

# MATURITÄTSPRÜFUNG PHYSIK

## SCHRIFTLICHE PRÜFUNG

### HINWEISE FÜR DIE VORBEREITUNG

Neben den physikalischen Inhalten werden auch Fähigkeiten wie die folgenden geprüft:

- ▶ Elementare mathematische Kenntnisse:
  - Sicherheit bei algebraischen Umformungen
  - Umfang und Fläche von Kreisen, Oberfläche und Volumen von Kugeln
  - Definition der Winkelfunktionen und numerische Werte für einfache Winkel, Bogenmass
  - Umgang mit Vektoren: Summe und Differenz graphisch und in Komponentenschreibweise, Skalar- und Vektorprodukt (geometrische Bedeutung)
  - Näherungen, Grenzwerte
- ▶ Sicherer Umgang mit einfachen funktionalen Zusammenhängen, sowohl algebraisch als auch in graphischen Darstellungen:
  - Proportionalität und Linearität, lineare Funktion mit zwei Unbekannten
  - einfache Potenzen (Quadrate (Parabel), umgekehrte Proportionalität (Hyperbel), ...)
  - trigonometrische Funktionen (Amplitude, Periode, Phase)
  - Exponentialfunktionen (Halbwertszeit)
  - Physikalische Beispiele für diese Zusammenhänge kennen
- ▶ Umgang mit graphischen Darstellungen (siehe auch oben):
  - Werte aus Diagramm herauslesen bzw. in Diagramm eintragen (auch z.B. logarithmische Darstellung)
  - Gleichung für eine Gerade hinschreiben, z.B. aus Achsenabschnitten
  - graphische Mittelwerte (z.B. Leistungs-Zeit-Diagramm)
  - Graphen addieren/subtrahieren/multiplizieren/quadrieren
- ▶ Physikalische Phänomene sprachlich erfassen
  - Formale Zusammenhänge zwischen Grössen in Worten beschreiben
  - Verhalten von Kurven beschreiben
  - Präzise Verwendung der Fachsprache
- ▶ Saubere, übersichtliche Skizzen (in vernünftiger Zeit), die zur Lösung führen
- ▶ Konstruktive Lösung von Aufgaben mit vernünftiger Genauigkeit
- ▶ Sicherer Umgang mit Verhältnissen (Wie ändert sich  $x$ , wenn  $y$  um den Faktor  $k$  oder um  $p$  % verändert wird?)
- ▶ Formelzeichen genau definieren; konsequentes Auseinanderhalten von verschiedenen Grössen, z.B. durch Indizes
- ▶ Abschätzen von Zehnerpotenzen
- ▶ Einheiten und Einheitenvorsätze, Umrechnen von Einheiten, sinnvolle Genauigkeit
- ▶ Grössenordnungen, z.B. Lichtgeschwindigkeit, Atomdurchmesser, Erdradius, Luftdichte, typische Kapazität eines Kondensators, ...
- ▶ Fehlerabschätzung und Fehlerrechnung

## AUFBAU DER PRÜFUNG

### KURZFRAGEN (TEIL A)

- ▶ Zeit: 60 Minuten
- ▶ Fragen aus allen Gebieten der Physik (2. – 4. Klasse)
- ▶ Hilfsmittel: Schreibzeug (inkl. Farbstifte), Massstab, Geodreieck, Zirkel; sonst keine Hilfsmittel erlaubt.
- ▶ Tinte oder Kugelschreiber (nicht rot!) verwenden (für graphische Darstellungen Bleistift)
- ▶ direkt auf die Aufgabenblätter schreiben, kurze Herleitung (ev. auf Rückseite)
- ▶ numerische Resultate als sinnvoll gerundete Dezimalzahlen angeben, Brüche oder Wurzeln nur in Verhältnissen stehen lassen
- ▶ Blätter nicht auseinander reissen

### PROBLEME (TEIL B)

- ▶ Zeit: 180 Minuten
- ▶ Fragen zu allen Gebieten der Physik; Schwerpunkt liegt auf Themen der 3. und 4. Klasse (inklusive Praktikum)
- ▶ erlaubte Hilfsmittel
  - persönliches Formelblatt: ein A4-Blatt (handgeschrieben)
  - Formeln und Tafeln (mindestens 9. Auflage)
  - Taschenrechner (Ersatzrechner und/oder Ersatzbatterien für Klasse organisieren)
  - Schreib-, Zeichen-, Konstruktionsmaterial (Massstab, Geodreieck und Zirkel)

Der Austausch von Hilfsmitteln während der Prüfung ist nicht erlaubt. Zusätzlich gelten die von der Schulleitung erlassenen Vorschriften.

