

DUDEN

ABI GENIAL

PHYSIK

DAS SCHNELL-MERK-SYSTEM

Mit **Original-
prüfungen** und
Musterlösungen
online auf
www.lernhelfer.de

So funktioniert Abi genial

Wissen einprägen mit dem Schnell-Merk-System

- **Kapitelstarter:** Basiswissen zu jedem Kapitel
- **Klar gegliederter Stoff:** schnelles Auffinden und gute Orientierung durch Merkwissen (▶) und Infokästen
- **Topthemen:** Vertiefung des zentralen Lernstoffs
- **Prüfungsratgeber und Prüfungsaufgaben:** alles über Anforderungsbereiche und Operatoren in einem Extrakapitel sowie typische Prüfungsaufgaben zu allen Unterrichtsthemen

Prüfungstraining mit Abitur-Originalklausuren

- **Originalprüfungen mit Lösungen passend zum Buch:** Auf www.lernhelfer.de/abigenial gibt es das exklusive Abi-genial-Lernpaket für nur 1,- Euro. Darin enthalten sind vier Originalprüfungen mit ausführlichen Musterlösungen als PDF.

Meilensteine der Physik



1543

Kopernikus entwickelt das heliozentrische Weltbild



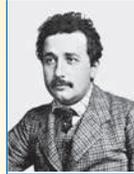
1666

Isaac Newton stellt das Gravitationsgesetz auf



1895

Wilhelm Conrad Röntgen entdeckt die nach ihm benannte Strahlung



1905

Albert Einstein entwickelt die spezielle Relativitätstheorie



1913

Niels Bohr entwickelt sein Atommodell



1947

John Bardeen und Walter H. Brattain konstruieren den ersten Transistor



1997

Experimenteller Nachweis der Quantenteleportation von Photonen durch Anton Zeilinger und Francesco de Martini

1814

Joseph von Fraunhofer entdeckt Spektrallinien im Sonnenspektrum



1886

Heinrich R. Hertz erzeugt elektromagnetische Wellen



1898

Marie und Pierre Curie entdecken Radium und Polonium und prägen den Begriff Radioaktivität



1938

Otto Hahn und Fritz Straßmann führen erstmals die Spaltung von Atomkernen herbei



2012

Am CERN wird das Higgs-Boson entdeckt



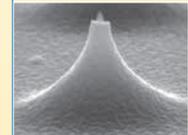
1589

Galileo Galilei formuliert die Fallgesetze



1911

Heike Kamerlingh Onnes entdeckt die Supraleitung



1982

Entwicklung des Rastertunnelmikroskops durch Gerd Binnig und Heinrich Rohrer

Duden

SMS Schnell-Merk-System

Abi Physik

Dudenverlag
Berlin

Inhaltsverzeichnis

1. Denk- und Arbeitsweisen der Physik 6

Wichtige Definitionen 6

1.1 Begriffe, Größen und Modelle in der Physik 7

1.2 Physikalische Gesetze und Theorien 8

1.3 Arbeiten mit physikalischen Gesetzen 9

TOPTHEMA

Physikalische Experimente 12

1.4 Messen physikalischer Größen 14

2. Mechanik 16

Wichtige Definitionen 16

2.1 Eigenschaften und Modelle der Körper 17

2.2 Kinematik 19

2.3 Dynamik 27

TOPTHEMA

Newtonsche Gesetze 32

2.4 Energie, mechanische Arbeit und Leistung 35

2.5 Mechanik starrer Körper 40

2.6 Impuls und Drehimpuls 44

TOPTHEMA

Unelastischer und elastischer Stoß 48

2.7 Gravitation 50

2.8 Mechanische Schwingungen und Wellen 53

3. Thermodynamik 60

Wichtige Definitionen 60

3.1 Betrachtungsweisen 61

3.2 Thermisches Verhalten der Körper 62

TOPTHEMA

Gesetze des idealen Gases 66

3.3 Kinetische Wärmetheorie 68

3.4 Die Hauptsätze der Thermodynamik 71

3.5 Strahlungsgesetze 81

4. Elektrizitätslehre 84

Wichtige Definitionen 84

4.1 Elektrisches Feld 86

4.2 Magnetisches Feld 94

4.3 Elektromagnetische Induktion 99

TOPTHEMA

Induktion einer Spannung 100

4.4 Gleichstromkreis 106

4.5 Elektrische Leitungsvorgänge 110

4.6 Wechselstromkreis 117

4.7 Elektromagnetische Schwingungen und Wellen 121

TOPTHEMA

Spektrum elektromagnetischer Wellen 126

5. Optik 128

Wichtige Definitionen 128

5.1 Modelle für das Licht 129

5.2 Ausbreitung des Lichts 130

5.3 Bildentstehung 133

5.4 Optische Geräte 136

5.5 Beugung und Interferenz von Licht 138

5.6 Polarisation von Licht 142

TOPTHEMA

Spektren und Farben 144

6. Quanten-, Atom- und Kernphysik 146

Wichtige Definitionen 146

6.1 Quanteneffekte bei elektromagnetischer Strahlung 147

TOPTHEMA

Röntgenstrahlen 150

6.2 Interferenz von Quantenobjekten 153

6.3 Physik der Atomhülle 156

TOPTHEMA

Laser 163

6.4 Physik des Atomkerns 164

TOPTHEMA

Strahlenbelastung und Strahlenschutz 170

6.5 Elementarteilchenphysik 176

7. Relativitätstheorie 178

Wichtige Definitionen 178

7.1 Grundaussagen der speziellen Relativitätstheorie 179

7.2 Relativistische Kinematik und Dynamik 182

Prüfungsratgeber und Prüfungsaufgaben 188

1 MIND-MAP Der Prüfungsstoff 188

2 Die Klausur 190

2.1 Inhalt und Aufbau einer Klausur 190

2.2 Die Operatoren 191

3 Thematische Prüfungsaufgaben 195

3.1 Mechanik 195

3.2 Thermodynamik 200

3.3 Elektrizitätslehre 203

3.4 Optik 209

3.5 Quanten-, Atom- und Kernphysik 212

3.6 Relativitätstheorie 217

Anhang: Physikalische Konstanten 218

Register 219

1 Denk- und Arbeitsweisen der Physik

Wichtige Definitionen

Gegenstand der Physik

Erkennen von Gesetzen, die in der Natur wirken; Erklären von Vorgängen anhand physikalischer Gesetze; Vorhersagen, wie Vorgänge ablaufen werden.

