

## Jahrgangsstufe 11 – Leistungskurs

### Lernbereich 1: Erhaltungssätze und ihre Anwendungen

20 Ustd.

<p>Einblick gewinnen in die Entwicklung der Mechanik zum grundlegenden Teilgebiet der gesamten Physik</p> <p>Klassische Mechanik</p> <p>Anwenden des Energieerhaltungssatzes auf Bewegungsvorgänge</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Existenzformen mechanischer Energie</li> <li>- abgeschlossene Systeme</li> <li>- Energieumwandlungen</li> </ul> <p>Kennen der physikalischen Größe mechanische Arbeit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>W = \Delta E</math></li> <li>- <math>W = F \cdot s \cdot \cos \alpha</math></li> <li>- grafische Ermittlung</li> </ul> <p>Übertragen der Kenntnisse auf die Quantifizierung der Existenzformen der mechanischen Energie</p> <p>Herleitung der Gleichungen: <math>E_{\text{kin}} = \frac{m}{2} \cdot v^2</math> ;  <math>E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h</math> ; <math>E_{\text{sp}} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2</math></p> <p>Kennen der physikalischen Erscheinung Reibung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energieentwertung durch Reibung</li> <li>- Reibungsarbeit <math>W_R = F_R \cdot s</math></li> <li>- Reibungszahlen <math>\mu = \frac{F_R}{F_N}</math></li> <li>- Luftreibung <math>F_{R;\text{Luft}} = \frac{1}{2} \cdot c_W \cdot \rho \cdot A \cdot v^2</math></li> </ul> <p>Kennen des Begriffs Wirkungsgrad eines mechanischen Systems</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mechanische Leistung als Geschwindigkeit der Energieübertragung <math>P = \frac{\Delta E}{\Delta t}</math> ; <math>P = F \cdot v</math></li> <li>- <math>\eta = \frac{P_{\text{nutz}}}{P_{\text{aufg}}}</math></li> </ul>	<p>historischer Überblick, der die Bedeutung der Mechanik als „vorstellbare Physik“ und damit als Grundlage für Modellvorstellungen hervorhebt</p> <p>erste Theorien der Bewegungslehre</p> <p>Leistungen und Grenzen</p> <p>potentielle Energie der Lage, Spannenergie, Bewegungsenergie der Translation und der Rotation</p> <p>innere Energie</p> <p>qualitative Energiebilanzen</p> <p>Arbeit als die mit Kraft über die Systemgrenze übertragene Energie</p> <p>Anwenden des Energieerhaltungssatzes auf mechanische Systeme</p> <p>⇒ Methodenbewusstsein</p> <p>Zunahme der inneren Energie des Systems</p> <p>Haft- und Gleitreibung, Luftwiderstand und Fahrzeugtechnik</p> <p>Sicherheit im Straßenverkehr Abrieb von Reifen, Kupplung und Bremsen als Ursache von Umweltverschmutzung</p> <p>⇒ Werteorientierung</p> <p>⇒ Bildung für nachhaltige Entwicklung</p> <p>Fahrphysik: Höchstgeschwindigkeit radgetriebener Fahrzeuge</p> <p>Größenordnungen bei praktischen Sachverhalten</p>
---	--

Anwenden des Impulserhaltungssatzes auf ein-dimensionale Probleme	Zweikörperprobleme Vorzeichen
- $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ - zentrale unelastische und zentrale elastische Stöße - Kraftstoß $\Delta p = F \cdot \Delta t$	Massepunkte auf gleicher Wirkungslinie
Problemlösen durch komplexes Anwenden von Energie- und Impulserhaltungssatz	Verkehrsphysik, Sport, ballistisches Pendel

**Lernbereich 2: Kinematik geradliniger Bewegungen****12 Ustd.**

Anwenden der experimentellen Verfahren zur kinematischen Untersuchung vielfältiger Bewegungen	verschiedene Messverfahren: Stoppuhr, Lichtschranke, Ultraschallsonde  ⇒ Methodenbewusstsein
- rechnergestütztes Erfassen und Auswerten von Messwerten - Klassifikation durch Interpretation von Messreihen <ul style="list-style-type: none"> <li>· grafische Deutung von Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit</li> <li>· Gewinnen der <math>v(t)</math> – und <math>a(t)</math> – Diagramme;</li> </ul> $v(t) = \frac{ds}{dt}, \quad a(t) = \frac{dv}{dt}$ und die Umkehrung durch grafische bzw. rechnergestützte numerische Integration	gleichförmige, gleichmäßig- und ungleichmäßig beschleunigte Bewegung Differenzen- und Differenzialquotient → MA, Gk 11, LB 1 → MA, Lk 11, LB 1
Übertragen der Kenntnisse auf verschiedene Bewegungsarten	Einsatz GTR, Computer oder digitale Endgeräte realitätsnahe Überholvorgänge; Treffpunkte bzw. Trefforte (aufeinander zu bzw. zeitversetzt vom gleichen Ort oder von verschiedenen Orten aus mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten bzw. Bewegungsarten)
- gleichförmige Bewegung $s(t) = v \cdot t + s_0$ - gleichmäßig beschleunigte Bewegung	freier Fall als Spezialfall; Fallturm
$s(t) = \frac{a}{2} \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0; \quad v(t) = a \cdot t + v_0$	Raketenstart; Fallbewegungen in Luft Nutzung von Gleichungen unter Kenntnis derer Gültigkeitsbedingungen Nutzung von grafischen Darstellungen systematisches Probieren

