



PRÄSENTATIONSPRÜFUNG IM ABITUR

Beispielaufgaben im Fach:

Physik

Impressum

Herausgeber

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Schule und Berufsbildung

Alle Rechte vorbehalten.

Gestaltungsreferat

Margareta Brünjes

Referatsleitung

Britta Kieke

Fachreferent

Jay Wiese

Layout

Matthias Hirsch

Hamburg 2018

Inhalt

Einleitung	4
Thema: Photobombing Hubble (eA oder gA).....	7
I Aufgabenstellung	7
II Literaturhinweise, Material [für den Prüfling].....	8
III Unterrichtlicher Zusammenhang/Bildungsplanbezüge.....	9
IV Erwartungshorizont	9
V Bewertungshinweise	10
VI Hinweise zur Gestaltung des Fachgesprächs.....	11
VII Literaturangaben [Lehrkraft].....	11
Thema: Interferenz von Röntgenstrahlung: Bragg-Reflexion und Analyse von Kristallstrukturen (eA oder gA)	12
I Aufgabenstellung:	12
II Literaturhinweise, Material [für den Prüfling].....	12
III Unterrichtlicher Zusammenhang/Bildungsplanbezüge.....	13
IV Erwartungshorizont	13
V Bewertungshinweise	15
VI Hinweise zur Gestaltung des Fachgesprächs.....	15
VII Literaturangaben	15

Einleitung

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

mit den hier vorgelegten Beispielaufgaben möchten wir Sie bei der Gestaltung der Präsentationsprüfung im Abitur unterstützen. Die Aufgaben sind mit dem Ziel entwickelt worden, Ihnen hilfreiche Hinweise für eigene Überlegungen zu Abituraufgaben zu geben. Anlass der Überarbeitung der Beispielaufgaben war die Neufassung der Ausbildungs- und Prüfungsordnung zum Erwerb der allgemeinen Hochschulreife (APO-AH) vom 16. Juni 2017. Die ursprünglichen Beispielaufgaben von 2010 wurden zugleich auch auf der Grundlage mehrjähriger Erfahrungen mit dieser Prüfungsform sowie im Hinblick auf Rahmenpläne und Bildungsstandards angepasst bzw. neu entwickelt.

Die Überarbeitungen berücksichtigen die veränderten Vorgaben zur Aufgabenstellung, die ab der Abiturprüfung 2019 gelten. In § 26 Absatz 3 APO-AH zur Präsentationsprüfung wurde die folgende Präzisierung eingefügt: „Die Aufgabenstellung gewährleistet, dass die Präsentation unterschiedliche Kompetenz- und Inhaltsbereiche mindestens zweier Semester der Studienstufe beinhaltet. Das Fachgespräch dient der prüfenden Vertiefung der Präsentation. Dabei werden auch größere fachliche und gegebenenfalls fachübergreifende Zusammenhänge auf der Grundlage des Unterrichts in der Studienstufe berücksichtigt.“

Die Verknüpfung unterschiedlicher Kompetenz- bzw. Inhaltsbereiche aus zwei Semestern bereits in der Aufgabenstellung der Präsentationsprüfung stellt sicher, dass der Prüfling Kenntnisse und Kompetenzen aus diesen zwei Bereichen tatsächlich umfangreich in den Verlauf der Prüfung einbringen kann – und nicht erst in einem ggf. eng umrissenen Anteil des Fachgesprächs. Nur einen dieser beiden Bereiche kann der Prüfling bis zu einem von der Schule bestimmten Zeitpunkt angeben. Dieser wird dann bei Zustimmung des oder der Vorsitzenden des Fachprüfungsausschusses Gegenstand der Prüfung und somit auch der Aufgabenstellung (§ 26 Absatz 1 APO-AH). Der zweite Bereich wird erst zwei Wochen vor der Prüfung mit der Aufgabenstellung durch den Prüfer bekanntgegeben. Die Regelung zur Bekanntgabe des zweiten Bereichs der Prüfung gilt im Übrigen auch für die mündliche Prüfung herkömmlicher Prägung. Beide Bereiche werden also für beide Prüfungsformen zwei Wochen vor der jeweiligen Prüfung dem Prüfling schriftlich bekanntgegeben bzw. bestätigt.

Gleichzeitig wird in der Neufassung der Verordnung die Rolle des Fachgesprächs betont: Es dient nun vorrangig der prüfenden Vertiefung, aber auch der angemessenen Erweiterung des Gegenstands der eigentlichen Präsentation in angrenzende Zusammenhänge. Gerade im Fachgespräch, das sich nun von Anfang an auf beide Inhalts- bzw. Kompetenzbereiche beziehen kann, weist der Prüfling nach, dass er den Prüfungsgegenstand selbstständig und reflektiert durchdrungen hat. Er soll zeigen, dass er über unterschiedliche fachliche und ggf. überfachliche Perspektiven verfügt, die er in seiner Präsentation gezielt ausgewählt und gewichtet hat, und ebenso, dass er seine Ergebnisse vor dem Hintergrund unterschiedlicher Bezugssysteme beurteilen kann und damit einen Anspruch wissenschaftspropädeutischen Arbeitens erfüllt.

