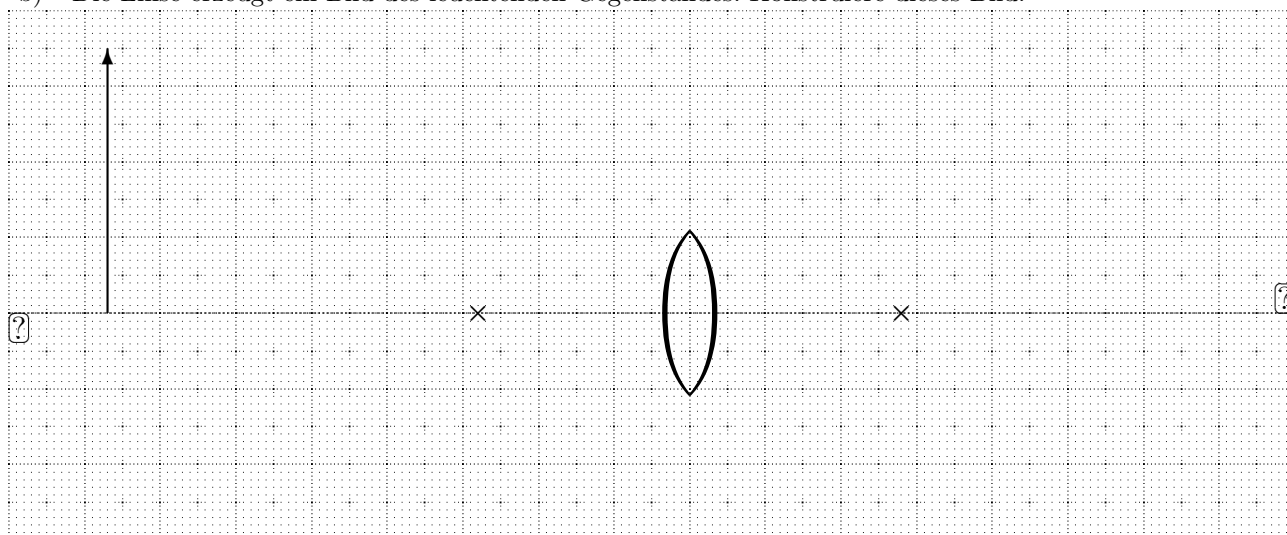
~~~~~Abbildung durch Linsen~~~~~

O 280: Beschrifte dieses Bildchen mit den richtigen Fachbegriffen! Falls Du aus Platzgründen abkürzende Symbole (wie z.B. F_1 oder f) verwendest, gib hier drunter an, wofür sie stehen!



O 281: Das folgende Bild zeigt eine Linse mit ihren Brennpunkten, außerdem einen Pfeil als Gegenstand.

- a) Ergänze: Bei der Linse handelt es sich um eine K linse mit einer von Millimetern. Die gestrichelte Linie zwischen den heißt .
- b) Die Linse erzeugt ein Bild des leuchtenden Gegenstandes. Konstruiere dieses Bild!



- c) Es werde nun noch eine Leinwand aufgestellt, allerdings nicht dort, wo nach Konstruktion das Bild sein müsste, sondern 2 mm weiter rechts. Beschreibe, was auf der Leinwand zu sehen sein müsste!

O 282: (aus Platzgründen siehe Seite 55)

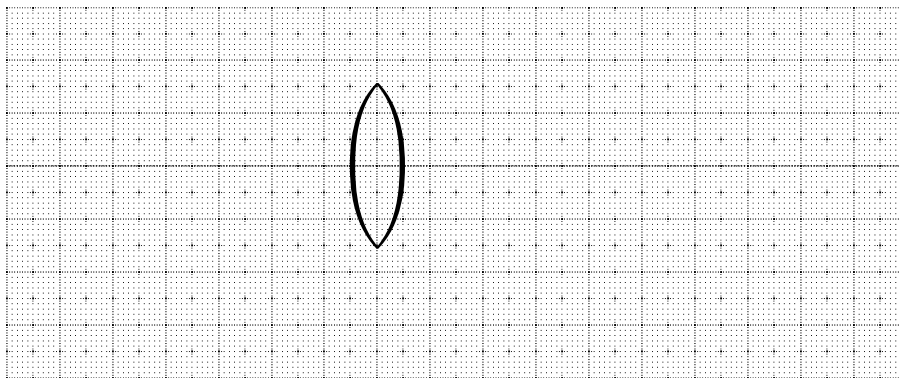
★
O 283: Klarabella will wissen, wie groß ein mit 800 °C glühendes Hufeisen ist, kann das aber nicht einfach mit dem Lineal abmessen, weil ihr das Eisen zu heiß ist. Deshalb stellt sie etwas vom Hufeisen entfernt eine Konvexlinse mit einer Brennweite von 20 cm auf. 36 cm hinter der Linse fängt sie auf einem 297 mm × 210 mm großen Blatt Papier ein scharfes, 144 mm großes Bild des Hufeisens auf. Bestimme:

- a) Wie groß ist das Hufeisen? b) Wie weit ist das Hufeisen von der Linse entfernt?

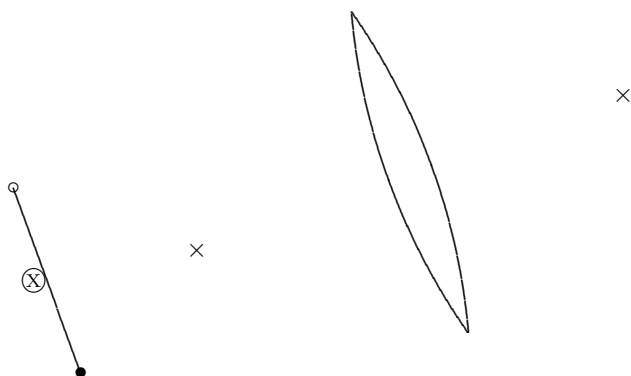
O 284: In 66 mm Entfernung vor einer Sammellinse mit 30 mm Brennweite steht ein 36 mm hoher leuchtender Gegenstand. Bestimme zeichnerisch, wie weit hinter der Linse ein scharfes Bild des Gegenstandes entsteht, und wie hoch dieses Bild ist!

O 286: Ermittle zeichnerisch die Bildweite und die Bildgröße, die man erhält, wenn man einen 4 cm großen Gegenstand 6 cm vor eine Sammellinse mit der Brennweite 24 mm stellt!
 Löse diese Aufgabe auch mit drei anderen Gegenstandsgrößen Deiner Wahl! (wenn möglich, in verschiedenen Farben im selben Bild) Was fällt auf?

O 282: Konstruiere die Bildweite und die Bildgröße, die sich für einen 25 mm großen Gegenstand 60 mm vor eine Sammellinse mit der Brennweite 35 mm ergeben! Nimm als mm das, was das verkleinerte Millimeterpapier als mm zeigt.



★
O 290: Konstruiere das Bild, welches die Linse mit den Brennpunkten $\times$ vom Gegenstand $\otimes$ erzeugt!



★
O 292: Mit einer Sammellinse erhält man von einem 5 cm hohen Gegenstand 9 cm vor der Linse ein 2,5 cm großes Bild. Bestimme zeichnerisch Bildweite und Brennweite!

★
O 294: Eine Sammellinse mit $f = 5$ cm soll von einem 1 cm hohen Objekt ein 2-fach vergrößertes Bild erzeugen. Entwickle den nötigen Aufbau!

★
O 296: Ein Gegenstandspunkt liegt genau auf der optischen Achse 90 mm weit vor einer Linse mit $f = 30$ mm. Versuche, den zugehörigen Bildpunkt zu konstruieren!

★
O 298: Eine große Kerzenflamme ist 5 cm hoch. Vierzig Zentimeter von ihr entfernt steht eine Konvexlinse mit einer Brennweite von 15 cm. Wie weit hinter der Linse entfernt kann man auf einer Mattscheibe ein scharfes Bild der Flamme auffangen? Wie groß ist das Bild? (Löse durch eine Zeichnung im Maßstab 1 : 5!)

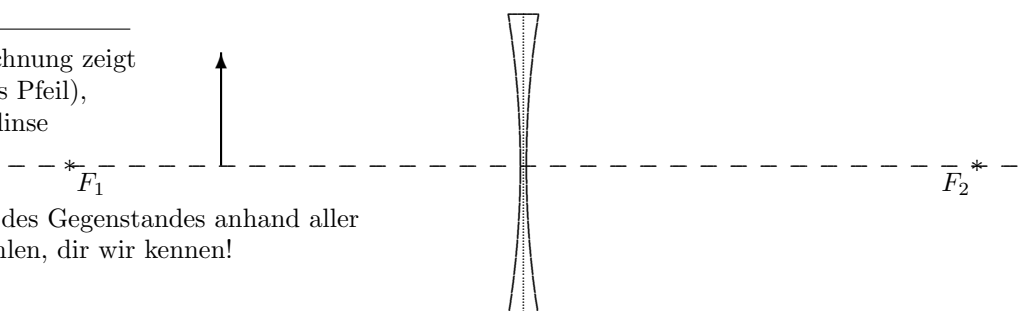
O 300: In einem Koordinatensystem mit cm-Skalierung stelle die y-Achse die optische Achse und die x-Achse die Mittelebene einer konvexen Linse mit 25 mm Brennweite dar.

a) Konstruiere den Bildpunkt zu $(3|4)$! b) Welcher Gegenstandspunkt hat in $(-3|4)$ seinen Bildpunkt?

★
O 302: Zeichne zunächst eine optische Achse, die nicht an der Lineatur Deines Papiers ausgerichtet ist, sondern z.B. um 40° geneigt verläuft! Bestimme daran dann zeichnerisch die Brennweite, die eine konvexe Linse haben muss, um bei einer Gegenstandsweite von 6,4 cm ein Bild in einer Bildweite von 8,2 cm zu produzieren!

★★
O 304: Wie könnte ein Diaprojektor aufgebaut sein?

O 320: Diese Zeichnung zeigt einen Gegenstand (als Pfeil), der vor einer Konkavlinse mit Brennpunkten $F_{1,2}$ steht. Konstruiere das Bild des Gegenstandes anhand aller drei besonderen Strahlen, die wir kennen!



O 500: Welche Brennweite muss das Objektiv einer primitiven Kamera haben, um eine 1,20 m hohe Statue in 0,80 m Abstand scharf auf den Film abzubilden, der 35 mm vom Zentrum des Objektivs entfernt verläuft?

★
O 502: Mit einer Kamera mit einem Objektiv der Brennweite 40 mm soll eine 1,90 m große stehende Person in 3 m Abstand scharf fotografiert werden. Wie viel von der Person (in Originalgröße) wird abgeschnitten, wenn der Filmstreifen 20 mm breit ist?



★
O 504: Bei der Nahaufnahme eines 5 dm entfernten Motivs sind mitabgebildete Sachen in 6 dm Entfernung eventuell unscharf. Bei der Aufnahme eines 5 m entfernten Motivs mit derselben Kamera sind aber vielleicht auch Gegenstände in 60 m Entfernung praktisch genauso scharf abgebildet. Wieso spielt bei größeren Gegenstandsweiten die genaue Entfernung kaum eine Rolle?

O 506: Recherchiere: Worin unterscheiden sich Digitalkameras von „klassischen“?

O 508: Befindet sich der blinde Fleck eines Auges verglichen mit dem gelben Fleck näher an der Nase oder weiter weg?

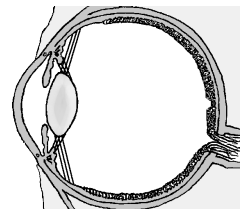
★
O 510: Am besten ohne nachzulesen: Fritzchens Brille besteht aus Konkavlinsen. Welche Sehschwäche hat Fritzchen?

O 511: Ergänze folgenden Text über menschliche Augen und Photoapparate (PA)!

In Augen und PA dienen []-Linsen zur Erzeugung der Bilder. Da die Linse im [] verformbar ist, ist ihre [] variabel. PA-Linsen hingegen bestehen aus starrem []. Im Auge entsteht das Bild auf [], beim PA auf []. Bei beiden „Geräten“ kann verändert werden, eine wie große Fläche der Linse Licht auffängt: Im Auge dient dazu die [], im PA die []. Eine Verengung der Öffnung [] die pro Zeit einfallende Lichtmenge und [] die Tiefenschärfe. Bei [] wird die Zeit des Lichteinfalls begrenzt durch den [], dem bei Augen am ehesten [] entspricht. Belichtet man beim Fotografieren zu [], werden bewegte Objekte [] abgebildet.

Hier ein paar Vorschläge, von denen allerdings einige purer Quatsch sind: [verringert] [Kameras] [Topf] [erhöht] [Schildkröten] [langweilig] [Konkav] [Konvex] [Iris] [Verschluss] [Auge] [Brennweite] [der Netzhaut] [Glas] [Blende] [dem Film] [ein Lid] [lange] [verwackelt]

★
O 512: Vergleiche Fotoapparate mit menschlichen Augen! Welche Teile entsprechen sich? Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der Benutzung gibt es?



O 514: Berechne die Brechkraft einer Linse mit der Brennweite 80 mm!

O 516: Welche Brennweite hat eine Linse mit einer Brechkraft von 4 dpt ?

★
O 518: Wie weit hinter einer Linse mit +5,25 dpt Brechkraft liegt das Bild eines Gegenstandes, der 1,80 m vor der Linse steht?

O 519: Bestimme zeichnerisch, wie groß das Bild eines 10 mm großen Käfers ist, wenn man eine Lupe mit 4 cm Brennweite in 3 cm Abstand über den Käfer hält!

★
O 520: Eine Lupe habe die Brennweite 6 cm.

- a) Um welchen Faktor vergrößert die Lupe, wenn man einen Gegenstand 4 cm vor die Linse stellt? b) Wohin muss man einen Gegenstand halten, um ihn in verdoppelter Größe zu sehen?

★
O 522: Wenn man nur sehr kurz in die Sonne blickt, ist man zwar geblendet, jedoch nicht dauerhaft geschädigt. Warum ist es viel gefährlicher, mit einem Fernrohr ebenso kurz in die Sonne zu blicken?

★
O 524: Wie müssen bei einem Galilei-Fernrohr Objektiv und Okular positioniert sein, damit das Okular das vom Objektiv auf einen Punkt hin gebrochene Licht wieder zu einem parallelen Bündel brechen kann? Welchen Vorteil hat ein Galilei-Fernrohr gegenüber einem Kepler-Fernrohr?

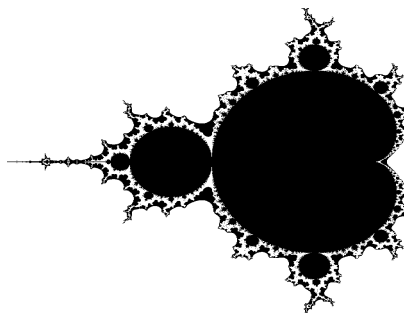
★
O 526: Wie stark vergrößert ein Kepler-Fernrohr einen 5° weiten Himmelsbereich, wenn Objektiv und Okular 70 cm bzw. 10 cm als Brennweite haben?

O 529: Ergänze folgenden Lückentext über Mikroskope möglichst sinnvoll!

Ein Mikroskop besteht mindestens aus zwei -Linsen. Vom betrachteten Gegenstand erzeugt die -Linse L_1 ein mit einem Faktor α vergrößertes Zwischenbild, dessen noch einmal mit Faktor β vergrößertes Bild man mit der -Linse L_2 betrachtet. Der Gegenstand muss sich dazu knapp der Brennweite von L_1 befinden, und das Zwischenbild muss der Brennweite von L_2 entstehen. Die Vergrößerung errechnet sich insgesamt als

Hier ein paar Vorschläge, von denen allerdings einige purer Quatsch sind: [Konvex] [innerhalb] [Konkav] [Objektiv] [reelles] [Okular] [virtuelles]
[$\alpha \cdot \beta$] [außerhalb] [$\alpha + \beta$] [Subjektiv] [visuelles]

O 530: Dieses Bildchen zeigt das wohl bekannteste Fraktal der Welt, nämlich das „Apfelmännchen“. Um seine fraktale Natur besser zu sehen betrachtet Benno das Bildchen durch eine Lupe mit 12 cm Brennweite. Wie weit über dem Papier muss Benno die Lupe halten, damit ihr virtuelles Bild gegenüber dem Original vierfach vergrößert ist? (Leider würde Benno feststellen, dass die Auflösung des Druckers dem Versuch einer fraktalen Darstellung auf Papier enge Grenzen setzt. Im Internet findest Du sicher schnell ein Programm, das Dich die Mandelbrotmenge und viele Fraktale mehr auf dem Bildschirm faszinierender untersuchen lässt.)



Vermischtes

O 580: Ein 25 mm großer Schmetterling werde durch eine Konkavlinse mit der Brennweite 30 mm betrachtet, wobei sich der Schmetterling 45 mm von der Linse entfernt befindet.

- Konstruiere den Strahlengang und das entstehende Bild! Ist das Bild reell oder virtuell?
- Berechne die Bildweite nach der Linsengleichung mit negativem Wert für die Brennweite! Vergleiche mit Deiner Zeichnung!



