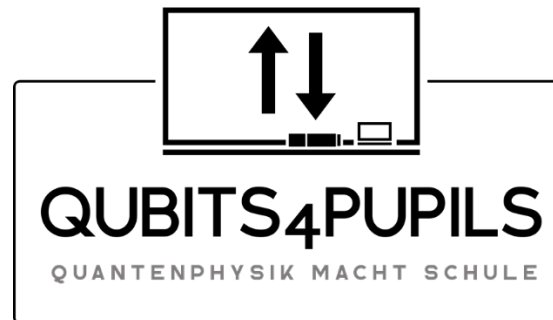


Exemplarische Stundenplanungen

Quantenphysik Klasse 9



Hinweis: Die geplanten Stunden enthalten Zeitblöcke für die in der Studie zum Promotionsprojekt begleitende wissenschaftliche Erhebung. Diese Zeitblöcke sind in **gelb** markiert. Für den regulären Unterricht können diese Zeitblöcke anderweitig genutzt werden.

Verlaufsplan Doppelstunde 1

Fachliches Thema:

Motivation zum Quantencomputer (Primfaktorzerlegung), Teilgebiete der Physik

Weitere Themen:

Organisation inkl. Einwilligungserklärungen, **WISSENESCHAFTLICHE ERHEBUNG (→ freier Zeitblock)**

Zeitrahmen:

90 Minuten

Lehrziele:

Kognitive Lehrziele

- Die Schülerinnen und Schüler kennen das Prinzip der Primfaktorzerlegung.
- Die Schülerinnen und Schüler kennen den Shor-Algorithmus und leiten daraus das Forschungsinteresse an Quantencomputern ab.
- Die Schülerinnen und Schüler kennen die Teilgebiete der klassischen Physik und der modernen Physik.
- Die Schülerinnen und Schüler beschreiben wesentliche Inhalte der jeweiligen Teilgebiete.

Affektive Lehrziele

- Die Schülerinnen und Schüler entwickeln ein Interesse am Konzept der Quantenmechanik.

Zeit (min)	Phase	Inhalt / Lehrer-Schüler-Interaktion	Sozialform	Medien
5	Organisation	- Begrüßung, Kurzvorstellung Projekt - Arbeitshefte und Lehrbücher austeilern	Frontal	PPT
35	Fragebogen	WISSENSCHAFTLICHE ERHEBUNG (→ freier Zeitblock)		Fragebogen
15	Einstieg	Mentimeter - Womit beschäftigt sich Quantenphysik? - Alltagsrelevanz - Wordcloud Begriffe - True/False Quantencomputer YouTube: - Tagesschau (1. Quantencomputer in Deutschland) https://www.youtube.com/watch?v=PSshTCmTrDo - Fraunhofer (Funktionsweise Quantencomputer, bis 2:10) https://www.youtube.com/watch?v=3s2bPNzOIFM	Plenum	Mentimeter, PPT
15	Erarbeitung 1 (Motivation)	Primfaktorzerlegung - Einführung/Erinnerung PPT - Aufgabe AH S. 1 komplett (Schwerpunkt a-c) - Vergleich im Plenum	Einzelarbeit	Arbeitsheft
5	Ergebnissicherung 1 (Motivation)	Quantencomputing und Shor-Algorithmus Durcharbeiten der Vorlage auf AB1	Plenum	AB 1
15	Erarbeitung 2	Gebiete der klassischen und der modernen Physik: Mentimeter - Abgrenzung Quantenphysik zu anderen Teilgebieten, - Abfrage Teilgebiete der Physik - Zitat an Max Planck Lesen Lehrbuch Seite 4-6 (Kapitel 1.1) Ausfüllen der Tabelle	Plenum	Mentimeter, Lehrbuch, AB 1

Hausaufgabe:

Gebiete der klassischen und der modernen Physik

➔ AH S. 2 Nr. 2

Verlaufsplan Doppelstunde 2

Fachliches Thema:

Klassische Physik vs. Quantenphysik

Weitere Themen:

Determinismus und Messung in der klassischen Physik,
Katze Q für den Paradigmenwechsel

Zeitraumen:

90 Minuten

Lehrziele:

Kognitive Lehrziele

- Die Schülerinnen und Schüler gewinnen Einblick in die Begriffe „Determinismus“ und „Rolle der Messung“ an je einem klassischen Beispiel.
- Die Schülerinnen und Schüler spielen die App Katze Q.
- Die Schülerinnen und Schüler erläutern die Grundidee des Gedankenexperimentes „Schrödingers Katze“.
- (Die Schülerinnen und Schüler kennen Grundbegriffe sowie weiterführende Begriffe der Quantenphysik aus dem Spielverlauf (Kittypedia-Einträge).