- ▶ Darstellung
  - auf jedem Bogen oben Name und Klasse
  - auf erster Seite als Titel: Maturität 2010, Physik
  - Rand frei lassen
  - keine Ausrechnungen auf Aufgabenblättern
  - Aufgabenblätter am Schluss mit den Lösungsblättern abgeben
  - mit Tinte oder Kugelschreiber (nicht rot!) schreiben (ausser in graphischen Darstellungen), kein Tipp-Ex; falsche Rechnungen und Resultate deutlich durchstreichen
  - für jede Aufgabe einen neuen Bogen beginnen
- ▶ Hinweise
  - für Versuche Notizblätter verwenden (fördert Übersichtlichkeit auf dem Prüfungsbogen)
  - Fragen beantworten: vollständige, sprachlich korrekte Formulierungen
  - keine Resultate ohne Begründungen
  - formale Lösung und vollständige Ausrechnung mit allen eingesetzten Werten und Einheiten bei Rechenaufgaben
  - graphische Darstellungen wenn möglich quantitativ (Achsen vollständig beschriften), Achsen mit Lineal zeichnen
  - Formeln, die nicht in "Formeln und Tafeln" stehen, sind herzuleiten
  - Schlussresultate sinnvoll runden. Vollständige Fehlerrechnung nur, wenn ausdrücklich verlangt
- ▶ Erfahrungsgemäss können die meisten Schüler nicht drei Stunden mit gleicher Konzentration arbeiten. Lösen Sie daher in einem ersten Durchgang diejenigen Teilaufgaben, bei denen Sie ohne grossen Aufwand viele Punkte machen können.

# THEMENÜBERSICHT PHYSIK (SCHWERPUNKTFACH)

## BEMERKUNGEN

- ▶ Physik besteht nicht aus Formeln, sondern aus den Konzepten, die dahinter stecken. Es nützt Ihnen also nichts, wenn Sie die Formeln in dieser Zusammenstellung auswendig lernen ohne verstanden zu haben, was die zugrunde liegenden Sachverhalte sind.
- ▶ Die Liste der aufgeführten Formeln ist nicht abschliessend.
- ▶ Zu Beginn jedes Abschnitts sind Begriffe aufgeführt, deren Bedeutung und Definition Sie kennen müssen, da sie für das Verständnis der Physik wesentlich sind.
- ▶ Die Fertigkeiten beschreiben Vorgänge, die über das blosse "Rechnen" hinausgehen.
- ▶ Die Konstanten zu Beginn eines Abschnittes sollten Sie mit einer sinnvollen Genauigkeit kennen.
- ▶ Machen Sie sich bei den Vorbereitungen auch klar, was wichtige Anwendungen und der Gültigkeitsbereich der jeweiligen physikalischen Gesetze sind.

---

## 1. KINEMATIK

---

THEMEN:	gleichförmige Bewegung:	Zeit, Ort, Geschwindigkeit
	gleichmässig beschleunigte Bewegung:	Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit, Beschleunigung
	Würfe:	freier Fall, vertikaler Wurf, zusammengesetzte Bewegungen, horizontaler und schiefer Wurf
	Kreisbewegung:	Umlaufzeit und Frequenz, Bahn- und Winkelgeschwindigkeit, Radialbeschleunigung

FERTIGKEITEN:  $s(t)$ -,  $v(t)$ - und  $a(t)$ -Diagramme erstellen, interpretieren, ineinander umwandeln

KONSTANTEN: Fallbeschleunigung auf Erde und Mond

DEFINITIONEN:	Geschwindigkeit	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
	Beschleunigung	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
	Frequenz	$f = \frac{n}{\Delta t}$
	Umlaufzeit	$T = \frac{1}{f}$
	Kreisfrequenz	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ <span style="float: right; font-size: small;">Winkel im Bogenmass</span>
GESETZE:	Bahngeschwindigkeit	$v = \omega r$
	Radialbeschleunigung	$a_R = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}$