O 581: Eine Konvexlinse mit einer Brennweite von 15 cm wird verwendet, um ein 12 cm großes Seepferdchen abzubilden. Bestimme durch Konstruktion des Strahlenganges (in jeweils einer neuen Zeichnung im Maßstab 1 : 5) die Größe des Bildes, wenn man sich mit der Linse ...

- ...dem Seepferdchen auf 25 cm annähern kann!
- ...sogar 10 cm nah rankommt!



O 582: Hier sind Linsen mit optischer Achse und Brennpunkten (×) abgebildet. Ergänze jeweils ...

- ...unter der Linse die fremdwörtliche Bezeichnung der Linsenform!
- ...den vollständigen Verlauf eines Parallelstrahls, eines Mittelpunktstrahls und eines Brennstrahls!



O 583: Erläutere die Angabe +4 dpt bei einem Brillenglas! Gib dabei auch an, wofür die Abkürzung steht, wie die angegebene Größe heißt, und welche Art von Linse vorliegt!

O 587: (aus Platzgründen auf Seite 53)

O 588: Hier ist bereits eine Linse gezeichnet, ihr Mittelpunkt mit * markiert und ein Glühwürmchen durch das Symbol * dargestellt. Die Linse habe 10 mm als Brennweite. Das Bild soll alle Abmessungen in Originalgröße zeigen. Konstruiere mit Hilfe der drei besonderen Strahlen, wo das Bild des Glühwürmchens zu erwarten ist! Zeichne auch alle Hilfslinien und -punkte ein, die man benötigt!

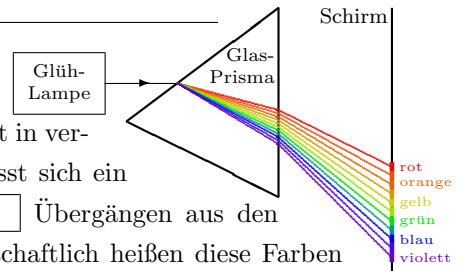


Farben

O 641: Ergänze folgenden Lückentext über sichtbares Licht!

Lässt man einen Strahl [1→] Lichtes einer Glühlampe passend auf ein Glas-[2→] fallen, so tritt verschieden-[3→] Licht in verschiedenen [4→] aus dem Glas aus. Auf einem Schirm lässt sich ein sogenanntes [5→] auffangen, das sich mit [6→] Übergängen aus den „Regenbogen-Farben“ von rot bis [7→] zusammensetzt. Wissenschaftlich heißen diese Farben [8→]-farben. In der [9→] unserer Augen [10→] jede dieser Farben 3 Sorten von sogenannten [11→] unterschiedlich leicht. Aus den Signalen dieser 3 Zellsorten kann das [12→] auf die Zusammensetzung des Lichtes schließen und ordnet ihm demnach einen [13→] zu. Es kann aber z.B. nur schlecht unterscheiden, ob es spektral rein gelb oder eine Mischung aus rot und [14→] ist.

Hier ein paar Vorschläge, von denen allerdings einige purer Quatsch sind: [Gehirn] [Netzhaut] [Zapfen] [Stäbchen] [reizt] [Kamel] [kluges] [schwarzen] [weißen] [violett] [Farbton] [Prisma] [farbiges] [Spektrum] [Richtungen] [Spektral] [fließenden] [grün] [orange] [Pupille]



O 642: Bei welcher Wetterlage kommt es zu einem Regenbogen? Wo liegt sein Mittelpunkt?

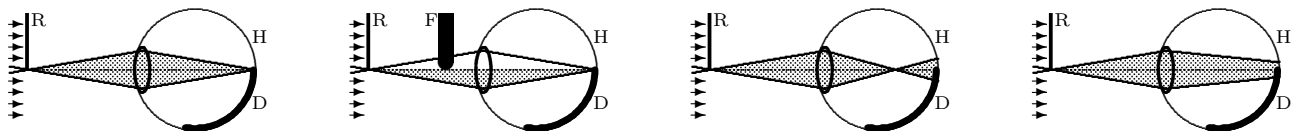
★

O 644: Untersuche zu Hause die spektrale Zusammensetzung einiger Lichtquellen! Kein Prisma zu Hause? Macht nichts: Aufgrund Dir noch nicht bekannter Effekte fächert auch eine CD Licht in sein Spektrum auf. Du musst lediglich dafür sorgen, dass die CD nur von der zu untersuchenden Lichtquelle beleuchtet wird und von dieser auch nur ein möglichst schmales Lichtbündel auffängt. Mit den richtigen Einfallswinkel- und Blickwinkeln (ausprobieren!) siehst Du dann in der CD das Spektrum der Lichtquelle.

Eine Idee dazu: Licht durch einen engen Türspalt in ein sonst dunkles Zimmer fallen lassen.

★★

O 646: „Chromatische Aberration“: Linsen haben i.A. für verschiedene Spektralfarben unterschiedliche Brennweiten. Das kannst Du mit Deinen eigenen Augen leicht untersuchen. Du brauchst dafür ein Auge, einen Finger und eine deutliche Hell(weiß)-Dunkelgrenze. Das kann die Innenkante des Rahmens (R) eines Fensters sein, durch das Du in den hellen Himmel schaut. Beim scharfen Blick auf diese Kante ist Deine Netzhaut zweigeteilt in einen (H)ell- und einen (D)unkel-Bereich, wo Himmelslicht (Pfeilchen) hinkommt bzw. nicht.

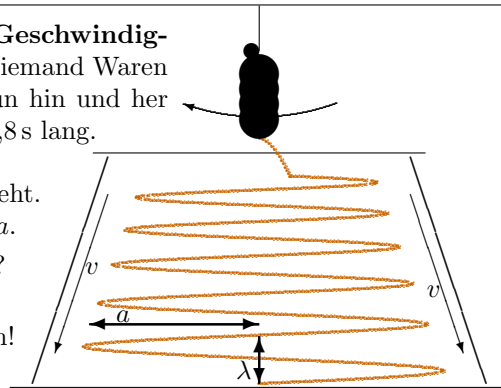


Das 1. Bild hier zeigt ein Strahlenbündel, das von der Kante her durch Deine Augenlinse auf die Netzhaut gebündelt wird. Deckst Du mit Deinem (F)inger dicht vor dem Auge die halbe Pupille ab, blendest Du einen Teil dieses Strahlenbündels aus, wie es das 2. Bild zeigt. Tatsächlich werden aber rötliche und bläuliche Anteile des Lichtes unterschiedlich gebrochen, wie es die letzten beiden Bilder übertrieben zeigen. Untersuche/Probiere aus, wie sich der Finger auf diese Anteile auswirkt! Je nachdem, ob Du F von derselben (im Bild: von oben) oder der gegenüberliegenden Seite (von unten) wie R vor das Auge bewegst, müsstest Du einen schwach gefärbten Saum an R sehen. Welche Farbe kommt dann in den Bereich D? Zu welcher Farbe gehört das 3. Bild?

★

O 660: Ein Förderband an der Supermarkt-Kasse, das mit der **Geschwindigkeit** $v = 0,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ auf Dich zu kommt: An seinem Anfang legt jedoch niemand Waren auf, sondern es wurde dort ein Sandsäckchen aufgehängt, das nun hin und her pendelt. Jedes Hin-und-her dauert die **Schwingungsdauer** $T = 0,8 \text{ s}$ lang. Da das Säckchen ein Loch hat, rieselt die ganze Zeit Sand auf das Förderband, so dass die abgebildete Wellenlinie als Sandspur entsteht. Sie hat zwei Parameter: die **Wellenlänge** λ und die **Amplitude** a .

- Wie viele Schwingungen macht das Säckchen in einer Minute?
- Die **Frequenz** f des Säckchens ist die Anzahl seiner Schwingungen pro Zeit. Gib sie in der Einheit Hertz ($1 \text{ Hz} := 1/\text{s}$) an!
- Wie weit fährt das Band während einer Schwingung?
- Stelle Formeln auf, die T , f , v und λ verknüpfen!



O 662: Das in Aufgabe O641 besprochene Spektrum ist nur der für menschliche Augen sichtbare Teil eines größeren Spektrums. Sichtbares Licht ist nur eine Art **elektromagnetischer Wellen**. Elektrisch geladene Körper sind von einem elektrischen Feld umgeben, elektrische Ströme von einem Magnetfeld. Ändert sich irgendwo ein elektrisches oder magnetisches Feld, so geht dies stets mit einem Feld der anderen Art in der Umgebung einher. Auf diese Weise können sich elektromagnetische Felder wellenartig im Raum ausbreiten. Charakteristisch für solche Wellen ist ihre Wellenlänge λ . Bei sichtbarem Licht beträgt sie je nach Farbe etwa zwischen 380 nm am violetten Ende des sichtbaren Spektrums und 780 nm am roten. Unmittelbar an das sichtbare Spektrum grenzen Infrarot- und Ultraviolett-Strahlen. Recherchiere Eigenschaften und Verwendungen dieser Strahlen!

O 664: Elektromagnetische Wellen breiten sich im Vakuum (und auch näherungsweise in Luft) mit der Lichtgeschwindigkeit $c = 299\,792\,458 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ aus. Wie bei allen Wellen wird dabei in jeder Schwingungsdauer T eine Wellenlänge λ zurückgelegt, so dass die eingerahmten Gleichungen gelten.

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$$

- Welche Frequenz hat gelbes Licht mit einer Wellenlänge von 590 nm?
- Auch ein mit 50 Hz-Steckdosenspannung betriebenes Haushalts-Gerät sendet (zumindest schwache) elektromagnetische Wellen aus. Welche Wellenlänge haben diese?
- Mikrowellenherde erzeugen Mikrowellen mit 2450 MHz. Welche Wellenlänge ergibt sich daraus?

O 666: Im elektromagnetischen Spektrum haben wir es mit sehr kleinen (milliardstel Millimeter) und mit sehr großen Wellenlängen (Tausende Kilometer) zu tun. Das macht es schwierig, das gesamte Spektrum z.B. für ein Diagramm auf einer einzigen Skala oder Achse darzustellen.

- a) Ausgehend von sichtbarem Licht könnte eine λ -Achse in der Einheit Nanometer so skaliert sein.



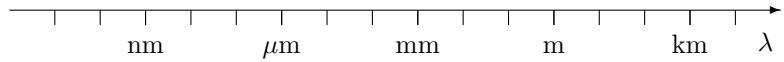
Markiere den Bereich sichtbaren Lichtes! (gerne in bunt)

Wo wäre dann ein Bereich von Röntgenstrahlung mit $0,01 \text{ nm} < \lambda < 0,5 \text{ nm}$ einzuzeichnen?

Wo die Langwellen eines Rundfunksenders mit $\lambda = 1670 \text{ m}$?

- b) Man skaliert deshalb **logarithmisch**:

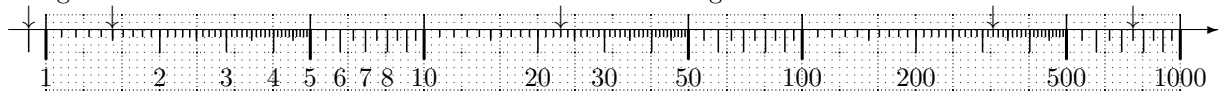
Während bei der vorigen Skala jeder Schritt um 1 cm nach rechts ein



der Schritt um 1 cm nach rechts ein

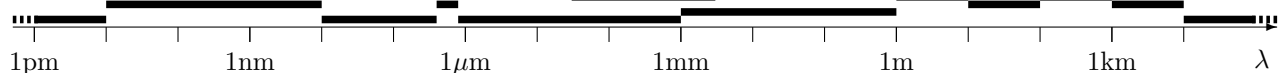
plus 100 nm darstellt, ist hier jeder Schritt um 6 mm ein **mal** 10. Die Strichelchen an der Achse bedeuten in Metern angegeben 10^{-11} , 10^{-10} , 10^{-9} , ..., 10^3 , 10^4 . Wo liegen jetzt der Röntgenbereich, das sichtbare Licht und die Langwelle etwa?

- c) Wo zwischen 1 und 10 liegt die 5? Von der 1 zur 5 ist es ein $\cdot 5$ -Schritt, von 5 zu 10 nur ein $\cdot 2$ -Schritt. Die 5 liegt also deutlich näher an der 10. Recht fein unterteilt ergibt sich:



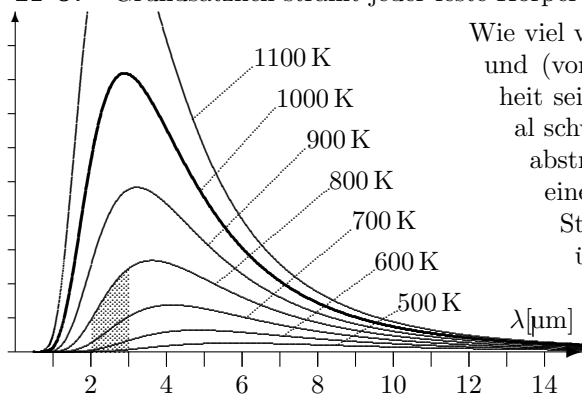
Auf welche Zahlen zeigen die Pfeile? Wo liegt die Null? Welche Zahl liegt genau mittig zwischen 1 und 10?

O 668: Im folgenden Bild sind einige Bereiche des elektromagnetischen Spektrums per Balken markiert. (Die Grenzen sind z.T. willkürlich gesetzt.) Finde heraus, wie man diese Bereiche nennt und nutzt!



(K) Klimaphysik

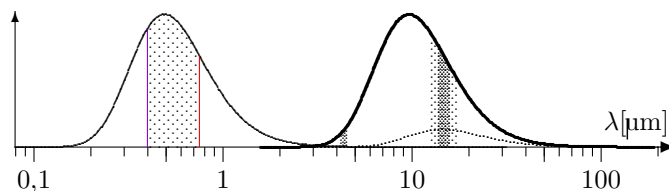
★ **K 0:** Grundsätzlich strahlt jeder feste Körper elektromagnetische Wellen aller Wellenlängen aus.



Wie viel von jeder Wellenlänge hängt sehr stark von seiner Temperatur und (vor allem bei niedriger Temperatur) auch von der Beschaffenheit seiner Oberfläche ab. Diese Kurven zeigen, wie intensiv ein ideal schwarzer Körper bei einigen Temperaturen welche Wellenlängen abstrahlt. Ein über dem Körper fest montierter Detektor, der für einen gewissen Wellenlängenbereich empfindlich ist, könnte so viel Strahlungsleistung messen, wie es der Fläche unter der Kurve über diesem Bereich entspricht. Ein Detektor für den Bereich $2\mu\text{m} < \lambda < 3\mu\text{m}$ könnte über dem 800 K heißen Körper eine Leistung proportional zur schattierten Fläche messen. Die folgenden Aussagen stimmen oder sind grob falsch. Widerlege die grob falschen mit Hilfe dieses Diagramms!