Affektive Lehrziele

- Die Schülerinnen und Schüler entwickeln ein Interesse an Themen zur Quantenphysik.
- Die Schülerinnen und Schüler sind intrinsisch motiviert beim Spielen der App.

Zeit	Phase	Inhalt / Lehrer-Schüler-Interaktion	Sozialform	Medien
5	Einstieg 1	- Vergleich Hausaufgabe - Abbildung: Mikro- zur Makroebene	Frontal/Plenum	PPT, Arbeitsheft
10	Einstieg 2	- Aktuellen Lottojackpot zeigen - Mentimeter und Diskussion: - Determinismus beim Lotto - Messung als passiver Prozess - Video Determinismus: https://www.youtube.com/watch?v=7HX-fF1YH3Q (bis 02:03)	Plenum	Mentimeter, PPT
5	Erarbeitung 1	PowerPoint-Folie als Zusammenfassung zeigen: Determinismus und passive Messungen → nichts aufschreiben, das passiert kommende Woche	Frontal	PPT
10	Einstieg 2, Orga	- Gedankenexperiment Schrödingers Katze: https://www.youtube.com/watch?v=bitYXYImT2Y - Austeilen der iPads - PPT zu KatzeQ	Plenum	PPT
55		Spielen von KatzeQ	Partnerarbeit	iPad/KatzeQ
5		Vergleich Kreuzworträtsel/Lösungswort, Fragebogen zur Gamification austeilern/erläutern	Plenum/Frontal	

Verlaufsplan Doppelstunde 3

Fachliches Thema:

Determinismus, Indeterminismus und Grundbegriffe

Weitere Themen:

Beispiele für Zweizustandssysteme

Zeitraumen:

90 Minuten

Lehrziele:

Kognitive Lehrziele

- Die Schülerinnen und Schüler erklären die Begriffe „Determinismus“ und „passiver Charakter von Messungen“ an konkreten (klassischen) Beispielen.
- Die Schülerinnen und Schüler erklären die Begriffe „Indeterminismus“ und „aktiver Charakter von Messprozessen“ an konkreten (quantenphysikalischen) Beispielen.
- Die Schülerinnen und Schüler definieren die Begriffe Eigenschaft, Präparation und Zustand.
- Die Schülerinnen und Schüler definieren Zweizustandssysteme.
- Die Schülerinnen und Schüler nennen Beispiele für Zweizustandssysteme.

Zeit	Phase	Inhalt / Lehrer-Schüler-Interaktion	Sozialform	Medien
15	Einstieg	- Wiederholung Grundprinzipien der klassischen Physik (Determinismus, Passivität der Messung) am Beispiel Darts → z. B. paarweise erklären - Erinnerung Kreuzworträtsel KatzeQ → Nicht-Deterministisch - Wiederholung Schrödingers Katze → Messprozesse sind aktiv + <i>Quantenphysik steckt hier nur im Atomkern</i>	Frontal	PPT
15	Erarbeitung	- Vorbereitung Tabelle mit Beispielen - Tabelle gemeinsam ausfüllen	Frontal, Einzelarbeit	PPT, AB 2
15	Ergebnissicherung	Ah. S. 8, 10 Nr. 1, 3a-b inkl. Vergleich (ggf. S. 9 Nr. 2 für Schnelle)	Einzel-/ Partnerarbeit	Arbeitsheft
15	Erarbeitung/ Ergebnissicherung	Grundbegriffe - Durchlesen von Lehrbuch S. 13-15 - Übernehmen der Definitionen (Zustand, Präparation, Eigenschaft) - AH. S 10 Nr. 1	Einzel-/ Partnerarbeit	Lehrbuch, Hefter, Arbeitsheft
5	Ergebnissicherung	Vergleich der Aufgabe	Plenum	Arbeitsheft
15	Erarbeitung/ Ergebnissicherung	- Durchlesen von Lehrbuch S. 18 - AH. S. 11 Nr. 1 - Definition Zweizustandssystem in Hefter übernehmen	Einzelarbeit	Lehrbuch, Arbeitsheft, Hefter, PPT
10	Erarbeitung/ Ergebnissicherung	Beispiele für Zweizustandssysteme (aus dem Alltag, Technik, ggf. Quantenphysik) auf Kärtchen schreiben und an Tafel pinnen → Sortierung nach Bit/Qubit durch Lehrkraft zu Beginn der nächsten Stunde	Partnerarbeit, Plenum, (Einzelarbeit)	Tafel

