

Willkommen!

Im Video hast Du gerade erfahren, dass Licht eine horizontale oder vertikale Polarisation haben oder sich sogar in einer Superposition (Überlagerung) aus beiden Möglichkeiten befinden kann. Nun sollst Du mit diesem Wissen einen Quantenmünzwurf in einem virtuellen Labor nachbauen. Im unteren Bereich einer jeden Folie findest Du stets eine neue Aufgabe und im oberen Bereich, anstelle von „Willkommen!“ die Lösung und Erklärung der vorherigen Aufgabe. Deine erste Aufgabe wird sich noch um eine klassische Münze drehen. Viel Spaß!

Aufgabe:

1. Such Dir eine beliebige echte Münze und entscheide, welche Seite jeweils Kopf oder Zahl entspricht.
2. Wirf die Münze mindestens 20 Mal und notiere Dir jeweils das Ergebnis.
3. Wie oft zeigte die Münze Kopf und wie oft zeigte sie Zahl?
4. Welche Schlüsse kannst Du daraus ziehen? Besprich Dich gerne mit Deinen Mitschüler*innen.

Lösung:


Nachdem Du die Münze mindestens 20 Mal geworfen hast, solltest Du feststellen, dass sie manchmal Kopf und manchmal eben Zahl angezeigt hat. Die Ergebnisse Kopf und Zahl sind eigentlich gleich wahrscheinlich (jeweils 50%), weshalb man erwarten würde, beide in etwa gleich oft zu beobachten. Da ein Münzwurf jedoch vollkommen auf Zufall basiert, ist es möglich, dass Du ein Ergebnis viel häufiger beobachtet hast als das andere. Würdest Du die Münze noch sehr viel öfter werfen, würden sich der Anzahlen der beobachteten Kopf oder Zahl immer weiter angleichen. Bei unendlich vielen Würfeln würdest Du feststellen, dass Kopf und Zahl jeweils exakt gleich häufig aufgetreten sind.

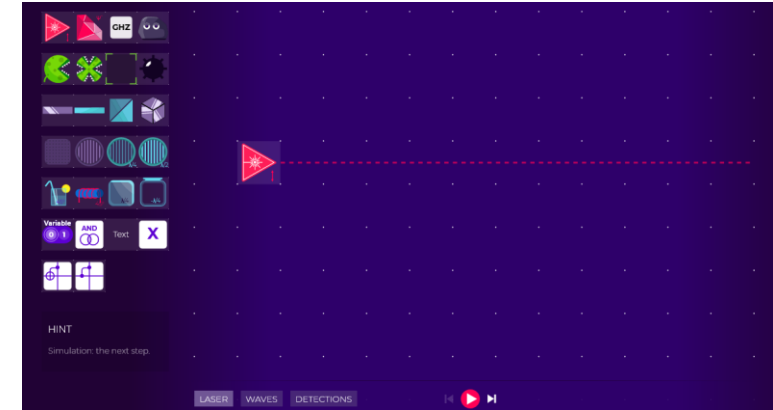
Aufgabe:

1. Gehe in Deinem Browser auf die Webseite <https://lab.quantumflytrap.com/lab>.
2. Achtung: Im Safari-Browser funktioniert die Seite manchmal nicht korrekt.
3. Du solltest nun ein virtuelles Labor vor Dir sehen, in welchem Du experimentieren kannst.


< 1.3 Münzwurf: Der Laser />

Lösung:

Die Seite die Du nun vor Dir siehst sollte so aussehen. Die große Fläche in der Mitte ist der Labortisch auf dem Du experimentieren kannst. Das Menü auf der linken Seite enthält die Objekte, die Du für Deine Experimente verwenden kannst. Ganz unten finden sich ein paar Knöpfe mit denen Du Einstellungen verändern sowie dein Experiment mit einem Klick auf  beginnen kannst. Bei den Einstellungen benötigst Du nur „Waves“ und „Detections“. Was diese bedeuten, wirst Du noch erfahren.



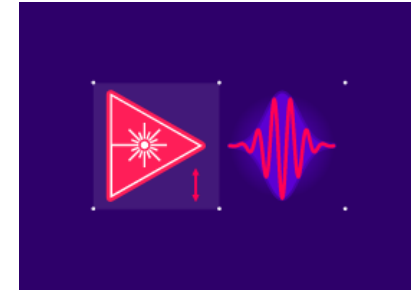
Aufgabe:

1. Auf dem Labortisch siehst Du bereits einen Laser. Dieser wird Dir als Lichtquelle dienen. 
2. Klicke mit der linken Maustaste auf den Laser und halte sie gedrückt. Ziehe den Laser ins Menü auf der linken Seite.
3. Nimm dann einen neuen Laser aus dem Menü und ziehe ihn auf den Labortisch an eine beliebige Stelle.
4. Klicke unten bei den Einstellungen auf „Waves“.

