

**ILLUSTRIERENDE PRÜFUNGSAUFGABEN
FÜR DIE SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG**

Teil 1: Beispielaufgaben

Die Illustrierenden Prüfungsaufgaben (Teil 1: Beispielaufgaben, Teil 2: Erläuterungen und Lösungsvorschläge) dienen der einmaligen exemplarischen Veranschaulichung von Struktur, Anspruch und Niveau der Abiturprüfung auf grundlegendem bzw. erhöhtem Anforderungsniveau im neunjährigen Gymnasium in Bayern.

Physik mit Astrophysik

grundlegendes Anforderungsniveau

Arbeitszeit: 255 Minuten

Bei der Bearbeitung der Aufgaben dürfen folgende Hilfsmittel verwendet werden:

- eine vom Staatsministerium genehmigte mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung
- ein wissenschaftlicher Taschenrechner, der den vom Staatsministerium getroffenen Regelungen entspricht

Es werden vier Aufgaben zur Auswahl gestellt, von denen drei bearbeitet werden müssen.

Die Gehefte mit den Aufgabenstellungen und dem Material sind abzugeben.

Vom Prüfling auszufüllen:

Insgesamt sind **drei** Kreuze zu setzen.

Ich wähle folgende drei Aufgaben zur Bearbeitung aus; nur diese gehen in die Bewertung ein:

- I Induktionsschleifen im Straßenverkehr
- II Sonnenbrillen
- III Exoplaneten
- IV Das Galaxientrio Holm 820

Induktionsschleifen im Straßenverkehr

In Fahrbahnen ist gelegentlich an Schnitten im Straßenbelag zu erkennen, dass im Untergrund eine mehr oder weniger rechteckige Leiterschleife verlegt ist (vgl. M3 Abb. 3). Solche „Induktionsschleifen“ werden verwendet, um beispielsweise Grünlicht an Ampeln auszulösen. Die physikalische Grundlage der im Folgenden betrachteten technischen Umsetzung ist der elektromagnetische Schwingkreis.

1 In M1 ist dargestellt, dass der elektromagnetische Schwingkreis analog zum horizontalen Federpendel betrachtet werden kann.

a Veranschaulichen Sie in M1 Abb. 1 für alle vier Zeitpunkte die elektrischen und magnetischen Felder im Bereich von Kondensator und Spule durch Feldlinien.

b Begründen Sie, dass in dieser Analogie die Auslenkung des Federpendels aus der Ruhelage der Ladung des Kondensators entspricht.

2 Ermitteln Sie die Frequenz der in M2 dargestellten Schwingung möglichst genau und berechnen Sie den Wert der Stromstärke zum Zeitpunkt $t = 30 \mu\text{s}$. Bestätigen Sie mithilfe der Thomson'schen Schwingungsgleichung, dass die Induktivität der verwendeten Induktionsschleife etwa 0,34 mH beträgt.

3 Wenn sich ein Gegenstand oberhalb der zum elektromagnetischen Schwingkreis gehörenden Induktionsschleife befindet, kann das zu einer Beeinflussung des dortigen Magnetfelds sowie einer Änderung der Induktivität im Vergleich zum Schwingkreis ohne Gegenstand führen. Der Schwingkreis wird „verstimmt“ (siehe M3).

a In Fahrzeugen ist in der Regel Eisen verbaut, welches sowohl ferromagnetisch als auch elektrisch leitfähig ist. Beschreiben Sie für diese beiden Materialeigenschaften jeweils die Auswirkung auf die magnetische Flussdichte oberhalb der Induktionsschleife, wenn sich dort nun ein eisenhaltiges Fahrzeug befindet.

b Stellen Sie eine Hypothese auf, die die unterschiedliche Verstimmung durch Pkw bzw. Lkw (siehe M3 Tab. 1) erklärt. Beschreiben Sie einen Versuch, mit dem Sie diese Hypothese testen können – die momentane Schwingkreisfrequenz können Sie dabei direkt an einem Messgerät ablesen.