Verlaufsplan Doppelstunde 4

Fachliches Thema:

Elektronenspin als Qubit

Weitere Themen:

Einführung Superposition

Zeitraumen:

90 Minuten

Lehrziele:

Kognitive Lehrziele

- Die Schülerinnen und Schüler erklären die physikalische Größe „Elektronenspin“ mit einer Stabmagneten-Analogie.
- Die Schülerinnen und Schüler erläutern die Quantisierung des Elektronenspins mithilfe des Stern-Gerlach-Versuches.
- Die Schülerinnen und Schüler ordnen den Elektronenspin als Zweizustandssystem ein.
- Die Schülerinnen und Schüler kennen den Begriff „Wesenszug“.

Zeit	Phase	Inhalt / Lehrer-Schüler-Interaktion	Sozialform	Medien
15	Einstieg 1	Kahoot → Wiederholung Messprozess/Indeterminismus/Mikroebene, Zustandsbegriff, Präparationsbegriff, Zweizustandssysteme	Einzelarbeit (kompetitiv)	Kahoot
5	Einstieg 2	Sortierung der Karten von letzter Stunde mit ZZS nach Bit/Qubit → Frage ins Plenum: Nach welchem Kriterium wurden die Karten sortiert? (Bit vs. Qubit)	Frontal/Plenum	Tafel
5	Erarbeitung 2	Tafelbild für Hefter: Ergänzung der Definition von Bit/Qubit	Frontal	PPT, Hefter
35	Erarbeitung 2	Elektronenspin und Stern-Gerlach-Versuch • Lesen vom Lehrbuch • Erstellen einer Mind-Map für den Hefter • Vergleich im Plenum (Inhalt wiederholen und Vergleich mit Lösungs-Mindmap)	Einzelarbeit und Partnerarbeit	Lehrbuch, Hefter
15	Ergebnissicherung 2	Peer-Instruction zu Elektronenspin und Stern-Gerlach-Versuch	2er-Teams	Mentimeter
10	Ergebnissicherung 2	Aufgaben zu Elektronenspin und Stern-Gerlach-Versuch • AH S. 12 Nr. 3 und 4 • Eigenständiges Vergleichen (Lösungen liegen am Lehrertisch aus)	Einzelarbeit	Arbeitsheft
5	Einstieg 3	Einführung: Wesenszüge der Quantenphysik		PPT

Verlaufsplan Doppelstunde 5

Fachliches Thema:

Wesenszüge der Quantenphysik (Erarbeitung)

Weitere Themen:

Wiederholung Elektronenspin als Qubit, Gesetz der großen Zahlen

Zeitraumen:

90 Minuten

Lehrziele:

Kognitive Lehrziele

- Die Schülerinnen und Schüler erklären das Superpositionsprinzip in der Quantenphysik am Beispiel des Elektronenspins im Magnetfeld.
- Die Schülerinnen und Schüler wenden das Gesetz der großen Zahlen auf ein (klassisches) Zufallsexperiment an.
- Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten wesentliche Charakteristika und Begriffe (aktiver Charakter, begriffliche Abgrenzung zur klassischen Physik, Auflösen der Superposition) zum quantenmechanischen Messprozess und kennen dessen Definition.
- Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten Charakteristika und Begriffe (Einzel- und Ensemble-Prinzip, statistische Vorhersagbarkeit) zum statistischen Charakter und kennen dessen Definition.
- Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten das Prinzip der Verschränkung am Beispiel des EPR-Experimentes mit Elektronenspins und kennen dessen Definition.
- Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass durch Verschränkung keine Informationsübertragung mit Überlichtgeschwindigkeit möglich ist.

