

## PHYSIK FÜR ETIT (141.A19)

Fragen der schriftlichen Prüfungen von

2011-12-16, 2012-01-20, 2012-01-27, 2012-02-24, 2012-03-09, 2012-03-23, 2012-04-16,  
2012-04-26, 2012-05-11

### DYNAMIK

1. (Dynamik) Was versteht man unter einem elastischen Stoß? Schreiben Sie die Erhaltungssätze für den geraden elastischen Stoß an.
2. (Dynamik) Wie lautet der Ausdruck für das Trägheitsmoment eines Massenpunktes? Wie lautet dieser Ausdruck für einen allgemeinen Körper? Und wie lautet dieser Ausdruck für ein Rad in Form eines *homogenen* Zylinders, das um seine Achse rotiert? Berechnen Sie dieses Trägheitsmoment für ein Rad mit einem Durchmesser von 60 cm, einer Breite von 15 cm, Dichte  $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$ .
3. (Dynamik) Was versteht man unter einem unelastischen Stoß? Schreiben Sie die Erhaltungssätze für den geraden unelastischen Stoß für zwei Körper mit unterschiedlicher Masse an.
4. (Dynamik) Welche Analogiebeziehungen können zwischen der linearen Bewegung und der Rotationsbewegung eines Körpers angeschrieben werden?
5. (Dynamik) Welche der drei Größen ist gegenüber einer Galilei-Transformation invariant: Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung?  
Ein Teilchen im 3-dimensionalen Raum hat im Bezugssystem 1 die Geschwindigkeit  $(v_x, v_y, v_z) = (5, 0, 4) \text{ m/s}$ . Aus der Sicht von Bezugssystem 1 bewegt sich das Bezugssystem 2 mit der Geschwindigkeit  $(7, 3, 1) \text{ m/s}$ . Wie lautet der Geschwindigkeitsvektor des Teilchens aus Sicht des Bezugssystems 2?
6. (Dynamik) Geben Sie die Definitionen von Impuls und Drehimpuls (als x-Produkt), sowie von kinetischer Energie und Rotationsenergie an. Welchen Drehimpuls hat eine Masse  $m$  die sich in einem Abstand  $s$  mit der Winkelgeschwindigkeit  $w$  um eine Achse dreht?
7. (Dynamik) Wie sind Drehimpuls und Drehmoment definiert? Wie lautet die Gleichung für die zeitliche Änderung des Drehimpulses? (Beachten Sie: Drehimpuls und Drehmoment sind Vektoren!)
8. (Dynamik) Wie ist die *kinetische* Energie eines Körpers der Masse  $m$  definiert? Drücken Sie diese Definition sowohl über Kraft und Weg, als auch über Impuls und Geschwindigkeit aus (Integraldefinitionen!)
9. (Dynamik) Ein Körper der Masse  $m$  ist in Ruhe. Dann wirkt auf ihn eine konstante Kraft  $F$  während einer Zeit  $t$ . Geben Sie allgemein an, und schreiben Sie die SI-Einheit dazu:
  - a) die Beschleunigung
  - b) die Geschwindigkeit und den Impuls welche der Körper erreicht
  - c) die kinetische Energie die der Körper erreicht
10. (Dynamik) Wie lautet die Gravitationskraft zwischen der Erde und einer Masse  $m$ , wenn der Abstand sehr groß ist (z.B. bei einem Satelliten)? Und wie lautet die Näherung dieser Formel wenn die Masse  $m$  in der Nähe der Erdoberfläche ist?
11. (Dynamik) Translations- und Rotationsbewegung: Eine Punktmasse  $m$  bewegt sich mit der Geschwindigkeit  $v$  in Richtung der positiven  $x$ -Achse. Dann schwenkt sie in Richtung positiver  $y$ -Achse auf eine Kreisbahn mit Radius  $R$  in der  $x$ - $y$ -Ebene ein, wobei  $v$  gleich bleibt. Drücken Sie mit den Größen aus (Vektorgrößen als Vektoren!):
  - a) Impuls und kinetische Energie der linearen Bewegung.
  - b) Drehimpuls, kinetische Energie und Kreisfrequenz bezüglich des Mittelpunktes der Rotationsbewegung (explizit mittels  $m, v, R$ , und nicht nur allgemein).