Gravitationsgesetz;
Verlauf einer Wurfbahn;
mit welcher Geschwindigkeit wird eine Kugel, die aus einer bestimmten Höhe frei fällt, auf dem Boden aufreffen?

Physikalische Begriffe

Die Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Objekten (Körper, Stoffe, Vorgänge) bilden die Basis der physikalischen Begriffsbildung: Objekte mit gemeinsamen Eigenschaften werden zu einer Gruppe zusammengefasst und erhalten einen gemeinsamen Namen. Der Begriff ist die gedankliche Zuordnung der Objekte zu diesem Namen.

Masse
Kraft
Geschwindigkeit
Schwingung
Temperatur
Wärme
Energie
elektrische Spannung
Licht
Strahlung

Modelle

Modelle sind vereinfachte Vorstellungen und Idealisierungen von realen Objekten und Vorgängen, die in der Natur ablaufen.

starrer Körper
ideales Gas
Lichtstrahl
Lichtwelle
bohresches Atommodell

1.1 Begriffe, Größen und Modelle in der Physik

Durch die **Definition eines Begriffes** werden die wesentlichen und gemeinsamen Merkmale der betrachteten Klasse von Objekten festgelegt.

Physikalische Größen: Physikalische Größen sind ein spezieller Teil physikalischer Begriffe. Durch eine physikalische Größe wird eine Eigenschaft oder ein Merkmal einer Klasse von Objekten quantitativ erfasst. Wie stark diese Eigenschaft oder dieses Merkmal ausgeprägt ist, bezeichnet man als Wert der Größe. Zu einer Größe gehören:

- **Formelzeichen:** Jede Größe hat ein Formelzeichen.
- **Einheit:** Um den Wert einer Größe anzugeben, wird eine Einheit festgelegt. Das **Internationale Einheitensystem (SI)** umfasst sieben Basiseinheiten.
- **Wert:** Der Wert ist das Produkt aus Zahlenwert und Einheit.
- **Gleichung zur Berechnung** der Größe oder Angabe eines Messverfahrens oder Messgeräts.

Beispiel: Geschwindigkeit eines Körpers:

$$v = \frac{ds}{dt} = \dot{s}$$

Die Geschwindigkeit beträgt $v = 3,6 \text{ m/s} = 3,6 \text{ m s}^{-1}$.

Physikalische Modelle: Physikalische Gesetze lassen sich oft nur unter idealisierten Bedingungen formulieren.

- Ein Modell ist eine Vereinfachung oder Idealisierung des Originals. Einige Eigenschaften des Modells stimmen mit dem Original überein, andere jedoch nicht.
- Mit einem Modell kann man nur *einige* der Erscheinungen erklären oder voraussagen.
- Ein Modell ist nur innerhalb bestimmter Grenzen gültig; es darf nur innerhalb dieser Grenzen angewendet werden.

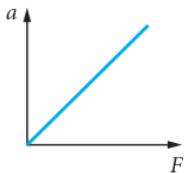
1.2 Physikalische Gesetze und Theorien

Wenn sich unter bestimmten Bedingungen Erscheinungen immer wieder in gleicher Weise einstellen, spricht man von gesetzmäßigen Zusammenhängen.

Physikalisches Gesetz

Ein physikalisches Gesetz ist ein allgemeiner und wesentlicher Zusammenhang in der Natur, der unter bestimmten Bedingungen (Gültigkeitsbedingungen) stets gilt.

Physikalische Gesetze kann man auf unterschiedliche Weise darstellen:

Darstellung physikalischer Gesetze		
qualitativ	halbquantitativ	quantitativ
Beschreibung, unter welchen Bedingungen bestimmte Erscheinungen auftreten	Beschreibung einer Tendenz für den Zusammenhang zwischen Eigenschaften	Exakte mathematische Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Eigenschaften
<i>Beispiel:</i> Die Beschleunigung eines Körpers hängt von seiner Masse ab.	<i>Beispiel:</i> Je größer die Masse eines Körpers, desto kleiner ist die Beschleunigung bei gleicher Kraft.	<i>Beispiel:</i> $F = m a$ $m = \text{konstant}$ 

Dynamische Gesetze beschreiben, wie sich einzelne Objekte unter gegebenen Bedingungen notwendig verhalten.

Statistische Gesetze beschreiben, wie sich eine große Anzahl von Objekten insgesamt unter gegebenen Bedingungen verhält. Das Verhalten eines einzelnen Objekts wird nicht erfasst.

Physikalische Theorie: Für Teilbereiche der Physik werden Gesetze und Modelle zu einer geschlossenen Theorie zusammengefasst. Eine physikalische Theorie ist ein System von Gesetzen, Modellen und anderen Aussagen über einen Teilbereich der Physik.

Beispiele: newtonsche Mechanik, kinetische Gastheorie, allgemeine Relativitätstheorie.

1.3 Arbeiten mit physikalischen Gesetzen

Interpretieren physikalischer Gesetze

Beim Interpretieren eines physikalischen Gesetzes wird einer verbalen Aussage, einer Gleichung (oder Proportionalität) oder einem Diagramm eine inhaltliche Bedeutung gegeben, die sich auf eine Erscheinung in Natur und Technik bezieht.

Die Art und Weise, auf die man an die Interpretation herangeht, ist bei Gleichungen und Diagrammen ähnlich.

Interpretieren von Gleichungen:

- Nennen der physikalischen Größen und der Gültigkeitsbedingungen für die Gleichung,
- Ableiten von Zusammenhängen, die zwischen den Größen bestehen,
- Herausarbeiten von speziellen Zusammenhängen,
- Ableiten von Folgerungen.

Interpretieren von Diagrammen:

- Nennen der auf den Achsen abgetragenen physikalischen Größen und der Gültigkeitsbedingungen,
- Beschreiben des Zusammenhangs zwischen den dargestellten Größen, wobei die Gültigkeitsbedingungen beachtet werden,
- Ablesen und Nennen charakteristischer Werte, wie Höchstwerte, Minima, Grenzwerte,
- Deuten von Steigungen des Graphen und von Flächeninhalten unter dem Graphen.

Voraussagen mit physikalischen Gesetzen

Sind die physikalischen Gesetze bekannt, die einer Erscheinung zugrunde liegen, kann man Voraussagen (Prognosen) zur betrachteten Erscheinung treffen: Welchen Wert wird die betreffende physikalische Größe unter bestimmten Bedingungen annehmen? Was wird passieren, wenn man Bedingungen ändert? Wie wird sich das betrachtete physikalische System verhalten?

Beim Voraussagen wird eine Folgerung abgeleitet, die sich auf eine Erscheinung in Natur und Technik bezieht.