**Lernbereich 3: Newton'sche Gesetze und deren Anwendungen****8 Ustd.**

Anwenden der drei Newton'schen Gesetze auf vielfältige Beispiele aus dem Alltag	Zusammenhang zwischen gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Entwicklung Beitrag Newtons zur Entstehung eines modernen astronomischen Weltbildes
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beschreiben der Wechselwirkungen zwischen einem mechanischen System und seiner Umgebung durch Kräfte           <ul style="list-style-type: none"> <li>· vektorielle Addition und Zerlegung von Kräften</li> <li>· Kräfte an der geneigten Ebene</li> </ul> </li> <li>- Trägheitsgesetz</li> <li>- Grundgesetz der Mechanik           <math display="block">\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m \cdot \vec{a} = \frac{d\vec{p}}{dt}</math> </li> <li>- Wechselwirkungsgesetz <math>\vec{F}_A = -\vec{F}_B</math></li> </ul>	Beschleunigungssensoren, Airbagsensoren ortsabhängige Gewichtskraft; $\vec{F} = m \cdot \vec{g}$ grafische Deutung im $p(t)$ – Diagramm → MA, Gk 11, LB 2 System und Umgebung; Unterscheidung zwischen Gleichgewichts- und Wechselwirkungskräften

**Lernbereich 4: Modellbildung und Simulation****8 Ustd.**

Kennen der Möglichkeit der Bildung von Modellen zur numerischen Beschreibung und zur Vorhersage des Verhaltens dynamischer Systeme	geradlinige Bewegungen Kugel fällt in Luft ⇒ Methodenbewusstsein
<ul style="list-style-type: none"> <li>- gleichungsorientierte Modellbildung unter Nutzung der Arbeitsumgebung auf dem Computer - Modellbildungssystem oder Tabellenkalkulation           <ul style="list-style-type: none"> <li>· physikalische Beschreibung von eindimensionalen Bewegungen</li> <li>· Umsetzung in einen Algorithmus</li> <li>· grafische Auswertung</li> </ul> </li> <li>- Simulation           <ul style="list-style-type: none"> <li>· Variation von Parametern</li> <li>· Vergleich mit eigenen Prognosen und dem Realexperiment</li> <li>· Grenzen</li> </ul> </li> </ul>	Zustandsgrößen, Änderungsraten, Einflussgrößen System von Differenzen- und Funktionsgleichungen  Ziele der Simulation: Experimentieren auf der Modellebene, Erklärung, Prognose, Entscheidung  Unterscheidung von zufälligen und deterministischen sowie von diskreten und kontinuierlichen Einflüssen Zuverlässigkeit, Manipulierbarkeit von Simulationsergebnissen ⇒ Medienbildung

**Lernbereich 5: Krummlinige Bewegungen****10 Ustd.**

<p>Anwenden des erworbenen Wissens auf die dynamische Betrachtung von krummlinigen Bewegungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Radialkraft <math>F_r = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r</math></li> <li>- Kreisbewegung Bahngeschwindigkeit <math>v = \omega \cdot r</math></li> </ul> <p>Kennen der Möglichkeit, Wurfbewegungen analytisch zu untersuchen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Superposition</li> <li>- Bewegungsgleichungen für <math>a</math>, <math>v</math> und <math>s</math> in Parameterform</li> </ul> $s_x(t) = v_0 \cdot t \cdot \cos \alpha$ $s_y(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_0 \cdot t \cdot \sin \alpha + s_{0y}$ <p>Übertragen der Kenntnisse auf die Untersuchung vielfältiger Sachverhalte</p> <p>Simulation von Wurf- und Kreisbewegungen</p>	<p>Kurvenüberhöhungen, Loopingbahn</p> <p>Klassifizierung der Wurfarten</p> <p>Nutzung des Parametermodus zur Untersuchung</p> <p>Bahnkurven im Sport: Wurfsportarten, Sprungsportarten</p> <p>Realbedingungen</p> <p>Bahnkurven im Sport unter Beachtung des Luftwiderstands (keine Superposition)</p>
---	---

**Lernbereich 6: Einblick in die Relativitätstheorie****8 Ustd.**

<p>Kennen der Postulate und grundlegender Aussagen der Speziellen Relativitätstheorie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- klassisches Relativitätsprinzip</li> <li>- Michelson-Experiment</li> <li>- Relativitätsprinzip</li> <li>- Relativität der Gleichzeitigkeit</li> <li>- Zeitdilatation</li> <li>- Längenkontraktion</li> <li>- Relativität der Masse</li> <li>- Äquivalenz von Masse und Energie <math>E = m \cdot c^2</math></li> </ul> <p>Einblick gewinnen in ausgewählte Aussagen der Allgemeinen Relativitätstheorie</p>	<p>Satellitennavigationssysteme</p> <p>Begriff Inertialsystem; Galilei-Transformation</p> <p>Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</p> <p>Experimente mit bewegten Atomuhren</p> <p>Myonenzerfall, Raumzeit</p> <p>klassische Mechanik als Sonderfall der Speziellen Relativitätstheorie</p> <p>Gravitation und gekrümmte Raumzeit; Experimente mit Atomuhren; schwarze Löcher im Kosmos; Theorie des Urknalls</p> <p>→ RE/e, Lk 12, LB 2</p>
--	---