12. (Dynamik) Wie lautet die Scheinkraft, die in einem rotierenden System wirkt, (z.B. aufgrund der Erdrotation)? Wodurch zeichnet sich ein Inertialsystem aus?

13. (Dynamik) Welche Erhaltungssätze werden zur Berechnung eines zentralen Stoßes zwischen zwei Massen angewendet?

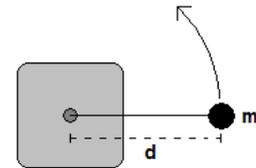
Berechnen Sie: Vor dem Stoß hat die Masse  $m_1$  die Geschwindigkeit  $v_1$ , und die Masse  $m_2$  die Geschwindigkeit  $v_2$  (beide entlang derselben Gerade). Nach einem inelastischen Stoß haften die beiden Massen aneinander und fliegen mit der Geschwindigkeit  $v_3$ . Wie groß ist  $v_3$ ? Drücken Sie die verlorene Deformationsenergie nur durch  $m_1$ ,  $v_1$ ,  $m_2$ ,  $v_2$  aus.

14. (Dynamik) Ein Massenpunkt mit Masse  $m$ , dreht sich um eine Achse im Abstand  $r$ . Seine Rotationsenergie ist  $E_{\text{rot}}$ . Wie groß ist sein Drehimpuls, ausgedrückt durch  $E_{\text{rot}}$ ,  $r$ ,  $m$ ?

15. (Dynamik) Erklären Sie die drei Newton'schen Axiome: Trägheitsprinzip, Aktionsprinzip, Prinzip von actio und reactio.

16. (Dynamik) Eine Punktmasse  $m$  kann sich im Abstand  $r$  um eine Achse drehen. Sie ist in Ruhe und erfährt dann während einer Zeit  $t$  eine konstante Winkelbeschleunigung  $\alpha$ . Berechnen Sie für  $m=1$  kg,  $r=0.5$  m,  $\alpha=10$  rad/s,  $t=5$  s: Betrag des Drehmoments während der Beschleunigung, Betrag des Drehimpulses und Rotationsenergie nach der Beschleunigung. (Einheiten nicht vergessen!)

17. (Dynamik) Eine Elektromotor soll aus dem Stillstand eine Masse  $m=2$ kg, die in einem Abstand  $d=30$ cm von seiner Achse montiert ist, nach links in Rotation versetzen (siehe Skizze). Es muss also die Masse zunächst gegen die Schwerkraft gehoben werden. Welches Drehmoment ist mindestens notwendig?



## THERMODYNAMIK

1. (Thermodynamik) Wie lautet die Zustandsgleichung für das ideale Gas? Beschreiben Sie die einzelnen Faktoren der Gleichung und geben sie die zugehörigen SI-Einheiten an.

2. (Thermodynamik) Zeichnen Sie p-V-Diagramme für die isotherme, isobare, isochore und adiabatische Zustandsänderung eines idealen Gases. Geben Sie an bei welcher dieser Zustandsänderungen Arbeit geleistet (oder vom Gas aufgenommen) wird und schreiben Sie den Formelausdruck dafür an.

3. (Thermodynamik) Wie hängt die innere Energie eines idealen einatomigen Gases mit der kinetischen Energie eines einzelnen Gasteilchens zusammen? Erläutern Sie den Begriff der absoluten Temperatur.

4. (Thermodynamik) Zeichnen Sie p-V-Diagramme für die isotherme, und die isochore Zustandsänderung eines idealen Gases. Geben Sie an bei welcher Arbeit geleistet (oder vom Gas aufgenommen) wird und schreiben Sie die Formel dafür an.

5. (Thermodynamik) Erklären Sie den 1. Hauptsatz der Thermodynamik? Geben Sie auch die differentielle Schreibweise an.

6. (Thermodynamik) Skizzieren Sie den Carnot-Prozess im p-V-Diagramm und erklären Sie die 4 Stufen in Worten. Schreiben Sie die Formel für die gewonnene Arbeit an.

