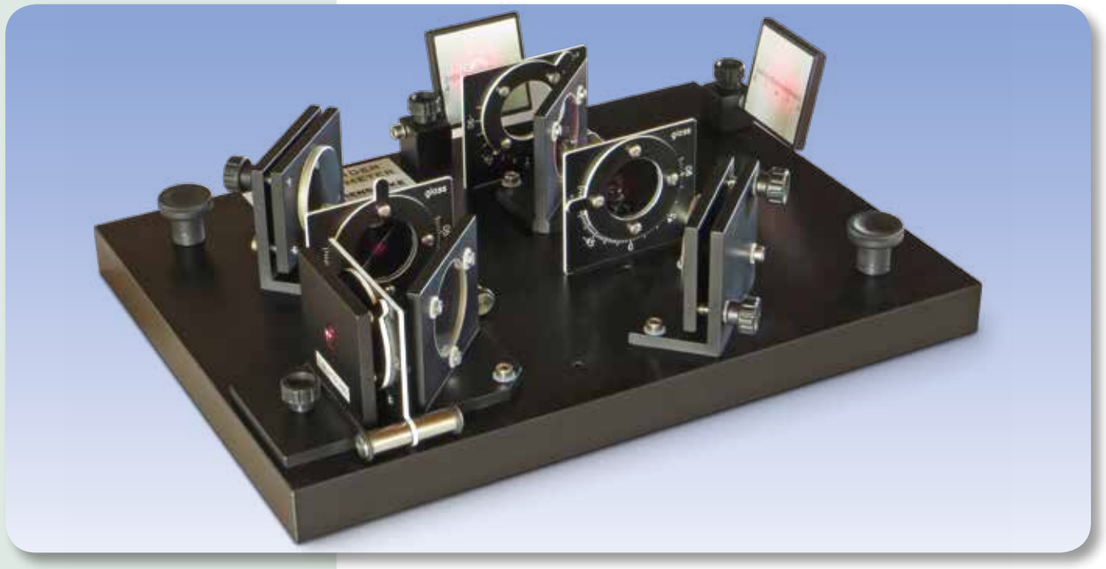
UE4030520 MACH-ZEHNDER İNTERFEROMETRESİ



DENEY PROSEDÜRLERİ

- **Mach-Zehnder girişimölçerini kurum ve kalibre edin**
- **Bilgi mevcut olduğunda, mevcut olmadığında ve "silinmiş" olduğunda girişim desenini inceleyin.**

AMAÇ

Analoji yapılarak yapılan bir deneyde "kuantum silmesi"nin gösterilmesi

ÖZET

Işığın kendisi kuantum mekaniğinde dalga denklemleriyle tanımlanabilir. Buradan yola çıkılarak dalga fonksiyonunun modülünün karesi formunda olasılık yoğunluğunun uzaysal dağılımını elde etmek mümkündür. Bu sebeple ışık analoji yapılarak yapılan kuantum mekanik olgularını gösteren deneyler için uygundur. Böyle bir analoji denklemi Mach-Zehnder girişimölçeri kurularak ve demet yarılmalarının arasındaki girişimleri ekran üzerinden gözlemlenerek kuantum silmesi etkisini kanıtlar. Eğer iki dikey polarizör yarık dalgalarının yoluna yerleştirilirse girişim ortadan kalkar. Çünkü kuantum mekanik terimleriyle açıklanırsa alınan foton yolunun belirlenmesi mümkündür. Eğer 45°'lik açıyla kurulan üçüncü bir polarizasyon filtresi ekranın tam karşısına yerleştirilirse bu kuantum bilgisi 'silinmiş' olur ve girişim tekrar görülebilir.

GEREKLİ CİHAZLAR

Miktar	Cihazlar	Ürün no.
1	Mach-Zehnder Girişimölçeri	**1014617**
1	Helyum-Neon Lazer	**1003165**

TEMEL İLKELER

Işığın kendisi kuantum mekaniğinde dalga denklemleriyle tanımlanabilir. Buradan yola çıkılarak dalga fonksiyonunun modülünün karesi formunda olasılık yoğunluğunun uzaysal dağılımını elde etmek mümkündür. İki demetin kombinasyonu iki dalga fonksiyonunun süperpozisyonuna denk düşer. Olasılık yoğunluğu girişim desenini tanılayan karma terim içerisi. Bu sebeple ışık analoji yapılarak yapılan kuantum mekanik olgularını gösteren deneyler için uygundur.

Bir analoji denkleminin yardımıyla kuantum silici etkisinin gösterilmesi için Mach-Zehnder girişimölçer kullanılır. Lazerden gelen ışın saptırılmasına izin verilerek koherant ışık sağlanır. Demet bölücünün yardımıyla BS1 ışık iki demete bölünür. Polarizör P iki ayrık demetin aynı ışık yoğunluğuna sahip olmasını sağlar (Şekil 1).Sonrasında iki demet farklı yolları takip eder fakat sonrasın ikinci demet bölücüyle BS2 süperpozisyona geri getirilir.
Konvansiyonel dalga optiği bakımından iki demetin elektrik alanları E_1 ve E_2 birbirine eklenir:

(1) $$E = E_1 + E_2$$

Kuantum mekanik terminolojisinde dalga fonksiyonları Ψ_1 ve Ψ_2 aşağıdaki gibi toplanabilir:

(2) $$\Psi = \Psi_1 + \Psi_2$$

Bu yüzden

(3) $$|E|^2 = |E_1|^2 + |E_2|^2 + 2 \cdot E_1 \cdot E_2$$

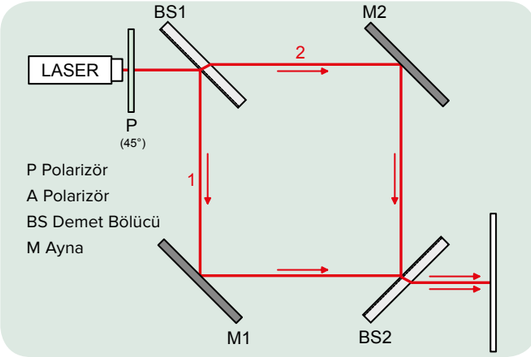
ve

(4) $$|\Psi|^2 = |\Psi_1|^2 + |\Psi_2|^2 + 2 \cdot \langle \Psi_1 | \Psi_2 \rangle,$$

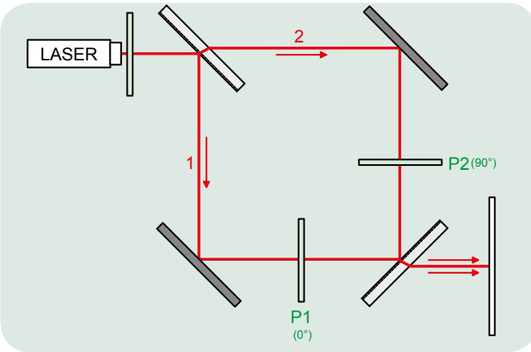
Denklem (3) ve (4)'teki karma terimlerin ikisi de ekranda gözlemlenebilen girişim örneğini tanımlar. Denklem 4 tek bir fotonun davranışlarını tanımlar. Böyle bir foton herhangi bir ölçüm süreciyle gözlemlendiği sürece ya da gerçek yolu gözlemlemek mümkün olmadığında 'kendisiyle' girişim yapar. Bununla ilgili olarak "yolla ilgili bilginin yokluğunda, foton dalga gibi davrandığı ve girişim sergilediği' belirtilmiştir. Eğer yolla ilgili bilgi mevcutsa foton klasik bir parçacık gibi davranır ve girişimin oluşması mümkün değildir.
Yarık demeti 1 ve 2'nin yollarına yerleştirilen ek polarizörler P1 ve P2 girişim deseninin etkilenmesine sebep olur. Eğer polarizörler birbirlerine dik açılı olarak hizalanırsa, içsel çarpım $E_1 \cdot E_2$ Denklem (4)'ün kuantum mekanik sunumunda girişim terimi $\langle \Psi_1 | \Psi_2 \rangle$ yaptığı gibi denklem (3)'ün klasik tanımında yok olur.
Bu da girişim desenin kaybolmasına sebep olur. Kuantum mekanik durumlarda polarizasyon her foton tarafınsan yol 1 ya da yol 2'den hangisini alacağını belirlenmesinin mümkün olduğu anlamına gelir. Fakat diğerlerine 45°'lik açıyla hizalanan üçüncü bir polarizör A ikinci demet bölücünün arkasına yerleştirilirse girişim deseni tekrardan ortaya çıkar. Kuantum mekanik terimlerinde böyle olur çünkü polarizör A yol bilgisini 'siler'. Yani polarizör A'nın ötesinde bir foton tarafından hangi yolun alınacağının belirlenmesi artık mümkün olmayacaktır. Klasik representasyonda üçüncü polarizörün polarize olmuş yarık demetlerini sönükleştirmesi beklenmektedir fakat bunların polarizasyonlarını muhafaza etmeleri beklenir.

DEĞERLENDİRME

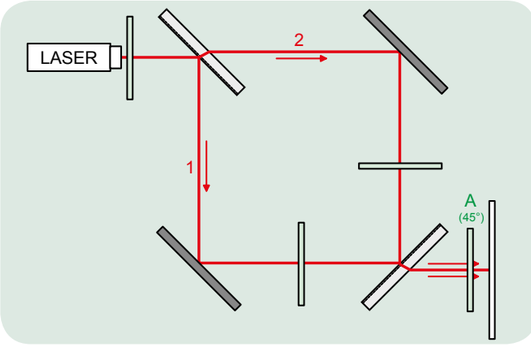
Polarizörlerin P1 ve P2 yokluğunda ışık tarafından alınan yol işe ilgili bilgi bulunmaz böylece girişim olur.
İki polarizör çalıştırıldığında yolları ayırt etmek mümkündür ve girişim olmaz.
Üçüncü polarizör A yol bilgisini "siler" ve bir kez daha girişim oluşur.



Şekil 1: Mach-Zehnder girişimölçeri boyunca olan yol (yol bilgisi yok)



Şekil 2: Mach-Zehnder girişimölçeri boyunca olan yol (iki demete yerleştirilen polarizöler P1 ve P2 yol bilgisinin elde edilebileceği anlamına gelir)



Şekil 3: Mach-Zehnder girişimölçeri boyunca olan yol (polarizör A yol bilgisini "siler")