Zeit	Phase	Inhalt / Lehrer-Schüler-Interaktion	Sozialform	Medien
15	Einstieg	Kahoot → Wiederholung Qubits/Elektronenspin/Superposition → Wiederholung/Erinnerung Gesetz der großen Zahlen	Einzelarbeit (kompetitiv), Plenum	Kahoot
20	Einstieg	• Wiederholung Wesenszüge • <u>Superposition</u> → Video Uni Wien zur Superposition → Übertragen auf den Elektronen-Spin → Beispiele für Superposition in der Quantenphysik • <u>Verschränkung</u> → Nobelpreis zur Verschränkung als Motivation Arten von Korrelationen • Korrelationsbegriff • Handschuhkorrelation • Münzenkorrelation	Frontal/Plenum	PPT
35	Erarbeitung	Erarbeitung der Wesenszüge 2, 3 und 4 (Anhand von Arbeitsblatt und Simulationen) → Eigenständige Kontrolle, Lösungen auf dem Arbeitsblatt	Partnerarbeit	Simulation (iPad), AB 3
15	Ergebnissicherung	Zusammentragen der Ergebnisse, Erarbeiten der Phänomene • Messprozess: Begriff, aktiv, Eindeutigkeit der Messergebnisse, Auflösen der Superposition • Statistischer Charakter: Einzel- und Ensembleprinzip, statistische Vorhersagbarkeit • Verschränkung: Cooper-Paare, EPR-Experiment, keine Informationsübertragung möglich → + Einkleben der Definitionen	Frontal/Plenum	PPT, AB 3
5	Ergebnissicherung	Beginn Sicherungs- und Anwendungsaufgaben zu den Wesenszügen im Arbeitsheft • Wesenszug 1/2: AH. S. 15 Nr. 3 (+ ggf. S. 16 Nr. 4) • Wesenszug 3: AH. S. 17 Nr. 6 • Wesenszug 4: AH. S. 25 Nr. 11 → Soweit wir kommen, Rest kommende Stunde	Einzelarbeit	Arbeitsheft

Verlaufsplan Doppelstunde 6

Fachliches Thema:

Wesenszüge der Quantenphysik (Ergebnissicherung)

Weitere Themen:

Leistungskontrolle

Zeitrahmen:

90 Minuten

Lehrziele:

Kognitive Lehrziele (Wiederholung)

- Die Schülerinnen und Schüler erklären das Superpositionsprinzip in der Quantenphysik am Beispiel des Elektronenspins im Magnetfeld.
- Die Schülerinnen und Schüler wenden das Gesetz der großen Zahlen auf ein (klassisches) Zufallsexperiment an.
- Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten wesentliche Charakteristika und Begriffe (aktiver Charakter, begriffliche Abgrenzung zur klassischen Physik, Auflösen der Superposition) zum quantenmechanischen Messprozess und kennen dessen Definition.
- Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten Charakteristika und Begriffe (Einzel- und Ensemble-Prinzip, statistische Vorhersagbarkeit) zum statistischen Charakter und kennen dessen Definition.
- Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten das Prinzip der Verschränkung am Beispiel des EPR-Experimentes mit Elektronenspins und kennen dessen Definition.

Zeit	Phase	Inhalt / Lehrer-Schüler-Interaktion	Sozialform	Medien
5	Einstieg	Nachtrag: Basiszustände bei Superposition	Frontal	PPT/ Hefter
30	Einstieg	Sicherungs- und Anwendungsaufgaben zu den Wesenszügen im Arbeitsheft • Wesenszug 1/2: AH. S. 15 Nr. 3 (+ ggf. S. 16 Nr. 4) • Wesenszug 3: AH. S. 17 Nr. 6 • Wesenszug 4: https://www.lernort-mint.de/aufgaben/physik-test-verschraenkung-von-quantenobjekten/ + Klärung offener Fragen	Einzelarbeit/ Partnerarbeit	Arbeitsheft
55	Erarbeitung	Leistungskontrolle		LK

Verlaufsplan Doppelstunde 7

Fachliches Thema:

Dekohärenz und Dekohärenzzeit

Weitere Themen:

Wiederholung Begriffe der Wesenszüge, exponentielles Wachstum

Zeitrahmen:

90 Minuten

Lehrziele:

Kognitive Lehrziele

- Die Schülerinnen und Schüler erläutern die Dekohärenztheorie.
- Die Schülerinnen und Schüler definieren den Begriff Dekohärenzzeit.
- Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten die Abhängigkeit der Dekohärenzzeit von den Parametern Masse, Temperatur, Druck und Lichteinfall.
- Die Schülerinnen und Schüler wenden die Dekohärenz auf makroskopische Systeme an und schlussfolgern, dass Superposition im Alltag praktisch nicht vorkommt.
- Die Schülerinnen und Schüler gewinnen Einblick in exponentielle Wachstumsprozesse.