Der sogenannte „Semesterübergreif“ wird in der Aufgabenstellung der Präsentationsprüfung verbindlich angelegt. Die Verknüpfung wird nach fachspezifischen Ausprägungen auf unterschiedliche Weise realisiert. Die vorliegenden Beispielaufgaben spiegeln auch hier die Bandbreite der Fächer wider. So ist in einzelnen Fächern nur die Verknüpfung zweier Inhaltsbereiche in der Aufgabenstellung sinnvoll, da die in den Rahmenplänen vorgegebenen Kompetenzbereiche sich nicht auf einzelne Semester der Studienstufe beziehen lassen, sondern durchgängig an den bearbeiteten Inhalten entwickelt werden. In anderen Fächern ist hingegen die Verknüpfung z. B. eines in einem Semester

intensiv erarbeiteten fachmethodischen Zugriffs als Kompetenzbereich mit einem in einem weiteren Semester erarbeiteten Inhaltsbereich möglich. Fachspezifische Ausprägungen und Rahmensetzungen wurden in der zum Schuljahr 2018/19 erschienenen Neufassung der „Richtlinie für die Aufgabenstellung und Bewertung der Leistungen in der Abiturprüfung“ (Abiturrichtlinie) berücksichtigt. Sie sind insbesondere den jeweiligen Fachteilen (Anlagen der Abiturrichtlinie) zu entnehmen.

Ein weiterer häufig thematisierter Aspekt der Aufgabenstellungen für die Präsentationsprüfung ist der Grad ihrer Operationalisierung. Die fachlichen Beispiele bilden hier ein Spektrum von größer geschnittenen Aufgaben bis zu Teilaufgaben mit einzelnen Operatoren ab. Dabei werden die offener angelegten Aufgabenstellungen vorrangig auf die Bearbeitung der Anforderungsbereiche II-III abzielen und den Anforderungsbereich I implizit einschließen. In jedem Falle muss zum einen eine tatsächliche Aufgabenstellung vorhanden sein; die bloße Nennung eines Prüfungsthemas in Form einer Überschrift genügt nicht, um dem Prüfling die Komplexität der Anforderungen an die von ihm erwartete Prüfungsleistung zu verdeutlichen. Zum anderen muss durch die Aufgabenstellung die Bearbeitung auf allen Anforderungsebenen ermöglicht und angeregt werden. Ein entsprechender Hinweis sollte schon in die Mitteilung der Aufgabenstellung aufgenommen werden.

Die Aufgabenstellung muss auch eine grundlegende Anforderung und zugleich besondere Möglichkeit der Präsentationsprüfung erfüllen: Die Abiturrichtlinie betont die eigenständige Erarbeitung des Lösungswegs durch den Prüfling. „Dem Prüfling ist in seinem Lösungsansatz ein Gestaltungsraum zu lassen“ (ebd., S. 8). Dieser Gestaltungsraum kann ggf. die Erarbeitung einer eigenen Leitfrage auf der Grundlage der Aufgabenstellung durch die Schülerin bzw. den Schüler vorsehen. Entsprechende Anforderungen werden in der Fachkonferenz einer Schule abgestimmt und den Schülerinnen und Schülern transparent vermittelt.

Der Erwartungshorizont bildet die beschriebenen unterschiedlichen Gestaltungsmöglichkeiten der Aufgabenstellung ab und formuliert entsprechende Anforderungen, die auch Spielräume in der Aufgabenerfüllung belassen. Dabei ist von entscheidender Bedeutung, dass der Erwartungshorizont, der dem Fachprüfungsausschuss vorliegt, nach dem Erhalt der Dokumentation angepasst und fokussiert wurde. Der Erwartungshorizont enthält analog zur Gestaltung der vorliegenden Beispielaufgaben formale Angaben (Kopfteil), die Aufgabenstellung selbst, ggf. Literaturhinweise bzw. Aufgabenmaterial für die Hand des Prüflings, eine Darstellung des unterrichtlichen Zusammenhangs und ggf. entsprechende knappe Rahmenplanbezüge, den eigentlichen Erwartungshorizont mit Hinweisen zur Zuordnung der erwarteten Leistungen zu den Anforderungsbereichen, Kriterien für die Bewertung nach „gut“ und „ausreichend“ sowie kurze Hinweise zur Gestaltung und Bewertung des Fachgesprächs. Die Ausarbeitung kann z. T. stichpunktartig erfolgen. Die Darstellung des unterrichtlichen Zusammenhangs ermöglicht dem Fachprüfungsausschuss einzuschätzen, inwieweit der Prüfling eigenständige Leistungen erbringt, die über das im Unterricht Erarbeitete und Gesicherte hinausgehen. Die hier vorliegenden Beispiele von Erwartungshorizonten fallen teilweise ausführlicher als ihre tatsächliche Realisierung in der Prüfungssituation aus – auch weil naturgemäß die fokussierende Rolle der Dokumentation nicht berücksichtigt werden konnte. Sie geben eine Orientierung für die Bearbeitung und möglichen Ergebnisse sowie die entsprechenden Kompetenzanforderungen an den Prüfling. Darüber hinaus enthalten die Beispiele z. T. weiterführende Literaturhinweise. Bei der Bewertung der Prüfungsleistung durch den Fachprüfungsausschuss bildet der Erwartungshorizont neben den in der Niederschrift festgehaltenen Eindrücken aus der laufenden Prüfung die wesentliche Grundlage des kriterienorientierten Bewertungsgesprächs.