Vorgehensweise beim Voraussagen:

- Beschreiben wesentlicher Aspekte der Erscheinung,
- Feststellen, welche Gesetze der Erscheinung zugrunde liegen,
- Prüfen, ob die Gültigkeitsbedingungen für das Gesetz (oder die Gesetze) erfüllt sind,
- Ermitteln der Bedingungen, die konstant bleiben,
- Ermitteln der Bedingungen, die verändert werden,
- Schließen, wie sich Veränderungen der Bedingungen auf die Erscheinung auswirken,
- Untersuchen, mit welchen Veränderungen sich ein angestrebtes Ergebnis erreichen lässt.

Lösen physikalisch-mathematischer Aufgaben

Das Lösen physikalisch-mathematischer Aufgaben ist eine spezielle Art des Anwendens physikalischer Gesetze. Hier geht es um die Bestimmung von gesuchten Größen oder um die Erklärung oder Vorhersage von Erscheinungen. Wichtig sind inhaltlich-logisches Schließen und mathematische Verfahren.

Um rechnerisch (insbesondere mit den Mitteln der Analysis) physikalische Aufgaben zu lösen, sollte man folgendermaßen vorgehen:

- **Analyse des Problems:** Die gesuchten und gegebenen Größen werden notiert, die unter den gegebenen Bedingungen geltenden Gesetze als Gleichungen formuliert.
- **Lösen der Gleichung:** Die Gleichung oder das Gleichungssystem wird durch Umformen („Auflösen“ nach der gesuchten Größe) gelöst. Hierzu wendet man geeignete mathematische Verfahren an, etwa die Substitutionsmethode zur Lösung von Gleichungssystemen sowie die Differenzial- und Integralrechnung.
- **Berechnen der gesuchten Größe:** Die gegebenen Größen werden in geeigneten Einheiten (Umrechnen von Einheiten!) eingesetzt und die gesuchte Größe berechnet.
- **Angeben des Ergebnisses:** Hierbei wird das Rechenergebnis kritisch betrachtet: Wodurch könnten Fehler und Ungenauigkeiten entstanden sein? Lassen sich diese vermeiden? Um eine sinnvolle Genauigkeit zu erreichen, wendet man Regeln für das Rechnen mit Näherungswerten an.

Manche physikalischen Aufgaben lassen sich anhand von Diagrammen lösen. Dazu wird der Zusammenhang zwischen den physikalischen Größen in einem Diagramm grafisch dargestellt. Aus dem Diagramm werden wichtige Wertepaare ermittelt. Schließlich wird der Kurvenverlauf interpretiert (Maxima, Minima, Wendepunkte, Grenzwerte).

Um physikalische Gesetze zu erkennen, werden häufig Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen experimentell untersucht. Das Experimentieren in der Physik ist daher eng mit dem Messen (↑ S. 14) verknüpft.

Experimente – wozu?

Ein Experiment ist ein wissenschaftlicher Versuch. Dabei wird eine Naturerscheinung unter ausgewählten, kontrollierten, wiederholbaren und veränderbaren Bedingungen beobachtet und ausgewertet.

Bildhaft kann man sich ein Experiment wie eine gezielte Frage an die Natur vorstellen. Die Natur antwortet in Form des Versuchsergebnisses. Das Experiment wird so angelegt, dass dabei die Antworten eindeutig sind.

Experimente sind auch ein Mittel zur Prüfung von Voraussagen und Theorien sowie zur Bestimmung von Naturkonstanten. Ein Experiment, mit dem zwischen zwei oder mehreren konkurrierenden Theorien entschieden wird, heißt **Experimentum Crucis** („Kreuzesversuch“).

Beispiel: das Experiment von Michelson und Morley zur Überprüfung der Ätherhypothese (↑ S. 180)

Erkennen von Gesetzen durch Experimente

Damit ein Experiment zu gültigen Aussagen und Erkenntnissen führt, müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein:

- **Reproduzierbarkeit:** Das gesamte Experiment einschließlich der Bedingungen, unter denen es durchgeführt wird, muss reproduzierbar (wiederholbar) sein. Deshalb muss der Experimentator genau festlegen, welche Größen und Bedingungen konstant gehalten und welche verändert werden.
- **Vermeidung störender Einflüsse:** Bei der Planung und Durchführung des Experiments müssen alle Einflüsse vermieden werden, die die Versuchsergebnisse verfälschen könnten.

Ablauf eines Experiments

Ein physikalisches Experiment verläuft in drei Schritten:

- 1 **Vorbereiten des Experiments.** Hierzu gehören Überlegungen über die anzuwendenden Gesetze, die zu verändernden und konstant zu haltenden Größen, die Messgrößen und Messgeräte sowie die Planung der Experimentieranordnung. Mögliche Fehlerquellen und Anforderungen an die Präzision der Messungen sollten bereits bei der Vorbereitung des Experiments bedacht werden.
- 2 **Durchführen des Experiments.** Die Experimentieranordnung wird wie geplant aufgebaut. Die Beobachtungen und Messungen werden durchgeführt und protokolliert. Messwerte physikalischer Größen erfasst man häufig in einer Messwertetabelle.
- 3 **Auswerten des Experiments.** Mit Bezug auf die Aufgabenstellung für das Experiment wird ein Ergebnis formuliert. Häufig werden dazu Diagramme angefertigt und Berechnungen durchgeführt. Die Genauigkeit der Messungen und des Ergebnisses wird durch Fehlerbetrachtungen abgeschätzt.

Schema zum Protokoll eines Experiments

Name des Experimentators:

Datum:

Aufgabe:

Vorbereitung:

- zu messende Größen
- konstant zu haltende Größen
- Aufbau der Experimentieranordnung

Durchführung:

- Messwertetabelle
- Beobachtungen

Auswertung:

- Diagramm, Berechnungen
- Ergebnis, Fehlerbetrachtung

1.4 Messen physikalischer Größen

Beim Messen einer physikalischen Größe wird der Ausprägungsgrad einer Eigenschaft mithilfe eines Messgerätes bestimmt. Dabei wird die zu messende Größe mit der Einheit verglichen.

Messgeräte: Bei der Auswahl eines Messgeräts muss beachtet werden, dass es einen festgelegten **Messbereich** und eine bestimmte **Messgenauigkeit** hat.

Genauigkeit von Messungen: Jeder Messwert einer physikalischen Größe unterscheidet sich durch Messfehler vom wahren Wert der Größe. Um Messfehler möglichst gering zu halten, wiederholt man Messungen mehrfach und bildet den Mittelwert der Messwerte.