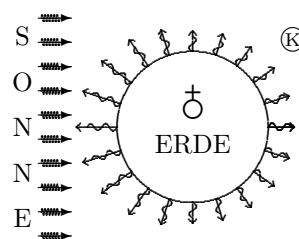
- Die gesamte abgestrahlte Leistung ist proportional zur Temperatur.
- Die gesamte abgestrahlte Leistung wächst bei Verdoppelung der Temperatur auf das 16-fache.
- Die Wellenlänge mit maximaler Abstrahlung wächst mit fallender Temperatur.
- Pro 100 K Erwärmung wandert das Maximum der Kurven um $1\mu\text{m}$ zu kleineren Wellenlängen.
- Der maximale „y-Wert“ (eigentlich: „spektrale Strahldichte“) ist proportional zur Temperatur.
- bei höherer Temperatur strahlt ein Körper jede Wellenlänge intensiver ab.

★ **K 2:** Hier sind die spektralen Strahldichten eines 5900 K heißen, eines 300 K warmen und eines 200 K kalten schwarzen Körpers aufgetragen. Eine davon allerdings nicht im selben Maßstab wie die anderen, sondern auf gleich hohes Maximum mit einer der anderen normiert. Welche der Kurven ...



- ...gehört zu welcher Temperatur?
 - ...hat in welcher Weise anderen Maßstab?
- c) In welchen Wellenlängen-Bereichen liegen die Schattierungen etwa? Welche Arten von Strahlung sind das? (Erst spätere Aufgaben kommen darauf zurück.)

★ **K 4:** Wenn die Erde einfach nur eine rotierende schwarze Kugel mit 12 740 km Durchmesser wäre, sähe ihre Energiebilanz recht einfach aus: Sie bekäme ziemlich konstant Sonnenlicht in einer Intensität von etwa $1361 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ ab, etwa in einer Zusammensetzung wie mit der linken Kurve in Aufgabe K2 dargestellt. Es wären im Bild dieselben Sonnenstrahlen, die ohne Erde auf die Kreisfläche ① senkrecht auftreffen würden. Nur die obersten und untersten 2 Pfeilchen im Bild würden die Erde verfehlen. Die Erde selbst würde gemäß ihrer aktuellen Oberflächen-Temperaturen eine Strahlung aussenden, die bei 300 K die Zusammensetzung laut der rechten Kurve in K2 hätte. Am Äquator und auf der sonnen-zugewandten Seite würde sie etwas mehr abstrahlen, wie hier durch Pfeillängen angedeutet. Allgemein ist die abgestrahlte Leistung proportional zu T^4 .

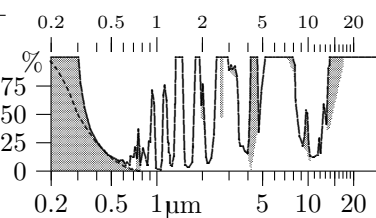


- Wie viel Leistung nimmt die schwarze Erde mit der Sonnenstrahlung auf?
- Bei gleichmäßig 300 K warmer Erdoberfläche würde die schwarze Erde $459 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ abstrahlen. Wie viel Watt ergibt das für die gesamte Erdoberfläche?
- Welche Kette von Folgen hätte die Differenz zwischen abgestrahlter und aufgenommener Leistung?
- Welche Temperatur würde sich für die schwarze Erde einstellen?

K 6: Der Energie-Haushalt der Erde ist natürlich komplizierter als in Aufgabe K4 angenommen. Die Erde hat nämlich verschiedene Bestandteile mit stark unterschiedlichen Eigenschaften und Temperaturen. Sehr grob (und unscharf) lässt sich die Erde von innen nach außen in folgende Schichten gliedern:

Ⓔ (zäh-)flüssiger Kern plus Mantel, Ⓔ feste Erdkruste, Ⓔ untere und Ⓔ obere Schichten der Atmosphäre

- Recherchiere und stelle für diese Schichten zusammen: Temperaturen darin; Dicken; Durchlässigkeit für Licht und Infrarot
- Unser natürlicher Lebensraum lässt sich ebenfalls als eine Schicht verstehen. Wo liegt sie? Wie dick ist sie? Temperaturspanne?



★

K 14: Die klimarelevanten Absorptionen laut Diagramm in K10 gehen in der Hauptsache auf wenige Gase zurück. Sie verhindern weitgehend, dass Energie von der warmen Erdoberfläche als Wärmestrahlung ins Weltall gestrahlt wird. Da auch die Glasscheiben eines Treibhauses die Wärmeabstrahlung nach draußen hemmen, nennt man diese Gase Treibhausgase und ihre Wirkung auf das Erdklima den **Treibhauseffekt**.

- Praktisch alle Flächen im Diagramm, die nicht schattiert sind, gehen auf Wasserdampf zurück. Findest Du heraus, von welchem Gas welche schattierte Fläche herrührt?
- Ohne Treibhausgase in der Atmosphäre würde unser Lebensraum durchschnittlich -18°C kalt werden, statt $+15^{\circ}\text{C}$ wie aktuell. Erkläre dies anhand der Pfeile in K8, wie sie beim Wegfall der Treibhausgase wohl erst einmal wären! Wieso würde es noch kälter als die $+5^{\circ}\text{C}$, die in K4 für eine Erde ohne Atmosphäre berechnet wird?
- Nur einfach überlegt: Welcher Pfeil würde sich bei wachsender Konzentration der Treibhausgase in welcher Weise ändern? Mit welcher Folge für's Klima?

★★

K 16: Ein genauerer Blick auf Kohlendioxid (CO_2) in der Atmosphäre

- Wieso ist gerade CO_2 als Treibhausgas so sehr im Gespräch? Wasserdampf absorbiert doch viel mehr!

Das Diagramm in K10 zeigt die Absorption durch die *gesamte* Atmosphäre. Nur die Strahlung ① durchdringt sie unbeschadet. Alle anderen IR-Strahlen vom Erdboden werden erst einmal in der Atmosphäre absorbiert, und zwar wesentlich in den untersten 15 km.

- Wieso absorbieren die untersten Schichten der Atmosphäre so gut?

Absorbierende Schichten geben die aufgenommene Energie z.T. auch wieder als Infrarot(IR)-Strahlung in irgendeine Richtung ab, auch nach unten zurück Richtung Erdboden. Die Energie kann als IR wieder und wieder von der Atmosphäre oder dem Erdboden absorbiert und re-emittiert werden.

- Welche Pfeile in K8 beschreiben einen Infrarot-„Ping-pong“ zwischen Erdboden und Atmosphäre?

Je weiter oben eine Schicht der Atmosphäre liegt, desto wahrscheinlicher wird Strahlung, die sie nach oben emittiert, von den Schichten darüber nicht mehr absorbiert. Diese Strahlung verlässt dann das System Erde.

- Wieso wird Strahlung weiter oben wahrscheinlicher durchgelassen? Von welchem Pfeil ist hier die Rede?

Zusätzliches CO_2 in hohen Schichten lässt diese Schichten besser absorbieren. Es verschiebt dadurch den Bereich, aus dem Strahlung mit gewisser Wahrscheinlichkeit ins All entweichen kann, nach oben. Leider wird die Atmosphäre in diesen Höhen nach oben hin immer kälter. Die obersten Schichten, die nun noch einigermaßen wahrscheinlich ins All emittieren könnten, emittieren deshalb generell weniger.

- Welcher Pfeil ändert sich demnach in welcher Weise? Folge für's Klima?

In puncto „grobe Abhängigkeit der Emission von der Temperatur“ benehmen sich Gase ähnlich wie ein schwarzer Körper, dessen schwache Emission bei -70°C in K2 gepunktet dargestellt ist.

- Warum spielt im gerade besprochenen Teil der Atmosphäre ein wachsender CO_2 -Gehalt eine so große Rolle?

★★

K 18: Ozon befindet sich in der Erdatmosphäre (glücklicherweise! wieso?) vor allem in Höhen zwischen 15 und 40 km („Ozonschicht“). Es taucht an 3 Stellen im Diagramm zu K10 auf.

- Unterhalb von etwa $0,3\mu\text{m}$ bringt es uns gewaltigen Nutzen, indem es UV-Strahlung absorbiert. Wieso ist das nützlich? In welchem Pfeil von K8 steckt dieser Nutzen?
- Im Bereich gelblich bis rötlichen Lichtes trägt es zur bläulichen Farbe des Tag-Himmels bei. Hauptgrund für den blauen Himmel ist allerdings die Rayleigh-Streuung, die in K8 gestrichelt eingezeichnet ist. Streuung bedeutet, dass Licht aus seiner ursprünglichen Strahlrichtung heraus abgelenkt wird. Wie sähe der Himmel ohne Streuung aus? Wieso ist er dank dieser Streuung blau? Warum gibt es Abend-ROT?
- Welche Wirkung hat Ozon zwischen 9 und $10\mu\text{m}$ „einfach nur“?

★

K 20: Wie CO_2 ist Methan (CH_4) ein Treibhausgas, das in erheblichen Mengen vermeidbar freigesetzt wird und deshalb hier interessiert.

- Recherchiere, wo Methan durch Menschenhand verstärkt freigesetzt wird!
- Erläutere die Aussage, dass Methan ein 28-fach größeres Treibhauspotenzial als Kohlendioxid habe!

★★

K 22: Man spricht von einer positiven Rückkopplung, wenn die Folgen eines Effektes die Ursachen des Effektes verstärken. Der Effekt beschleunigt sich dann selbst. Erkläre, ob beim Treibhauseffekt eine solche Rückkopplung über folgende Aspekte vorliegt! Durch die Erwärmung ...

- ...nimmt die Luft mehr Wasserdampf auf.
- ...schmilzt Eis von Gletschern und Polargebieten.
- ...bilden sich neue Wüstenflächen.
- ...tauen Permafrostböden auf.

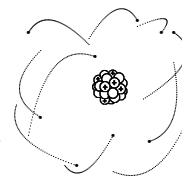
(I) Ionisierende Strahlung

Ionisierende Strahlungsarten

I 2: Schreibe folgenden Text mit den richtig gefüllten Lücken ab!

Atome bestehen aus einem [1→] und [2→] (elektrisch negativ geladen), die ihn als [3→] umschwirren, vergleichbar einem [4→] um einen [5→]. Der Kern besteht aus [6→] (positiv mit selbem Betrag wie Elektronen geladen, viel schwerer) und [7→] (elektrisch neutral, vergleichbar schwer wie Protonen). Die Anzahl der Protonen legt fest, zu welchem chemischen [8→] das Atom gehört. Im Grundzustand hat es gleich viele Elektronen wie Protonen, so dass das Atom als [9→] elektrisch neutral ist. Atome können mit anderen Atomen zu [10→] verbunden sein, indem Elektronen aus den beteiligten Atomen alle diese Atome umschwirren. Bei Atomen und Molekülen kann die Zahl der Elektronen von der chemisch unveränderlichen Zahl der [11→] abweichen. Das Teilchen wird dann auch ein [12→] genannt, bei überschüssigen Elektronen genauer ein [13→], bei mangelnden Elektronen ein [14→].

Mögliche Lückenfüller, von denen allerdings einige purer Quatsch sind: [Ganzes] [Protonen] [Vereinen] [Molekülen] [Versuch] [Neutrinos] [Baum] [Atomkern] [Neutronen] [Ion] [Elektronen] [Atomhülle] [Honigtopf] [Bienenenschwarm] [Element] [Protonen] [Anion] [Kation] [Auto]



I 4: Ein elektrisch neutrales Teilchen (Atom oder Molekül) kann ionisiert werden, indem man ihm Elektronen zufügt oder entfernt. In diesem Thema geht es immer um ein Entfernen. Dafür genügt es, dem Teilchen genügend Energie zuzuführen, dass sich eines seiner Elektronen aus seiner Bindung innerhalb des Teilchens lösen kann.