Die schriftliche Dokumentation des Prüflings ist gemäß der Abiturrichtlinie Teil der Prüfungsleistung. Sie wird in der Bewertung der Gesamtleistung der Präsentationsprüfung nur eine untergeordnete Rolle spielen, da im Vordergrund die tatsächlich dargebotene Präsentation sowie ihre Durchdringung bzw. Erweiterung im Fachgespräch stehen. Eine mangelhafte Dokumentation kann bspw. ausschlaggebend bei der Entscheidung zwischen zwei Notenstufen sein. Eine nicht abgegebene Dokumentation kann darüber hinaus die Durchführung der Prüfung erschweren und damit ihr Ergebnis negativ beeinflussen. Die Dokumentation stellt einen Planungsstand eine Woche vor der eigentlichen Prüfung dar: „Die Prüflinge [...] geben [...] eine schriftliche Dokumentation über den geplanten Ablauf und die geplanten Inhalte der Präsentation bei dem Fachprüfungsausschuss ab.“ (§ 26 Absatz 3 APO-AH) Der Prüfling hat das Recht, in seiner Präsentation von diesem Planungsstand abzuweichen, weitere Aspekte zu ergänzen etc. Die durchdachte Begründung dieser Abweichungen im Fachgespräch kann dabei sogar zu einer besonderen Anerkennung der Reflexionskompetenz des Prüflings führen.

Grundsätzlich besteht ein wesentliches Merkmal gelungener Prüfungsaufgaben darin, dass sie sinnvoll auf den vorausgegangenen Unterricht bezogen sind und den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, die erworbenen Kompetenzen umfassend und auf einem angemessenen Anforderungsniveau zu demonstrieren. Die vorliegenden Beispielaufgaben bilden unterrichtliche Voraussetzungen allgemeiner ab, als dies in der tatsächlichen Prüfungssituation möglich ist. Sie beziehen sich dabei auch auf Vorgaben des jeweiligen Rahmenplans und der Abiturrichtlinie.

Wenn Sie die Beispiele in den Fächern vergleichen, werden Sie also, wie erwähnt, eine gewisse Varianz feststellen – manche Beispiele sind knapper gehalten, andere ausführlich usw. Diese Unterschiedlichkeit soll die Bandbreite aufzeigen, in der sich mögliche Aufgabenstellungen für die Präsentationsprüfung bewegen können, und Sie damit anregen und ermutigen, diese Bandbreite auch zugunsten Ihrer Schülerinnen und Schüler zu nutzen.

Neben den Beispielaufgaben für die einzelnen Fächer liegt zum Schuljahr 2018/19 auch eine allgemeine Handreichung des Landesinstituts für Lehrerbildung und Schulentwicklung zu Präsentationsleistungen und -prüfungen vor, die das entsprechende Dokument von 2010 ersetzt.

Bitte beachten Sie bei der Durchführung und Bewertung der Präsentationsprüfung auch die entsprechenden Teile der „Richtlinie für die Aufgabenstellung und Bewertung der Leistungen in der Abiturprüfung“ (2018).

Ich hoffe, dass wir Ihnen mit den Beispielaufgaben der Fächer eine Unterstützung bei der Aufgabenstellung und Durchführung der Präsentationsprüfung anbieten können.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Mark Hamprecht

(B 31-1, Grundsatzreferat Gymnasium, gymnasiale Oberstufe)

Prüfungsvorsitz: Referent/in: Korreferent:	Prüfling:
Gewählter Inhaltsbereich des Prüflings: <i>Gravitation</i> Ergänztter Inhaltsbereich d. Referenten: <i>Wellen</i>	Termine: Prüfungsstellung: Abgabe Dokumentation: Prüfungstermin/Raum:

Thema: Photobombing Hubble (eA oder gA)

Bei der Beobachtung ferner Galaxien durch das Hubble-Weltraumteleskop sind überraschend Fotos von bisher unbekanntem Asteroiden entstanden.