7. (Thermodynamik) a) Wenn in einem idealen Gas die Temperatur und Teilchenzahl konstant

gehalten werden: Wie hängt der Druck vom Volumen ab?

b) Wenn in einem idealen Gas Druck und Teilchenzahl konstant gehalten werden: Wie hängt das Volumen von der Temperatur ab?

8. (Thermodynamik) Zeichnen Sie im p-V-Diagramm einen Kreisprozess der aus zwei isothermen Schritten (einer bei Temperatur T1, der andere bei Temperatur T2) und aus zwei isochoren Schritten besteht. Wie groß ist die gewonnene Arbeit?

9. (Thermodynamik) Wie lautet der 2. Hauptsatz der Thermodynamik? Welche Definitionen von Entropie kennen Sie? (Hinweis: Zwei formale!)

10. (Thermodynamik) Wie lautet die Zustandsgleichung für ein ideales Gas? Welche dieser Größen MUSS sich bei einer Zustandsänderung ändern, damit das Gas arbeitet leistet? (Vorzeichen beachten!)

11. (Thermodynamik) Wie lauten der 2. Und der 3. Hauptsatz der Thermodynamik?

12. (Thermodynamik) Welche Freiheitsgrade hat ein Gas das aus 2-atomigen Molekülen besteht (z.B. H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, oder O<sub>2</sub>)? Wie lauten für ein ideales Gas mit f Freiheitsgraden die spezifische Wärme bei konstantem Druck, C<sub>p</sub>, und die spezifische Wärme bei konstantem Volumen, C<sub>v</sub>. Warum ist C<sub>p</sub> grösser als C<sub>v</sub>?

13. (Thermodynamik) Zeichnen Sie im p-V-Diagramm einen Kreisprozess mit 2 isochoren (V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>) und 2 isobaren (p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>) Schritten. In welchen Schritten ist die Arbeit Null? Wie groß ist die geleistete Arbeit des Kreisprozesses?

14. (Thermodynamik) Leiten Sie aus der Zustandsgleichung des idealen Gases die Arbeit für eine isotherme Expansion vom Volumen V1 zum Volumen V2 ab.

15. (Thermodynamik) Was versteht man unter der inneren Energie eines idealen Gases? Welche Freiheitsgrade der Bewegung kennen Sie für ein Gas bestehend aus 2-atomigen Molekülen?

## SCHWINGUNGEN

1. (Schwingungen) Wie lautet die Differentialgleichung für die erzwungene Schwingung mit Dämpfung? Beschreiben Sie die Bedeutung der physikalischen Parameter der Gleichung. Wie lautet der Ausdruck für die Amplitude? Zeichnen Sie die Amplitude als Funktion der Erreger-Kreisfrequenz  $\omega$ .

2. (Schwingungen) Wie lautet die Differentialgleichung für die freie Schwingung mit Reibung (gedämpfte Schwingung)? Beschreiben Sie die Bedeutung der physikalischen Parameter der Gleichung. Diskutieren Sie die 4 verschiedenen Lösungsfälle.

3. (Schwingungen) Geben Sie den allgemeinen Ort x(t) für eine Masse m an, die ungedämpft an einer Feder mit Federkonstante D schwingt. Wie lauten die zugehörigen Formeln für die kinetische und potentielle Energie?

4. (Schwingungen) Eine Masse m schwinde an einer Feder gemäß der Gleichung  $z(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi) + z_0$ . Ist dies eine gedämpfte oder eine ungedämpfte Schwingung? Berechnen Sie allgemein aus dieser Formel:

a) Position und Geschwindigkeit zur Zeit t=0.

b) Die maximale Geschwindigkeit. An welcher Position z wird sie erreicht?

c) Die Federkonstante aus m und  $\omega$ .