- Erkläre, warum das Lösen einer Bindung stets Energie erfordert!
- Welche beiden wie geladenen Teilchen hinterlässt eine Ionisierung der hier beschriebenen Art?
- Die sogenannte Erste Ionisierungsenergie hängt davon ab, aus welchem chemischen Teilchen im Grundzustand das am losesten gebundene Elektron herausgelöst werden soll. Soll die Energie über elektromagnetische Wellen zugeführt werden, muss praktisch immer UV-Strahlung oder kürzerwellige Strahlung verwendet werden. Was wären das für Strahlungsarten?

I 6: Ionisierungsenergien gibt man gerne in der Einheit „Elektronenvolt“ (eV) an. Ein Elektronenvolt ist so viel Energie, wie ein Elektron beim Durchlaufen einer Spannung von einem Volt umsetzt.

- Begründe/Zeige: $1 \text{ eV} = 1,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
- Von allen chemischen Elementen lässt sich Cäsium am leichtesten und Helium am schwersten ionisieren, nämlich mit 3,89 eV bzw. 24,6 eV. Rechne dies in Joule um!
- Elektromagnetische Wellen mit Wellenlänge λ können nur in einer Energie-Portionen von $1,24 \text{ eV} \cdot \mu\text{m}/\lambda$ absorbiert werden. (Quantenmechanik!) In welchem Wellenlängenbereich muss eine Strahlung liegen, damit sie Cäsium ionisieren kann?

I 8: Außer elektromagnetischen Wellen gibt es weitere Strahlen, die [1→] ionisieren können. Es handelt sich dabei um [2→]-Strahlen, also Strahlen, die aus schnell fliegenden gewöhnlichen Teilchen bestehen. Sie entstehen oft beim spontanen [3→] von Atomkernen. Je nach Zusammensetzung sind Atomkerne nämlich unterschiedlich [4→]. Zum Beispiel enthalten die Kerne von Eisen-Atomen immer 26 [5→], die sie zu Eisen als Element Nummer 26 im [6→] machen. Die Anzahl der [7→] variiert jedoch. Man spricht bei den unterschiedlichen Zusammensetzungen des Kerns von [8→] (wenn man vor allem den Kern meint) oder [9→] (wenn es um das ganze Atom geht). Das Nuklid $^{58}_{26}\text{Fe}$ mit 32 Neutronen ist das zweitstabilste Atom überhaupt, während $^{62}_{26}\text{Fe}$ mit 36 Neutronen so [10→] ist, dass jeder Kern dieser [11→] immer nur eine 50%-Chance hat, die nächsten 68 Sekunden zu [12→]. Nach dieser Zeit ist etwa die [13→] eines anfänglichen Bestandes an diesen Kernen [14→] (d.h. einfach so, von sich aus) zerfallen. Bei einem solchen Zerfall können verschiedene Prozesse im Kern ablaufen, die letzten Endes immer (mindestens) einen [15→] Kern anderer Bauart hinterlassen und immer Energie [16→]. Diese Energie wird meistens zum Teil als [17→]-strahlung ausgesandt und zum Teil als [18→]-energie auf „Bruchstücke“ aller Art übertragen. Beim Zerfall eines Eisen-62-Kerns verbleibt ein Kobalt-62-Kern, und es fliegt ein Elektron schnell davon, das bei der [19→] eines Neutrons in ein Proton mitemstanden ist.

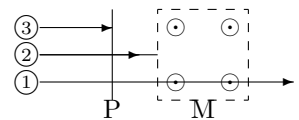
die Lückenfüller: [Isotopen] [Bauart] [Gamma] [instabil] [Bewegungs] [Umwandlung] [freisetzen] [Materie] [Neutronen] [überstehen] [Teilchen] [Zerfall] [Protonen] [stabil] [Nukliden] [Periodensystem] [Hälfte] [spontan] [leichteren]

I 10: Im Alltag hört man viel zu oft von „radioaktiver Strahlung“. Was ist damit gemeint?
 Welches Adjektiv charakterisiert die Strahlung korrekt?
 Was bedeutet „radioaktiv“ wörtlich übersetzt? Was kann mit diesem Adjektiv korrekt charakterisiert werden?

I 12: Radioaktive Stoffe senden eine Strahlung aus, die in einer für den Stoff charakteristischen Weise aus verschiedenen Strahlungsarten mit bestimmten Energien zusammengesetzt ist. An Strahlungsarten kommen fast nur die hier aufgelisteten vor. Ergänze die Tabelle!

Name	besteht aus	Reichw. Luft	abschirmbar mit
Alpha α			
Beta β^-			
β^+			
Gamma γ			

★
I 14: Drei radioaktive Präparate ①, ② und ③ senden jeweils eine andere Art ionisierender Strahlung aus. In einem Versuchsaufbau wie hier skizziert wird die Strahlung aus ③ schon durch das Blatt Papier P abgeschirmt. Die Strahlung aus ② durchquert das Papier, wird aber im Magnetfeld M abgelenkt. Die Strahlung aus ① durchquert die ganze Anordnung nahezu ungehindert geradlinig.



Welche Art von Strahlung senden die drei Präparate jeweils aus, und woraus besteht die Strahlung jeweils?

★

I 16: Kreuze die Strahlungsart(en) an, für die die Aussage stimmt!

Die Strahlung ...	α	β^-	γ		α	β^-	γ
besteht aus ${}^4_2\text{He}$ -Kernen	☐	☐	☐	kommt in Luft viele Kilometer weit	☐	☐	☐
kann chemische Bindungen lösen	☐	☐	☐	ist artverwandt mit Röntgenstrahlung	☐	☐	☐
ist negativ geladen	☐	☐	☐	breitet sich mit Lichtgeschwindigkeit aus	☐	☐	☐
				ist oberhalb von ca. 70 °C wirkungslos	☐	☐	☐
				entsteht infolge eines β^+ -Zerfalls	☐	☐	☐

★

I 18: wie I16

	α	β^-	γ		α	β^-	γ
ist eine Teilchenstrahlung	☐	☐	☐	kann durch Magnete abgelenkt werden	☐	☐	☐
kommt in Luft > 50 cm weit	☐	☐	☐	gleicht sichtbarem Licht am meisten	☐	☐	☐
besteht nicht aus Elektronen	☐	☐	☐	kann bestrahlte Materie ionisieren	☐	☐	☐
wird in Luft immer langsamer	☐	☐	☐	kann bei jeder Art von Zerfall entstehen	☐	☐	☐

★

I 20: wie I16:

Die Strahlung ...		α	β^-	γ
geht durch Magnetfelder stets geradeaus		☐	☐	☐
kann durch elektrische Felder abgelenkt werden		☐	☐	☐
wird im menschlichen Körper innerhalb von mm absorbiert		☐	☐	☐
ist typischerweise energiereicher als UV-Strahlung		☐	☐	☐
durchdringt menschliche Haut weitgehend ungeschwächt		☐	☐	☐
besteht aus einer bestimmten Art von Atomkernen		☐	☐	☐
kann elektrische Leitfähigkeit von bestrahltem Material verbessern		☐	☐	☐
kann durch ein Stück Pappe abgeschirmt werden		☐	☐	☐

I 22: Eine ionisierende Strahlung überträgt Energie immer „auf einen Schlag“ und mit einer gewissen Maximal-Portionsgröße auf das getroffene Objekt. Auch elektromagnetische Wellen sind in ihrem Energieaustausch gequantelt. Bei einer Frequenz f verhält sich die Welle bei einer Energieabgabe wie ein Strom aus Teilchen (den sogenannten Photonen) mit einer Energie von jeweils etwa $h \cdot f$, wobei h das Planck'sche Wirkungsquantum heißt und etwa $6,626 \cdot 10^{-34}$ J/Hz beträgt. Man kann sich bei allen ionisierenden Strahlen vorstellen, dass sie ein Strom irgendwelcher „Geschosse“ (Alphateilchen, Elektronen, Photonen, Neutronen, ...) sind, die beim Auftreffen auf Materie Elektronen aus ihrem aktuellen atomaren Zusammenhang herausschlagen können.

Hier geht es um *typische Größenordnungen* von Energie, die einerseits zum Lösen von Teilchen aus verschiedenen Bindungen nötig sind, und andererseits von den Geschossen mitgebracht werden. Finde heraus:

Bindungsenergien

Leitungselektron im Metall:	[1→
äußerste El. im Atom (→Chemie):	[2→
innerste El. großer Atome:	[3→
Nukleon im Atomkern:	[4→

Geschoss-Energien

Teilchen bei 20 °C:	[5→
gelbes Licht:	[6→
Ultraviolett:	[7→
Röntgen (Medizin):	[8→
Alphastrahlung:	[9→
Betastrahlung:	[10→
Gammastrahlung:	[11→

★
I 24: [1→] Reaktionen spielen sich nur in den [2→] Schalen der [3→] ab. Sie setzen [4→] beteiligtem Teilchen nur Energien von wenigen [5→] um. Bei Veränderungen an [6→] geht der Energieumsatz in die Größenordnung von [7→]-eV. Das lässt es lukrativ erscheinen, [8→] zu bauen. In den heute betriebenen gewinnt man [9→] aus der [10→] von schweren Atomkernen. Meist wird [11→] als „Brennstoff“ verwendet. Es wird zwar nicht „verbrannt“ – das wäre nur eine [12→] Reaktion –, aber der Rest des Kraftwerks arbeitet mit der Wärme aus der Kernspaltung im Groben genauso wie andere [13→], die die Wärme aus der Verbrennung von v.a. Kohle, Gas oder Öl gewinnen: Es wird [14→] erhitzt, dessen [15→] über [16→] die [17→] antreibt, die den elektrischen [18→] erzeugen. Leider fallen bei der Kernspaltung massenweise [19→] Abfälle an, deren sichere [20→] bisher nicht ausgereift ist. Vor allem die [21→] Isotope im Abfall können als „Ewigkeitslasten“ gelten, deren Kosten heute noch niemand kennt. Sauberer sollen irgendwann zukünftig Kraftwerke arbeiten, die die Wärme aus der [22→] (=Verschmelzung) leichter Atomkerne gewinnen.

zur Auswahl: [radioaktiv] [Kernkraftwerke] [Chemische] [Dampf] [chemische] [Mega] [Entsorgung] [Strom] [Spaltung] [äußeren] [Wasser]
[Wärme] [langlebigen] [Atomhüllen] [Elektronenvolt] [Atomkernen] [Turbinen] [Fusion] [Uran] [pro] [Generatoren] [Wärmekraftwerke]

★
I 26: Ionisierende Strahlung kann unterschiedliche Folgen haben. Manche Folgen gehen darauf zurück, dass tatsächlich Ionen entstehen und Elektronen freigesetzt werden. Durch die Anwesenheit dieser elektrisch geladenen Teilchen ändern sich elektrische Eigenschaften der bestrahlten Materie. Andere Folgen sind chemischer Natur. Wenn die Strahlung irgendwo ein Elektron herausschlägt, kann dadurch irgendeine chemische Bindung aufgelöst werden und/oder irgendeine chemische Reaktion ausgelöst werden. Erkläre grob, wie die Strahlung folgende Effekte haben kann!

- | | |
|---|---|
| a) Zwischen zwei Elektroden liegt eine hohe Spannung an, aber ein Blitz entsteht erst bei Annäherung eines radioaktiven Präparates. | d) Ein Mensch bekommt Sonnenbrand. |
| b) Ein neuer Film für eine klassische Kamera wird durch seine lichtdichte Verpackung hindurch belichtet. | e) Ein Mensch wird braun. |
| c) Lebensmittel sind nach einer Bestrahlung weniger mit Keimen belastet als vorher. | f) Ein Tumor entsteht. |
| | g) Ein Tumor geht durch Bestrahlung zurück. |
| | h) Ein Lebewesen hat fittere Nachkommen. |
| | i) Daten auf USB-Stick sind fehlerhaft. |