< 1.4 Münzwurf: Die Zuckerlösung />

Lösung:

Durch den ersten Teil der vorherigen Aufgabe hast Du gelernt, wie Du Gegenstände im Labor verschiebst, vom Tisch entfernst sowie wieder neu auf den Tisch stellst. Durch das Klicken auf „Waves“ hast Du Deinen Laser so eingestellt, dass er fortan immer nur einzelne Pakete (Teilchen) von Licht mit horizontaler Polarisation aussendet. Das sieht so aus:



Aufgabe:

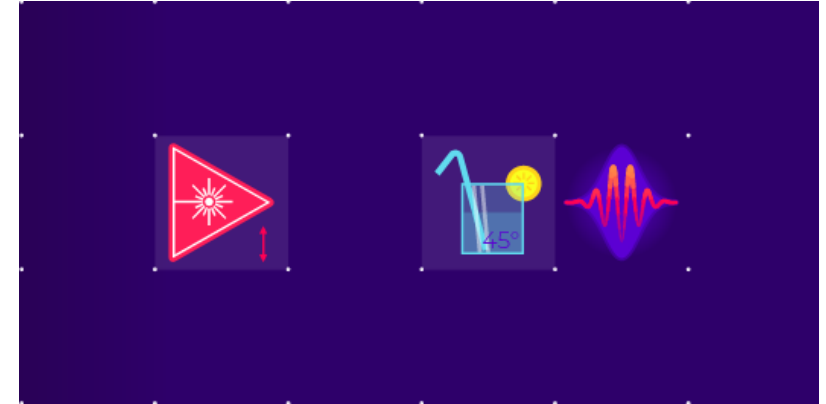
1. Nimm als nächstes die Zuckerlösung aus dem Menü und platziere sie so, dass das Laserlicht auf sie treffen kann.
2. Starte Dein Experiment und beobachte, wie sich die Darstellung des Lichtpakets nach dem Durchqueren der Zuckerlösung ändert.



< 1.5 Münzwurf: Der Strahlteiler />

Lösung:

Die Zuckerlösung sorgt dafür, dass sich die Polarisation des Lichts um 45 Grad dreht. Das bedeutet, dass sich das Licht nach dem Durchqueren zwischen horizontaler und vertikaler Polarisation, also in einer Superposition, befindet. Würde man nun die Polarisation des Lichtes messen, wären die Ergebnisse horizontale und vertikale Polarisation gleich wahrscheinlich – wie Kopf und Zahl bei einer Münze! Im virtuellen Labor wird Licht in einer Superposition so dargestellt, wie auf dem Bild rechts zu sehen ist (vergleiche mit der Darstellung des horizontal polarisierten Lichts auf der vorherigen Folie).



Aufgabe:

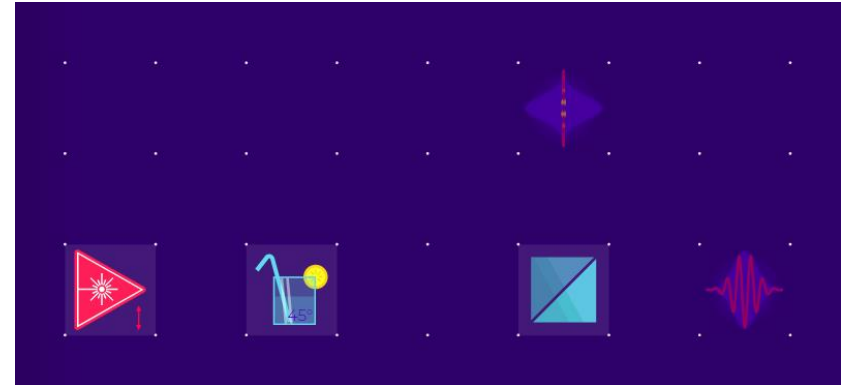
1. Nimm als nächstes den polarisierenden Strahlteiler und platziere ihn zwei Felder hinter der Zuckerlösung.
2. Starte Dein Experiment und beobachte, was passiert. Was glaubst Du, macht der Strahlteiler mit dem Licht und der Superposition der beiden Polarisationen?