5. (Schwingungen) Überlagerung von zwei Schwingungen für parallele Schwingungsrichtungen, verschiedene Frequenz, verschiedene Amplituden (Schwebung). Geben Sie an: die Frequenz und Periodendauer der Schwebung, die mittlere Frequenz und Periodendauer der Schwingung, minimale und maximale Gesamtamplitude
6. (Schwingungen) Was versteht man bei einer erzwungenen Schwingung unter Resonanz? Wie groß ist die Resonanzfrequenz? Welche Phasenverschiebung ergibt sich im Resonanzfall?
7. (Schwingungen) Wie lautet die Differentialgleichung für die freie gedämpfte Schwingung? Diskutieren oder skizzieren Sie qualitativ die 4 möglichen Lösungen als Funktion der Dämpfung (Formeln nicht notwendig).
8. (Schwingungen) Eine Masse  $m$  schwingt frei und ungedämpft mit der Amplitude  $A$  an einer Feder mit Federkonstante  $D$ . Drücken Sie die in der Schwingung enthaltene Energie durch  $m$ ,  $A$  und  $D$  aus. Um welchen Faktor muss man die Amplitude vergrößern, damit die Energie verdoppelt wird?
9. (Schwingungen) Wie verändern sich die Amplitude und die Phasenverschiebung der stationären Lösung der Differentialgleichung der erzwungenen Schwingung als Funktion der Erregerfrequenz? Wann wird die Amplitude maximal?
10. (Schwingungen) Wie lautet die Differentialgleichung für die erzwungene Schwingung mit Dämpfung? Zeichnen Sie für den stationären Fall die Abhängigkeit der Amplitude und der Phasenverschiebung von der Erregerkreisfrequenz  $\omega$  und diskutieren Sie die Fälle  $\omega=0$ ,  $\omega$  bei Resonanz,  $\omega \rightarrow$  unendlich.
11. (Schwingungen) Ein Lautsprecher schwingt in Überlagerung von zwei Sinus-Signalen. Das erste hat Kreisfrequenz  $\omega + \Delta\omega$ , Amplitude  $A_1$ , das zweite  $\omega - \Delta\omega$ , Amplitude  $A_2$ . Wie lautet die Gesamtamplitude des Lautsprechers wenn  $A_1$  und  $A_2$  *nicht* gleich sind? Skizzieren Sie die Gesamtamplitude. Wie groß sind Schwebungsfrequenz und -dauer?

## WELLEN

1. (Wellen) Wie kann eine eindimensionale Welle mathematisch angeschrieben werden? Wie hängen Wellenlänge, Frequenz und Phasengeschwindigkeit zusammen?
2. (Wellen) Was versteht man unter einer ebenen Welle, einer Kreiswelle und einer Kugelwelle? Wie werden diese Wellenformen mathematisch angeschrieben?
3. (Wellen) Was versteht man unter der Intensität einer Welle? In welcher SI-Einheit ist die Intensität anzugeben? Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Energiedichte, Gruppengeschwindigkeit und Intensität einer Welle?
4. (Wellen) Schreiben Sie die Lösung für die Reflexion einer Seilwelle am festen und am losen Ende an und erklären Sie was geschieht. Wenn die einfallende Welle die Frequenz  $\omega$  hat, wo treten die Schwingungsknoten auf?
5. (Wellen) Schreiben Sie die allgemeine Form des Schwingungszustandes einer Gitarrensaite an. Welche Frequenzen (Wellenlängen) haben in der Mitte der Saite einen Knoten?
6. (Wellen) Geben Sie in reeller und in komplexer Schreibweise die Formel für eine allgemeine eindimensionale Welle an, die sich in positive  $x$ -Richtung ausbreitet. Wie hängen Phasengeschwindigkeit, Frequenz und Wellenlänge zusammen? Schreiben Sie auch die Formel für eine Kugelwelle an (nur reell). Wenn die *Intensität* einer Kugelwelle im Abstand  $r$  von der Quelle den

Wert  $I_1$  hat, wie groß ist die Intensität im Abstand  $3r$  ?

7. (Wellen) Welche Eigenfrequenzen ergeben sich für eine stehende Welle auf einer eingespannten Saite? In welcher Form kann diese stehende Welle mathematisch beschrieben werden?