~~~~~Aktivität~~~~~

I 130: Schreibe mit richtig gefüllten Lücken ab:

Wenn in einem $\boxed{1 \rightarrow}$ Objekt pro $\boxed{2 \rightarrow} \Delta t$ eine $\boxed{3 \rightarrow} Z$ an $\boxed{4 \rightarrow}$ stattfindet, dann beträgt die $\boxed{5 \rightarrow}$ des Objektes $A := \frac{Z}{\Delta t}$. Ihre $\boxed{6 \rightarrow}$ ist demnach $\frac{1}{s}$, wofür man in diesem Zusammenhang den Namen $\boxed{7 \rightarrow}$, abgekürzt Bq verwendet. Mathematisch ist Becquerel gleichwertig zu $\boxed{8 \rightarrow}$. Der Unterschied liegt darin, dass Hertz verwendet wird, wenn $\boxed{9 \rightarrow}$ eintretende Ereignisse gezählt werden, während Becquerel für die $\boxed{10 \rightarrow}$ stattfindenden Zerfälle reserviert ist.

I 132: Was haben die Größen *Aktivität* und *Zählrate* gemeinsam? Worin liegt der Unterschied?

I 140: Die Strahlungs-Aktivität eines Menschen kann 10 kBq betragen. (davon jeweils 4 – 5 kBq alleine aus K40 und C14) Was bedeutet dies?

I 142: Welche durchschnittliche Aktivität hat eine Stoffprobe, in der innerhalb von $2\frac{1}{2}$ min drei Millionen Zerfälle stattfinden?

I 144: Beschreibe Zweck, Aufbau und Funktionsweise eines Geiger-Müller-Zählrohres!

I 146: Ein langlebiges radioaktives Präparat hat eine als konstant anzusehende Aktivität von 2400 Bq.

- Wie viele Kerne zerfallen darin durchschnittlich pro Minute?
- Wie lange dauert es etwa, bis 10000 Kerne zerfallen sind?

★ **I 148:** Ein Präparat enthalte zunächst 10^{10} Atome eines radioaktiven Isotopes, die dem Präparat eine Aktivität von 88 Bq verleihen.

- Wie viele dieser Atome würdest Du nach einfacher Rechnung zwei Tage später noch im Präparat erwarten?
- Warum sind tatsächlich etwas mehr zu erwarten?

★ **I 150:** Wie ändert sich die Zählrate eines GMZ, wenn man seinen Abstand zu einem radioaktiven Präparat verdreifacht? (ohne Berücksichtigung von Nullrate und Totzeiten)

I 152: Eine Probe aus 3 Pikogramm des Isotops ^{210}Rn hat eine Aktivität von 690 kBq.

- Welche Aktivität haben 2 Pikogramm von diesem Isotop?
- Wie viel von diesem Isotop braucht man für 1000 kBq Aktivität?

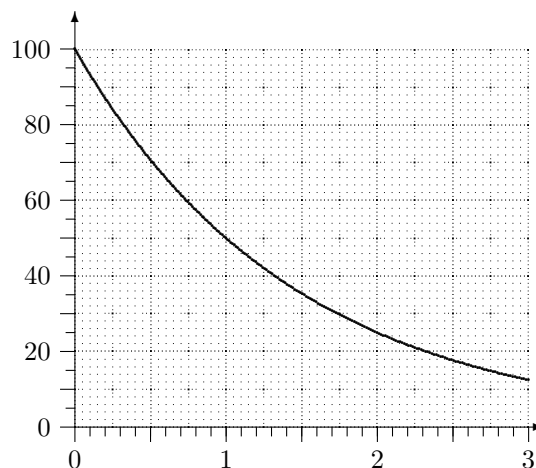
★★ **I 154:** Eine kleine radioaktive Stoffprobe strahlt gleichmäßig in alle Richtungen. Ein GMZ wird mit seinem 2 cm^2 großen Fenster 5 cm von der Probe entfernt aufgestellt. Es zählt 2356 Strahlungsteilchen in 100 s.

- Wie hoch ist die Aktivität der Probe mindestens, wenn keine Nullrate des GMZ berücksichtigt werden muss? Warum „mindestens“?
- Welche Aktivität errechnet sich, wenn eine Nullrate von 45 Ereignissen pro Minute berücksichtigt wird?

~~~~~Halbwertszeit~~~~~

★ **I 200:** Dieses Diagramm soll allgemein zeigen, wie der Bestand N von Atomkernen eines Nuklids im Laufe der Zeit t abnimmt.

- Welche Größen müssen auf den Achsen aufgetragen sein, damit das Diagramm für jede Anfangsmenge N_0 jedes Nuklids gleichermaßen stimmt?
- Chlor-36 hat eine Halbwertszeit von 300 000 Jahren. Wie viele von einer Million heutigen Kernen werden die nächsten 100 000 Jahre wohl ohne Zerfall überstehen?
- Wie viel Prozent eines radioaktiven Nuklids zerfallen innerhalb von drei Halbwertszeiten?
- Wie lange dauert es etwa, bis von einem Stoff mit 6 min Halbwertszeit nur noch ein Fünftel da ist?
- Welche Halbwertszeit hat ein Nuklid, von dem nach einer Schulstunde nur noch 30% da sind?



★
I 202: Ein radioaktives Präparat enthält zu Beginn eines Versuches $3,2 \cdot 10^{21}$ Americium-244-Kerne, die mit einer Halbwertszeit von 660 min zerfallen. Wie viele Kerne ...

- a) ...sind nach 660 min (330 min, 990 min) noch da? b) ...zerfallen in den ersten 100 min?
c) Wie lange dauert es, bis nur noch 10^{21} Kerne da sind?

I 204: Wie lange dauert es, bis von a) $2 \cdot 10^{18}$ Ra222-Kernen b) $10 \mu\text{g}$ Ra222
nur noch die Hälfte (ein Viertel, ein Zehntel, ein Prozent) da ist? (HWZ=38 s)

I 208: In einem $^{221}_{88}\text{Ra}$ -Präparat sind nach 56 s bereits 75% von den anfänglich vorhandenen Kernen zerfallen. Bestimme aus diesen Angaben die Halbwertszeit dieses Nuklids!

I 210: Zerfällt in der ersten Hälfte einer Halbwertszeit eine halbe Hälfte der Ausgangsmenge oder mehr oder weniger?

★
I 214: Wie viel Prozent der U238-Kerne, die bei der Entstehung der Erdoberfläche vor 3,8 Milliarden Jahren vorhanden waren, sind mittlerweile zerfallen? (Halbwertszeit: 4,468 Mrd. Jahre)

I 216: Vom radioaktiven Isotop $^{210}_{90}\text{Th}$ werde eine anfängliche Menge von 1,2 mol betrachtet. Wie viel Mol sind nach drei Halbwertszeiten noch da?

★
I 222: Nach 10 min ist von einem Stoff ein Drittel zerfallen.

- a) Dauert der Zerfall eines weiteren Drittels der ursprünglichen Menge wieder 10 min oder kürzer oder länger?
b) Wie viel ist nach 20 min noch da? c) Wie groß ist die Halbwertszeit?

★
I 242: Nach wie viel Prozent seiner Halbwertszeit sind von einem Cs125-Präparat 25% zerfallen?

★
I 246: Ein radioaktives Isotop habe eine Halbwertszeit von einer Stunde. Man betrachte – zumindest in einem Gedankenexperiment – ein bestimmtes Atom dieser Art. Wie wahrscheinlich wird dieses Atom ...

- a) ...innerhalb der nächsten Stunde zerfallen? c) ...bereits in der nächsten halben
b) ...die nächsten zwei Stunden heil überstehen? Stunde zerfallen?

★★
I 248: Ein kurzlebiges Isotop K und ein langlebiges L haben die Halbwertszeiten T_K und $T_L = 100 \cdot T_K$.

- a) Ergänze: Bei gleichen Stoffmengen von K und L ist die Aktivität von K ...
b) Ergänze: Um gleiche Aktivitäten zu haben benötigt man als Stoffmenge von K ...