Achtung: Die Genauigkeit von Messungen kann nur *vor* oder *während* der Messung beeinflusst werden. *Nach* der Messung ist es nur noch möglich, den Fehler abzuschätzen und eine Fehlerrechnung durchzuführen.

Messfehler: Abgesehen von groben Fehlern, die sich beim Messen vermeiden lassen, unterscheidet man zwei Arten von Fehlern:

- **Systematische Fehler** entstehen durch die Experimentieranordnung und durch die Messgeräte (Messgerätfehler). Sie wirken sich auch bei Wiederholungen der Messung immer gleichartig aus.
- **Zufällige Fehler** kommen durch den Experimentator und durch die Umgebung zustande.

Einige der systematischen Fehler lassen sich nicht erfassen und daher bei der Auswertung der Messergebnisse nicht berücksichtigen. Die Summe der Beträge dieser nicht erfassbaren systematischen Fehler und sämtlicher zufälligen Fehler ist der Größtfehler („der Fehler“) der Messung.

Berechnung zufälliger Fehler: Zufällige Fehler aus n Messwerten (x_1, x_2, \dots, x_n) einer Größe x können durch folgende Werte angegeben werden:

■ **Mittelwert** (arithmetisches Mittel): $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$

■ **Standardabweichung:** $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$

s gibt an, wie viel Prozent der Messwerte in einem Bereich um den Mittelwert der Messung liegen.

■ **mittlerer Fehler des arithmetischen Mittels:**

$$\Delta\bar{x} = \pm \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{für } n \geq 10)$$

$\Delta\bar{x}$ ist ein Maß für die Streuung der Messwerte.

Darstellung von Messergebnissen: Der **absolute Messfehler** Δx kennzeichnet die Abweichung des Messwertes x vom wahren Wert, der **relative Fehler** $\Delta x/x$ und der **prozentuale Fehler** $\Delta x/x \cdot 100\%$ in Bezug auf den Messwert. Das Messergebnis x_E wird folgendermaßen angegeben: $x_E = x \pm \Delta x$.

Fehlerfortpflanzung: Werden bei der Ergebnisermittlung mehrere Messgrößen kombiniert, ergibt sich der relative Fehler Δz des Ergebnisses z aus den relativen Fehlern der einzelnen Messgrößen.

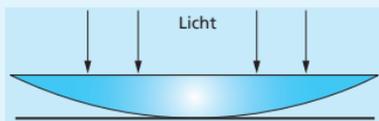
Zusammensetzung von Größen und relativer Fehler Δz

Summe	$z = x + y$	$\Delta z = \Delta x + \Delta y$
Differenz	$z = x - y$	
Produkt	$z = x \cdot y$	$\frac{\Delta z}{z} = \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}$
Quotient	$z = x / y$	
Potenz	$z = x^k$	$\frac{\Delta z}{z} = k \frac{\Delta x}{x}$

Anforderungsbereich III

- Joseph von Fraunhofer entdeckte im Sonnenspektrum eine Anzahl dunkler Linien. Erklären Sie das Zustandekommen dieser fraunhoferschen Linien. (↑ S. 145)
- Das schmale Lichtbündel einer Quecksilberdampfampe fällt senkrecht auf ein optisches Gitter, dessen Gitterkonstante $1,49 \cdot 10^{-5}$ m beträgt. Auf einem Schirm, der in 4,00 m Entfernung parallel zum Gitter aufgestellt ist, erscheint ein Interferenzbild. Die rote Spektrallinie ist 16,7 cm vom Maximum 0. Ordnung entfernt. Berechnen Sie die Wellenlänge des roten Lichts. (↑ S. 140)
- Planen Sie ein Experiment, um zu untersuchen, ob eine Flüssigkeit optisch aktiv ist. Begründen Sie eine mögliche Vorgehensweise. (↑ S. 143)

- Eine plankonvexe Linse, die auf einer Glasplatte liegt, wird mit monochromatischem



- Licht bestrahlt. Erklären Sie das Zustandekommen heller und dunkler Ringe (newtonscher Ringe), die sowohl im reflektierten als auch im durchgehenden Licht zu beobachten sind. (↑ S. 139 f.)
- Die maximale Brennweite des Zoomobjektivs einer Kamera beträgt 300 mm. Die Entfernung wird so eingestellt, dass ein 50 m entfernter Gegenstand auf dem Film scharf abgebildet wird. Bei Blende 11 beobachtet man die Bilder auch dann noch als scharf, wenn das Bild 0,2 mm vor oder hinter der Filmebene entsteht. Berechnen Sie das entsprechende Entfernungsintervall für den Gegenstand. (↑ S. 135)

3.5 Prüfungsaufgaben zur Quanten-, Atom- und Kernphysik

Anforderungsbereich I

- Licht kann mit verschiedenen Modellen beschrieben werden. Nennen Sie diese Modelle. Welche Aufgaben hat ein Modell in der Physik? Erläutern Sie diese an einem Beispiel aus der Mechanik. (↑ S. 6, 129)
- Erläutern Sie, weshalb man den Fotoeffekt nicht mit dem Wellenmodell des Lichts erklären kann. (↑ S. 147)
- Beschreiben Sie das rutherfordische und das bohrsche Atommodell. Erläutern Sie Grenzen dieser Modelle. (↑ S. 159–161)
- Erläutern Sie die atomaren Vorgänge, die zur Entstehung des Linienspektrums des leuchtenden Wasserstoffs führen. (↑ S. 161)
- Skizzieren Sie den prinzipiellen Aufbau und beschreiben Sie die Funktionsweise eines Geräts zum Nachweis radioaktiver Strahlung. (↑ S. 169)
- Beschreiben Sie das Emissionsspektrum des atomaren Wasserstoffs. Nennen Sie zwei Aussagen, die das bohrsche Atommodell bezüglich des Wasserstoffatoms macht. (↑ S. 160 f.)
- Erläutern Sie, welche Bindungszustände Quarks bilden können. (↑ S. 176 f.)
- Skizzieren Sie den Graphen, der die Abhängigkeit der Bindungsenergie pro Nukleon von der Massenzahl beschreibt, und kennzeichnen Sie im Diagramm die beiden wesentlichen Kernreaktionen, die zur Energiegewinnung nutzbar sind. (↑ S. 174 f.)
- Beschreiben Sie die Wirkungsweise eines Lasers. Gehen Sie dabei auch auf die Begriffe spontane und induzierte Emission ein. (↑ S. 163)

- Beschreiben Sie ein Experiment, mit dessen Hilfe das plancksche Wirkungsquantum bestimmt werden kann. (↑ S. 148)

Anforderungsbereich II

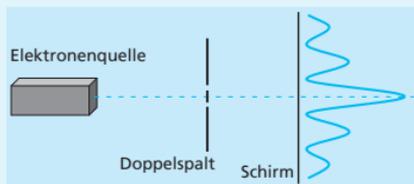
- Eine Vakuumfotозelle wird nacheinander mit Licht verschiedener Farben beleuchtet, dabei wird jeweils die maximale kinetische Energie der Fotoelektronen bestimmt.