**Lernbereich 7: Elektrisches Feld****14 Ustd.**

<p>Kennen der elektrischen Ladung als wesentliche Eigenschaft der Materie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eigenschaften ruhender Ladungen,</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Coulomb'sches Gesetz <math>F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{q \cdot Q}{r^2}</math></li> <li>- elektrischer Strom als gerichtete Bewegung von Ladungen, Stromstärke <math>I = \frac{dQ}{dt}</math></li> </ul>	<p>Simulation der Bewegung zweier Punktladungen mittels Modellbildung</p>
<p>Kennen der Faraday'schen Nahwirkungstheorie zur Beschreibung der Umgebung elektrischer Ladungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Darstellung und Eigenschaften elektrischer Felder</li> </ul>	<p>Faradays Feldidee</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- elektrische Feldstärke <math>\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}</math></li> </ul>	<p>Feldlinienbilder, Influenz, Polarisation Faraday'scher Käfig; Gewitter</p>
<p>Einblick gewinnen in Energieumwandlungen im homogenen elektrischen Feld</p> <p>Arbeit an geladenen Körpern im Feld</p> $\Delta E_{\text{el}} = W ; W = Q \cdot E \cdot s$	<p>Die Änderung der potentiellen Energie des Systems Körper-Feld ist nur von Anfangs- und Endpunkt abhängig.</p>
<p>Anwenden der Kenntnisse auf die Untersuchung spezieller Felder</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- homogenes Feld <math>E = \frac{U}{d}</math></li> <li>- radiales Feld</li> </ul>	<p>Plattenkondensator</p>
<p>Kennen der Möglichkeit, durch Kondensatoren Ladungen und Energie zu speichern</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapazität <math>C = \frac{Q}{U}</math></li> <li>- SE: Entladekurve</li> </ul>	<p>verschiedene Bauformen rechnergestütztes Experimentieren</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modellbildung und Simulation der Kondensatorentladung</li> <li>- Isolatoren im elektrischen Feld</li> <li>- Kapazität des Plattenkondensators</li> </ul> $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$	<p>Vergleich von Realexperiment und Modell</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energiezufuhr während des Aufladevorgangs</li> </ul> $E_{\text{el}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$	<p>Dielektrikum <math>\epsilon_r</math>; qualitative Diskussion</p>

**Lernbereich 8: Magnetisches Feld****10 Ustd.**

<p>Einblick gewinnen in die Entwicklung des Wissens über Magnetismus und dessen Anwendung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eigenschaften der Permanentmagnete</li> <li>- Magnetismus in der Umgebung bewegter Ladungen</li> </ul> <p>Übertragen der Kenntnisse über physikalische Felder auf die Beschreibung der Umgebung von Permanentmagneten und stromdurchflossenen Leitern</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- magnetisches Feld</li> <li>- Darstellung und Eigenschaften magnetischer Felder</li> <li>- magnetische Flussdichte <math>\vec{B}</math>; <math>B = \frac{F}{I \cdot \ell}</math></li> <li>- Innenraum einer langen, schlanken Spule  <math display="block">B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N \cdot I}{\ell}</math></li> <li>- Materie im Magnetfeld <math>\mu_r</math></li> </ul>	<p>Erdmagnetfeld, Magnetisierung, Elementarmagnete, Kräfte  gerader Leiter, Spule, Elektronenstrahl</p> <p>Beispiele für Flussdichten  <math>\ell</math> ist die effektive Leiterlänge  Winkelabhängigkeit</p> <p>experimentelle Bestimmung von <math>\mu_0</math></p> <p>Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen <math>\epsilon_r</math> und <math>\mu_r</math></p>
--	--

**Lernbereich 9: Geladene Teilchen in Feldern****12 Ustd.**

<p>Einblick gewinnen in die Geschichte der experimentellen Bestimmung fundamentaler Naturkonstanten</p> <p>Millikan-Versuch</p> <p>Übertragen der Kenntnisse zur kinematisch-dynamischen Betrachtung von Bewegungsvorgängen bzw. deren Untersuchung mit Hilfe von Erhaltungssätzen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- geladene Teilchen im homogenen Magnetfeld <ul style="list-style-type: none"> <li>· Lorentzkraft auf freie Ladungen  <math>F_L = Q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha</math></li> <li>· Kreisbahnen <math>r = \frac{v_s}{B \cdot \frac{Q}{m}}</math></li> </ul> </li> <li>- geladene Teilchen im homogenen elektrischen Feld <ul style="list-style-type: none"> <li>· Beschleunigung im Längsfeld  <math>Q \cdot U = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2</math>; Einheit 1 eV</li> <li>· Ablenkung im Querfeld</li> </ul> </li> </ul>	<p>Elementarladung <math>e</math></p> <p>Polarlichter  magnetische Linse  Elektronenmikroskop</p> <p>Fokussierung von Elektronenstrahlen</p> <p>Lorentzkraft als Radialkraft  <math>v_s</math> ... senkrechte Komponente der Geschwindigkeit</p> <p>qualitative Diskussionen zu inhomogenen Feldern</p> <p>Braun'sche Röhre</p> <p>Analogie zu Wurfbewegungen  Simulation der Elektronenbahn mittels Modellbildung</p>
---	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>- geladene Teilchen im Einfluss beider Felder           <ul style="list-style-type: none"> <li>· spezifische Ladung des Elektrons <math>\frac{e}{m}</math></li> <li>· Hall-Effekt <math>B = \frac{n \cdot e \cdot d}{I} \cdot U_H</math></li> <li>· Geschwindigkeitsfilter</li> </ul> </li> </ul> <p>Sich positionieren zum Verhältnis von Aufwand und Nutzen technischer Anwendungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prinzip eines Linear- oder Zirkularbeschleunigers</li> <li>- Prinzip des Massenspektrometers</li> </ul>		Linearmotor, Zyklotron DESY Herstellung von Radiopharmaka
---	--	--