Zeit	Phase	Inhalt / Lehrer-Schüler-Interaktion	Sozialform	Medien
10	Einstieg	Wiederholung Wesenszüge → Moderationskarten mit Begriffen werden an SuS verteilt und an der Tafel sinnvoll geordnet	Plenum	Moderationskarten
15	-	Rückgabe/Auswertung LKs	Frontal	PPT
15	Einstieg	Wiederholung/Vertiefung: - Aufgabe/Vergleich: https://www.lernort-mint.de/aufgaben/physik-test-verschraenkung-von-quantenobjekten/ - AB 3.1: Weitergedacht (2 Messprozesse nacheinander)	Einzelarbeit / Plenum	Arbeitsheft, AB 3.1
10	Einstieg	Leitfrage: Warum ist unsere Welt klassisch? → ChatGPT fragen → Video Dekohärenz	Frontal	PPT
30	Erarbeitung	AB Dekohärenz und Dekohärenzzeit mit Simulation → Infotext zu Dekohärenz und Dekohärenzzeit lesen, Definition übernehmen. Textvergleich → Erarbeitung Dekohärenzzeit und Eigenschaften inkl. Vergleich	Partnerarbeit/ Frontal	Simulation (iPad), AB 4, PPT
5	Ergebnissicherung	Aufgabe Dekohärenz: AH. S. 23 Nr. 3 und 4 → inkl. Vergleich → Hausaufgabe ankündigen	Einzelarbeit	Arbeitsheft
5	Einstieg	Einstieg exponentielles Wachstum	Frontal, Einzelarbeit	Arbeitsheft, PPT

Hausaufgabe:

Was ist eine Berechnung bei einem Computer?

→ Lesen Lehrbuch S. 43

Verlaufsplan Doppelstunde 8

Fachliches Thema:

Quantencomputer

Weitere Themen:

WISSENSCHAFTLICHE ERHEBUNG (→ freier Zeitblock)

Zeitraumen:

90 Minuten

Lehrziele:

Kognitive Lehrziele

- Die Schülerinnen und Schüler erklären das Grundprinzip von Quantencomputern mithilfe der Wesenszüge. Sie unterscheiden dabei die Aspekte Informationsträger, Berechnungen und Auslesbarkeit von Rechenergebnissen.
- Die Schülerinnen und Schüler nennen potentielle Einsatzgebiete für Quantencomputer.
- Die Schülerinnen und Schüler erklären die Grenzen und Hindernisse bei der Entwicklung von Quantencomputern anhand der Dekohärenz.

Zeit	Phase	Inhalt / Lehrer-Schüler-Interaktion	Sozialform	Medien
5	Einstieg	Kahoot • Forschungsstand Quantencomputer + Laborbedingungen → Vorschau auf die Problematik der Dekohärenzzeit von Qubits • Wiederholung Primfaktorzerlegung/Shor-Algorithmus • Vorschau Hybrid-Computer • Wiederholung Dekohärenzzeit	Einzelarbeit (kompetitiv)	Kahoot
10	Einstieg	• Definition Quantencomputer • Grundidee Quantencomputer • Roadmap Quantencomputer IBM • Austeilen AB 5.1/5.2 • Informationsträger Quantencomputer	Frontal / Plenum	PPT, AB 5
25	Erarbeitung	Erarbeitung Berechnungen/Auslesbarkeit 1. Einteilung (bestenfalls 50:50): Fensterreihe: Expertengruppe für Berechnungen Wandreihe: Expertengruppe für Auslesbarkeit von Ergebnissen 2. Innerhalb der Expertengruppe: Lesen der Information, ggf. Diskussion mit Nachbarn 3. Nach 5 Minuten: Pärchenbildung mit je einem Experten, gegenseitiges Erklären und gemeinsames Ausfüllen der jeweils fehlenden Infos	Einzelarbeit/ Partnerarbeit	AB 5
15	Ergebnissicherung	Vergleich im Plenum, Diskussion der Ergebnisse Input: Einsatzgebiete und Grenzen bei der Umsetzung → falls Zeit ist: Lückentext AH S. 25 Nr. 3	Plenum	PPT, AB 5
35	Datenerhebung	WISSENESCHAFTLICHE ERHEBUNG (→ freier Zeitblock)		Fragebogen