Farbe	violett	blau	grün	gelb
f in 10^{14} Hz	7,40	6,88	5,49	5,18
E_{kin} in eV	1,12	0,90	0,33	0,20

Erläutern Sie, wie man die maximale kinetische Energie dieser Elektronen bestimmen kann. Zeichnen Sie das $E_{\text{kin}}-f$ -Diagramm. Ermitteln Sie mithilfe der Messwerte die Austrittsarbeit des Kathodenmaterials und das plancksche Wirkungsquantum. (↑ S. 147, 148)

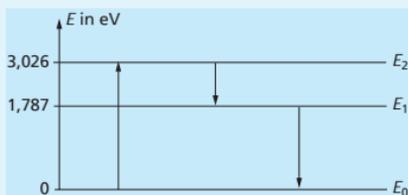
- Im Atomkern des Heliums wirken Kernkräfte und Coulombkräfte. Vergleichen Sie deren Stärke und Reichweite. Begründen Sie, dass sich Protonen mit großen Geschwindigkeiten aufeinander zu bewegen müssen, um miteinander verschmelzen zu können. (↑ S. 147, 148)

- Ein monochromatischer Elektronenstrahl wird auf einen Doppelspalt gelenkt, und hinter dem Doppelspalt wird eine bestimmte Verteilung registriert. Welche Schlussfolgerungen kann man aus diesem Experiment ziehen? (↑ S. 153)

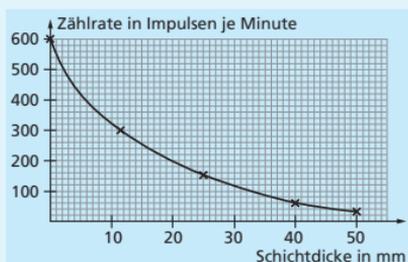


- α -Teilchen können mit dem Zählrohr und mit der Nebelkammer nachgewiesen werden. Vergleichen Sie die Wirkungsweise der beiden Nachweisgeräte. (\uparrow S. 167)
- Eine Fotokathode wird mit monochromatischem Licht bestrahlt, wodurch Elektronen emittiert werden. Welcher Effekt tritt auf, wenn Licht gleicher Wellenlänge, aber höherer Intensität verwendet wird? Begründen Sie Ihre Aussage.

- Welche Wellenlänge hat das Licht, das ein Rubinlaser aussendet, dessen Energieniveauschema vereinfacht dargestellt ist? (\uparrow S. 163)

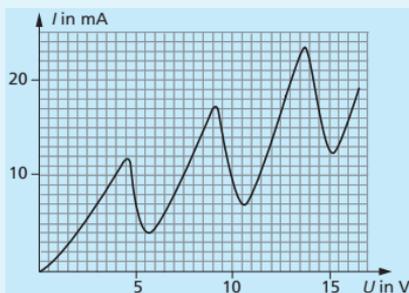


- Das Diagramm zeigt, wie Gammastrahlung durch Blei unterschiedlicher Schichtdicke abgeschirmt wird. Interpretieren Sie das Diagramm. Geben Sie die Schichtdicke an, bei der die Hälfte der auftreffenden Strahlung absorbiert wird. (\uparrow S. 10)



- Leiten Sie unter Vernachlässigung der Austrittsarbeit eine Gleichung her, mit der man die kürzeste Wellenlänge der Röntgenstrahlung berechnen kann, die mithilfe einer Röntgenröhre erzeugt werden kann. Berechnen Sie diese Wellenlänge für den Fall, dass die Betriebsspannung 80 kV beträgt. (\uparrow S. 150)
- Die Physiker Gustav Hertz und James Franck untersuchten im Jahre 1913 Absorptionsprozesse an Quecksilberatomen. Bei diesem Experiment wurden in einer mit

Quecksilberdampf gefüllten Röhre Elektroden beschleunigt und die Stromstärke gemessen. Die Messergebnisse zeigt das folgende Diagramm. Fertigen Sie eine Schaltskizze des Experiments an und beschriften Sie diese. Begründen Sie, dass der Graph im I - U -Diagramm mehrere Maxima besitzt und dass die Differenz ΔU zwischen zwei aufeinanderfolgenden Maxima konstant ist.



Berechnen Sie die Mindestgeschwindigkeit, die ein Elektron haben muss, um durch Stoß ein Quecksilberatom anzuregen.

Welche Wellenlänge hat die Strahlung, die die Quecksilberatome emittieren? Vergleichen Sie diese Strahlung mit sichtbarem Licht. (↑ S. 162)

- Die Aktivität einer Probe von Cobalt 60 wurde 1990 zu 370 kBq bestimmt. Schätzen Sie ab, ob die Aktivität im Jahre 2008 unter die Freigrenze von 50 kBq gesunken ist. (↑ S. 168 f.)

Anforderungsbereich III

- Radium-226 ist ein α -Strahler mit einer Halbwertszeit von 1600 Jahren. Ermitteln Sie die Zeit, die vergehen muss, bis 1 % einer Radiummenge zerfallen ist. (↑ S. 169)
- Ein Mensch kann grünes Licht der Wellenlänge $\lambda = 550 \text{ nm}$ mit dem Auge dann wahrnehmen, wenn die Lichtleistung auf der Netzhaut mindestens $1,7 \cdot 10^{-18} \text{ W}$ beträgt. Treffen Sie eine Aussage über die Anzahl der Photonen, die unter diesen Bedingungen mindestens auf die Netzhaut fallen müssen. (↑ S. 149)

- Das Isotop Pu 239 ist ein α -Strahler. Stellen Sie die Zerfallsgleichung auf. Berechnen Sie die Energie, die beim Zerfall eines Plutoniumkerns frei wird.