## Lernbereich 10: Elektromagnetische Induktion

15 Ustd.

<p>Kennen des Induktionsgesetzes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betrag der Induktionsspannung durch zeitliche Änderung der wirksamen Fläche  <math display="block">U_{\text{ind}} = N \cdot B \cdot \frac{dA}{dt}; A = A_0 \cdot \cos \varphi</math> </li> <li>- Betrag der Induktionsspannung durch zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte  <math display="block">U_{\text{ind}} = N \cdot A \cdot \frac{dB}{dt}</math> </li> <li>- Induktionsgesetz <math>U_{\text{ind}} = N \cdot \frac{d\Phi}{dt}</math>            magnetischer Fluss <math>\Phi = B \cdot A</math></li> </ul> <p>Anwenden des Energieerhaltungssatzes auf Induktionsvorgänge</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lenz'sches Gesetz; <math>U_{\text{ind}} = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}</math></li> <li>- Induktionsspannung und Lorentzkraft  <math display="block">U_{\text{ind}} = B \cdot v_s \cdot \ell</math> </li> <li>- Selbstinduktion als induktive Rückwirkung auf den eigenen Stromkreis           <ul style="list-style-type: none"> <li>· experimentelle Befunde, rechnergestütztes Experimentieren</li> <li>· Herleitung  <math display="block">U = -L \cdot \frac{di}{dt}; L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N^2 \cdot A}{\ell}</math> </li> <li>· Modellbildung und Simulation des Einschaltvorgangs einer Spule im Gleichstromkreis</li> </ul> </li> <li>- Energiespeicherung im Magnetfeld            lange, stromdurchflossene Spule  <math display="block">E = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2</math> </li> </ul>	<p>→ Kl. 9, LB 2</p> <p>Generatorprinzip</p> <p>Transformatorprinzip</p> <p>vereinfachte Betrachtung ohne Vorzeichen</p> <p>Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile</p> <p>Wirbelströme: Induktionsherd, Hometrainer, Free-Fall-Tower</p> <p>Induktion durch Leiterbewegung  Drei-Finger-Regel</p> <p><math>I(t)</math> – und <math>U(t)</math> – Diagramme</p> <p>Ausschaltvorgang einer Spule im Gleichstromkreis</p>
---	--

**Lernbereich 11: Physikalisches Praktikum****13 Ustd.**

<p>Problemlösen durch Experimentieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufgaben aus Mechanik und Elektrizitätslehre</li> <li>- rechnergestütztes Auswerten von Messwerten</li> <li>- Entwickeln von Versuchsanordnungen und Planen von Versuchsabläufen</li> </ul> <p>Kennen des Einflusses von Messunsicherheiten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unterscheiden von systematischen und zufälligen Fehlern</li> <li>- qualitative und quantitative Diskussion</li> </ul>	<p>⇒ Problemlösestrategien</p> <p>Experimente zu beschleunigter Bewegung, Wurfbewegungen, Stoßvorgängen; Entladung eines Kondensators; Verhalten von Spulen beim Ein- und Ausschalten bzw. im Wechselstromkreis; Kennlinie von Bauelementen (je nach Wahlthema)</p> <p>Addition der absoluten Fehler bei Summen und Differenzen bzw. Addition der relativen Fehler bei Produkten und Quotienten</p>
---	---

**Wahlbereich 1: Physik des Fahrens**

<p>Einblick gewinnen in Probleme des Straßenverkehrs sowie in die Hauptursachen für Unfälle</p> <p>Anwenden der Kenntnisse zu Modellbildung und Simulation auf Bewegungsprobleme bei Beteiligung von mindestens drei Fahrzeugen</p> <p>Kennen der Probleme bei der Übertragung der Antriebskraft des Motors auf die Unterlage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anfahren und Bremsen</li> <li>- Kurvenfahrten <ul style="list-style-type: none"> <li>· Vergleich des Fahrverhaltens von heck- und frontgetriebenen Fahrzeugen</li> <li>· Schienenfahrzeuge</li> </ul> </li> </ul> <p>Kennen der Wirkprinzipien elektronischer Fahrsicherheitssysteme und Beurteilen ihrer Möglichkeiten</p>	<p>Recherche bzw. Diskussion mit Fahrschule oder Verkehrspolizei; Faustformeln</p> <p>⇒ Werteorientierung</p> <p>Überholvorgänge mit Gegenverkehr und Beschleunigungsphasen</p> <p>Autos und Eisenbahn</p> <p><math> a_{\max}  = g</math></p> <p>Kurvenüberhöhung, Kurvenradius</p> <p>Airbag, Antiblockiersystem (ABS) Antischlupfregelung (ASR) elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)</p>
--	--

**Wahlbereich 2: Leitungsvorgänge in Halbleitern**

<p>Einblick gewinnen in die Grundlagen der Leitungsvorgänge in Halbleitern</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erklärung der elektrischen Leitungsvorgänge <ul style="list-style-type: none"> <li>· Bandaufspaltung im Festkörper</li> <li>· Eigenleitung, n- und p-Leitung</li> </ul> </li> <li>- Vorgänge im pn-Übergang im Bändermodell</li> <li>- SE: Halbleiterdiode</li> </ul>	<p>Energiebänder, Bandlücken reine und dotierte Halbleiter Sperr- und Durchlasspolung</p>
---	---

Beurteilen der Möglichkeiten des Einsatzes von Bipolar- und Unipolartransistor

- npn-Bipolartransistor und MOSFET
  - Wirkprinzipien
  - Kennlinien
- Schaltungsbeispiele