< 1.6 Münzwurf: Die Detektoren />

Lösung:

Der polarisierende Strahlteiler lässt horizontal polarisiertes Licht durch und reflektiert Licht mit vertikaler Polarisation in einem rechten Winkel. Somit teilt sich das sich in einer Superposition befindliche Lichtpaket in zwei Pakete auf – jeweils eins mit horizontaler und eins mit vertikaler Polarisation. Das Licht in vertikaler Polarisation wird im virtuellen Labor so dargestellt, wie das sich nach oben bewegende Lichtpaket im Bild rechts.



Aufgabe:

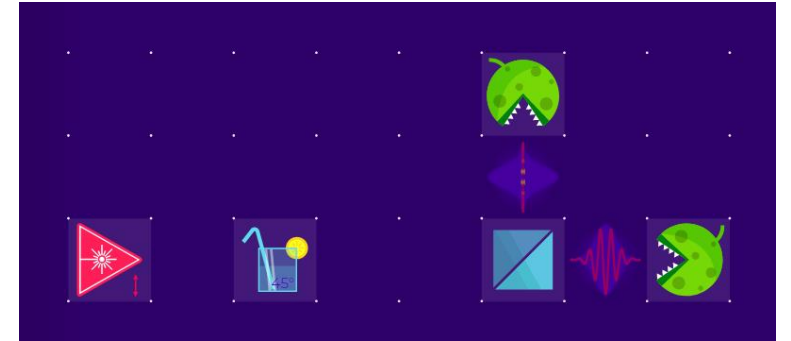
1. Im linken Menü findest Du fleischfressende Pflanzen, welche hier symbolisch für Detektoren von Licht stehen. Sie können einzelne Lichtpakete auffangen und somit nachweisen.
2. Nimm nun zwei Detektoren aus dem Menü und platziere sie so, dass sie jeweils eines der beiden Lichtpakete die vom Strahlteiler kommen auffangen können. Klicke einmal auf einen Detektor, um ihn um 90 Grad drehen zu können.
3. Starte Dein Experiment. Was passiert mit den Detektoren?




< 1.7 Münzwurf: Der Quantenmünzwurf />

Lösung:

Jedes Mal wenn ein Detektor ein Lichtpaket auffängt, verfärbt er sich und zeigt eine Zahl an. Diese steht für die Anzahl der beobachteten Lichtpakete. Du solltest feststellen, dass immer nur einer der beiden Detektoren ein Ergebnis anzeigt. Dies liegt daran, dass ein einzelnes Lichtpaket ein Teilchen und damit eigentlich unteilbar ist. D.h. auch nach dem Strahlteiler befindet sich das Licht in einer Superposition und nur entweder horizontale oder vertikale Polarisation können gemessen werden.



Aufgabe:

1. Was könnte es bedeuten, dass das Licht zwar immer noch in einer Superposition der beiden Polarisationen ist, diese sich nun aber in unterschiedliche Richtungen bewegen?
2. Da beide Polarisationen gleich wahrscheinlich sind, hast Du nun einen Quantenmünzwurf gebaut. Klicke unten bei den Einstellungen auf „Detections“, was Dein Experiment automatisch mehrfach wiederholt. Führe mindestens 20 Wiederholungen durch.
3. Stoppe Dein Experiment mit einem Klick auf . Vergleiche die Ergebnisse Deines Quantenmünzwurfs mit denen aus der allerersten Aufgabe.

< 1.8 Münzwurf: Ende />

Lösung:

Nach dem Strahlteiler befindet sich das Licht immer noch in einer Superposition aus horizontaler und vertikaler Polarisation. Da sich beide Polarisationsanteile nun aber in unterschiedliche Richtungen bewegen, befindet sich das Licht darüber hinaus auch in einer Superposition aus zwei Bewegungsrichtungen, z.B. rechts und oben. Die beiden Superpositionen sind aber gekoppelt, da sich in unserem Beispiel horizontal polarisiertes Licht nach rechts und vertikal polarisiertes Licht nach oben bewegt.

Du solltest feststellen, dass der Quantenmünzwurf das gleiche Verhalten zeigt wie die klassische Münze: Sowohl horizontale als auch vertikale Polarisierungen werden manchmal gemessen (vergleichbar mit Kopf und Zahl der klassischen Münze). Beide Ergebnisse sollten ungefähr gleich häufig auftreten, da sie gleich wahrscheinlich sind (jeweils 50%). Es kann jedoch auch Abweichungen davon geben und erst bei sehr vielen Wiederholungen nähern sich die Häufigkeiten der beiden Ergebnisse einander immer mehr an.

Auf Wiedersehen!

Hoffentlich hattest Du Spaß mit diesem Kurs und hast einiges gelernt. Probiere doch Deine eigenen Experimente im virtuellen Labor aus oder besuche den nächsten Kurs in dieser Reihe.