**Verlaufsplan und Lernzielübersicht 1. Doppelstunde**

**Lernziele:**

Die SuS erklären die Entstehung von Klicks bei der Detektion von Photonen an Lawinen-Dioden.

Die SuS erklären die Koinzidenzmethode und die Funktion der einzelnen Komponenten des Aufbaus.

**Verlaufsplan**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Zeit/ Minuten** | **Phase** | **Sozialform/Methode** | **Inhalt** | **Medien** | **Bemerkungen** |
| 7min  (7min) | Begrüßung/Einführung | UG | Motivation über Zeitungsartikel, Zielsetzung der folgenden Stunden erklären mit Endziel eigene Verschlüsselung; Leitfrage 1 formulieren | PPP | Einstieg: heutige Verschlüsselungen in naher Zukunft nicht mehr sicher🡪darum Quantenkryptographie  SuS sollen Artikel lesen und unbekannte Fachbegriffe nennen🡪neue Begriffe wie „Photon“, „Verschränkung“, „Polarisation“ tauchen auf in Artikeln🡪Photon vorläufig definieren/postulieren und damit Leitfrage 1 motivieren  Sprechweise so: Wir wissen jetzt noch nichts über das Photon; ich kann aber sagen, dass Photonen Energieportionen sind. Diese werden wir im Folgenden näher untersuchen. Dafür müssen wir erstmal feststellen, wann ein Photon vorhanden ist, es also detektieren |
| 13min  (20min) | Erarbeitung Funktionsweise Detektoren | EA | Lawinenanalogie nachvollziehen mittels Video | AB, Video, PPP | Video vorspielen  AB: Detektoren Aufgabe 1 |
| 2min  (22min) | Ergebnissicherung Detektor | UG | Inhalte der Tabelle werden verglichen | PPP, AB | Ergebnissicherung mittels Vergleichs (s. Powerpoint)  Hinweis, dass pro bestimmten Strom ein „Klick“ von Detektor🡪allerdings auch Klick, wenn kein Photon einfällt🡪nächste Aufgabe |
| 7min  (29min) | Ergebnissicherung Dunkelzählereignisse | PA | SuS fassen Informationen zu Dunkelzählereignissen zusammen | PPP | AB: Detektoren Aufgabe 2  Ergebnissicherung mittels Vergleich (s. PPP) |
| 5min  (34min) | Ergebnissicherung Merksatz | EA | SuS fassen gesammeltes Wissen zusammen | AB | Hier Gesamtsicherung; Leitfrage 1 ist beantwortet. |
| 4min  (38min) | Motivation parametrische Fluoreszenz | LV | Neues Thema motivieren | PPP | Doch Problematik der Dunkelzählereignisse🡪wie können wir sicher sein, dass 1 Klick= 1 Photon?  🡪 wir brauchen Methode dazu; Diese Frage ist Einstieg für parametrische Fluoreszenz 🡪Leitfrage 2 |
| 15min  (53min) | Erarbeitung parametrische Fluoreszenz | EA, PA | Erarbeitung der Methode aus Text und Zusammenfassen der wichtigsten Punkte in PA | Informationstext, AB | selbstgeschriebener Text  AB: parametrische Fluoreszenz Aufgabe 1  Hier bei Bedarf Hilfserklärung über E-Niveaus (s. Lehrkräftehandreichung) |
| 5min  (58min) | Ergebnissicherung parametrische Fluoreszenz | UG | kurzes Vorstellen am Ende durch ein Paar | AB |  |
| 5min  (63min) | Erarbeitung Koinzidenzmethode-Aufgabe 1 | PA | Analyse des Koinzidenzzettels und Diskussion in Paar über den Zusammenhang der Messreihe mit der parametrischen Fluoreszenz und wie das dem Ziel (Einzelphotonexperimente) helfen kann | AB | Ausgangsstellung: Wir haben die Messungen von 2 Detektoren, untersucht diese mithilfe der folgenden Aufgaben selbstständig.  SuS sollen selbst den Zusammenhang erkennen. (Aufgabe 1) |
| 2min  (65min) | Vergleich Aufgabe 1 | UG | SuS stellen ihre Beobachtungen vor, danach PPP | PPP | Vgl. bevor Aufgabe 2 gemacht wird, damit jeder diese machen kann. Koinzidenzen auf AB markieren lassen. |
| 3min  (68min) | Erarbeitung Koinzidenzmethode-Aufgabe 2 | PA | SuS versuchen selbstständig auf Verbindung parametrische Fluoreszenz und Koinzidenzzettel zu kommen | AB | Bei parametrischer Fluoreszenz werden 2 Photonen ausgesendet, hier auf Zettel haben wir teilweise genau zwei Klicks gleichzeitig |
| 2min  (70min) | Vergleich Aufgabe 2 | UG | SuS stellen ihre Beobachtungen vor, danach PPP |  |  |
| 8min  (78min) | Ergebnissicherung Koinzidenzmethode | EA | Lückentext und Merksatz vervollständigen lassen | AB | SuS sollen das Wissen selbstständig rekapitulieren und Fazit formulieren; danach Vergleich und Hinweis, dass dieser Aufbau vor jedem Experiment geschalten ist (wichtig für 2.DS)  Leitfrage 2 wird damit beantwortet  Hinweis, dass Koinzidenzaufbau immer vor Experimente geschaltet ist, aber nicht explizit immer mitbetrachtet wird  Vertiefend: Koinzidenzfenster (s. Lehrkräftehandreichung) |
| 5min  (83min) | Erarbeitung Strahlteiler | LV | Leitfrage 3 formulieren; Theorieteil Strahlteiler kurz vorstellen mit Realobjekt | PPP, Realobjekt | Bis jetzt: Photon untersucht und verstanden; jetzt wird dieses neue Quantenobjekt untersucht🡪Leitfrage 3  Realobjekt in Demonstration einbeziehen  Strahlteiler Aufgabe 1 |
| 5min  (88min) | Experiment Strahlteiler klassisches Licht | PA | Simulation mit klassischem Licht durchführen und Strahlengang einzeichnen+ Lückentext ausfüllen | Simulation, AB |  |
| 2min  (90min) | Ergebnissicherung Strahlteiler klassisches Licht | UG | Kurzer Vergleich | PPP | Strahlteiler Aufgabe 1  Experiment mit Realobjekt zeigen |
|  | Ergebnissicherung (bei Bedarf) | UG; LV | Zusammenfassen von bisher gelerntem durch Fragen der Lehrperson | PPP | Als Puffer; die Sachen sind aus der Stunde bekannt und können bei Zeitknappheit auch weggelassen werden |

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