Prinzip des Addierers mit FET  
Reglungsschaltungen mit FET

### Wahlbereich 3: Messen und Modellieren

Kennen der Möglichkeit, Messreihen mit Modellen zu vergleichen

- Erfassen und Auswerten von Messreihen mit Hilfe der Videoanalyse
- computergestütztes Erfassen und Auswerten von Messreihen mit Hilfe von Messschnittstellen
- Bewegung in Feldern

Nutzen geeigneter Software

Beschleunigen von Fahrzeugen, Fallbewegungen, reale Wurfbahnen, Beschleunigung beim Bogenschießen, teilelastische Stoßvorgänge

Bewegungen auf der Luftkissenbahn mit Luftwiderstand (Luftballon), dynamische Auftriebskraft am Tragflügel, Bewegungsabläufe beim Sport

Bewegungen im Gravitationsfeld, Ellipsenbahnen, spiralförmige Bewegung von Ladungsträgern im Magnetfeld

**Jahrgangsstufe 12 – Leistungskurs****Lernbereich 1: Mechanische und elektromagnetische Schwingungen****22 Ustd.**

<p>Kennen der Merkmale zur Beschreibung harmonischer, mechanischer Schwingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lineares Kraftgesetz <math>F = -D \cdot y</math></li> <li>- <math>y(t) = y_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t)</math>; <math>v(t) = \frac{dy}{dt}</math>;  <math>a(t) = \frac{d^2y}{dt^2}</math></li> <li>- Energieerhaltung</li> </ul> <p>Anwenden der Kenntnisse zur Modellbildung auf die Untersuchung gedämpfter Schwingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Simulation von Reibungseffekten <ul style="list-style-type: none"> <li>· unterschiedliches Abklingverhalten</li> <li>· Vergleich mit Realexperiment</li> </ul> </li> </ul> <p>Kennen der Voraussetzungen für das Entstehen von Resonanz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- erzwungene Schwingung <math>f_0</math>, <math>f_E</math></li> <li>- Phasenverschiebung <math>\varphi</math></li> </ul> <p>Übertragen der Kenntnisse auf die Vorgänge im elektromagnetischen Schwingkreis</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eigenfrequenz <math>f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}</math></li> <li>- Energieerhaltung</li> <li>- Rückkopplungsprinzip</li> </ul> <p>Übertragen der Kenntnisse auf den Wechselstromkreis</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>U = U_{\max} \cdot \sin \omega \cdot t</math></li> <li>- Phasenverschiebung <math>\varphi</math>,  <math>i = i_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t - \varphi)</math></li> <li>- Ohm'sches Bauelement, Spule und Kondensator <ul style="list-style-type: none"> <li>· frequenzabhängige Blindwiderstände  <math>X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}</math>; <math>X_L = \omega \cdot L</math></li> <li>· Reihenschaltungen von <math>R</math>, <math>L</math>, <math>C</math> (Siebkette), Scheinwiderstand</li> <li>· <math>Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2</math>; <math>Z = \frac{U_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}}</math></li> <li>· Reihenresonanz und deren Anwendung bei Frequenzfiltern</li> <li>· Zeigerdiagramme</li> </ul> </li> </ul>	<p>ungedämpfte Schwingungen</p> <p>Richtgröße <math>D</math> für verschiedene Schwinger  → MA, Lk 12, LBW 3</p> <p>dynamische Bestimmung der Federkonstanten mit Hilfe der Beschleunigungsmessung eines Mobiltelefons</p> <p>Dämpfung durch konstante bzw. durch geschwindigkeitsabhängige Kräfte</p> <p>Einsatz GTR oder Computer zum Untersuchen mechanischer Schwingungen</p> <p>Rückkopplungsprinzip</p> <p>Visualisierung durch Simulationen</p> <p>rechnergestütztes Messen</p> <p>Rückkopplungsschaltung vom Experiment zur Gleichung</p> <p><math>U_{\text{eff}}</math>; <math>I_{\text{eff}}</math>; Blackbox; Erklärungen</p> <p>Lautsprechermehrwegesysteme  → MA, Kl. 10, LBW 1</p>
--	---

**Lernbereich 2: Wellen als vielschichtige Naturerscheinung****15 Ustd.**

<p>Beurteilen von Wellen mit Hilfe charakteristischer Merkmale</p>	<p>→ Kl. 10, LB 1      → Kl. 10, LB 3      → Kl. 10, LB 4      → GEO, Gk 11, LB 1</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beschreiben einer linear fortschreitenden Welle</li> </ul> $y(x, t) = y_{\max} \cdot \sin\left[2\pi \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right]$	<p>Interpretation <math>y(x)</math> – und <math>y(t)</math> – Diagramm</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transversal- und Longitudinalwellen</li> </ul>	<p>Wasserwellen, Schallwellen Absorption, Streuung</p>
<p>Anwenden des Huygens'schen Prinzips auf die Reflexion, Brechung und Beugung von Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wellenfront und Wellennormale, Phasengeschwindigkeit <math>v = \lambda \cdot f</math></li> <li>- Herleitung des Reflexions- und des Brechungsgesetzes <math>\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}</math></li> </ul>	<p>geometrische Herleitung</p>
<p>Anwenden der Interferenz auf stehende Wellen</p>	<p>Ableitung aus der Wellengleichung schwingende Saite, Blasinstrumente Nachweis bei Hertz'schen Wellen und Mikrowellen</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- festes und loses Ende</li> <li>- Bäuche und Knoten</li> </ul>	<p>Methoden zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit</p>
<p>Übertragen der Kenntnisse über Welleneigenschaften auf Licht</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lichtstrahl als Wellennormale Nachweis des Reflexions- und Brechungsgesetzes für Licht</li> </ul>	
$n = \frac{c_0}{c}; \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beugung und Interferenz von Licht           <ul style="list-style-type: none"> <li>· Interferenz am Doppelspalt und am Gitter</li> </ul> </li> </ul>	<p>→ Kl. 10, LB 3</p>
$\tan \alpha_k = \frac{s_k}{e}; \sin \alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{b}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>· Interferenz durch Reflexion an dünnen Schichten</li> <li>· Bestimmung der Wellenlänge von Licht</li> </ul>	<p>Seifenhaut, Ölfilm</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kohärenz des Lichts</li> <li>- Licht als transversale Wellenerscheinung, Polarisation</li> </ul>	<p>Spaltblende; Laser Brewster'sches Gesetz</p>
<p>Anwenden der Kenntnisse über Strahlen- und Wellenoptik zum Erklären optischer Geräte</p>	<p>Strahlengänge an optischen Geräten Entspiegeln von Linsen, LCD-Anzeige</p>