I Aufgabenstellung

- Stellen** Sie **dar**, welchen Inhalt die Pressemitteilung „Hubble Sees Nearby Asteroids Photobombing Distant Galaxies“ der NASA vom 02.11.2017 hat (Material 1).
- Erklären** Sie, welche Effekte die Asteroiden in der Fotografie (Material 2) als gekrümmte Linien erscheinen lassen. **Stellen** Sie typische Eigenschaften einer Asteroidenbahn am Beispiel des Asteroiden (1862) Apollo **dar**. **Berechnen** Sie eine Apsidengeschwindigkeit von Apollo.

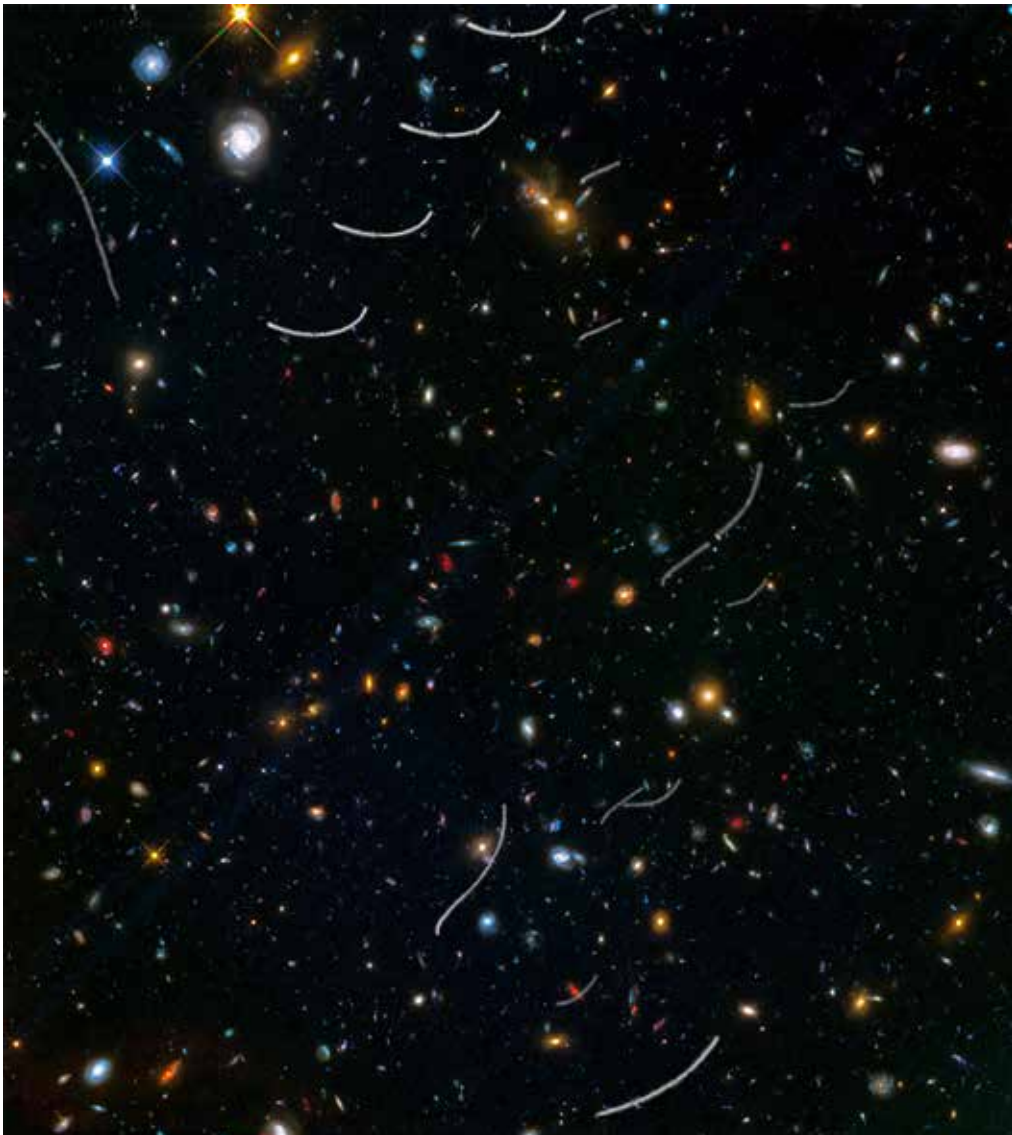
Die Galaxien, die auf dem Foto dargestellt sind, sind als zusammengesetzte Objekte zu erkennen.

- Arbeiten** Sie den Zusammenhang zwischen dem Auflösungsvermögen und dem Durchmesser der Öffnungsblende von Teleskopen **heraus**.
- Bewerten** Sie die Rolle des Zufalls bei wissenschaftlichen Entdeckungen.