~~~~~ Strahlenschutz ~~~~~

★
I 300: Beim Umgang mit ionisierender Strahlung helfen die „5 A-Regeln“, Schäden am eigenen Körper klein zu halten. Streiche die falsche Alternative durch und formuliere jeweils in einem Satz aus, was genau gemeint ist! Bearbeite dann die Frage / den Auftrag!

- a) Diese Regel wird manchmal weggelassen, so dass merkfreundlicher 4A übrig bleiben. Denn: In welchen Situationen ($\rightarrow$ Beispiele) hat wer darauf überhaupt Einfluss? (Falls Dir Ideen fehlen: Konkretisiere die Lösungen!) **Aktivität klein/groß!**
- b) Größerer Abstand wirkt auf zwei Wegen: Absorption durch die Luft und Abschwächung durch Auseinanderlaufen. Erläutere diese Effekte, auch abhängig von der Strahlenart! **Abstand klein/groß!**
- c) Wer hat mehr Schäden zu befürchten: Ludwin, der sich 2 min lang einer bestimmten Strahlung aussetzt, oder Gustav, der sich unter sonst gleichen Bedingungen 20 s lang einer 5-mal so intensiven Strahlung aussetzt? **Aufenthalt kurz/lang!**
- d) Wie viel Abschirmung nötig ist, hängt von der Strahlenart ab. Was macht man, wenn man sie nicht kennt? (ebenso wie beim Abstand) **Absch. stark/schwach!**
- e) Was ist i.A. schlimmer: einen α -Strahler zu verschlucken oder einen γ -Strahler mit gleicher Energie-Freisetzung? **Aufnahme viel/wenig!**

I 302: Die gesundheitliche Belastung, die durch eine Bestrahlung entsteht, wird in drei Schritten quantifiziert. Bringe die *Wortsalate* zu ihrer Beschreibung in Ordnung! (inklusive Groß-/Kleinschreibung und Satzzeichen)

- Der erste Schritt ist physikalisch: *Energie misst in die bestrahlte Strahlung, wie man das Gewebe viel einbringt. Ob 120 kg sich einen Unterschied auf 3 mJ konzentrieren oder sich für 2 g verteilen macht auf Schäden. Die Energie absorbierender Masse definiert die Masse auf die **Energiedosis**, und deshalb bezieht man Energie als pro.*
- Der zweite Schritt berücksichtigt die Art der Strahlung: *Einem Qualitätsfaktor wird die **Äquivalentdosis** mit zur Energiedosis multipliziert. Beispiel wichtigstes: Die gut absorbierbar ist α -Strahlung. Ihre auf kurzen Strecken überträgt das Gewebe sie damit und viel dichter auf Energie. Schlimmere und deshalb größeren bekommt sie Schäden, bewirkt dadurch einen Qualitätsfaktor.*
- Als drittes berücksichtigt man die Art des betroffenen Gewebes: *An weiterer medizinischer Erfahrung sind Schäden, wie schlimm ein Zahlfaktor aus einzelnen Organen aus drückt.*

Insgesamt ergibt sich auf diese Weise die **effektive Äquivalentdosis** als Maß dafür, wie schlimm eine Bestrahlung war. Ihre Einheit heißt Sievert und wird mit Sv abgekürzt.

I 304: Das Strahlenschutzgesetz legt als akzeptablen Grenzwert für die Strahlenbelastung einer Person ohne beruflich bedingte Exposition und andere Ausnahmen 1 Millisievert im Kalenderjahr fest. (Stand 2026)

- Jemand bekommt pro Kalenderjahr 0,7 mSv ab und freut sich: „Juchu, damit ist sichergestellt, dass bei mir keine Strahlenschäden auftreten!“ Nimm Stellung zu diesem Freuden-Ausruf!
- Grenzwerte für beruflichen Umgang mit Strahlung werden anders festgesetzt als allgemein. Warum und in welchem Sinn – höher oder niedriger – anders?

I 306: Strahlenschäden können deterministisch oder stochastisch sein.

deterministisch: Strahlung schädigt Zellen so, dass nur die direkt betroffenen Zellen ihre Funktion nicht mehr (so gut) ausführen können oder sogar absterben. Die Schwere des Schadens steigt mit der Dosis.

stochastisch: Strahlung schädigt Gene der Zellen so, dass Tochterzellen davon betroffen sind. Die Wahrscheinlichkeit für einen Schaden steigt mit der Dosis, die Schwere des Schadens ist zufällig.

- Finde Beispiele für jede dieser Arten!
- Inwiefern kann das Einhalten von Grenzwerten diese Schadensarten begrenzen?

(A) Akustik

SCHALLGESCHWINDIGKEITEN IN VERSCHIEDENEN MEDIEN IN DER EINHEIT $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

Luft	331	Glycerin	1904	Blei	2160	Kupfer	5010
Wasser	1497	Plexiglas	2680	Gold	3240	Eisen	5950
Meerwasser	1531	Quecksilber	1450	Silber	3650	Aluminium	6420

A 2: Welche Schwingungsdauer hat eine Schwingung der Frequenz 50 Hz?

A 4: Welche Frequenz haben die Meeres-Gezeiten (Ebbe & Flut) ungefähr?

A 6: Jede Zinke einer Stimmgabel schwingt mit einer Frequenz von 440 Hz.

- a) Wie lange dauert eine Schwingung? b) Wie oft passiert jede Zinke in einer Sekunde ihre Ruhelage?

A 8: Wie ändert sich die Wellenlänge einer Welle, wenn bei gleichbleibender Ausbreitungsgeschwindigkeit die Frequenz verdreifacht wird?

A 10: Radiowellen breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit (ca. $3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$) aus. Welche Wellenlänge hat die *SR1 Europawelle* des Saarländischen Rundfunks, die mit einer Frequenz von 88 MHz ausgestrahlt wird?

A 12: Welche Frequenz hat eine Schallwelle, die bei einer Geschwindigkeit von $1,5 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ eine Wellenlänge von 4 cm hat?

★

A 14: Über einem Fließband, das sich mit $50 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ bewege, hänge ein Sandsäckchen, das quer zur Bewegungsrichtung des Fließbandes schwingt. Das Säckchen schwingt in 10 s viermal hin und her. Durch ein Loch im Säckchen rieselt ständig Sand heraus. Beschreibe das auf dem Band entstehende Sand-Muster möglichst genau!

A 16: Um die Schallgeschwindigkeit in einem Medium zu bestimmen, kann man feststellen, welche Wellenlänge ein Schall bestimmter Frequenz darin hat. Wie schnell ist Schall in Benzol, wenn die Wellenlänge bei 2,5 kHz 51,8 cm beträgt?

★

A 18: Wie viele Wellenlängen legt Schall mit Frequenz 970 Hz in 4 s in australischem Teebaum-Öl zurück?

★

A 20: Auf einer Strecke von 15 cm in einem unbekannten Medium zählt man an einer Ultraschallwelle der Frequenz 200 kHz genau $17\frac{1}{2}$ Wellenlängen. Könnte das Medium Wasser sein?

A 22: Bei Gewittern entsteht quasi gleichzeitig mit jedem Blitz auch ein Donner. Den Blitz sieht man aufgrund der hohen Lichtgeschwindigkeit auch in größerer Entfernung praktisch sofort, den Donner hört man etwas später. Wie weit ist ein Gewitter entfernt, wenn man den Donner sieben Sekunden nach dem Blitz hört?

★

A 24: Zur Bestimmung der Meerestiefe benutzen Schiffe sogenannte *Echolote*.

- a) Beschreibe mit Hilfe von Lexika o.ä. das Funktionsprinzip eines Echolotes!
b) Wie tief ist das Meerwasser, wenn ein vom Schiff ausgesandter Schall nach 0,32 s zum Schiff zurückkehrt?

A 26: Wale könnten sich vermutlich über mehrere 1000 Kilometer hinweg „unterhalten“. Wie lange mindestens müsste ein Wal im Japangraben nach einer Frage auf die Antwort warten, wenn sein Gesprächspartner vor Neuguinea 2756 km entfernt wäre?

A 28: Berechne die temperierten Frequenzen aller Töne und Halbtöne von c bis c'!

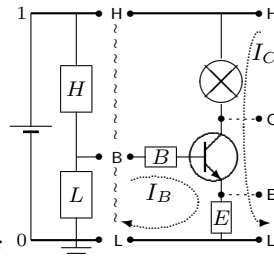
★

A 30: Wie verhalten sich die Frequenzen der Töne in einer Quint (einer Terz) exakt und wie in der Näherung mit kleinen ganzen Zahlen? Wie unterscheiden sich kleine von großen Terzen?

(E) Elektronik

Transistoren

E 150: Diese zusammenhängende Schaltung ist entlang der gewellt (i) angedeuteten Linie H-B-L in zwei Teilbilder zerlegt. Das linke Teilbild zeigt eine Batterie (6 V) mit angeschlossenem Spannungsteiler. Das rechte zeigt einen beschalteten Transistor. Die untere dicke Linie 0-L-L (wie *low*) ist am Minuspol der Batterie angeschlossen und dient als Bezugspunkt für Potenzial-Angaben. Unter dem Potenzial an einem Punkt der Schaltung versteht man die Spannung, die zwischen dem Bezugspunkt und ihm herrscht. Die obere „Schiene“ H (wie *high*) liegt also auf einem Potenzial von 6 V, oben links als „1“ beschriftet, im Sinne von „volle Batteriespannung“. Die Schiene L liegt auf 0-Potenzial. Wäre sie noch geerdet, wäre dieses auch mit „ground“ passend bezeichnet.



- Auf welchem Potenzial liegt B, wenn die Widerstände $H = 100 \Omega$ und $L = 300 \Omega$ betragen?
- Ergänze: Das Potenzial von B liegt zwischen denen von L und H, und zwar näher an demjenigen, mit dem es durch den ? Widerstand verbunden ist.

E 151: Zum rechten Teil der Schaltung in Aufgabe E150: Der Transistor ist Teil zweier Stromwege.

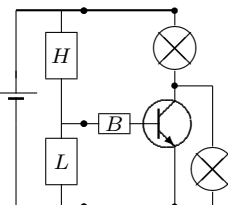
- Wie viele Anschlüsse hat der Transistor dafür, und wie heißen sie?
- Einer der Anschlüsse liegt in beiden Stromwegen. Welcher?
- Zwischen welchen Punkten wird je eine Spannung angelegt, damit die eingezeichneten Ströme fließen?
- Die Widerstände B und E benötigt man nicht immer. Wozu kann B gegebenenfalls dienen?
- Wie hängt bei konstanter Spannung U_{CE} der Strom I_C von I_B ab? Wie ergibt sich I_E ?

★ **E 152:** Zur Schaltung in E150: Die Spannung am „Eingang“ B-L des Transistors wird über den Spannungsteiler H-L aus derselben Batteriespannung gewonnen, die auch über dem Strang H-C-E-L anliegt.