**Lernbereich 3: Praktikum Optik und Schwingungen****8 Ustd.**

<p>Problemlösen durch Experimentieren</p> <p>Aufgaben aus den Bereichen mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Optik</p> <p>Beherrschen der Analyse von Messunsicherheiten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unterscheidung: systematische und zufällige Fehler</li> <li>- qualitative und quantitative Diskussion</li> </ul>	<p>Entwickeln von Versuchsanordnungen und Planung von Versuchsabläufen</p> <p>⇒ Methodenbewusstsein: Messen</p> <p>Addition der absoluten Fehler bei Summen und Differenzen bzw. Addition der relativen Fehler bei Produkten und Quotienten</p>
---	---

**Lernbereich 4: Grundlagen der Quantenphysik****15 Ustd.**

<p>Kennen der Photonen als Quantenobjekte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- äußerer lichtelektrischer Effekt Gegenfeldmethode</li> <li>- Einstein'sche Gleichung und ihre Interpretation <math>E_{\text{kin}} = h \cdot f - W_A</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Grenzfrequenz</li> <li>· Einsteins Lichtquantenhypothese <math>E = h \cdot f</math></li> </ul> </li> <li>- Masse und Impuls des Photons <math>m = \frac{h \cdot f}{c^2}</math>; <math>p = \frac{h}{\lambda}</math></li> </ul> <p>Kennen der Elektronen als Quantenobjekte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektronenbeugung</li> <li>- De-Broglie-Wellenlänge <math>\lambda = \frac{h}{p}</math></li> <li>- Unterschiede zwischen Elektronen und Photonen</li> </ul> <p>Einblick gewinnen in den Zusammenhang von Wellen- und Teilcheneigenschaften bei Quantenobjekten</p> <p>Doppelspaltexperiment bei geringer Intensität</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Interferenz einzelner Photonen</li> <li>· Interferenz einzelner Elektronen</li> </ul>	<p>Umkehrung des lichtelektrischen Effekts bei Leuchtdioden</p> <p>Gewinnen der Gleichung aus empirischen Befunden</p> <p>Widersprüche zur Wellentheorie des Lichts aufzeigen</p> <p>Kometenschweif</p> <p>Interferenzerscheinungen bei Neutronen und Atomen</p> <p>Richard Feynman: „Quantenobjekte sind weder Welle noch Teilchen, sondern etwas Drittes!“ Wahrscheinlichkeitsinterpretation, Computer-simulation</p>
---	---

<p>Einblick gewinnen in Interpretationsprobleme der Quantenphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Besonderheiten des quantenphysikalischen Messprozesses</li> <li>- Heisenberg'sche Unschärferelation  <math display="block">\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h</math></li> </ul>	<p>Nichtlokalität der Quantenobjekte; Kopenhagener Deutung; Quantenphysik und Philosophie</p>
--	---

**Lernbereich 5: Grundlagen der Atomphysik****18 Ustd.**

<p>Einblick gewinnen in die Entwicklung der Atomvorstellung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entdeckung des Elektrons</li> <li>- Entdeckung des Atomkerns</li> </ul> <p>Kennen experimenteller Befunde zum Energieaustausch mit Atomen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- quantenhafte Emission von Licht           <ul style="list-style-type: none"> <li>· Linienspektren</li> <li>· Wasserstoff-Spektrum,            Serien-Formel <math>f = R_y \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)</math></li> </ul> </li> <li>- Resonanzabsorption</li> <li>- Franck-Hertz-Versuch</li> </ul> <p>Beurteilen der Leistungsfähigkeit und Grenzen des Bohr'schen Atommodells</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energie auf Bohr'schen Bahnen  <math display="block">E_n = -\frac{m_e \cdot e^4}{8h^2 \cdot \epsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2}</math></li> <li>- Notwendigkeit des Übergangs zum quantenmechanischen Atommodell</li> </ul> <p>Einblick gewinnen in Grundannahmen des quantenphysikalischen Atommodells</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektronen im Potentialtopf</li> <li>- Energie im Potentialtopf</li> <li>- Coulomb-Potential</li> <li>- Orbitale</li> </ul> <p>Einblick gewinnen in das Prinzip der Lumineszenz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fluoreszenz</li> <li>- Phosphoreszenz</li> </ul> <p>Kennen des Prinzips der Entstehung, der Eigenschaften und der Anwendung von Laserstrahlung</p>	<p>Ölfleckversuch</p> <p>Thomson'sches Atommodell</p> <p>Rutherford'sches Atommodell</p> <p>Aufnahme von Spektren am Computer mit entsprechender Verarbeitungssoftware</p> <p>Balmer-Serie</p> <p>mit Neon und Quecksilber</p> <p>Bohr'sche Postulate</p> <p>Energietermschema</p> <p>natürliche Breite der Spektrallinien</p> <p>⇒ Methodenbewusstsein: Arbeit mit Modellen</p> <p>Hauptquantenzahl <math>n</math></p> $E_n = \frac{h^2}{8m_e \cdot a^2} \cdot n^2$ <p>Nachweis von UV-Licht, Sicherheitsmerkmale von Banknoten, nachleuchtende Warnschilder Chemo- und Elektrolumineszenz, Lumineszenzen im Tierreich</p> <p>optische Speichermedien</p>
--	--