Kern	Pu 239	Folgekern	α -Teilchen
m in 10^{-27} kg	396,87004	390,21604	6,6446609

Berechnen Sie die Geschwindigkeit des α -Teilchens, wenn 98,4 % der frei werdenden Energie kinetische Energie ist. (↑ S. 166, 187)

- Neutronen, die bei der Kernspaltung von Uran 235 gebildet werden, können Eisenteile des Reaktorbehälters aktivieren. Das dabei entstehende Nuklid Fe 59 ist ein β -Strahler mit einer Halbwertszeit von 45,1 d. Ermitteln Sie die Zeit, nach der die Anzahl der Zerfälle pro Sekunde einer Menge Eisen, die unmittelbar vor dem Ausschalten des Kernreaktors zu 100 % aktiviert wurde, auf 1 % gesunken ist. (↑ S. 169)
- Ein Wasserstoffatom befindet sich im Grundzustand. Welche Energie muss auf das Hüllenelektron übertragen werden, um das Atom zu ionisieren?
Welche Geschwindigkeit hat das emittierte Elektron, wenn ein Photon der Frequenz $5,0 \cdot 10^{16}$ Hz seine Energie vollständig auf das Atom im Grundzustand überträgt? (↑ S. 158 f.)
- Deuterium ist ein Isotop des Wasserstoffs mit einem Neutron im Atomkern. Der Atomkern des Deuteriums hat eine Masse von $2,013\,553\,2$ u. Wie groß ist die Kernbindungsenergie des Deuteriums?
Welchen Betrag hat die Energie, die bei der Bildung eines Deuteriumkerns aus zwei Wasserstoffkernen frei wird? (↑ S. 174, 218)

3.6 Prüfungsaufgaben zur Relativitätstheorie

Anforderungsbereich I

- Beschreiben Sie aus der Sicht eines am Bahndamm stehenden Beobachters die Bahn eines Körpers, der in einem fahrenden Zug frei fällt. (↑ S. 25 f., 180)
- Erläutern Sie die folgende Aussage: Zwei Ereignisse, die in einem Inertialsystem S gleichzeitig stattfinden, finden in einem gegenüber S bewegten Inertialsystem S' nicht gleichzeitig statt. (↑ S. 182)

Anforderungsbereich II

- In einem Beschleuniger werden α -Teilchen beschleunigt. Stellen Sie die Abhängigkeit der dynamischen Masse von der Geschwindigkeit grafisch dar und interpretieren Sie das Diagramm. (↑ S. 10, 186)
- Erläutern Sie, dass man aus der Rotverschiebung der Spektrallinien von Galaxien auf die Ausdehnung des Weltalls schließen kann. (↑ S. 185)

Anforderungsbereich III

- Begründen Sie, dass der Impulserhaltungssatz für den zentralen unelastischen Stoß unter einer Galileitransformation invariant ist. (↑ S. 180, 49)
- Pro Sekunde strahlt die Sonne $3,85 \cdot 10^{26}$ J Energie ab. Nach wie vielen Jahren hat sich die Masse der Sonne von $1,99 \cdot 10^{30}$ kg auf die Hälfte verringert? (↑ S. 187)
- In unseren Breiten wird an einem Sonnentag pro Quadratmeter etwa 0,5 kW Lichtleistung eingestrahlt. Berechnen Sie die äquivalente Masse. (↑ S. 187)
- Mit welcher Geschwindigkeit muss sich ein Körper bewegen, damit seine relativistische Masse das Doppelte seiner Ruhemasse beträgt? (↑ S. 186)

Physikalische Konstanten		
Größe	Formelzeichen	Wert
absoluter Nullpunkt	T_a	$0 \text{ K} = -273,15 \text{ }^\circ\text{C}$
atomare Masseneinheit	u	$1,660\,540 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Avogadro-Konstante	N_A	$6,022\,142 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Boltzmann-Konstante	k	$1,380\,650 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
elektrische Feldkonstante	ϵ_0	$8,854\,188 \cdot 10^{-12} \text{ A s V}^{-1}\text{m}^{-1}$
Elementarladung	e	$1,602\,176\,46 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Faraday-Konstante	F	$9,648\,534 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
Gravitationskonstante	G, γ	$6,673 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	c, c_0	$2,997\,924\,58 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
magnetische Feldkonstante	μ_0	$1,256\,637 \cdot 10^{-6} \text{ V s A}^{-1}\text{m}^{-1}$
molares Normvolumen	V_0	$22,414 \text{ l mol}^{-1}$
Normdruck	p_0	$101\,325 \text{ Pa} = 1,013\,25 \text{ bar}$
Normtemperatur	T_0	$273,15 \text{ K}$
Ortsfaktor	g	$9,806\,65 \text{ m s}^{-2}$
plancksches Wirkungsquantum	h	$6,626\,069 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
Ruhemasse des Elektrons	m_e	$9,109\,382 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Ruhemasse des Neutrons	m_n	$1,674\,927 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Ruhemasse des Protons	m_p	$1,672\,622 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Rydberg-Frequenz	R_y	$3,289\,841 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$
spezifische Ladung des Elektrons	e/m_e	$1,758\,820 \cdot 10^{11} \text{ C kg}^{-1}$
Stefan-Boltzmann-Konstante	s	$5,670\,400 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-4}$
universelle Gaskonstante	R	$8,314\,472 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

A

Abbildungsgleichung	135
Absorption	59, 132, 158
Amplitude	53
Äquivalentdosis	168
Arbeit	38
– im elektrischen Feld	90
– im Gravitationsfeld	52
– im Radialfeld	90
– mechanische	38, 52, 72
atomare Masseneinheit	164
Auflösungsvermögen	137, 141
Ausdehnungskoeffizient	64 f.
Austrittsarbeit	147

B

Beschleunigung	21
Beschleunigungsarbeit	38
Beugung	58, 125, 138
Beugungsspektrum	140, 145
Bindungsenergie	174
Blindwiderstand	119
bohresches Atommodell	158
Bosonen	176
Brechung	58, 125, 131
Bremsspektrum	151
brewstersches Gesetz	142

C

Compton-Effekt	152
coulombsches Gesetz	87

D

Dämpfung	53, 122 f.
De-Broglie-Wellenlänge	154
Dichte	17
dielektrische Polarisierung	88

dielektrische Verschiebung	89, 98
Dielektrizitätszahl	
↑ Permittivitätszahl	87, 89
Dispersion	59, 131
Dispersionsspektrum	145
Doppler-Effekt	59, 185
Drehimpuls	47
Drehmoment	42, 47
Driftgeschwindigkeit	110