## 2. DYNAMIK

THEMEN:	Trägheit und Masse:	<i>Masse, Dichte</i>
	Impuls und Impulserhaltung:	<i>Impuls, abgeschlossenes System, Impulserhaltung</i>
	Newton-Axiome:	<i>Trägheits-, Aktions- und Wechselwirkungsprinzip; Kraft</i>
	Dynamik der Kreisbewegung:	<i>Zentripetalkraft</i>
FERTIGKEITEN:	Kräfte einzeichnen, addieren und zerlegen (graphisch und rechnerisch)	
	Bewegungsgleichung aufstellen und lösen	
KONSTANTEN:	Dichten von Luft und Wasser	
DEFINITIONEN:	Dichte	$\rho = \frac{m}{V}$
	Impuls	$\vec{p} = m\vec{v}$
GESETZE:	Aktionsprinzip	$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = m\vec{a}$
	Gewichtskraft	$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = m\vec{a}$
	Federkraft	$F_F = D \Delta l$
	Reibungskräfte	$F_{R,G} = \mu_G F_N$ <i>Gleitreibung</i>
		$F_{R,H} \leq \mu_H F_N$ <i>Haftreibung (Ungleichung)</i>
	Luftwiderstand	$F_L = \frac{1}{2} c_w \rho A v^2$

## 3. ENERGETIK

THEMEN:	Energie und Energieerhaltung:	<i>Lageenergie, kinetische Energie, Spannenergie einer Feder, Gravitationsenergie; Energieerhaltung</i>
	Stöße:	<i>elastische und unelastische Stöße</i>
	Arbeit und Leistung:	<i>Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad</i>
FERTIGKEITEN:	Energieerhaltungssatz sauber aufstellen (auch mit nichtmechanischen Energieformen)	
	Stossprobleme algebraisch korrekt mit Energie- und Impulserhaltungssatz lösen.	
DEFINITIONEN:	Lageenergie	$E_{\text{pot}} = mgh$ <i>Nullpunkt beliebig</i>
	kinetische Energie	$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} mv^2$
	Spannenergie einer Feder	$E_S = \frac{1}{2} D \Delta l^2$
	Arbeit	$W = \vec{F}_s \cdot s$ <i>auch Einheit kWh</i>
	Leistung	$P = \frac{W}{\Delta t} = F_s v$ <i><math>F_s</math> ist die Kraftkomponente parallel zur Bewegungsrichtung</i>
	Wirkungsgrad	$\eta = \frac{E_{\text{out}}}{E_{\text{in}}} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}}$

#### 4. GRAVITATION\*

THEMEN:	Keplergesetze:	<i>Planetenbahnen, Flächensatz</i>
	Gravitation:	<i>Gravitationskraft, Gravitationsenergie, Fluchtgeschwindigkeit, Schwarzschildradius</i>
FERTIGKEITEN:	Planetenbahnen um eine Sonne zeichnen	
	Masse eines Himmelskörper aus der Umlaufzeit eines Satelliten berechnen	
	Fluchtgeschwindigkeit aus Masse und Radius eines Himmelskörpers berechnen	
KONSTANTEN:	Gravitationskonstante	
	Masse und Radius von Erde, Mond und Sonne; Abstände Erde – Sonne und Erde – Mond	
GESETZE:	Kepler 1	Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen mit der Sonne im einen Brennpunkt
	Kepler 2 (Flächensatz)	Der Radiusstrahl von der Sonne zu einem Planeten überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.
	Kepler 3	$(T_1 : T_2)^2 = (a_1 : a_2)^3$
	Gravitationskraft	$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
	Arbeit im Gravitationsfeld	$W_{A \rightarrow B} = G m_1 m_2 \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$

#### 5. STARRER KÖRPER\*

THEMEN:	Hebelgesetz:	<i>Drehmoment, Drehmomentengleichgewicht</i>
	Schwerpunkt und Gleichgewicht:	<i>Schwerpunkt; stabiles, instabiles und indifferentes Gleichgewicht</i>
FERTIGKEITEN:	Gleichgewichtsbedingungen für einen starren Körper sauber aufschreiben	
	Schwerpunkt aus Teilschwerpunkten bestimmen	
DEFINITIONEN:	Drehmoment einer Kraft	$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$
GESETZE:	Drehmomentengleichgewicht	$\sum_i \vec{M}_i = 0$