8. (Wellen) Übertritt einer einlaufenden Welle mit Amplitude  $A_0$  von Medium 1 (Wellenwiderstand  $Z_1$ ) in Medium 2 (Wellenwiderstand  $Z_2$ ): Wie groß sind die Amplituden der transmittierten und der reflektierten Welle? In welchem Fall kommt es zur Umkehrung des Vorzeichens der reflektierten Welle?

9. (Wellen) Wie lautet die Wellen-Differentialgleichung für die eingespannte Saite? Von welchen Größen hängt die Wellengeschwindigkeit auf der Saite ab? Um welchen Faktor muss die Saitenspannung steigen, um die Frequenz der Grundschiwingung zu verdoppeln? (Hinweis: Die Wellenlänge der Grundschiwingung ist immer die doppelte Länge der eingespannten Saite.)

10. (Wellen) Schreiben Sie eine in positive  $x$ -Richtung laufende ebene Welle an (Amplitude  $A$ , Kreisfrequenz  $\omega$ , Geschwindigkeit  $c$ ). Dann die gleiche Welle in negative  $x$ -Richtung laufend. Was ist das Ergebnis der Überlagerung dieser zwei Wellen?

11. (Wellen) Welche physikalischen Wellenformen kann man unterscheiden? Schreiben Sie allgemein eine Kugelwelle an. Welche Beziehung gilt zwischen Wellenlänge, Frequenz und Phasengeschwindigkeit?

## SCHALL

1. (Schall) Was ist der Dopplereffekt? Diskutieren Sie den Dopplereffekt für einen ruhenden Beobachter und eine bewegte Schallquelle und geben Sie die Formel dafür an (eindimensional).

2. (Schall) Was versteht man allgemein unter einem Pegel? Wie lautet der Ausdruck für den Schalldruckpegel?

3. (Schall) Welche Art von Welle ist der Schall in Gasen? Geben Sie die Wellengleichung des Schalldrucks an. Erklären Sie die 4 Parameter die im Maximaldruck  $P_m$  enthaltenen sind.

4. (Schall) Was ist der Schall in Gasen? Wie hängt die Schallgeschwindigkeit von der Temperatur ab? Wie hängt sie von der Masse der Teilchen des Gases ab?

5. (Schall) Wie lautet die Wellengleichung des Schalldrucks? Welche vier Variablen gehen in die Amplitude dieser Wellengleichung ein? Wie ändert sich diese Amplitude wenn die Frequenz der Schallwelle steigt, aber die anderen Variablen, die in die Amplitude eingehen, gleich bleiben?

6. (Schall) Definieren Sie die Größen Schallschnelle und Schallwellenwiderstand. Wie kann der Maximalwert des Schallwechseldruckes mit diesen beiden Größen angegeben werden?

7. (Schall) Nach welchem Gesetz nimmt die Intensität einer Schallwelle beim Durchgang durch eine Dämmwand mit Dicke  $D$  und Schallabsorptionskoeffizient  $\beta$  ab? Berechnen Sie allgemein aus dieser Formel die notwendige Dicke  $D$ , um die Intensität auf 1% des ursprünglichen Wertes zu reduzieren.

8. (Schall) Dopplerverschiebung: a) Geben Sie die vom Beobachter festgestellte Frequenz an, wenn sich sowohl die Schallquelle als auch der Beobachter bewegen (eindimensional). b) Wann hört der Beobachter die höhere Frequenz: Wenn der Beobachter ruht und die Schallquelle auf ihn zukommt,

oder wenn die Schallquelle ruht und der Beobachter auf sie zukommt? (jeweils mit derselben Geschwindigkeit)

9. (Schall) Schall in Luft breitet sich als Kugelwelle aus. In einem Abstand  $d$  von einer Schallquelle wird ein Schalldruckpegel von 60 dB gemessen. Wie groß ist der Schalldruckpegel im Abstand  $2d$  ?

10. (Schall) Eine Schallwelle kommt aus Medium 1 und trifft auf Medium 2. Medium 1 hat Dichte  $\rho_1$  und Schallgeschwindigkeit  $c_1$ . Medium 2 hat Dichte  $\rho_2$  und Schallgeschwindigkeit  $c_2$ . Wie groß ist der Schalldruck der reflektierten Welle? Wie groß ist jener der transmittierten Welle?

