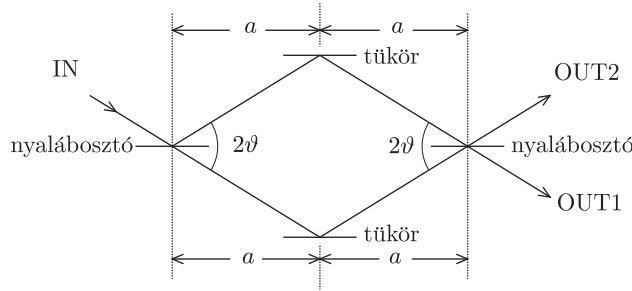


## A gravitáció hatása egy neutroninterferométerben

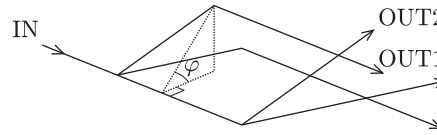
**Elvi áttekintés.** *Collela, Overhauser* és *Werner* híres neutroninterferencia kísérletének egy olyan idealizált változatát vizsgáljuk, ahol a tükrökről és a nyalábosztókról feltételezzük, hogy tökéletesek. A kísérletben a gravitációnak a neutronok de Broglie-féle hullámtermészetére kifejtett hatását 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  $\text{cm}^2$ .



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  $\varphi$  szöggel megdöntjük a bejövő neutronok által alkotott tengely körül (lásd az *1.b. ábrát*), akkor a megfigyelő a  $\varphi$  szögtől függően módon a neutronok másféle eloszlását észleli az OUT1 és OUT2 kimenetekeken.



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:  $a$ ,  $\vartheta$  és  $\varphi$ .

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

**1.3. (3 pont)** Mekkora a két út optikai úthosszának  $\Delta N_{\text{opt}}$  különbsége, ha az interferométert  $\varphi$  szöggel elfordítjuk? Fejezd ki válaszodat a következő mennyiségekkel:  $a$ ,  $\vartheta$  és  $\varphi$ , valamint a neutron  $M$  tömegével, a bejövő neutronok  $\lambda_0$  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  $\Delta N_{\text{opt}}$  különbséget kizárólag  $A$ ,  $V$ ,  $\lambda_0$  és  $\varphi$  segítségével! Állapítsd meg a  $V$  térfogat számszerű értékét, felhasználva, hogy  $M = 1,675 \cdot 10^{-27}$  kg,  $g = 9,800$  m/s<sup>2</sup> és  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  Js.

**1.5. (2 pont)** Hány ciklus (periódus) észlelhető az OUT1 kimenetnél, ha  $\varphi$  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  $\lambda_0$  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.