4 In der Praxis gelingt die Erkennung von Fahrrädern mit Induktionsschleifen nicht immer.

a Zeigen Sie rechnerisch, dass eine relative Veränderung der Schwingungsfrequenz von 0,01 %, die nach Herstellerangaben für ein Signal ausreicht, durch ein Fahrrad nicht in jedem Fall erreicht wird. Verwenden Sie M3 und die Thomson'sche Schwingungsgleichung.

b Eine fahrradfahrende Mitschülerin fragt Sie: „Wohin soll ich mich an der Ampel mit Induktionsschleife stellen, damit sie mich auf dem Fahrrad möglichst zuverlässig erkennt und Grün gibt?“ Erklären Sie Ihr, warum die rechte Position in M4 Abb 4 hierfür günstiger ist als die linke. Skizzieren Sie zur Unterstützung Ihrer Argumentation in M4 Abb. 4 einige magnetische Feldlinien des Feldes der Induktionsschleife.

c Ein Hersteller von Induktionsschleifen kritisiert die Idee, zugunsten der Erkennung von Fahrrädern die Empfindlichkeit der Auswerteelektronik maximal zu erhöhen (siehe M5). Diskutieren Sie, ob bei einer Verkehrsampel durch Maximierung der Empfindlichkeit das Risiko von häufigeren Störungen akzeptiert werden sollte, und geben Sie eine Handlungsempfehlung für den Betreiber der Ampelanlage.

BE

5

2

6

4

3

3

4

3

30

II Sonnenbrillen

Sonnenbrillen stellen für viele Menschen modische Accessoires dar. In erster Linie dienen sie allerdings dazu, die Augen der Trägerin oder des Trägers vor den Gefahren von Sonnenlicht zu schützen. Als Brillengläser dienen getönte Kunststoff- oder Glasscheiben, die mit filternden Schichten überzogen sind.

1 Die Sonne sendet weißes Licht aus. Beschreiben Sie, was man in der Physik unter dem Begriff "weißes Licht" versteht. Berechnen Sie die Wellenlänge des Lichts, dessen Photonen 3,50 eV Energie haben, und begründen Sie, dass diese Photonen für menschliche Augen gefährlicher sind als die des sichtbaren Lichts.

2 Die Gläser von Sonnenbrillen sind getönt (siehe M1).

a An einem Sommertag wurde mittags in München für blaugrünes Licht, dessen Photonen 2,48 eV Energie haben, eine Leistung von $150 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ gemessen. Schätzen Sie den Flächeninhalt der Gläser einer Sonnenbrille ab und berechnen Sie mithilfe von M1 die Anzahl der Photonen des blaugrünen Lichts, die zu diesem Zeitpunkt höchstens pro Sekunde durch eine graugetönte Sonnenbrille der Kategorie 2 hindurch gingen.

b Beschreiben Sie im Photonenmodell den Unterschied im Absorptionsverhalten zwischen einer beliebigen Sonnenbrille der Kategorie 2 und einer Sonnenbrille der Kategorie 2 mit Grautönung.

3 Sonnenbrillengläser werden zusätzlich zur Tönung häufig mit dünnen, teilweise lichtdurchlässigen Schichten bedampft, um ihr Reflexions- und Transmissionsvermögen zu verändern (siehe M2).

a Begründen Sie, dass für die Situation in M2 Abb. 1 bei Lichteinfall nahezu senkrecht zur Oberfläche der Gangunterschied Δs der beiden Teilwellen bei P näherungsweise $\Delta s = 2 \cdot d \cdot n$ beträgt.

Der Brechungsindex des Beschichtungsmaterials beträgt $n = 1,22$. Berechnen Sie für einen nahezu senkrechten Lichteinfall die kleinstmögliche Schichtdicke d , bei der Licht der Wellenlänge 390 nm bei P ein Interferenzmaximum aufweist. Berechnen Sie außerdem eine Wellenlänge von Licht, das bei dieser Schichtdicke bei P ein Interferenzminimum aufweist.

b In der Praxis besteht eine solche Beschichtung eines Brillenglases aus mehreren Lagen. Diese sind so gewählt, dass bei P Interferenzmaxima für möglichst viele Wellenlängen auftreten, insbesondere auch im sichtbaren Spektralbereich. Beschreiben Sie die Auswirkung einer solchen Beschichtung jeweils für den Brillenträger und für eine Person, die von vorne auf die Brille blickt.

