**Verlaufsplan und Lernzielübersicht 2. Doppelstunde**

**Lernziele:**

Die SuS führen die Simulation am Strahlteiler mit Einzelphotonen durch und beschreiben ihre Beobachtungen (statistischer Charakter).

Die SuS führen die Simulation am MZI mit klassischem Licht und Einzelphotonen durch und erklären die auftretenden Phänomene mithilfe bekannter Modelle.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Zeit/ Minuten** | **Phase** | **Sozialform/ Methode** | **Inhalt**  | **Medien** | **Bemerkungen** |
| 6min(6min) | Wiederholung 1. DS | Think pair share | SuS sollen Zusammenfassung der letzten DS geben und die gegebenen Fachbegriffe sinnvoll integrieren. Zuerst alleine darüber Gedanken machen (2min), dann in Partnerarbeit besprechen (2min) und in Klasse vorstellen (2min) | PPP | Zurückerinnern/rekapitulieren der letzten DS |
| 7min(13min) | Experiment Strahlteiler Photon | PA | Strahlteiler mit Detektoren in Skizze einzeichnen lassen; Simulation durchführen und Beobachtung beschreiben | AB, Simulation | Betonung, dass Koinzidenzaufbau immer vorgeschaltet🡪wird im Folgenden nicht mehr explizit erwähnt |
| 3min(16min) | Ergebnissicherung Strahlteiler Photon | UG | Vergleich der Beobachtung und Merksatz ausfüllen lassen | AB | Betonung der „neuen“ Physik, da wir Phänomene sehen, die mit der bisherigen Physik nicht beantwortet werden können |
| 6min(23min) | Zusammenfassung Quantenphysik | LV | Einführen der „neuen“ Physik | PPP |  |
| 10min(33min) | Erarbeitung stat. Charakter | EA | Messung wird allein durchgeführt 20 mal  | AB, Simulation | Statistischer Charakter Aufgabe 1 |
| 10min(43min) | Sicherung stat. Charakter | UG | Zusammentragen der Messwerte der gesamten Klasse und Fazit formulieren, Merksatz ausfüllen lassen | AB, PPP | Lehrperson sammelt vorne Ergebnisse der Einzelmessungen |
| 10 min(53min) | Einführung Interferenz | GA | In 4er-Gruppen wir noch vorhandenes Wissen zur Interferenz gesammelt; anschließend kurz zusammengefasst in der Klasse | AB | Andere optische Experimente sollen mit Photonen probiert werden🡪Interferenz |
| 5min(58min) | Einführung Interferometer | LV | Vorstellen des Interferometers, hier speziell des MZI | PPP | Aber Hinweis, dass es auch andere Interferometer-Typen gibtLetzter Punkt der Info-Seite nicht ganz so relevantHier gleiche Anordnung der Fotos🡪als Lehrperson direkte Verbindung ziehen (das ist Spiegel in real, das in Simulation, …)Interferometer Aufgabe 1 |
| 10min(68min) | Interferenz bei klassischem Licht | PA | Mithilfe von Simulation in Skizze Strahlengang des Lichts einzeichnen und Interferenzmuster skizzieren  | AB, Simulation | Danach kurzer VergleichInterferometer Aufgabe 2 |
| 6min(74min) | Interferenz bei Einzelphotonen | PA | Simulation durchführen und Beobachtung beschreiben; Versuch einer Erklärung | AB, Simulation | Interferometer Aufgabe 3 |
| 5min(79min) | Ergebnissicherung Interferenz | UG | Merksatz selbstständig formulieren lassen und Eingehen auf Problematik des Begriffs „Weg“ | AB, PPP | Betonung des aktiven Charakters des Messprozesses! (beide Begriffe aber nicht nennen)Mögliche Formulierung: erst durch das Detektieren des Photons durch einen Klick am Detektor (der Messprozess) wird die eine oder die andere Möglichkeit realisiert |
| 2min(81min) | Definition Superposition | LV | Betonung, dass Eigenschaft „Weg“ nicht existiert; bis zum Klicken eines Detektors Superposition beider Möglichkeiten | PPP |  |
| 8min(89min) | Übung Superposition | GA | Zuerst Analogie-Tabelle zur Eissorte mit eigenen Möglichkeiten füllen; dann Karikatur analysieren | AB | Bei Karikatur eventuell Tipp, dass sich die Karikatur auf die Superposition von Möglichkeiten aus der Quantenphysik beziehtEventuell: Klassischer 3-Schritt zur Analyse (ist den SuS aus Geschichte bekannt): Beschreibung, Deutung, Bewertung (muss aber nicht sein)Superposition Aufgabe 1 und 2Generell ist die 1. Aufgabe relevanter als die 2., dies kann als Erweiterung und erhöhtes Anforderungsniveau gesehen werden und kann bei Zeitknappheit weggelassen werden |

LV= Lehrervortrag; UG= Unterrichtsgespräch; GA= Gruppenarbeit; EA=Einzelarbeit PA=Partnerarbeit