E

Eigenfrequenz	54
Eigenleitung	113
Einsteins Postulate	181
elektrische Feldstärke	89, 98
elektrische Leitung	110 ff.
elektrisches Feld	87
elektrisches Potenzial	91
elektromagnetisches Feld	121
Elementarladung	86
Elementarteilchen	176
elektromagnetische Welle	124
Elongation	53
Emission	158
Energie	35
–, elektrische	36, 106
–, kinetische	36 f.
–, potenzielle	36 f, 52, 91
Energiedosis	168
Energieerhaltungssatz	35, 37
Energieniveauschema	159
Entropie	79

F

Fallbeschleunigung	25, 28
faradaysche Gesetze	111
Farben	144
fermatsches Prinzip	129
Fernrohr	137
Franck-Hertz-Versuch	162
Frequenz	53

G

Galilei-Transformation	179 f.
Gaskonstante	66
gedämpfte Schwingung	122
Generator	104
Geschwindigkeit	20
Gewichtskraft	28
Gleichzeitigkeit	182
Gravitationsfeld	51
Gravitationsgesetz	50
Grenzfrequenz	149
Grundgleichung der Wärmelehre	63

H

Halbwertszeit	171
harmonische Schwin- gung	54
Hauptsätze der Thermo- dynamik	71, 80
hertzische Wellen	124 f.
hookesches Gesetz	54
Hubarbeit	38, 52
huygensches Prinzip	58, 130

I

ideales Gas	61
Impuls	44 f.
Impulserhaltungssatz	46 f.
Induktionsgesetz	101
Induktivität	103
induzierte Emission	163
Inertialsystem	32, 179, 181
Influenz	88
innere Energie	62, 69
Interferenz	59, 138 f., 153
Isotop	164

K

Kapazität	92
keplersche Gesetze	50
Kernfusion	165, 175
Kernreaktor	175
Kernspaltung	165, 172, 175
Kernumwandlung	172
kirchhoffsche Gesetze	108 f.
kirchhoffsches Strah- lungsgesetz	82
Komplementaritäts- prinzip	155
Kondensator	95
Kraft	27, 47
Kraftstoß	44
Kraftzerlegung	34
Kreisbewegung	23
Kreisprozess	75 f.
kritische Masse	175

L

Ladung	86
Laser	163

Leistung	
–, elektrische	106
– im Wechselstromkreis	120
– mechanische	39
lenzsches Gesetz	102
lichtelektrischer Effekt	147
Lichtquant	149
Longitudinalwelle	56
Lorentz-Kraft	97
Lorentz-Transformation	181

M

magnetische	
– Feldstärke	95, 98
– Flussdichte	95, 98
magnetischer Fluss	101
magnetisches Feld	94, 96, 100
Masse-Energie-Beziehung	187
Massendefekt	174
Massepunkt	18
mechanische Welle	56
mechanisches Wärme- äquivalent	72
Mesonen	176
Messfehler	14
Mikroskop	137
Mischungstemperatur	63
molare Masse	18

N

newtonsche Gesetze	32 f.
Nukleon	164
Nuklid	16, 173

O

Ortsfaktor	28, 52
------------	---------------

P

Pauli-Prinzip	161
Periode	53
Permeabilitätszahl	95
Permittivitätszahl	87
Phasenverschiebung	117
Phasenwinkel	54
Photon	149, 177
plancksches	
– Strahlungsgesetz	83
– Wirkungsquantum	148 f.
p-n-Übergang	114
Polarisation	59, 125, 142
Prozessgröße	62

Q

quantenmechanisches Atommodell	160
Quantenzahlen	161
Quarks	176

R

Radialkraft	29
Radioaktivität	165, 172
Reflexion	58, 125, 130
Reibungsarbeit	38
Reibungskraft	29
relativistische Masse	186
Resonanz	55, 123
Röntgenstrahlung	150 f.
Rotation	41, 43, 47
Rotverschiebung	185
Ruhemasse	186
rutherfordsches Atom- modell	157

S		Trägheitsgesetz	32
schwarzer Körper	81	Trägheitsmoment	42
Schwingkreis	122	Transformator	105
Schwingungen		Transistor	115
–, elektromagnetische	122	Transversalwelle	56
–, erzwungene	55		
–, mechanische	53	U	
–, ungedämpfte	53, 123	Überlagerung	
Schwingungsdauer	53	von Bewegungen	25
Selbstinduktion	103	Unbestimmtheits-	
Spannung	91, 106	relation	157
spezifische Ladung			
des Elektrons	93, 97	W	
spezifische Wärme-		Wärme	62
kapazität	72	Wärmekapazität	63 f.
spezifischer elektrischer		Wärmekraftmaschinen	77
Widerstand	110	Wärmestrahlung	81
Standardmodell	177	Wechselwirkungsgesetz	33
starrer Körper	18, 40 ff.	Wellengleichung	57
stefan-boltzmannsches		Wellenlänge	57
Strahlungsgesetz	82	Widerstand	106, 118, 129
stehende Welle	56	wiensches Verschiebungs-	
Stoffmenge	17	gesetz	82
Störstellenleitung	113	Winkelgeschwindigkeit	41
Stoß	48 f.	Wirbelströme	102
Stoßionisation	112	Wirkungsgrad	39, 75
Strahlungsenergie	36	Wurfbewegungen	26
Streuung	59, 132		
Stromstärke	86, 106	Z	
System	35, 46	Zeigerdiagramm	117
		Zeitdilatation	183
T		Zentrifugalkraft	30
Temperatur	62	Zustandsänderungen	
thermische Energie	36, 62	(ideales Gas)	67, 73 f.
thomsonsche Schwin-		Zustandsgleichung	
gungsgleichung	123	des idealen Gases	66, 70
Totalreflexion	132	Zustandsgröße	35

Bildquellen (Abbildungen Umschlag innen)

Bibliographisches Institut, Berlin (Marie Curie, Nadelöhr); Bibliographisches Institut, Berlin/Bild und Wort, Literatur- und Medienagentur, Hans-Joachim Rech (Baum); CERN-EX-9710002/Taylor Lucas ©1997-2016 CERN (Higgs); CORBIS/Royalty-Free (Mensch); ESA/SOHO-EIT, Darmstadt (Sonne); Europäische Zentralbank, Frankfurt am Main (Münze); GEOSPACE/NASA/NOAA, 2006 (Erde); Image Source, Köln (Galilei); Institut für Mikrotechnik, Mainz (Rastertunnelmikroskop); MEV Verlag, Augsburg (Kölner Dom); NASA, Washington D. C. (Galaxie); NASA/JPL/RPIF/DLR (Sonnensystem); picture-alliance/akg-images (Einstein, Kopernikus); picture-alliance/Bildarchiv Okapia (Biologische Zelle, Atom mit Hülle, Atommodell, Hahn/Straßmann, Supraleitung)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Das Wort **Duden** ist für den Verlag Bibliographisches Institut GmbH als Marke geschützt.

Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Für die Nutzung des zum Buch zugehörigen Downloadangebots gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) der Websites www.duden.de und www.lernhelfer.de, die jederzeit unter dem entsprechenden Eintrag abgerufen werden können.

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nicht gestattet.

4., aktualisierte Auflage

© Duden 2016 D C B A

Bibliographisches Institut GmbH, Mecklenburgische Straße 53, 14197 Berlin

Redaktionelle Leitung David Harvie

Redaktion Dr. Ulrich Kilian (science & more redaktionsbüro)

Autor Dr. Horst Bienioschek

Herstellung Uwe Pahnke

Layout Horst Bachmann, Weinheim

Umschlaggestaltung Büroecco, Augsburg

Satz Satz-Rechen-Zentrum Hartmann + Heenemann GmbH & Co. KG

Druck und Bindung Heenemann GmbH & Co. KG,

Bessemerstraße 83–91, 12103 Berlin

Printed in Germany

ISBN 978-3-411-07023-2. Auch als E-Book erhältlich unter: ISBN 978-3-411-91210-0

www.lernhelfer.de

ABI GENIAL!

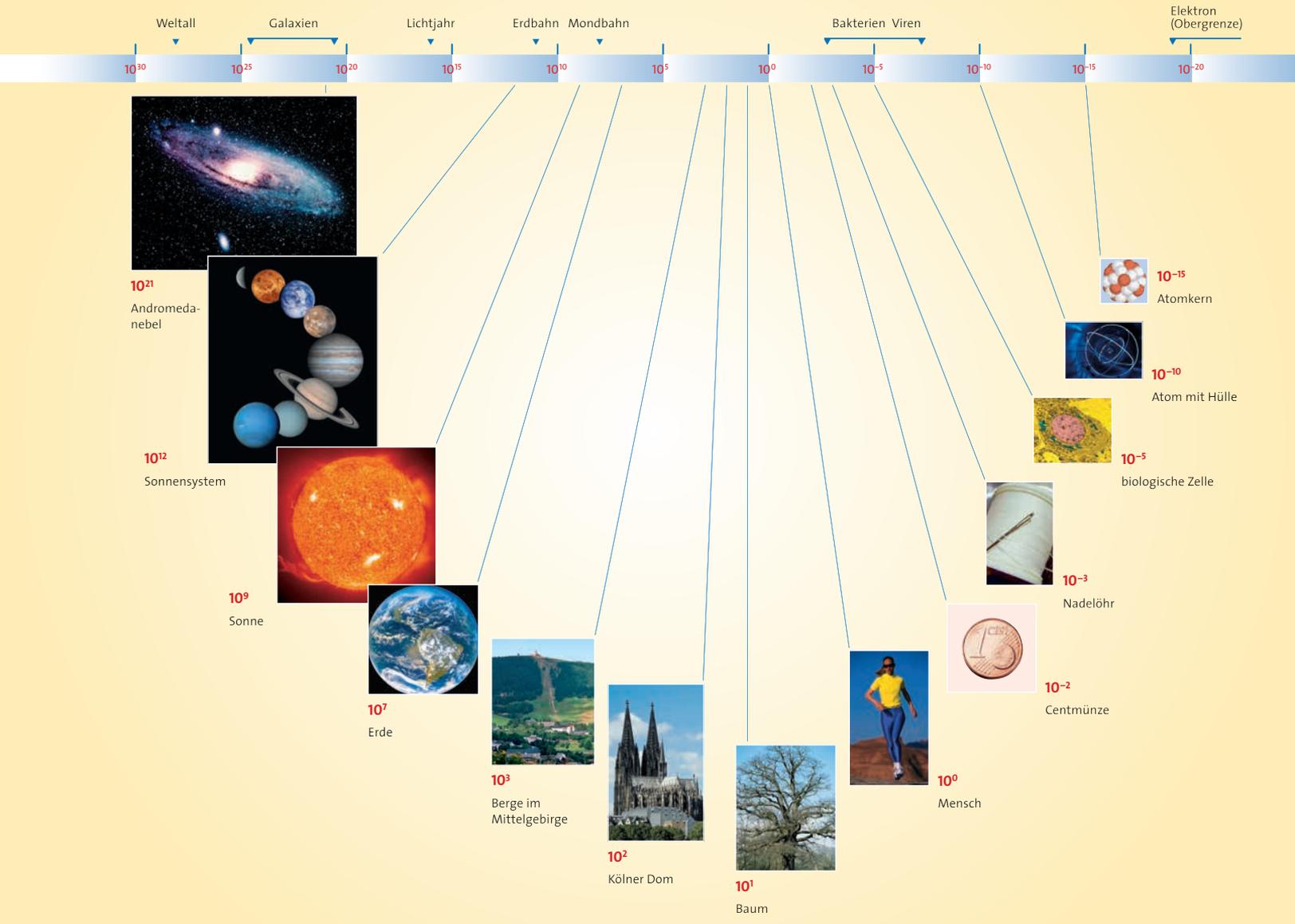


Das Schnell-Merk-System:
erhältlich für die Fächer
Deutsch, Mathematik,
Englisch, Physik, Biologie,
Geschichte, Chemie,
Politik und Wirtschaft

Mit **Original-**
prüfungen und
Musterlösungen
online auf
www.lernhelfer.de



Längenskala im Metern



Physik – Tophemen

Physikalische Experimente	12
Newtonsche Gesetze	32
Unelastischer und elastischer Stoß	48
Gesetze des idealen Gases	66
Induktion einer Spannung	100
Spektrum elektromagnetischer Wellen	126
Spektren und Farben	144
Röntgenstrahlen	150
Laser	163
Strahlenbelastung und Strahlenschutz	170

DUDEN

Die geniale Kombination für das erfolgreiche Abitur in Physik!

Effektives Lernen mithilfe des „Schnell-Merk-Systems“

und

gezieltes Prüfungstraining mit passenden Originalprüfungen

- Kompakt zusammengefasster Lernstoff
- Topthemen zur Vertiefung
- Extrakapitel mit Prüfungsratgeber
- Prüfungsfragen aus allen Anforderungsbereichen
- Originalprüfungen mit Lösungen zum Download für 1,- €

Angepasst an Grund- und Leistungskursthemen.
Für alle Bundesländer geeignet.

ISBN 978-3-411-70724-9
9,99 € (D) · 10,30 € (A)



www.lernhelfer.de