11. (Schall) Welchen Frequenzbereich und welchen Bereich der Schalldruckamplituden umfasst der Hörschall? Welche physikalischen Größen gehen in die Schalldruckamplitude ein? Um welchen Faktor muss sich die Amplitude der Verschiebung der Luftmoleküle ändern, damit die Schalldruckamplitude verdoppelt wird?

## OPTIK

1. (Optik) Wie lautet das Brechungsgesetz wenn Licht von einem Medium ins andere übertritt? Warum kommt es überhaupt zu Brechung? Unter welchen Bedingungen gibt es Totalreflexion?

2. (Optik) Beugung einer ebenen Welle an einem Strichgitter: In welchen Richtungen gibt es Intensität? (In großem Abstand vom Gitter.) Was ist das dahinterliegende Prinzip? Wird der Winkel des ersten Beugungsmaximums mit zunehmender Wellenlänge grösser oder kleiner?

3. (Optik) Machen Sie eine grafische Bildkonstruktion für die Abbildung eines Gegenstandspunktes über eine Sammellinse. Nehmen Sie dabei den Gegenstand einmal innerhalb und einmal außerhalb der Brennweite an.

4. (Optik) Erklären Sie das Brechungsgesetz wenn Licht von Medium 1 in Medium 2 übertritt mit dem Fermat'schen Prinzip. Unter welchen Bedingungen gibt es Totalreflexion? Berechnen Sie den Grenzwinkel der Totalreflexion zwischen Wasser ( $n_1=1,33$ ) und Plexiglas ( $n_2=1,51$ ).

5. (Optik) Wie lautet die Formel für die Ablenkung eines Lichtstrahls durch ein Prisma? Welche Wellenlängen werden stärker abgelenkt? Was ist der physikalische Grund dafür?

6. (Optik) Skizzieren Sie die Beugung an einem ebenen Strichgitter (Striche verschwindend dünn) und erklären Sie warum nur in bestimmten Richtungen Licht erscheint. Geben Sie auch den formalen Ausdruck dafür an. Führt eine Verkleinerung des Strichabstandes zu kleineren oder größeren Beugungswinkeln für eine bestimmte Wellenlänge?

7. (Optik) Wie lautet das Brechungsgesetz wenn Licht von einem Medium ins andere übertritt? Warum kommt es überhaupt zu Brechung? Wenn Totalreflexion beim Übergang von Medium 1 zu Medium 2 möglich ist, gilt das auch umgekehrt? Was ist das Kriterium?

8. (Optik) Skizzieren Sie die Abbildung eines Gegenstandes mittels einer Sammellinse. Platzieren Sie den Gegenstand so, dass ein reelles Bild entsteht und das Bild grösser ist als der Gegenstand. In welchem Abstands-Bereich von der Linse muss dann der Gegenstand sein?

9. (Optik) Welcher Wellenlängenbereich elektromagnetischer Strahlung ist ca. die Farbe rot. Und welcher ist ca. blau? Was ist der Brechungsindex und wie hängt er von der Wellenlänge ab, wenn normale Dispersion vorliegt? Wird dann rot oder blau durch ein Glasprisma stärker abgelenkt?

10. (Optik) Wie erklärt man die Ausbreitung des Lichtes nach dem Huygens-Fresnel'schen Prinzip?