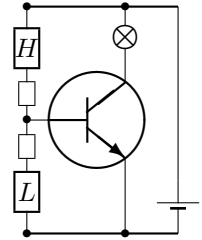
- Auch in diesem Strang teilt sich die Batteriespannung auf. In welche Teile?
- Erkläre, wie sich diese Aufteilung verschiebt, wenn U_{BL} steigt! Wie ändert sich das Potenzial von E?
- Wie wirkt sich diese Änderung des Potenzials von E auf die Spannung U_{BE} aus? ($\rightarrow$ Zweck von E ?)

E 153: Die Schaltung aus E150 ist hier etwas abgewandelt. Der Widerstand E wurde entfernt, dafür ein zweites Lämpchen zwischen C und L eingebaut. Alle Bauteile wurden so ausgewählt, dass beide Lämpchen aktuell mäßig hell leuchten. Wie ändern sich die Helligkeiten, wenn ein Anschluss von

- H
 - L
- getrennt wird?



E 154: Und noch eine Abwandlung von E150. Es gehe nun darum, den Strom durch den Verbraucher $\otimes$ in Abhängigkeit von einer physikalischen Größe zu steuern/regeln. Es stehe ein Sensor zur Verfügung, dessen Widerstand von dieser Größe abhängt. Gib in den folgenden Anwendungen jeweils an, ob Du den Sensor als Bauteil H oder L einbauen würdest, und erläutere Deine Entscheidung!



- Ein Tauchsieder ($=\otimes$) soll einen Wasservorrat bevorzugt dann erwärmen, wenn dafür günstiger Solarstrom zur Verfügung steht, wenn also die Sonne scheint.
Als Sensor steht ein LDR zur Verfügung.
- Die Beleuchtung ($=\otimes$) eines Raumes soll mit Hilfe eines LDR so geregelt werden, dass es immer etwa gleich hell im Raum ist, egal wie viel Licht durch das Fenster hinein kommt.
- Das Erdreich, in dem eine Pflanze sitzt, hat im feuchten Zustand weniger elektrischen Widerstand als im trockenen und ist deshalb als Feuchtigkeitssensor im Sinne dieser Aufgabe geeignet. Wenn es zu trocken wird, soll eine Bewässerungs-Pumpe ($=\otimes$) stärker pumpen.

E 160: Bei einem Transistor ist als Stromverstärkungsfaktor bei bestimmter Kollektor-Emitter-Spannung 270 angegeben. In welchem Bereich müsste dann der Basisstrom schwanken, um den Kollektorstrom zwischen 50 mA und 80 mA schwanken zu lassen?

E 162: Mit welchem Faktor verstärkt ein Bauteil, das in einem linearen Bereich seiner Kennlinie bei Eingangsspannungen von 3 mV und 5,4 mV an seinem Ausgang 185 mV bzw. 593 mV produziert?

★
E 164: Ein Motor mit einem Betriebsstrom von 400 mA soll per PC ein- und ausgeschaltet werden. Per Software kann man zwar z.B. zwischen den Pins Nummer 4 und 5 der 9poligen seriellen Schnittstelle eine Spannung ein- und ausschalten, aber die Schnittstellen eines PC können keine für den Motor ausreichend großen Ströme liefern. Zeichne eine Transistor-Schaltung, die dieses Problem löst!

★★
E 166: Flora hat mittlerweile die FLORATRONIC-SOLUTIONS GMBH gegründet. Ihr erster Auftrag war der Entwurf einer Schaltung mit Transistor und geeigneten Halbleiter- oder anderen Bauteilen, in der bei einer Heizung die Leistung erhöht wird, wenn an einem Messfühler die Temperatur fällt! Wie hat sie das wohl hingekriegt?



★★
E 168: Neuer Auftrag an FLORATRONIC-SOLUTIONS:
Der Ventilator in einem Klassenarbeitsraum soll mehr Strom bekommen, wenn der von der Decke herabhängende Messfühler über dem Kopf eines durchschnittlich begabten Schülers erhöhte Temperatur registriert.

★★
E 170: Beim Überschreiten eines gewissen Wasserstandes in einem Behälter (erkennbar an Befeuchtung eines Sensors oder Druckanstieg am Boden) schaltet die richtige Schaltung eine Pumpe ein.

Ihnen steht das Wasser bis zum Hals?
FLORATRONIC-SOLUTIONS hilft!

★★
E 172: Flora hat auch eine Bank als Kunden, die eine Schaltung benötigt, in der ...

- ...eine Glühlampe am Geldautomaten eingeschaltet wird / heller leuchtet, wenn es dunkel wird!
- ...eine Alarmsirene eingeschaltet wird, wenn Licht in den Tresorraum der Bank fällt!

★
E 180: Ein paar Fragen zu FETs

- Wofür steht die Abkürzung FET?
- Wie ist ein FET aufgebaut?
- Welche Geschichte haben sie?
- Vor-/Nachteile gegenüber Bipolartransistoren?

E 215: Buchstaben (A,B,C,...) sind die Symbole (Zeichen, Bildchen), mit deren Hilfe wir [1→] schreiben. Unsere Buchstaben heißen [2→], weil wir sie von den [3→] übernommen haben. Ziffern sind die Symbole, mit deren Hilfe wir [4→] schreiben. Unsere Ziffern heißen [5→], weil wir sie von den Arabern übernommen haben. Heute sehen sie bei uns aber ganz anders aus als in Arabien.

„arabisch“	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
arabisch!	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩

• Jemand schreibt mit der Hand etwas krakelig ٦٥١٩.

Ein Mitteleuropäer erkennt darin wohl die Zahl [6→], ein Araber jedoch [7→].

• Übertrage: $\gamma\zeta\epsilon$ =[8→] $\lambda\iota\gamma$ =[9→] $\delta\circ\gamma$ =[10→] [11→]=375

E 216: Buchstaben und Ziffern müssen nicht wie Schriftzeichen aussehen. Es können auch z.B. Pieps- oder Leuchtsignale sein. Hier kannst Du den Morse-Code ausprobieren.

.... - - - - - - - - - /
 - - - - - - - - - / - - - - / - - - - /
 / - - - - / - - - - / - - - - /
 - - - - / - - - - / - - - - /
 / /
 - - - - - - - - - - /
 - - - - - - - - - ?

a	—	n	—	
ä	— — —	o	— — —	
b	— — —	ö	— — —	0 — — — —
c	— — —	p	— — —	1 . — — — —
d	— — —	q	— — —	2 . — — — —
e	.	r	— .	3 — — — —
f	— . .	s	— . .	4 — — — —
g	— — .	t	—	5 — — — —
h	— . . .	u	— . .	6 — — — —
i	— . .	ü	— . . .	7 — — — —
j	— — — —	v	— . . .	8 — — — —
k	— . .	w	— . . .	9 — — — —
l	— . . .	x	— . . .	
m	— —	y	— . . .	
		z	— — .	

E 217: Hier siehst Du die Zahl 906174 in eine Stellenwerttafel des Zehnersystems eingetragen. Die Stellenwerte sind pro Stelle nach links immer ver-10-facht. Die Zahl setzt sich zusammen als:

100	10	1	100	10	1
000	000	000			
9	0	6	1	7	4

$9 \cdot 100\,000 + 0 \cdot 10\,000 + 6 \cdot 1\,000 + 1 \cdot 100 + 7 \cdot 10 + 4 \cdot 1$

So bist Du es gewohnt, Zahlen zu verstehen.

Im Zweiersystem läuft alles genauso, nur dass sich der Stellenwert von Stelle zu Stelle immer ver-2-facht.

		32	16	8	4	2	1
		1	0	1	0	1	1
		0	1	1	1	0	0
		1	1	0	1	0	1

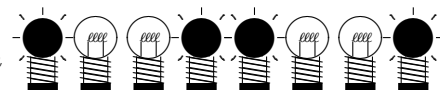
a) Ergänze die beiden fehlenden Stellenwerte!

b) Die Ziffernfolge 101011 in der zweiten Zeile der Tafel stellt die Zahl $1 \cdot 32 + 0 \cdot 16 + 1 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 43$ dar. Welche Zahlen stellen die übrigen Zeilen dar?

c) Im Zweiersystem kommt man mit den Ziffern 0 und 1 aus. Warum?

d) Wie schreibt man 38 im Zweiersystem?

E 218: Ein einfaches Lämpchen kann mit seinen beiden Zuständen *an* und *aus* für immerhin zwei verschiedene Ziffern stehen.



a) Für welche Ziffernfolge steht die 8er-Reihe Lämpchen hier rechts, wenn *aus* für 0 und *an* für 1 steht?

b) Welche Zahl stellt die Reihe im 2er-System dar?

c) Wie viele verschiedene Zahlen kann eine 3er-Reihe Lämpchen darstellen? Und eine 8er-Reihe?

E 219: Für digitale Datenverarbeitung ist zunächst entscheidend, Daten mit Hilfe von zwei verschiedenen Zuständen elektrischer Bauteile darzustellen. Das können z.B. sein: Schalter an/aus, elektrische Ladung +/–, Magnetpol Nord/Süd. Eines steht für die Ziffer 0, das andere für die 1. Entscheidend ist dann aber weiter, dass man die Daten verarbeiten, insbesondere miteinander verknüpfen kann. Mit der Deutung der Ziffern 0 und 1 als Wahrheitswerten „falsch“ bzw. „wahr“ lassen sich logische Operatoren und Verknüpfungen zur Beschreibung der Verarbeitung verwenden. Betrachte nun zwei Aussagen A und B, die jeweils wahr ($\hat{=}$ 1) oder falsch ($\hat{=}$ 0) sein können. Fülle die folgenden Tabellen mit den Wahrheitswerten aus, die sich aus der angegebenen Operation oder Verknüpfung ergeben!

Negation

Verneinung	A	$\bar{A}$
NOT A	0	1
$\bar{A}$	1	0

Konjunktion

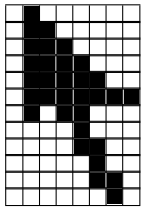
A und B	$\wedge$	0	1
A AND B	0		
$A \wedge B$	1		
nur wahr, wenn ?			

Disjunktion

A oder B	$\vee$	0	1
A OR B	0		
$A \vee B$	1		
nur falsch, wenn ?			

★

E 220: Zur Darstellung kleiner Schwarz-Weiß-Bildchen sei vereinbart, das Bildchen in 8-spaltige Zeilen zu rastern, wobei jeder Rasterpunkt (Pixel) weiß oder schwarz sein kann.



→ 0 1 0 0 0 0 0 0 = 64
 → 0 1 1 0 0 0 0 0 = 96
 → 0 1 1 1 0 0 0 0 = 112
 → 0 1 1 1 1 0 0 0 = 120
 → 0 1 1 1 1 1 0 0 = 124
 → 0 1 1 1 1 1 1 1 = 127
 → 0 1 0 1 1 0 0 0 = 88
 → 0 0 0 0 1 0 0 0 = 8
 → 0 0 0 0 1 1 0 0 = 12
 → 0 0 0 0 0 1 0 0 = 4
 → 0 0 0 0 0 1 1 0 = 6
 → 0 0 0 0 0 0 1 0 = 2

Weiß werde als 0, schwarz als 1 codiert. Jede Bildzeile wird so zu einer 8-stelligen Dualzahl. Das Bild eines Pfeils kann also über die Zahlenfolge in der Spalte direkt vor diesem Text beschrieben werden.

- a) Was stellt 66 - 98 - 82 - 74 - 255 - 74 - 82 - 98 - 66 dar?
 b) Codiere ebenso ein maximal 15-zeiliges Bildchen Deiner Wahl, und lass es Deinen Banknachbarn decodieren!

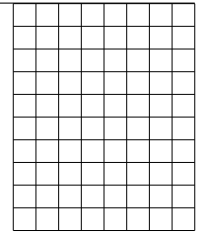
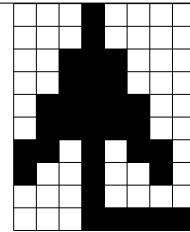
E 221: In dem linken Raster hier rechts kannst Du einen geknickten Pfeil  erkennen. Die oberste Bildzeile mit der Farb-Abfolge weiß-weiß-weiß-schwarz-weiß-weiß-weiß-weiß lässt sich in die Zahl 00010000 übersetzen, die unterste Zeile wird zu 00011111. Das gesamte Bildchen mit seinen 10 Zeilen entspricht dann der 10-gliedrigen Zahlenfolge:

00010000 00010000 00111000 00111000 01111100

01111100 11010110 10010010 00010000 00011111

Jetzt bist Du im rechten Raster dran: Welches Bildchen ist in dieser Zahlenfolge codiert?