II Literaturhinweise, Material [für den Prüfling]

- **Material 1:** Pressemitteilung der NASA zur Beobachtung bisher unbekannter Asteroiden mit Hilfe des Hubble-Weltraumteleskops
 - <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/hubble-sees-nearby-asteroids-photobombing-distant-galaxies>
- **Material 2:** Foto mit Spuren bisher unbekannter Asteroiden auf einem Foto entfernter Galaxien. NASA, ESA, and B. Sunnquist and J. Mack (STScI)
 - http://hubblesite.org/news_release/news/2017-33
- **Material 3:** Simulation zur Beugung von Licht am Einfachspalt von Walter Fendt
 - http://www.walter-fendt.de/html5/phde/singleslit_de.htm

Zu Material 2:



NASA, ESA, and B. Sunnquist and J. Mack (STScI)

Acknowledgment: NASA, ESA, and J. Lotz (STScI) and the HFF Team

III Unterrichtlicher Zusammenhang/Bildungsplanbezüge

Der Prüfling kann das Gravitationsgesetz und die Kepler’schen Gesetze anwenden. Er kann Bahnen von Objekten in Zentralkraftfeldern untersuchen und berechnen. Er zieht dazu energetische Betrachtungen in Zentralkraftfeldern heran.

Der Prüfling beschreibt Interferenzmuster als Ergebnis konstruktiver und destruktiver Überlagerung von Elementarwellen und erklärt so Beugungseffekte, insbesondere am Einzelspalt.

Dabei ordnet der Prüfling physikalische Beobachtungen ein, er nimmt bei der Bewertung eines physikalischen Sachverhalts einen begründeten Standpunkt ein.

IV Erwartungshorizont

Die Lösungsskizze versteht sich hinsichtlich des Inhalts als Anregung für eine Bewertung. Andere sinnvolle Lösungen sind nach der jeweiligen Dokumentation und der legitimen Abweichung davon (APO-AH § 26 Absatz 3) adäquat zu bewerten.

Skizze einer möglichen zu erwartenden Leistung		Anforderungsbereiche		
		I	II	III
Der Prüfling				
a)	... stellt dar, dass bei der Beobachtung ferner Galaxien mit Hilfe des Hubble-Weltraumteleskops überraschend auch andere Objekte abgebildet wurden. Dabei beschreibt er Details der Fotos, die entstanden sind: Gekrümmte Streifen, die als Segmente von Bahnkurven der neuen Asteroiden interpretiert werden vor dem Hintergrund von Galaxien, die unterschiedliche Farben haben. Ähnliche Streifen resultieren aus Mehrfachbelichtungen.	X X		
b)	<p>...beschreibt Parallaxe als scheinbare Bewegung eines Objekts vor einem weit entfernten Hintergrund, wenn der Beobachter seine Position verändert. Da sich das Hubble-Weltraumteleskop auf einem Orbit mit einer Umlaufzeit von ca. 95 Minuten befindet, spielt dieser Effekt hier eine große Rolle. Da die Entfernung der beobachteten Galaxien sehr viel größer ist als die der Asteroiden, kann auch deren Eigenbewegung zu der scheinbar gekrümmten Bahnform auf den Fotos beitragen.</p> <p>Die Bahn des Asteroiden (1862) Apollo ist stark exzentrisch, $\epsilon = 0,560$, die Apsiden-Abstände sind mit $r_A = 2,295AE$ und $r_P = 0,648AE$ sehr unterschiedlich. Die Bahn kann also auch die Erdbahn kreuzen. Man berechnet die Länge der großen Bahnhalbachse zu $1,472 AE$. Die Umlaufzeit lässt sich beispielsweise mit dem dritten Kepler’schen Gesetz und den Bahndaten der Erde zu $1,786 a$ berechnen.</p> <p>Schwieriger ist die Berechnung der Apsidengeschwindigkeiten: Stellt man die Gleichung für die Gesamtenergie an den Apsiden auf, subtrahiert die Gleichungen, verwendet $r_A v_A = r_P v_P$ und die dritte binomische Formel, lässt sich eine Formel für v_P bzw. v_A herleiten. Man erhält $v_P = \sqrt{\frac{2\gamma M_S r_A}{(r_P + r_A)r_P}}$ oder eine entsprechende Formel für v_A. Damit berechnet man $v_P = 46,3 \text{ km/s}$ bzw. $v_A = 13,1 \text{ km/s}$.</p>	X	X X X	X X