13. (Spektrn) Was versteht man unter einem Lambert-Strahler (Charakteristik, Beispiele)?
14. (Spektrn) Beschreiben Sie den äußeren photoelektrischen Effekt und schreiben Sie den Energieerhaltungssatz für die Wechselwirkung des Lichts mit den Elektronen an.
15. (Spektrn) Die höchsten Gamma-Energien werden in kosmischen Jets von schwarzen Löchern im Zentrum aktiver Galaxien nachgewiesen. Berechnen Sie die Frequenz und Wellenlänge eines „kosmischen Photons“ mit einem Teraelektronenvolt Energie.
16. (Spektrn) Welches Gesetz gibt in sehr guter Näherung das Emissions- bzw. Absorptions-spektrum von wasserstoffähnlichen Atomen wieder? Wie ist die Balmer-Serie definiert? In welchem spektralen Bereich liegt die Balmer-Strahlung?
17. (Spektrn) Durch welche Eigenschaften wird eine ideale schwarze Fläche bzw. idealer Schwarzer Strahler charakterisiert? Nennen Sie einige Beispiele für seine (näherungsweise) Realisierung.
18. (Spektrn) Berechnen Sie die Wellenlänge die beim Übergang  $E_2 - E_1$  im Wasserstoffatom emittiert wird. In welchem Spektralbereich liegt dieser Übergang?
19. (Spektrn) Wird Germanium mit Licht bestrahlt beobachtet man ab der Grenzwellenlänge  $\lambda_0 = 248 \text{ nm}$  den Austritt von Elektronen aus der Metalloberfläche. Wie groß ist die Austrittsarbeit  $W_A$  der Photoelektronen in eV?
20. (Spektrn) Beschreiben Sie in kurzen Worten die wesentlichen Aspekte des Bohr'schen Atommodells.

## RELATIVITÄTSTHEORIE

1. (Relativitätstheorie) Addieren sie zwei Geschwindigkeiten  $(0.4 + 0.6)c_0$  relativistisch ( $c_0 =$  Vakuumlichtgeschwindigkeit).
2. (Relativitätstheorie) Nennen Sie die wesentlichen Schlussfolgerungen aus dem Michelson-Morley Experiment.
3. (Relativitätstheorie) Das langwelligste Licht der Balmer-Serie hat eine Wellenlänge von 656 nm. Im Licht einer entfernten Galaxie wird die Wellenlänge dieser Linie zu 1458 nm. Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich diese Galaxie relativ zur Erde?
4. (Relativitätstheorie) Zählen Sie in Stichworten wesentliche physikalische Konsequenzen auf, die sich aus der Lorentz-Transformation ergeben.
5. (Relativitätstheorie) Welche Relativgeschwindigkeit zwischen zwei Inertialsystemen ist nötig um eine Zeitdilatation von 10 % ( $k = 1.1$ ) zu beobachten?
6. (Relativitätstheorie) Welche wesentlichen Unterschiede bestehen zwischen der klassischen Galilei-Transformation und der relativistischen Lorentz-Transformation?
7. (Relativitätstheorie) Schreiben Sie den Korrekturfaktor  $k$ , der den Unterschied zwischen Galilei- und Lorentz-Transformation beschreibt, explizit an. Berechnen Sie einen Wert für  $k$  für eine Geschwindigkeit, bei der relativistische Korrekturen nicht mehr vernachlässigbar sind.
8. (Relativitätstheorie) Auf Grund der Masse-Energie Äquivalenz kann Energie durch

Kernfusion und Kernspaltung gewonnen werden. Beschreiben Sie die Bedingungen bezüglich Massenbilanz und Bindungsenergie unter denen Kernenergie gewonnen werden kann.

9. (Relativitätstheorie) Gleichzeitigkeit und Zeitdehnung:

- Unter welcher Bedingung erfolgen zwei Ereignisse, die in einem bestimmten Inertialsystem gleichzeitig auftreten, auch in einem relativ dazu bewegten System gleichzeitig?
- Was verstehen Sie unter Zeitdilatation?

10. (Relativitätstheorie) Schreiben Sie die Gleichung für die relativistische Massen-transformation zwischen zwei Inertialsystemen an. Welche Konsequenzen bezüglich Kraft, Beschleunigung und Energie folgen daraus, wenn eine Masse an die Lichtgeschwindigkeit herangeführt werden soll?

11. (Relativitätstheorie) Wie groß ist die Massezunahme eines Elektrons das eine Potentialdifferenz  $U$  ( $E_{kin} = eU$ ) durchläuft? Schätzen Sie die Massenzunahme der Elektronen in einem alten Fernsehgerät mit Röhrenmonitor.