#### 6. HYDROSTATIK

THEMEN:	Satz von Pascal:	<i>Druck, hydraulische Systeme</i>
	Schweredruck in Flüssigkeiten:	<i>hydrostatisches Paradoxon, kommunizierende Gefäße</i>
	Auftrieb:	<i>Prinzip von Archimedes, Schwimmkörper</i>
FERTIGKEITEN:	Funktionsweise eines Quecksilberbarometers erklären	
	Eintauchtiefe eines schwimmenden Körpers bestimmen	
DEFINITIONEN:	Druck	$p = \frac{F_{\perp}}{A}$
GESETZE:	Schweredruck in Flüssigkeiten	$\Delta p = \rho g h$
	Auftrieb (Archimedes)	Der Auftrieb entspricht dem Gewicht der verdrängten Flüssigkeit.

## 7. GASE

THEMEN:	Gasgesetze: kinetische Gastheorie:	<i>ideales Gas, Prozess vs. Zustand; Stoffmenge, Molmasse Teilchenmodell, Geschwindigkeitsverteilung</i>
FERTIGKEITEN:	Zustandsdiagramme erstellen, interpretieren und ineinander umwandeln	
KONSTANTEN:	Molmassen wichtiger Elemente (Wasserstoff, Helium, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff) Avogadrozahl universelle Gaskonstante	
DEFINITIONEN:	Molmasse	$M = \frac{m}{n}$
GESETZE:	Gesetz von Avogadro	$N = n N_A$
	Zustandsgleichung für ideale Gase	$pV = nRT$

## 8. TEMPERATUR UND WÄRME

THEMEN:	Temperatur: Innere Energie: Wärmemaschinen: spezifische Wärme: Wärmetransport: Phasenübergänge:	<i>thermisches Gleichgewicht; Celsius- und Kelvinskala Arbeit und Wärme bei Gasen Stirling-Prozess; Wärmekraftmaschine, Wärmepumpe und Kühlmaschine; idealer Wirkungsgrad spezifische und molare Wärme von Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern; Mischkalorimetrie Konvektion, Wärmeleitung, Wärmestrahlung Phasenübergänge; latente Wärme; Dampfdruckdiagramm, Tripelpunkt, kritischer Punkt</i>
FERTIGKEITEN:	Energieflussdiagramme für Wärmekraftmaschinen zeichnen und interpretieren Wärmeaustausch bei Mischvorgängen korrekt formulieren (auch mit Phasenübergang) Strahlungsintensität bei verschiedenen Temperaturen als Funktion der Wellenlänge skizzieren	
KONSTANTEN:	typischer Wirkungsgrad eines thermischen Kraftwerks spezifische Wärme von Wasser Solarkonstante Spezifische Schmelz- und Verdampfungswärme von Wasser	
DEFINITIONEN:	Heizwert	$H = \frac{Q'}{m}$
	spezifische Wärme	$c = \frac{Q}{m \Delta T}$
	Strahlungsintensität	$J = \frac{P}{A}$
	latente Wärme	$L_{f,v} = \frac{Q_{f,v}}{m}$
GESETZE:	1. Hauptsatz der Wärmelehre	$\Delta U = Q' + W'$
	idealer Wirkungsgrad (Carnot-Kreisprozess)	$\eta_C = 1 - \frac{T_k}{T_h}$ <i>entsprechende Ausdrücke für Wärmepumpe und Kältemaschine</i>
	Wärmeleitgleichung	$\frac{Q}{\Delta t} = -\lambda A \frac{\Delta T}{d}$ bzw. $\frac{Q}{\Delta t} = -U A \Delta T$
	Kirchhoff'sches Strahlungsgesetz	$J = \epsilon J_S$
	Gesetz von Stefan-Boltzmann	$J_S = \sigma T^4$
	Wien'sches Verschiebungsgesetz	$\lambda_{\max} T = b$

