

## 2. feladat: Diffrakció vízfelszínen kialakuló kapilláris hullámokon

A folyadékok felszínén kialakuló és terjedő hullámok viselkedését két erő, a nehézségi erő és a felületi feszültségből származó erő határozza meg. Ha a hullámhossz kisebb egy  $\lambda_{kr}$  kritikus hullámhossznál, akkor a nehézségi erő hatása elhanyagolható, ezek az ún. kapilláris hullámok. ( $\lambda_{kr} = 2\pi\sqrt{\sigma/\rho g}$ , ahol  $\sigma$  a folyadék felületi feszültsége,  $\rho$  a folyadék sűrűsége,  $g$  pedig a nehézségi gyorsulás. A mérési feladatban kialakuló hullámok hullámhossza sokkal kisebb a kritikus hullámhossznál.) A kapilláris hullámok a folyadék viszkozitása miatt csillapodnak. A mérési feladatban egy vízminta felületi feszültségét és viszkozitását kellett meghatározni a kapilláris hullámokon létrejövő fényelhajlás alapján.

A kapilláris hullámok hullámhossza a fény hullámhosszához képest aránylag nagy, ezért jól mérhető diffrakcióhoz a fénynek lapos szögben kell esnie a folyadék felületére. (A diffrakciós maximumok távolságának mérése így is nehéz.) A feladat szövegében megadták a laposszögű diffrakció összefüggéseit:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda_l} \sin \vartheta \sin \gamma,$$

ahol  $k = 2\pi/\lambda_f$  a kapilláris hullámok hullámszáma,  $\lambda_l$  és  $\lambda_f$  a lézerefény, illetve a felületi hullám hullámhossza,  $\vartheta$  a lézerefény vízszintessel bezárt szöge és  $\gamma$  a diffrakciós képen a központi maximum és az elsőrendű maximum közötti szögtávolság.

A folyadék felszínén a kapilláris hullámokat egy  $\omega = 2\pi f$  körfrekvenciájú rezgéskeltő hozza létre. A hullám körfrekvenciájának és hullámszámának kapcsolata a diszperziós reláció:

$$\omega = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} k^q,$$

ahol  $q$  egy, a mérés során meghatározandó egész szám (elméleti értéke 3).

A gondos beállítás és a fénysugár szögének megmérése után a különböző frekvenciájú hullámokat egy tablettel vezérelt rezgéskeltővel hozták létre a versenyzők. A diffrakciós maximumok távolságát az ernyő helyére szerelt digitális tolmérőhöz rögzített fotodetektorral mérték, ebből határozták meg a kapilláris hullámok hullámszámát. Az  $\ln \omega - \ln k$  grafikonból leolvasható a diszperziós relációban szereplő  $q$  állandó és ( $\rho$  ismeretében) a víz  $\sigma$  felületi feszültsége.

A feladat második felében a hullámok csillapítását kellett tanulmányozni. A hullámok  $h$  amplitúdója a hullámkeltőtől  $s$  távolságra:  $h = h_0 e^{-\delta s}$ , ahol  $h_0$  az amplitúdó a hullámkeltőnél,  $\delta$  a csillapítási tényező. A tapasztalat szerint  $h_0$  arányos a rezgéskeltőre kapcsolt feszültség effektív értékének 0,4-edik hatványával, a csillapítási tényező és a folyadék  $\eta$  viszkozitásának kapcsolata:

$$\delta = \frac{8\pi\eta f}{3\sigma}.$$

A mérés során a versenyzők változtatták a hullámkeltő távolságát a fény beesési helyétől, és mérték, hogy a rezgéskeltőre mekkora feszültséget kell kapcsolni ahhoz, hogy a diffrakciós maximum intenzitása (amit a fotodetektor mér) állandó maradjon. A mérési adatokból – megfelelő grafikon megrajzolásával és egyenesillesztéssel – a vízminta viszkozitása meghatározható volt.