Skizze einer möglichen zu erwartenden Leistung		Anforderungsbereiche		
		I	II	III
Der Prüfling				
c)	<p>... stellt den Zusammenhang zwischen der Beugung an einer kreisförmigen Blende und dem Auflösungsvermögen von Teleskopen her: Die Beugungsscheibchen in der Bildebene müssen mindestens so weit voneinander getrennt sein, dass ein Minimum der Intensität dazwischen liegt. Daher ist eine große Öffnungsblende vorteilhaft. Dadurch ist das Beugungsscheibchen schärfer begrenzt. Dieser Zusammenhang kann auch mit Hilfe einer Simulation der Beugung am Einzelspalt veranschaulicht werden.</p> <p>Eine möglichst gute Auflösung war ein Grund für die Konstruktion des Hubble Weltraumteleskops außerhalb der Atmosphäre, die das Auflösungsvermögen von erdgebundenen Teleskopen zusätzlich begrenzt.</p>		X	
d)	<p>...vergleicht den zufälligen Fund der Asteroiden mit der Entdeckung eines anderen physikalischen Effekts oder Sachverhalts, der zufällig entdeckt wurde, beispielsweise der Entdeckung der Röntgenstrahlen.</p> <p>Dabei kann herausgearbeitet werden, dass diese Entdeckungen nicht völlig zufällig erfolgen, sondern im Rahmen zielgerichteter forschender Tätigkeit erfolgt sind.</p>			X

V Bewertungshinweise

Eine **ausreichende** Leistung liegt vor, wenn

- die Entdeckung der Asteroiden im Kontext der Beobachtung entfernter Galaxien beschrieben wird, (AFB I)
- der Effekt der Parallaxe erklärt wird, (AFB II)
- sachgerecht mit Bahnparametern von Asteroiden umgegangen wird, (AFB II)
- der Effekt der Beugung am Einzelspalt auf Teleskope bezogen wird. (AFB II)

Eine **gute** Leistung liegt vor, wenn darüber hinaus

- auch rechnerisch mit Bahnparametern umgegangen wird, (AFB II)
- die Rolle der Beugungsscheibchen beim Auflösungsvermögen in Hinblick auf den Öffnungsdurchmesser analysiert und der Zusammenhang korrekt beschrieben wird, (AFB II-III)
- das beschriebene Beispiel einer zufälligen Entdeckung mit der Entdeckung eines anderen physikalischen Sachverhalts verglichen wird. (AFB III)

Die Präsentationskompetenz ist ein Teil der Gesamtprüfungsleistung. Bewertet werden hier die Eignung der Präsentationsform, Aufbau und technische Darbietung der Präsentation sowie sprachliche und fachsprachliche Genauigkeit und Gewandtheit im Vortrag.

VI Hinweise zur Gestaltung des Fachgesprächs

Neben der Vertiefung einzelner Punkte aus der Präsentation können die folgenden Fragestellungen als Anregungen für das Fachgespräch verstanden werden.

- Auch in anderen Spektralbereichen als im sichtbaren Licht wird der Himmel beobachtet. Erklären Sie, warum es gerade in der Radioastronomie darauf ankommt, große Öffnungsdurchmesser zu erzielen.
- Will man Himmelskörper mit Sonden erforschen, kann man durch „Swing-By“-Manöver die Geschwindigkeit ändern. Erläutern Sie, wie ein Swing-By-Manöver funktioniert.
- Ein Großteil der leicht flüchtigen Substanzen auf der Erde (z.B. Wasser) ist wahrscheinlich durch Asteroiden auf die Erde gelangt. Stellen Sie dar, welchen kosmischen Ursprung verschiedene Elemente und Verbindungen haben können.

VII Literaturangaben [Lehrkraft]

Siehe II.

Prüfungsvorsitz:	
Referent/in:	
Korreferent:	
Gewählter Inhaltsbereich des Prüflings: <i>Wellen</i>	Termine: Prüfungsstellung:
Ergänzter Inhaltsbereich d. Referenten: <i>Quanten</i>	Abgabe Dokumentation: Prüfungstermin/Raum:

Thema: Interferenz von Röntgenstrahlung: Bragg-Reflexion und Analyse von Kristallstrukturen (eA oder gA)

Mit Hilfe von Interferenzeffekten von Röntgenstrahlen an Kristallgittern konnten die Welleneigenschaften von Röntgenstrahlen nachgewiesen werden. Gleichzeitig ermöglichen es diese Effekte, die Struktur von Kristallen zu erforschen. Heute wird der Aufbau komplexer Proteinmoleküle mit Röntgenstrahlung entschlüsselt.

I Aufgabenstellung:

- a) **Erläutern** Sie, welche Ergebnisse die Strukturanalyse mit Hilfe von Röntgen- bzw. Elektronenbeugung geliefert hat. **Leiten** dazu die Bragg'sche Gleichung **her**. Gehen Sie auch auf ein Spezialgebiet ein, beispielsweise die Analyse von Proteinstrukturen.
- b) **Führen** Sie – gemeinsam mit Ihrer Lehrperson in der Schule – ein Experiment zur Beugung von Elektronen **durch**. **Analysieren** Sie die Ergebnisse in Hinblick auf ihre Bedeutung für die Quantentheorie.