## 9. ELEKTROSTATIK

THEMEN:	Grundphänomene:	<i>Elementarladung, Leiter und Isolatoren, Influenz</i>
	Coulombkraft:	<i>Kraft zwischen Punktladungen</i>
	elektrisches Feld:	<i>Feldlinienbilder, Überlagerung von Feldern, Felder von Punktladung und Plattenkondensator; Satz von Gauss</i>
	Spannung und Potential:	<i>Arbeit im elektrischen Feld, Beschleunigung von geladenen Teilchen</i>
	Erzeugung elektrischer Felder:	<i>Felder von Platten und Punktladungen</i>
	Kondensatoren:	<i>Plattenkondensator, Materie im elektrischen Feld, elektrische Feldenergie</i>
FERTIGKEITEN:	Feldlinienbild einer Ladungsverteilung skizzieren, für Punktladungen Feldstärken bestimmen Geschwindigkeit eines Teilchens aus Beschleunigungsspannung berechnen (Einheit eV)	
KONSTANTEN:	Elementarladung elektrische Feldkonstante	
DEFINITIONEN:	elektrische Feldstärke	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$
	Spannung	$U_{12} = \frac{W_{1 \rightarrow 2}}{q}$
	Kapazität	$C = \frac{Q}{U}$
GESETZE:	Coulombkraft zwischen zwei Punktladungen	$F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$
	Spannung im homogenen Feld	$U = E d$
	Potential einer Punktladung	$\varphi(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{q}{r}$
	Kapazität eines Plattenkondensators	$C = \epsilon_0\epsilon_r \frac{A}{d}$
	Energie im Feld eines Kondensators	$W_{el} = \frac{1}{2} Q U = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$
	Energiedichte im elektrischen Feld	$w_{el} = \frac{1}{2} \epsilon_0\epsilon_r E^2$

## 10. GLEICHSTROM

THEMEN:	Stromstärke und Leistung:	<i>einfacher Stromkreis, Leistung des elektrischen Stroms</i>	
	Widerstand:	<i>Kennlinien nicht ohmscher Widerstände, ohmsche Widerstände, spezifischer Widerstand, Temperaturabhängigkeit</i>	
	Widerstandsnetzwerke:	<i>Serie- und Parallelschaltung; reale Spannungsquelle, Messgeräte</i>	
	Aufladen und Entladen von Kondensatoren:	<i>Zeitkonstante und Halbwertszeit der Entladung</i>	
	Leitungsmechanismen:	<i>metallische Leiter, Elektrolyte, Halbleiter</i>	
FERTIGKEITEN:	Schaltschema zeichnen (mit Messgeräten) und interpretieren		
KONSTANTEN:	spezifischer Widerstand von Kupfer		
DEFINITIONEN:	Stromstärke	$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$	
	Widerstand	$R = \frac{U}{I}$	
GESETZE:	Leistung des elektrischen Stroms	$P = UI$	
	ohmsches Gesetz	$U \propto I$	<i>nur für ohmsche Widerstände</i>
	Widerstand von Drähten	$R = \rho \frac{l}{A}$	
	Temperaturabhängigkeit	$\Delta \rho = \rho_{T_0} \alpha_{T_0} \Delta T$ bzw. $\Delta R = R_{T_0} \alpha_{T_0} \Delta T$	
	Serieschaltung ohmscher Widerstände	$R_T = R_1 + R_2 + \dots$	
	Parallelschaltung ohmscher Widerstände	$R_T = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \right)^{-1}$	
	Zeitkonstante	$\tau = RC$	
	Halbwertszeit	$T_{1/2} = \tau \ln 2$	



## 11. MAGNETISMUS

THEMEN:	Ferromagnetismus	
	Magnetfelder:	<i>Feldlinienbilder, Kraft auf stromdurchflossene Leiter</i>
	Lorentzkraft:	<i>Bewegung geladener Teilchen im (homogenen) Feld</i>
	Erzeugung von Magnetfeldern:	<i>Feld von: langem, geradem Leiter, Kreisstrom, dünner Spule, Helmholtzspulen</i>
	Induktion:	<i>magnetischer Fluss, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel, Wirbelströme</i>
	Selbstinduktion:	<i>Selbstinduktion, Einschalt-/Ausschaltstrom, magnetische Feldenergie</i>
FERTIGKEITEN:	Feldlinienbilder von Magneten skizzieren graphisch ableiten und integrieren (Induktionsspannung und magnetischer Fluss)	
KONSTANTEN:	Erdmagnetfeld in Zürich (Horizontalkomponente und Inklination) magnetische Feldkonstante	
DEFINITIONEN:	magnetische Feldstärke	$\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B}$
	magnetischer Fluss	$\Phi = BA_{\perp}$ <i>Richtung mit Rechte-Hand-Regel</i>
GESETZE:	Lorentzkraft	$\vec{F}_L = q \vec{v} \times \vec{B}$ <i>Elektronen: linke Hand</i>
	Magnetfeld um geraden Leiter	$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
	Magnetfeld in langer, dünner Spule	$B = \mu_0 \frac{NI}{l}$
	induzierte Spannung in bewegtem Leiterstück	$U = vBl$
	induzierte Spannung	$U(t) = -N \dot{\Phi}(t)$
	selbstinduzierte Spannung	$U(t) = -L \dot{I}(t)$
	Induktivität einer dünnen Spule	$L = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 A}{l}$
	Ausschaltstrom	$I(t) = I_0 e^{-t/\tau}$
	Zeitkonstante	$\tau = \frac{L}{R}$
	Energie im Magnetfeld einer Spule	$W_{\text{mag}} = \frac{1}{2} L I^2$ <i>vgl. Energie im elektrischen Feld</i>
	Energiedichte im Magnetfeld	$w_{\text{mag}} = \frac{1}{2\mu_0 \mu_r} B^2$ <i>vgl. Energie im elektrischen Feld</i>