4 Bestimmte Brillengläser sind mit einer Schicht versehen, die das transmittierte Licht linear polarisiert (siehe M3). Stellen Sie die Funktionsweise der polarisierenden Schicht in einem beschrifteten Bild anschaulich dar. Gestalten Sie Ihre Darstellung so, dass Sie diese für eine Präsentation in Ihrem Physikkurs verwenden könnten.

5 Marie ist als Segellehrerin während des Sommers an fast jedem sonnigen Tag von morgens bis abends mit dem Segelboot auf dem Wasser. Diskutieren Sie unter Verwendung der Materialien M1 und M3 die Eignung leicht getönter Sonnenbrillengläser mit UV 400-Kennzeichnung im Vergleich zu stark getönten, polarisierenden Gläsern mit CE-Siegel. Erläutern Sie eine weitere Eigenschaft einer Sonnenbrille, auf die Marie als Seglerin aus gesundheitlichen Gründen Wert legen sollte.

BE

5

4

2

5

2

6

6

30

III Exoplaneten

Von 2007 bis 2012 war das Weltraumteleskop CoRoT („Convection, Rotation and planetary Transits“) auf der Suche nach Exoplaneten. Eines der dabei entdeckten Planetensysteme ist das um den Stern CoRoT-7.

- | | |
|--|-----------|
| | BE |
| 1 Der Exoplanet CoRoT-7b bewegt sich in 20 Stunden auf einer annähernd kreisförmigen Bahn um den Stern CoRoT-7 der Masse $1,8 \cdot 10^{30}$ kg. Bestimmen Sie den Radius der Umlaufbahn und die Bahngeschwindigkeit des Exoplaneten CoRoT-7b. Gehen Sie in dieser Teilaufgabe davon aus, dass der gemeinsame Massenschwerpunkt von Stern und Exoplanet mit der Sternmitte zusammenfällt. [zur Kontrolle: $2,5 \cdot 10^9$ m] | 4 |
| 2 Ermitteln Sie mithilfe von M1 und M2 Abb. 1 den Radius des Exoplaneten CoRoT-7b. [zur Kontrolle: $1,1 \cdot 10^4$ km] | 4 |
| 3 Stern und Exoplanet bewegen sich in Wirklichkeit auf annähernd kreisförmigen Bahnen um einen gemeinsamen Massenschwerpunkt, der nicht mit der Sternmitte zusammenfällt und als ruhend angenommen wird. Stellen Sie den Sachverhalt in einer Skizze dar und erklären Sie mit dieser die Methode der Doppler-Spektroskopie zur Bestimmung der Bahngeschwindigkeit des Sterns. Geben Sie die Voraussetzung für diese Methode hinsichtlich der Lagebeziehung von Stern, Exoplanet und Beobachter an. Beurteilen Sie, ob diese Voraussetzung bei CoRoT-7b erfüllt ist. | 5 |
| 4 Für den Planeten CoRoT-7b wurde eine Masse von 7,4 Erdmassen ermittelt. Begründen Sie mit einer geeigneten Rechnung, dass CoRoT-7b den Gesteinsplaneten zuzuordnen ist. | 3 |
| 5 Zeigen Sie, dass die Fallbeschleunigung auf der Oberfläche des Exoplaneten 23 m/s^2 beträgt. Stellen Sie begründet eine Hypothese bezüglich der Existenz einer Atmosphäre dort auf. | 3 |
| 6 Für die beiden Hauptreihensterne Sonne und CoRoT-7 kann eine vergleichbare Verweildauer auf der Hauptreihe angenommen werden. Geben Sie begründet mithilfe von M1 die Eigenschaft des Sterns an, die diese Annahme rechtfertigt.