II Literaturhinweise, Material [für den Prüfling]

Material 1: Vortrag „Schönheit und Zweckmäßigkeit. Die Architektur der Proteine, der Bausteine des Lebens“ von Robert Huber, Erfurt 2015

- <http://smw.vication.info/?category=paper&paper=1>

Material 2: Falls Sie das Experiment zur Elektronenbeugung nicht zur Verfügung haben, können Sie es auch ferngesteuert durchführen:

- <http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/>

III Unterrichtlicher Zusammenhang/Bildungsplanbezüge

Der Prüfling kann das Gravitationsgesetz und die Kepler'schen Gesetze anwenden. Er kann Bahnen von Objekten in Zentralkraftfeldern untersuchen und berechnen. Er zieht dazu energetische Betrachtungen in Zentralkraftfeldern heran.

Der Prüfling beschreibt Interferenzmuster als Ergebnis konstruktiver und destruktiver Überlagerung von Elementarwellen und erklärt so Beugungseffekte, insbesondere am Einzelspalt.

Er benennt Wellen- und Teilchenaspekte von Materie und erläutert nicht-relativistische Bewegungen von Teilchen in elektrischen Feldern.

Dabei ordnet der Prüfling physikalische Sachverhalte in unterschiedliche Kontexte ein und stellt Anwendungsbezüge her.

IV Erwartungshorizont

Die Lösungsskizze versteht sich hinsichtlich des Inhalts als Anregung für eine Bewertung. Andere sinnvolle Lösungen sind nach der jeweiligen Dokumentation und der legitimen Abweichung davon (APO-AH § 26 Absatz 3) adäquat zu bewerten.

Skizze einer möglichen zu erwartenden Leistung		Anforderungsbereiche		
		I	II	III
Der Prüfling				
a)	<p>... leitet die Interferenzbedingung für Reflexion von Röntgenstrahlen an den Ebenen einer Kristallstruktur mit dem Gitterabstand d her. Der Zusammenhang $2 \cdot \sin(\theta) = k \cdot \lambda$ mit dem Glanzwinkel θ und der Beugungsordnung k wird sinnvoll entwickelt und dargestellt. Es wird erläutert, dass das Auftreten von Beugungsmaxima die Hypothese stützt, dass es sich bei Röntgenstrahlen um Wellen handelt.</p> <p>... kehrt die oben skizzierte Argumentationsweise um: Ausgehend von der Tatsache, dass Röntgenstrahlen Welleneigenschaften haben, kann mit Hilfe von Beugungsbildern auf die Struktur des beugenden Objekts geschlossen werden. Der Prüfling stellt dar, dass durch die kurze Wellenlänge von Röntgenstrahlen so hohe Ortsauflösung erreicht werden kann, dass Molekülstrukturen erforscht werden können. Dabei bezieht sich der Prüfling auf ein selbst gewähltes Beispiel, etwa die Bragg-Reflexion an einem Kristall zur Vermessung der Abstände der Gitterebenen oder auf komplexe Messungen, wie sie in der Materialforschung oder in der Molekularbiologie durchgeführt werden.</p>		X	
			X	
			X	
		X		X
				X
b)	<p>... führt gemeinsam mit der Lehrperson eine Messung an einer Elektronenbeugungs-Röhre durch. Wenn das Experiment nicht zur Verfügung steht, kann das Experiment auch ferngesteuert durchgeführt werden:</p> <p>http://rci-munich.informatik.unibw-muenchen.de/</p> <p>Alternativ können Messwerte zur Verfügung gestellt oder auf die Simulation eines vergleichbaren Effekts verwiesen werden wie etwa</p> <p>https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/davissou-germer</p>		X	