## 12. WECHSELSTROM

THEMEN:	Wechselstromkreis: Transformator	<i>Impedanz und Phasenverschiebung, Wirkleistung</i>
	elektrische Energieübertragung:	<i>Dreiphasenwechselstrom, Hochspannung</i>
FERTIGKEITEN:	Amplitude, Frequenz, Phasenverschiebung, ... anhand eines Diagramm bestimmen Phasenbeziehungen im Zeigerdiagramm darstellen bzw. ablesen Energieübertragung vom Kraftwerk bis zur Steckdose beschreiben	
KONSTANTEN:	Frequenz und Effektivwert der Haushaltsspannung	
DEFINITIONEN:	harmonische Wechselspannung	$u(t) = \hat{u} \cos(\omega t - \varphi_0)$
	Impedanz	$Z = \frac{\hat{u}}{\hat{i}}$
	Effektivwerte von Spannung und Strom	$U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}, I = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}}$
GESETZE:	Phasen- und Zeitverschiebung	$\frac{\Delta\varphi}{2\pi} = \frac{\Delta t}{T}$
	Wirkleistung	$P = UI \cos \Delta\varphi$
	ohmscher Widerstand	$Z_R = R, \Delta\varphi = 0$
	kapazitiver Widerstand	$Z_C = \frac{1}{\omega C}, \Delta\varphi = -\frac{\pi}{2}$
	induktiver Widerstand	$Z_L = \omega L, \Delta\varphi = +\frac{\pi}{2}$
	unbelasteter Transformator	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$
	kurzgeschlossener Transformator	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$

### 13. SCHWINGUNGEN

THEMEN:	harmonische Schwingung:	<i>Kinematik, Dynamik und Energetik</i>
	Dämpfung und Resonanz:	<i>Energieverlust durch Dämpfung, Hüllkurve, Rückkopplungsmechanismen, erzwungene Schwingung</i>
	Überlagerung von Schwingungen:	<i>Überlagerung von gleichfrequenten Schwingungen (Zeigerdiagramm), Schwebung</i>
	gekoppelte Schwingungen:	<i>Kopplungsarten, Eigenschwingungen</i>
FERTIGKEITEN:	charakteristische Gleichung erkennen und daraus Periodendauer bestimmen Diagramme für Auslenkung, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Energie	
DEFINITIONEN:	charakteristische Differentialgleichung $\ddot{y}(t) = -\omega^2 y(t)$	
GESETZE:	Bewegungsgleichung	$y(t) = \hat{y} \cos(\omega t)$
	Geschwindigkeitsamplitude	$\hat{v} = \omega \hat{y}$
	Beschleunigungsamplitude	$\hat{a} = \omega^2 \hat{y}$
	Periodendauer	$T = \frac{2\pi}{\omega}$
	Gesamtenergie	$E \propto \hat{y}^2$
	Periodendauer eines Federpendels	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$
	Periodendauer eines Fadenpendels	$T \approx 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ <i>für kleine Amplituden</i>
	Periodendauer eines elektrischen Schwingkreises	$T = 2\pi \sqrt{LC}$
	gedämpfte Schwingung	$y(t) = \hat{y}(t) \cos(\omega t)$
	Halbwertszeit bei exponentieller Hüllkurve	$T_{1/2} = \tau \ln 2$
	Zeitkonstante für gedämpften elektrischen Schwingkreis	$\tau = 2 \frac{L}{R}$
	Schwebungsfrequenz	$f_s =  f_1 - f_2 $