**Lernbereich 6: Eigenschaften der Atomkerne****17 Ustd.**

<p>Beurteilen der Radioaktivität als Erscheinung der Natur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nachweis und Eigenschaften, Strahlungsarten <math>\alpha</math>, <math>\beta</math>, <math>\gamma</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Geiger-Müller-Zählrohr</li> <li>· Nebelkammer</li> </ul> </li> <li>- Quellen natürlicher Radioaktivität, Nulleffekt</li> </ul> <p>Anwenden der Kenntnisse zu Eigenschaften von Atomkernen auf Kernumwandlungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vergleich von Kern- und Atomradius, Kern- und Atommasse</li> <li>- Tröpfchenmodell</li> <li>- Deuten der Instabilität von Kernen</li> <li>- A, Z, N von Isotopen in der Nuklidkarte</li> <li>- Kernumwandlungsgleichungen           <ul style="list-style-type: none"> <li>· Alpha-Zerfall</li> <li>· Beta-Zerfall, Neutrino</li> </ul> </li> </ul> <p>Übertragen energetischer Betrachtungen auf Kernprozesse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Massedefekt und Bindungsenergie  <math display="block">E_B = \Delta m \cdot c^2</math> </li> <li>- Bindungsenergie pro Nukleon in Abhängigkeit von der Massenzahl            Kernspaltung, Kernfusion</li> </ul> <p>Anwenden der Kenntnisse bei der Nutzung radioaktiver Strahlung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Altersbestimmung von Gesteinen und archäologischen Befunden           <ul style="list-style-type: none"> <li>· Zerfallsgesetz, Halbwertszeit  <math display="block">N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}</math> </li> <li>· Aktivität <math>A = -\frac{dN}{dt}</math></li> <li>· C-14-Methode</li> </ul> </li> <li>- Wechselwirkung von Strahlung und Materie           <ul style="list-style-type: none"> <li>· Abklingverhalten</li> <li>· Absorptionsvorgänge</li> <li>· Strahlenschutz, Äquivalentdosis  <math display="block">D_q = \frac{E}{m} \cdot q</math> </li> </ul> </li> </ul> <p>Sich positionieren zu Chancen und Risiken der Nutzung der Radioaktivität</p>	<p>Henri Becquerel, Marie Curie</p> <p>ionisierende Wirkung, Durchdringungsfähigkeit, Ablenkung in elektrischen und magnetischen Feldern</p> <p>Szintillationszähler Blasenkammer Höhenstrahlung, Bodenstrahlung, Eigenstrahlung</p> <p>Nutzung des Tröpfchenmodells  <b>→ Lk 11, LB 9</b> ausgewählte Zerfallsreihen; Tunneleffekt</p> <p>künstliche Isotope</p> <p><math>N</math> als Erwartungswert, statistisches Gesetz</p> <p>Alpha-Peak, Ionisation</p> <p>Qualitätsfaktor <math>q</math></p> <p>zivile und militärische Anwendungen  <b>⇒ Reflexions- und Diskursfähigkeit</b>  <b>⇒ Werteorientierung</b></p>
--	--

**Lernbereich 7: Thermodynamik****15 Ustd.**

<p>Kennen des allgemeinen Gasgesetzes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zustandsgleichung für das ideale Gas  <math display="block">\frac{p \cdot V}{T} = \text{konst.}</math></li> <li>- isochore, isobare und isotherme Zustandsänderung</li> <li>- <math>p \cdot V = n \cdot R_0 \cdot T</math></li> </ul> <p>Anwenden des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- erster Hauptsatz <math>\Delta U = Q + W</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Volumenarbeit <math>W = - \int_{V_1}^{V_2} p(V) dV</math></li> <li>· Wärme <math>Q = m \cdot c \cdot \Delta T</math></li> <li>· <math>c_p</math> und <math>c_V</math></li> <li>· adiabatische Zustandsänderung</li> <li>· innere Energie</li> </ul> </li> <li>- Stirling'scher Kreisprozess  <math>p(V)</math> – Diagramm</li> <li>- Wirkungsgrad von Kreisprozessen <ul style="list-style-type: none"> <li>· maximaler Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine <math>\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}</math></li> <li>· Betrachtung eines technischen Kreisprozesses im <math>p(V)</math> – Diagramm</li> </ul> </li> </ul> <p>Kennen des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik</p> <p>reversible und irreversible Prozesse</p> <p>Sich positionieren zur Verwendung und Bedeutung von Wärmekraftmaschinen und zur gegenwärtigen Energienutzung</p>	<p>Normzustand eines Gases</p> $\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$ <p>→ CH, Kl. 9, LB 2</p> <p>Avogadro'sche Zahl, spezifische Gaskonstante  <math>p \cdot V = m \cdot R_s \cdot T</math></p> <p>spezielle Zustandsänderungen</p> <p>→ MA, Gk 12, LB 1</p> <p>→ MA, Lk 12, LB 1</p> <p>Ausblick: Flüssigkeiten und Festkörper</p> $U = m \cdot c_V \cdot T$ <p>Berechnung</p> <p>reale Wirkungsgrade</p> <p>Carnot'scher und Stirling'scher Kreisprozess</p> <p>idealisierte und reale Kreisprozesse  Wärmepumpe, Otto-Motor, Diesel-Motor</p> <p>historische Bedeutung der Dampfmaschine, Zukunft der Verbrennungsmotoren, Vergleich der Umweltbilanzen verschiedener Antriebsarten</p> <p>→ GE, Lk 11, LB 2</p>
---	--