Pressemeldungen sprachen von CoRoT-7b als „zweiter Erde“. Diskutieren Sie unter Berücksichtigung von M2 und der bisherigen Ergebnisse die Möglichkeit, dass sich auf CoRoT-7b ähnliche Lebensformen wie auf der Erde entwickelt haben und somit tatsächlich eine „zweite Erde“ gefunden wurde. | 5 |
| 7 Der NASA-Leiter Michael Griffin sagte 2005 in einem Interview mit der Washington Post: „In the long run a single-planet species will not survive. If we humans want to survive [...] we must ultimately populate other planets.“ Geben Sie eine vorausgesagte astrophysikalische Entwicklung im Sonnensystem oder in der Milchstraße an und begründen Sie damit den im Zitat beschriebenen Handlungsbedarf. | 2 |
| 8 Eine Kolonisierung von anderen Planeten oder gar Exoplaneten würde immense Anstrengungen erfordern. Auch der Stopp der menschengemachten Erderwärmung ist eine gewaltige technologische, gesellschaftliche und finanzielle Herausforderung. Möglicherweise werden beide Ziele zukünftig in Konkurrenz zueinander stehen. Kriterien für die Entscheidung, welches Ziel verfolgt werden soll, könnten folgende sein: Chance auf Zielerreichung, benötigter Zeitrahmen, Anzahl der Menschen, die von der Zielerreichung profitieren.

Diskutieren Sie, welches der Ziele die Menschheit vordringlich verfolgen sollte. Verwenden Sie drei – genannte oder eigene – Kriterien für Ihre Entscheidungsfindung. | 4 |
| | 30 |

IV

Das Galaxientrio Holm 820

Die drei Galaxien NGC 7769, NGC 7770 und NGC 7771 wurden am 18. September 1784 vom Astronomen Friedrich Wilhelm Herschel entdeckt. Sie befinden sich im Sternbild Pegasus und sind in Bayern im Herbst zu sehen.

- | | |
|--|-----------|
| | BE |
| 1 Weisen Sie mithilfe von M1 Tab. 1 nach, dass die Galaxie NGC 7769 für einen Beobachter in Nürnberg (geographische Breite 49°) sichtbar, aber nicht zirkumpolar ist. | 4 |
| 2 Wählen Sie diejenige Bahn in M2 Abb. 2 aus, die ein Beobachter in Bayern
(i) in einem geeigneten Monat als Bahn von NGC 7769 bzw.
(ii) zu Herbstbeginn als Bahn der Sonne
beobachten wird. Begründen Sie Ihre Entscheidungen. | 3 |
| 3 Zeigen Sie mithilfe von M1, dass die Leuchtkraft von NGC 7770 nur ca. 7 % der Leuchtkraft von NGC 7771 beträgt. Stellen Sie begründet eine Hypothese dazu auf, welche der beiden Galaxien NGC 7770 und NGC 7771 die größere Masse aufweist. | 7 |
| 4 Berechnen Sie mithilfe von M1 Tab. 1 die Radialgeschwindigkeit der Galaxie NGC 7770 und bestimmen Sie damit ihre Entfernung zur Erde. | 4 |
| 5 Erläutern Sie, dass die in Teilaufgabe 4 bestimmte Entfernung für NGC 7770 deutlich von der tatsächlichen abweichen könnte.

Geben Sie eine Methode an, mit der die ermittelte Entfernung der Galaxie NGC 7770 zur Erde überprüft werden könnte, sowie eine weitere Methode zur Entfernungsbestimmung astronomischer Objekte, die hier nicht funktionieren würde. | 5 |
| 6 In M3 wird eine Forschungsidee beschrieben, bei deren Umsetzung Gravitationswellen verwendet werden sollen. Geben Sie die der Forschungsidee zugrundeliegende Hypothese an. Fassen Sie zusammen, inwiefern diese Hypothese durch die Messung von Gravitationswellen überprüft werden kann. | 4 |
| 7 Gravitationswellen, elektromagnetische Wellen und Schallwellen ermöglichen jeweils die Übertragung von Informationen, besitzen aber sehr unterschiedliche Eigenschaften.
(i) Begründen Sie, dass im Gegensatz zu Gravitationswellen und elektromagnetischen Wellen grundsätzlich keine Schallwellen von astronomischen Objekten auf der Erde ankommen können.
(ii) Nennen Sie einen weiteren Unterschied zwischen Schallwellen und elektromagnetischen Wellen.
(iii) Geben Sie eine Analogie zwischen der Entstehung von elektromagnetischen Wellen und Gravitationswellen an. | 3 |