### 14. WELLEN

THEMEN:	Wellen:	<i>Störung, Trägermedium, Kopplung; Longitudinal- und Transversalwellen</i>
	lineare Wellen:	<i>Orts- und Zeitbild, Reflexion</i>
	harmonische Wellen:	<i>Wellenlänge, stehende Welle</i>
FERTIGKEITEN:	Wechsel zwischen Orts- und Zeitbild, Überlagerung einlaufender und reflektierter Welle	
DEFINITIONEN:	charakteristische Gleichungen	$y(x, t) = f(x - vt)$ <i>lineare Welle</i>
	harmonische Welle	$y(x, t) = \hat{y} \cos(\omega t - kx)$
GESETZE:	Wellenzahl	$k = \frac{2\pi}{\lambda}$
	Ausbreitungsgeschwindigkeit	$v = \lambda f$

## 15. SCHALLWELLEN

THEMEN:	Schallwellen:	<i>Schallgeschwindigkeiten in verschiedenen Medien</i>	
	Tonhöhe und Intervalle:	<i>Frequenz und Frequenzverhältnisse, Stimmungen</i>	
	Lautstärke:	<i>Schallintensität und Schallpegel; Dezibel- und Phonskala</i>	
	Instrumente:	<i>Stehende Wellen; Saiteninstrumente und Pfeifen; Klangspektrum</i>	
	Dopplereffekt:	<i>bewegte Quelle und/oder Beobachter, Frequenzverschiebung bei Reflexion an bewegtem Objekt</i>	
FERTIGKEITEN:	stehende Wellen auf Saiten und in dünnen Pfeifen skizzieren		
	„Addition“ von Intervallen		
	„Addition“ von Schallpegeln		
	Polardiagramme für Richtcharakteristik von Lautsprechern interpretieren		
KONSTANTEN:	Schallgeschwindigkeit in Luft		
	wichtigste Intervalle		
	Hörschwelle und Hörbereich des menschlichen Ohrs		
DEFINITIONEN:	Schallintensität	$J = \frac{P}{A}$	
	Schallpegel	$L = 10 \log \frac{J}{J_0}$	<i>Faustregeln</i>
GESETZE:	Schallgeschwindigkeit in Gasen	$v_s = \sqrt{\frac{\kappa RT}{M}}$	
	Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten	$v_s = \sqrt{\frac{1}{\chi \rho}}$	
	Transversalwellen auf Saiten	$v_s = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} = \sqrt{\frac{F}{m^*}}$	
	schwingende Saite (n-ter Oberton)	$f_n = (n + 1)f_o = (n + 1)\frac{v_s}{2l}$	<i>Knoten an den Enden</i>
	offene Pfeife (n-ter Oberton)	$f_n = (n + 1)f_o = (n + 1)\frac{v_s}{2l}$	<i>Schwingungsbäuche an den Enden</i>
	gedackte Pfeife (n-ter Oberton)	$f_n = (2n + 1)f_o = (2n + 1)\frac{v_s}{4l}$	
	Dopplereffekt	$f_B = f_Q \frac{v_s \pm v_B}{v_s \mp v_Q}$	<i>Vorzeichen für Zähler und Nenner separat überlegen</i>