<p>Beim Experiment kann die de-Broglie-Wellenlänge der Elektronen aus dem Durchmesser D_1 und D_2 der ringförmigen Beugungsmaxima berechnet werden. Dabei geht der Abstand $L = 13\text{cm}$ Graphitprobe – Schirm ein, sowie die beiden Gitterebenenabstände $d_1 = 2,13 \cdot 10^{-10}\text{m}$ und $d_2 = 1,23 \cdot 10^{-10}\text{m}$ des hexagonal angeordneten Atomstruktur des Graphits. Man erhält mit Hilfe der Bragg-Bedingung und der Geometrie des Experiments den Zusammenhang $\lambda = 2d \cdot \sin\left(\frac{1}{2} \tan^{-1}\left(\frac{D}{2L}\right)\right)$.</p> <p>Eine Beispielmessung könnte Werte wie die folgenden liefern:</p> <table border="1" data-bbox="347 568 1209 815"> <tr> <td>U/kV</td> <td>3</td> <td>3,5</td> <td>4</td> <td>4,5</td> </tr> <tr> <td>D_1/cm</td> <td>2,8</td> <td>2,8</td> <td>2,7</td> <td>2,6</td> </tr> <tr> <td>D_2/cm</td> <td>5,0</td> <td>4,8</td> <td>4,4</td> <td>4,0</td> </tr> </table> <p>Daraus lassen sich Werte für die Wellenlänge der Elektronen berechnen, die mit der de-Broglie-Wellenlänge verglichen werden können:</p> <table border="1" data-bbox="347 965 1209 1294"> <tr> <td>U/kV</td> <td>3</td> <td>3,5</td> <td>4</td> <td>4,5</td> </tr> <tr> <td>$\lambda_{\text{deBroglie}}/\text{pm}$</td> <td>22,3</td> <td>20,7</td> <td>19,4</td> <td>18,3</td> </tr> <tr> <td>λ_{D_1}/pm</td> <td>22,8</td> <td>22,8</td> <td>22,0</td> <td>21,2</td> </tr> <tr> <td>λ_{D_2}/pm</td> <td>23,3</td> <td>22,4</td> <td>20,6</td> <td>18,8</td> </tr> </table> <p>Der Prüfling interpretiert diese Auswertung sachgerecht und geht auf mögliche Fehlerquellen ein.</p> <p>Das Experiment wird sinnvoll dokumentiert: Fotos/Screenshots, Messdaten.</p> <p>Vertiefend kann der Prüfling auf die achsensymmetrische Form des Beugungsbilds eingehen, die durch die polykristalline Struktur der Graphitprobe hervorgerufen wird.</p> <p>Der Prüfling stellt dar, dass der Nachweis des Wellencharakters der Elektronen ein wichtiger Baustein bei der Entwicklung einer Quantentheorie darstellt, bei der Interferenzeigenschaften auch die Beschreibung von Objekten durch Wellen notwendig machen, die vorher als Teilchen angesehen wurden. Dabei geht er auf die Interpretation der Welleneigenschaften im Rahmen der Quantentheorie ein.</p>	U/kV	3	3,5	4	4,5	D_1/cm	2,8	2,8	2,7	2,6	D_2/cm	5,0	4,8	4,4	4,0	U/kV	3	3,5	4	4,5	$\lambda_{\text{deBroglie}}/\text{pm}$	22,3	20,7	19,4	18,3	λ_{D_1}/pm	22,8	22,8	22,0	21,2	λ_{D_2}/pm	23,3	22,4	20,6	18,8	<p>X</p>	<p>X</p>	<p>X</p> <p>X</p> <p>X</p>
U/kV	3	3,5	4	4,5																																		
D_1/cm	2,8	2,8	2,7	2,6																																		
D_2/cm	5,0	4,8	4,4	4,0																																		
U/kV	3	3,5	4	4,5																																		
$\lambda_{\text{deBroglie}}/\text{pm}$	22,3	20,7	19,4	18,3																																		
λ_{D_1}/pm	22,8	22,8	22,0	21,2																																		
λ_{D_2}/pm	23,3	22,4	20,6	18,8																																		

V Bewertungshinweise

Eine **ausreichende** Leistung liegt vor, wenn

- die Strukturaufklärung mittels Röntgen- oder Elektronenbeugung schlüssig dargestellt wird, (AFB I)
- die Bragg-Bedingung sachgerecht hergeleitet und in den Kontext eingeordnet wird, (AFB II)
- das Experiment zur Elektronenbeugung (in der Schule, ferngesteuert oder simuliert) durchgeführt wurde und Messergebnisse angemessen dokumentiert sind. (AFB II)

Eine **gute** Leistung liegt vor, wenn darüber hinaus

- ein Anwendungsbeispiel überzeugend erläutert wird, (AFB II)
- die Messdaten zur Elektronenbeugung in Hinblick auf die Bestimmung einer Messgröße sinnvoll ausgewertet sind, (AFB II)
- die Bedeutung der Ergebnisse des gewählten Experiments für die Quantenphysik herausgestellt wird. (AFB III)

Die Präsentationskompetenz ist ein Teil der Gesamtprüfungsleistung. Bewertet werden hier die Eignung der Präsentationsform, Aufbau und technische Darbietung der Präsentation sowie sprachliche und fachsprachliche Genauigkeit und Gewandtheit im Vortrag.

VI Hinweise zur Gestaltung des Fachgesprächs

Neben der Vertiefung einzelner Punkte aus der Präsentation können die folgenden Fragestellungen als Anregungen für das Fachgespräch verstanden werden.

- Bei der Erzeugung von Röntgenstrahlen entstehen charakteristische Spektren. Zeichnen Sie ein typisches Röntgenspektrum und erklären Sie die wichtigsten Kennzeichen.
- Erläutern Sie, in welcher Beziehung der Teilchen- und der Wellencharakter des Elektrons zueinander stehen.
- Umgekehrt gibt es auch Experimente, die eine Teilcheninterpretation des Lichts nahelegen. Beschreiben sie ein solches Experiment und erklären Sie die Notwendigkeit einer Teilcheninterpretation, die daraus folgt.

VII Literaturangaben

Siehe II