**Wahlbereich 1: Deterministisches Chaos**

<p>Einblick gewinnen in das Verhalten nichtlinearer Systeme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lineare und nichtlineare Systeme</li> <li>- deterministisches Chaos           <ul style="list-style-type: none"> <li>nichtlineare Rückkopplung</li> </ul> </li> <li>- Chaos und Ordnung           <ul style="list-style-type: none"> <li>· Übergang ins Chaos</li> <li>· Attraktoren</li> </ul> </li> <li>- eingeschränkte Vorhersagbarkeit           <ul style="list-style-type: none"> <li>· Sensitivität bezüglich der Anfangsbedingungen</li> <li>· Möglichkeit von Kurzzeitvorhersagen</li> <li>· Erkennen der Chaofähigkeit</li> </ul> </li> </ul>	<p>Kausalitätsprinzip, Determinismus und deterministisches Chaos</p> <p>mechanische und elektromagnetische Systeme</p> <p>Einsatz GTR oder Computer Simulation zur Reflexion am Billardtisch mit kreisförmigem Hindernis erzwungene Schwingung in nichtlinearen Systemen: Schwingkreis mit nichtlinearen Bauelementen, Drehpendel mit Unwucht</p> <p>logistische Gleichung und Verhulst-Dynamik Zeitreihenanalyse und Herzrhythmus Räuber-Beute-Modelle</p> <p>Bifurkationsdiagramm</p> <p>Wettervorhersage; Prognosevergleich unterschiedlicher digitaler Quellen Nichtlinearität bei Doppelpendel und getriebenem Einfachpendel</p> <p>Magnetpendel</p>
---	---

**Wahlbereich 2: Kinetische Gastheorie**

<p>Anwenden der Kenntnisse der kinetischen Gastheorie auf makrophysikalisch beobachtbare Erscheinungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundannahmen des Modells „ideales Gas“</li> <li>- Grundaussagen der kinetischen Gastheorie           <ul style="list-style-type: none"> <li>· kinetisch-statistische Deutung der Größe Druck</li> <li>· Gleichverteilung der Teilchen eines idealen Gases</li> <li>· Energieverteilung der Teilchen im idealen Gas</li> </ul> </li> <li>- Herleitung der Grundgleichung der kinetischen Gastheorie           <math display="block">p \cdot V = \frac{2}{3} \cdot N \cdot \overline{E_{\text{kin}}} ; p \cdot V = \frac{1}{3} \cdot N \cdot m_T \cdot \overline{v^2}</math> </li> <li>- Zusammenhang: Teilchengeschwindigkeit und Gasdruck</li> </ul>	<p>Grad der Übereinstimmung des Modells mit realen Gasen</p> <p>Teilchenmodell; qualitative Deutung Nutzen von Simulationsprogrammen</p> <p>statistischer Charakter des Teilchenverhaltens</p> $p = \frac{1}{3} \cdot \rho \cdot v^2$
---	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>- mittlere kinetische Energie der Teilchen einatomiger Gase und Temperatur  <math display="block">\overline{E_{\text{kin}}} = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T ; \text{ Boltzmann-Konstante } k</math> </li> <li>- Diffusion</li> </ul>	<p>Versuch von Stern      Crookes'sches Radiometer      Osmose, Brown'sche Bewegung</p>
---	---

### Wahlbereich 3: Anwendungen der Physik

<p>Übertragen der Kenntnisse über Wellen auf Anwendungen in Technik und Medizin</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wellenlänge von Schallwellen, Doppler-Effekt für Schallwellen</li> <li>- Sichtbarmachen von Gewebe durch Ultraschall           <ul style="list-style-type: none"> <li>· Laufzeitunterschiede</li> <li>· Frequenzverschiebung</li> </ul> </li> <li>- Erzeugung und Eigenschaften der Röntgenstrahlen           <ul style="list-style-type: none"> <li>· Untersuchung von Schweißnähten</li> <li>· Computertomographie</li> </ul> </li> </ul> <p>Einblick gewinnen in weitere Verfahren</p>	<p>Erkunden und Vertiefen der Phänomene als Grundlage für das Übertragen auf Anwendungen</p> <p>Darstellung der Informationen durch rechnergestützte Auswertung      Impuls-Echo-Verfahren      Dopplereffekt-Verfahren</p> <p>selbstständiger Wissenserwerb      Vorträge mit Bildschirmpräsentation      Ortung und Entfernungsmessung, Radar und Satellitennavigation; Prüfung und Bearbeitung von Werkstoffen durch Ultraschall; Röntgendiagnostik, radiologische Diagnoseverfahren in der nuklearmedizinischen Diagnostik</p>
--	--