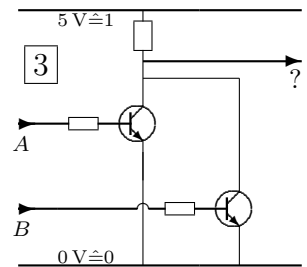
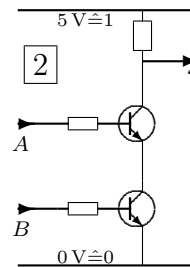
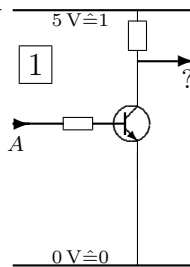
00111100 01000110 11000010 01100100 00111100 01000110 11000011 11100011 01110010 00111100



E 222: Was ist „ASCII“? Decodiere damit diese Zahlenfolge! 68 - 97 - 115 - 32 - 104 - 97 - 115 - 116 - 32 - 68 - 117 - 32 - 103 - 117 - 116 - 32 - 103 - 101 - 109 - 97 - 99 - 104 - 116 - 33

★

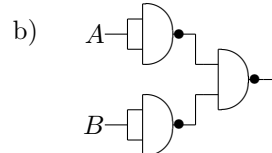
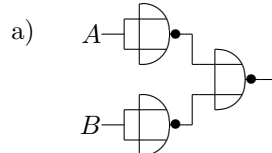
E 223: Diese drei Schaltungen sind dafür gedacht, dass man an die linken Eingangsleitungen high- oder low-Potenziale anlegt und auf der Ausgangsleitung rechts ein Potenzial erhält, das einer bestimmten logischen Verarbeitung der Eingänge entspricht. Konkret verbinde man die Leitungsenden A und ggf. B mit der high- oder low-Schiene, so dass sie auf ein Potenzial entsprechend logisch 1 ($\hat{=}$ „wahr“) bzw. 0 ($\hat{=}$ „falsch“) kommen. Welches Ergebnis bilden die Schaltungen an der Stelle „?“ daraus?



★

E 224:

Welche logischen Verknüpfungen leisten diese Gatter?



★★

E 226: Entwirf eine XOR-Schaltung (aus Gattern)!

★

E 228: Berechne schriftlich im Dualsystem!

a) $110101 - 11010$

b) $110101 \cdot 11010$

c) $110100 + 11101$

d) $1011 \cdot 110$

E 229: Führe Schritt für Schritt vor, wie man überträgt:

a) 37_{10} und 371_{10} ins 2er-System

c) 101001110101101_2 ins 16er-System,

b) $9B3_{16}$ und $9B31$ ins 2er-System

ins 8er-System und ins 10er-System

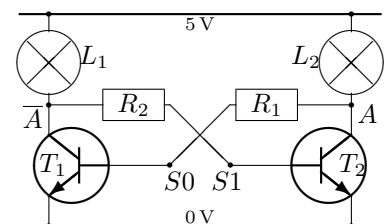
★★

E 230: Zu welchem Wert kommt man, wenn man für eine feste Zahl $B \in]0; 1[$ und mit einem beliebigem Startwert $x \in]0; 1[$ immer wieder $y = x + B - x^2$ berechnet und x durch y ersetzt?

★★

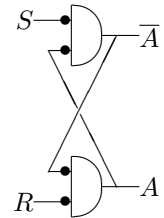
E 232: Zum Speichern von Daten eignet sich unter anderen diese Schaltung. Erkläre detailliert, wie es zu dem folgend beschriebenen Verhalten kommt!

Bringt man einmal kurz den Punkt S_0 (S_1) auf low-Potenzial, (durch Verbindung mit der unteren Schiene) so stellt sich dauerhaft im Punkt A ein low- (high-) Potenzial ein. Ein kurzer „low-Puls“ auf S_0 oder S_1 setzt A also auf „0“ bzw. „1“.



★★

E 234: Gleiches Verhalten zeigt auch die logische Schaltung hier. →
(S steht für *set*, R für *reset*.) Im Grundzustand liegen an beiden Eingängen Nullen.
Wirksam ist ein (nicht allzu) kurzes Anlegen einer 1 an S oder R . Erkläre!

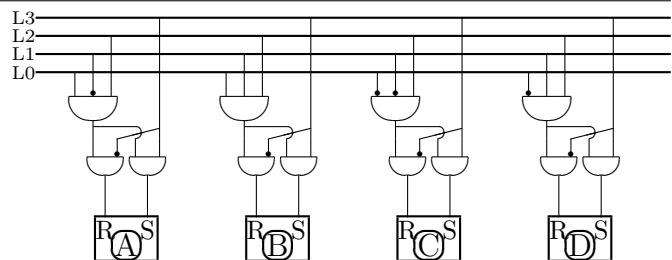


★

E 236: Die ersten IBM-PCs hatten 20 Adress-Leitungen.
Wie viele Speicherzellen konnten damit adressiert werden?

★

E 238: Die RS-Flipflops ① bis ④ seien so an die Bus-Leitungen L0 bis L3 angeschlossen, wie hier gezeichnet. Was bewirkt es, folgende Pegel-Kombinationen (L0|L1|L2|L3) auf diese Leitungen zu legen?

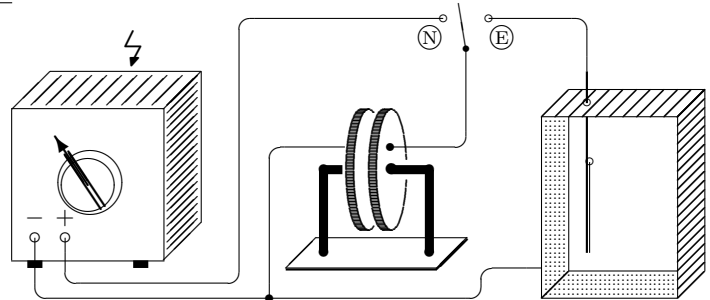


- a) (0|1|1|1) b) (0|0|1|0) c) (1|1|0|1)

Zeitliche Dynamik

★

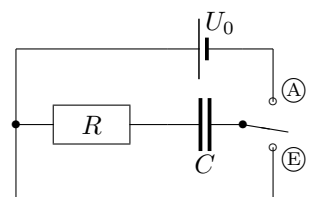
E 300: Morgens, halb 10 im Physiksaal 1.114 des ASG Dillingen/Saar: Auf dem Pult steht ein antiquarischer Plattenkondensator. Das sind im Wesentlichen zwei isoliert aufgestellte parallele Metallplatten mit etwas Abstand dazwischen. Daneben stehen ein blaues ⑤elektroskop als Spannungsmessgerät und ein oranges Hochspannungs-④etzgerät wie hier skizziert. Ein gut gekleideter Mann um die 60 legt zunächst den Wechselschalter in die Stellung ④, schaltet das Netzgerät ein und stellt eine recht hohe Spannung ein. Es geschieht nichts Sichtbares.



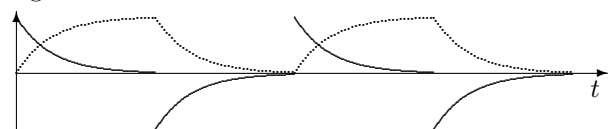
- a) Beschreibe, was unsichtbar vor sich gegangen ist! In welchem Zustand ist der Kondensator nun?
b) Dann wird der Schalter in die Stellung ⑤ umgelegt. Beschreibe und erkläre, was dabei wohl sofort zu beobachten ist, und was langfristig noch zu erwarten ist!

★

E 302: In diesem Schaltplan verbindet der Wechselschalter ganz rechts je nach Stellung des Schalthebels den festen Kontaktpunkt • mit dem oberen Kontaktpunkt ④, oder mit dem unteren ⑤, oder mit keinem davon wie aktuell gezeichnet.

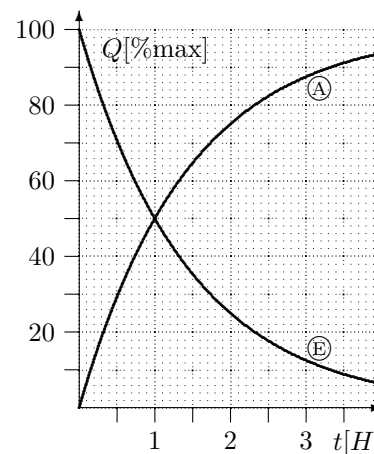


- a) Zeichne für jede der beiden Stellungen ④ und ⑤ mit einer eigenen Farbe nach, wie in diesem Fall Strom fließt! Gib seine Richtung durch Pfeile an!
b) Welches Ladungsvorzeichen hat die linke Kondensatorplatte je nach Stellung ④ oder ⑤?
c) Warum wurden die beiden Stellungen wohl ④ bzw. ⑤ genannt?
d) Man könnte noch messen, wie stark der Kondensator C geladen ist, und wie viel Strom durch seine Anschlussleitungen fließt. Die Ladung misst man am einfachsten indirekt über die Spannung, denn mit der „Kapazität“ C des Kondensators gilt: $Q = C \cdot U$
Wo müsste man also welche Messgeräte in die Schaltung einbauen?
e) Während mehrmaligem Hin- und Herschalten habe man diese zeitliche Entwicklung der Messgrößen aufgezeichnet. Zu welcher Größe gehört die gepunktete Linie, zu welcher die durchgezogene?
Zeichne noch ein, in welchen Zeitintervallen der Schalter in welcher Stellung stand!



★★

E 304: Dieses universelle Diagramm zeigt genauer, wie sich in einem Versuch wie in Aufgabe E302 die Ladung Q eines Kondensators im Laufe der Zeit t entwickelt. Kurve ① gilt für das Aufladen des anfangs leeren Kondensators, Kurve ② für das Entladen des anfangs maximal geladenen. Die Zeitachse ist in Vielfachen der Halbwertszeit H skaliert. H ist die Zeitspanne, innerhalb derer die Ladung sich beim Entladen halbiert. Wir nehmen nun $H = 3$ s an.



- Auf wie viel % ist der Kondensator nach 6 s (nach 9 s, 12 s) aufgeladen?
- Warum schafft es beim Aufladen die Quelle offensichtlich immer schlechter, weitere Ladung auf den Kondensator zu bringen?
- In welcher Zeit entlädt sich der Kondensator auf 20% seiner anfänglichen Ladung? Wie lange braucht er ab dann noch bis auf 10% runter?
- Wie lange dauert es, bis ein Kondensator vollständig entladen ist?

★★

E 306: Als Rudi Rübezahl die Kurve ② in E304 sah, dachte er sofort an seinen Jugend-forscht-Beitrag. Darin hatte er untersucht, wie sich der Füllstand F eines zylindrischen Regenwassertanks im Laufe der Zeit verringert, wenn man das Wasser durch verschieden große Löcher am Boden des Tanks auslaufen lässt.

- Beschreibe, wie im Laufe der Zeit das Wasser aus dem Loch unterschiedlich spritzt/strömt/tröpfelt! Wieso?
- Welche Auswirkung hat eine Verengung des Lochs im Tank auf die $F(t)$ -Kurve? Welche Entsprechung hat das engere Loch beim Kondensator?
- Welche weiteren Größen beim Entladen eines Kondensators entsprechen welchen an Rudi Rübezahls Regentonnen?
- Welchen Vorgang entsprechend Kurve ① erforscht Rudi neuerdings?

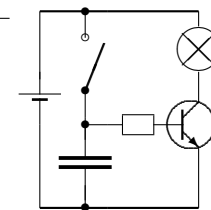
★

E 320: Diese Schaltung sei vor langem genau so aufgebaut worden wie hier zu sehen.

- Leuchtet die Lampe? (mit Begründung)

Beschreibe und erkläre: Was geschieht – sichtbar und unsichtbar –, wenn man ...

- ...zunächst den Schalter schließt?
- ...und ihn dann wieder öffnet?



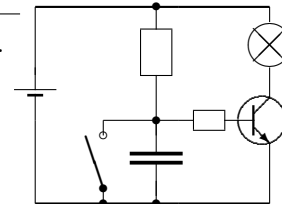
★

E 321: Diese Schaltung sei vor langem genau so aufgebaut worden wie hier zu sehen.

- Leuchtet die Lampe? (mit Begründung)

Beschreibe und erkläre: Was geschieht – sichtbar und unsichtbar –, wenn man ...

- ...zunächst den Schalter schließt?
- ...und ihn dann wieder öffnet?



★★

E 322: Entwirf eine Schaltung, in der eine Lampe mit einem Schalter ein- und ausgeschaltet werden kann, aber bei beiden Schaltvorgängen verzögert reagiert!

257 E-Book