## QUANTENTHEORIE

1. (Quantentheorie) Schreiben Sie explizit die eindimensionale zeitunabhängige Schrödingergleichung an. Welche Quantenobjekte werden durch die Schrödingergleichung beschrieben? Welche Einschränkungen gelten bezüglich ihrer Gültigkeit?

2. (Quantentheorie) Welche Werte können die Hauptquantenzahl ( $n$ ), Drehimpulsquantenzahl ( $l$ ), die magnetische Quantenzahl ( $m$ ), und die Spinquantenzahl ( $s$ ) der Elektronenzustände im Wasserstoffatom annehmen?

3. (Quantentheorie) Zur Klassifizierung von Spektrallinien wird die historische Notation (s, p, d, f, g) verwendet. Ordnen Sie diesen Buchstaben die korrekten Drehimpuls-Quantenzahlen zu. Wie viele Elektronen können maximal auf ein s-, p-, d, f-Orbital aufgeteilt werden?

4. (Quantentheorie) Schreiben Sie den Ausdruck für eine komplexe ebene Welle an. Welche wesentlichen Unterschiede bestehen zwischen einer „Quantenwelle“ und einer klassischen Welle?

5. (Quantentheorie) Beschreiben Sie zwei Experimente, die die Welleneigenschaft von Materieteilchen belegen.

6. (Quantentheorie) Skizzieren Sie einen eindimensionalen Potentialkasten und die dazugehörigen Lösungen für die Wahrscheinlichkeitsdichten  $|\Psi_n|^2$  für  $n = 1, 2, 3$ .

7. (Quantentheorie) Die Hund'schen Regeln liefern eine wertvolle Anleitung zur Verteilung der Elektronen auf die möglichen Zustände ( $n, l, m, s$ ) im Atom. Beschreiben Sie nach welchen Regeln die Elektronenschalen besetzt werden.

8. (Quantentheorie) Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeitsdichte einer ebenen Welle. Welche Unterschiede bestehen zwischen einer „Quanten“ Welle und einer klassischen Welle?

9. (Quantentheorie) Skizzieren Sie den Tunneleffekt. Welche Parameter bestimmen wesentlich die Tunnelwahrscheinlichkeit?

10. (Quantentheorie) Skizzieren Sie das Potential eines harmonischen Oszillators und fügen Sie die Wahrscheinlichkeitsdichten  $|\Psi_n|^2$  für die beiden tiefsten Energieniveaus  $n = 0, 1$  hinzu. Was ist die Nullpunktsenergie? Welche herausragende Eigenschaft besitzt

die Nullpunktenergie?

11. (Quantentheorie) Diskutieren Sie das Doppelspaltexperiment für Materiewellen unter dem Aspekt der Welle – Teilchen Dualität.

12. (Quantentheorie) Skizzieren Sie (in getrennten Bildern) die räumliche Elektronenverteilung eines 1s, 2s, und 2p Niveaus im Wasserstoffatom.

13. (Quantentheorie) Betrachten Sie die Interferenz von zwei ebenen Wellen. Wie lautet der Interferenzterm und welche Bedeutung hat die darin enthaltene Phase? Wie kann der Interferenzterm durch optimale Amplitudenwahl maximiert werden?

(Die Summe der Intensitäten  $I_1 + I_2$  soll dabei konstant bleiben; es kann auch an Hand der Dualität argumentiert werden, wobei die Intensitätsdifferenz  $|I_1 - I_2|$  ein Maß für die Pfadinformation ist)

14. (Quantentheorie) Skizzieren Sie die radiale Wahrscheinlichkeitsdichte von zwei möglichen Elektronenzuständen im Wasserstoffatom (zur Skalierung sollte auf der Abszisse an geeigneter Stelle der Bohrsche Radius  $r_1$  aufscheinen; auch getrennte Skizzen möglich).

15. (Quantentheorie) Wie lautet die Heisenberg'sche Unschärferelation und welche Konsequenzen ergeben sich daraus ?

16. (Quantentheorie) Welche 4 Quantenzahlen sind zur vollständigen Beschreibung der Elektronenzustände im Wasserstoffatom notwendig ? Von welchen beiden Quantenzahlen hängt die radiale Verteilung  $R(r)$  ab ?