## 16. ELEKTROMAGNETISCHE WELLEN

THEMEN:	Entstehung und Ausbreitung:	<i>stehende Wellen, Dipolantenne; Ausbreitungsgeschwindigkeit im Vakuum und in Medien; elektromagnetisches Spektrum</i>
	Polarisation:	<i>Polarisationsfilter, Drehung der Polarisationsrichtung</i>
	Wellenoptik:	<i>Prinzip von Huygens, Beugung</i>
	Strahlenoptik	<i>Reflexion und Brechung, Totalreflexion, Abbildung mit Linsen</i>
FERTIGKEITEN:	Überblick über das elektromagnetische Spektrum (mit Wellenlängenbereich) Abbildung mit Linsen konstruieren (vgl. Praktikum)	
KONSTANTEN:	Lichtgeschwindigkeit im Vakuum Brechzahl von Glas	
DEFINITIONEN:	Brechzahl	$n = \frac{c_{\text{Vakuum}}}{c_{\text{Medium}}}$
GESETZE:	Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	$c_{\text{Vakuum}} = \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}$
	Lichtgeschwindigkeit im Medium	$c_{\text{Medium}} = \frac{c_{\text{Vakuum}}}{n} = \frac{c_{\text{Vakuum}}}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$
	Feldvektoren	$\vec{E} = \vec{B} \times \vec{c}$
	Intensität	$J = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r}{2} c E^2 = \frac{1}{2 \mu_0 \mu_r} c B^2$
	Poyntingvektor	$\vec{S} = \frac{1}{2 \mu_0 \mu_r} \vec{E} \times \vec{B}$
	Reflexionsgesetz	$\alpha = \alpha'$
	Brechungsgesetz	$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$ <i>Merkregel für Richtung der Ablenkung</i>
	Totalreflexion (kritischer Winkel)	$\sin \alpha_c = \frac{n_2}{n_1}$ <i>nur für <math>n_1 &gt; n_2</math></i>
	Abbildungsgleichung (für dünne Linsen)	$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$ <i>Vorzeichenkonvention beachten</i>
	Lateralvergrößerung	$\frac{B}{G} = -\frac{b}{g}$
	Bedingung für konstruktive Interferenz	$\Delta r = m \lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$
	Beugung am Doppelspalt/Gitter (Maxima)	$\sin \alpha_m = m \frac{\lambda}{d}$
	Beugung am Einzelspalt (Minima)	$\sin \alpha_k = k \frac{\lambda}{s}$

## 17. RELATIVITÄTSTHEORIE

THEMEN:	Postulate der SRT:	<i>Experiment von Michelson-Morley, Relativitätsprinzip und absolute Lichtgeschwindigkeit</i>	
	Kinematik:	<i>Gleichzeitigkeit, Zeitdilatation (Lichtuhr), Längenkontraktion</i>	
	Dynamik:	<i>relativistischer Impuls, relativistische Energie, Äquivalenz von Energie und Masse, Massendefekt</i>	
FERTIGKEITEN:	Geschwindigkeit eines Teilchens aus der Beschleunigungsspannung berechnen bei Kernspaltung oder Kernfusion freigesetzte Energie berechnen		
DEFINITIONEN:	einheitenlose Geschwindigkeit	$\beta = \frac{v}{c}$	
	Lorentzfaktor	$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$	<i>nicht-relativistisch heisst <math>\gamma - 1 \ll 1</math></i>
GESETZE:	Zeitdilatation	$t = \gamma \tau$	
	Längenkontraktion	$l = \frac{\lambda}{\gamma}$	<i>nur entlang Bewegungsrichtung</i>
	Energie-Impuls-Beziehung	$E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$	
	Äquivalenz von Energie und Masse	$E_0 = mc^2$	<i>Ruheenergie</i>
	relativistische Energie	$E = E_0 + E_{\text{kin}} + \dots = \gamma E_0$	
	Massendefekt	$\Delta m = m_X - Zm_p - (N - Z)m_n$	
	Dopplereffekt für Licht (longitudinal)	$f_B = f_S \sqrt{\frac{c \pm v}{c \mp v}}$	

## 18. QUANTENPHYSIK

THEMEN:	Photoeffekt:	<i>Austrittsarbeit, Photon</i>	
	Dualismus Teilchen – Welle:	<i>de Broglie-Beziehung</i>	
	Atomphysik:	<i>Energieniveaus, Resonanzabsorption</i>	
KONSTANTEN:	Planck'sches Wirkungsquantum		
GESETZE:	Photonenenergie	$E = hf = \hbar \omega$	
	Photoelektrische Gleichung	$W_{\text{max}} = hf - W_A$	
	Grenzfrequenz	$f_{\text{min}} = \frac{W_A}{h}$	
	de Broglie-Wellenlänge	$\lambda_B = \frac{h}{p}$	

## 19. KERNPHYSIK

THEMEN:	radioaktiver Zerfall:	<i><math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>- und <math>\gamma</math>-Zerfall, Tochterkerne; Zerfallsgesetz und Halbwertszeit</i>	
FERTIGKEITEN:	Tochterkerne beim $\alpha$ - und $\beta$ -Zerfall bestimmen aus Zerfallskurve Halbwertszeit ablesen		
GESETZE:	Zerfallsgesetz	$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 2^{-t/T_{1/2}}$	
	Halbwertszeit	$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$	