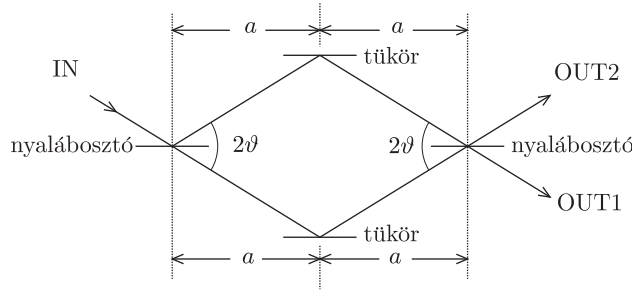


A gravitáció hatása egy neutroninterferométerben

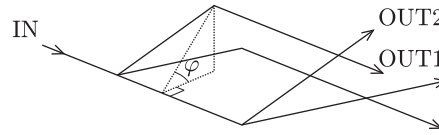
Elvi áttekintés. *Collela, Overhauser* és *Werner* híres neutroninterferencia kísérletének egy olyan idealizált változatát vizsgáljuk, ahol a tükrökről és a nyalábosztókról feltételezzük, hogy tökéletesek. A kísérletben a gravitációnak a neutronok de Broglie-féle hullámtermészetére kifejtett hatását vizsgálták.

Fizikai elrendezés. Az interferométer elvi felépítése megegyezik a hasonló optikai interferométerek felépítésével, ami az *1.a. ábrán* látható. A neutronok az IN bemeneten át lépnek be az interferométerbe, majd az ábrán látható két utat követik. A neutronokat az OUT1 és OUT2 kimenetek egyikén detektáljuk. A két út rombusz alakú területet zár be, amelynek tipikus mérete néhány cm^2 .



1.a. ábra

A neutronok de Broglie-hullámai (tipikus hullámhosszuk 10^{-10} m) úgy interferálnak, hogy amikor az interferométer síkja vízszintes, akkor az összes neutron az OUT1 kimeneten lép ki. Azonban, ha az interferométert φ szöggel megdöntjük a bejövő neutronok által alkotott tengely körül (lásd az *1.b. ábrát*), akkor a megfigyelő a φ szögtől függő módon a neutronok másféle eloszlását észleli az OUT1 és OUT2 kimeneteken.



1.b. ábra

Geometriai elrendezés. $\varphi = 0$ esetén az interferométer síkja vízszintes; $\varphi = 90^\circ$ esetén a sík függőleges, és a kimenetek a forgástengely felett helyezkednek el.

1.1. (1 pont) Mekkora a rombusz alakú terület A nagysága, amit az interferométerben haladó két út határol?

1.2. (1 pont) Mekkora az OUT1 kimenet H magassága a forgástengelyen átfektetett vízszintes sík felett?

Fejezd ki A -t és H -t a következő mennyiségekkel: a , ϑ és φ .

Optikai úthossz. Az optikai úthossz megadható egyszerűen egy számmal is, amit jelöljünk N_{opt} -tal. Ezt a számot a geometriai úthossz (távolság) és a λ hullámhossz hányadosaként definiáljuk. Ha a λ hullámhossz változik az optikai út mentén, akkor az N_{opt} számot úgy kaphatjuk meg, ha a λ^{-1} függvényt integráljuk az út mentén.

1.3. (3 pont) Mekkora a két út optikai úthosszáinak ΔN_{opt} különbsége, ha az interferométert φ szöggel elfordítjuk? Fejezd ki válaszodat a következő mennyiségekkel: a , ϑ és φ , valamint a neutron M tömegével, a bejövő neutronok λ_0 de Broglie-hullámhosszával, a g gravitációs gyorsulással és a h Planck-állandóval.

1.4. (1 pont) Vezesd be a következő térfogati paramétert:

$$V = \frac{h^2}{gM^2},$$

és fejezd ki a ΔN_{opt} különbséget kizárólag A , V , λ_0 és φ segítségével! Állapítsd meg a V térfogat számszerű értékét, felhasználva, hogy $M = 1,675 \cdot 10^{-27}$ kg, $g = 9,800$ m/s² és $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Js.

1.5. (2 pont) Hány ciklus (periódus) észlelhető az OUT1 kimenetnél, ha φ értéke $\varphi = -90^\circ$ -tól $\varphi = 90^\circ$ -ig növekszik? Egy ciklust úgy értelmezünk, hogy a kimenetnél az intenzitás nagy intenzitásról kicsire csökken, majd visszanő nagyra.

Kísérleti adatok. Egy bizonyos kísérletben az interferométerre jellemző méret: $a = 3,600$ cm, továbbá $\vartheta = 22,10^\circ$ és 19,00 teljes ciklus észlelhető.

1.6. (1 pont) Számszerűleg mekkora volt λ_0 ebben a kísérletben?

1.7. (1 pont) Ha egy másik, hasonló kísérletben $\lambda_0 = 0,2000$ nm hullámhosszúságú neutronokat használnánk, és így 30,00 teljes ciklust észlelnénk, milyen nagy lenne az A terület?

Segítség: Ha $|x| \ll 1$, akkor megengedhető, hogy $(1+x)^\alpha$ helyett az $1 + \alpha x$ közelítést használjuk.