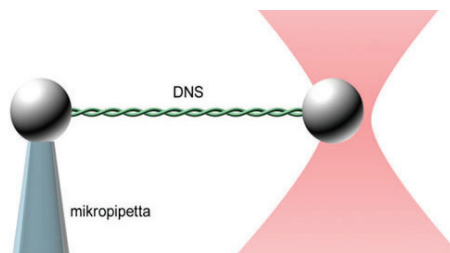


A fény érdekes képességei a mikrovilágban

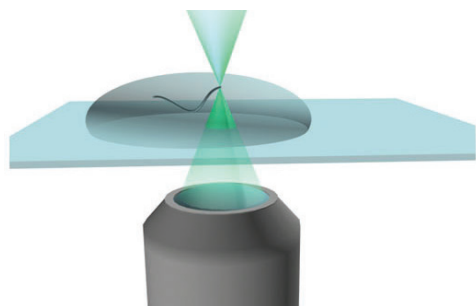
mikrométeres golyót erősítenek, és ezekkel mint fogantyúkkal megragadható, kifeszíthető a molekula (2. ábra). A lézercsipesz erőmérésre is alkalmas: ha a csapda középpontjából kimozdítjuk a csapdázott gömböt, arra a kimozdítással arányos visszatérítő erő hat, ez ugyanolyan jelenség, mint a rugós erőmérő működése, a használata is ugyanolyan. Ezzel a húzó, erőmérő képességgel nagyon sok biológiai kérdésben döntő fontosságú mechanikai paramétert sikerült meghatározni – néhány példa: sejtek deformációs rugalmassága, molekulák nyújtási rugalmassága, sejtek, molekulák közötti vonzóerők nagysága, biológiai motorok erő kifejtése, stb., és ezek az eredmények segítettek e folyamatok megértésében.



2. ábra: Egyetlen DNS-molekula nyújtása. A DNS-molekula két végére műanyag golyókat rögzítünk. Az egyiket mikropipettával rögzítjük, a másikat optikai csapdával ismert erővel feszítjük.

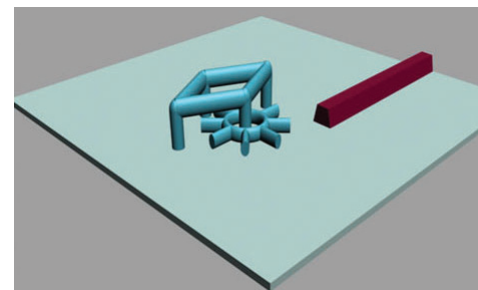
Eddig gömb alakú testek (sejtek) manipulációjáról volt szó, valóban ilyen alakú testekkel történtek a kezdeti kísérletek. A gömb a legegyszerűbb test, ezzel a legkönnyebb bánni mind az elméletben, mind a kísérletben (tudjuk, amikor az elméleti fizikus az állatokkal kezd foglalkozni, így kezdi: „Vegyünk egy gömb alakú tehenet!”). Ha a megragadott testnek más, bonyolultabb alakja van, további manipulációs lehetőségek is elérhetővé válnak. Könnyen hihető, hogy ha a test hosszúság, vagy lapos, vagy bármilyen egyéb alakú, másképp fog elhelyezkedni az optikai csapdában. A pontos szabályok elég összetettek, itt nem részletezhetjük őket, de az elvek ismeretek, vagyis tervezhető tulajdonságú kölcsönhatást lehet létrehozni a csapda és a test között.

Létezik egy nagyon hatásos módszer, amellyel tetszőlegesen bonyolult háromdimenziós átlátszó testek hozhatók létre a mikrométeres mérettartományban: ez a lézeres fotopolimerizáció. Sok helyen alkalmazzák már a fényre keményedő műgyantákat, pl. ragasztónak, de fogakat is tömnek velük. Ha ilyen anyagba megfelelő intenzitású lézervényt fókuszálunk, elérhetjük, hogy csak a fókuszban keményedik meg. A fókuszot a mintában mozgatva a mozgatás útvonalán fog megkeményedni, azaz kirajzolódik egy háromdimenziós test (3. ábra). Nyilvánvaló, hogy tetszőlegesen bonyolult lehet a test alakja, csak a megfelelő pályát kell kialakítani, ez számítógép-vezéreltű robottal oldható meg. A fókusz mérete látható fény esetén néhány száz nanométer, ez tehát a módszer maximális térbeli felbontása, ilyen finomságú testek készíthetők. Példaként bemutatunk egy összetett szerkezetet: egy fény hajtotta mikroszkopikus motort (4. ábra). Az integrált gép jól illusztrálja a technológia lehetőségeit: a szerkezet üveglapon helyezkedik el, részei egy tengelyt szolgáltató állórész, rajta szabadon forgó rotor, és egy fényvezető, amely a hajtó fényt szolgáltatja. A bemutatott demonstrátor motor egy fény hajtotta pumpa alapja, ugyancsak fotopolimerizációval készült mikrocsatornában, úgynevezett mikrofluidikai eszközben használjuk folyadék mozgatására. Láthatjuk, a fény meghatározó ebben a nagyon ígéretes mikrotechnológiában: az előállítás és a működtetés is fénnel történik.

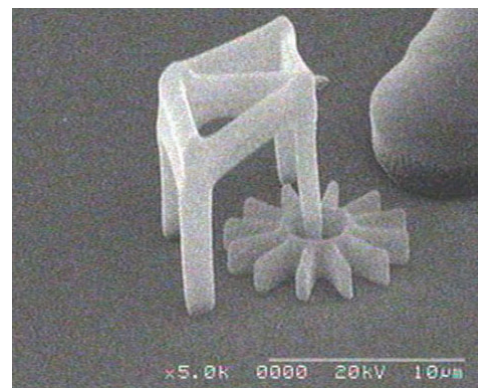


3. ábra: A fotopolimerizációs struktúraépítés. Lézervényt fényre keményedő polimerbe fókuszáljuk, a fókuszot mozgatva rajzoljuk ki az építendő testet.

A fény érdekes képességei a mikrovilágban



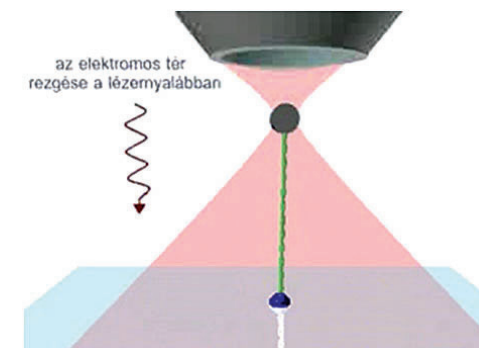
4. a. ábra: Integrált optikai motor. Minden elem fotopolimerizációval készült: a tengely, a tengelyen szabadon forgó rotor, illetve a hajtó fényt szállító fényvezető. A felső ábra a motor sémája.



4. b. ábra: Integrált optikai motor. Minden elem fotopolimerizációval készült: a tengely, a tengelyen szabadon forgó rotor, illetve a hajtó fényt szállító fényvezető. Az alsó ábra az elkészült motor.

A speciális alakú testek az alaptudományban is jól használhatóak. Ha például lapos testet polarizált fényű csapdával fogunk meg, az orientálódik. Ha az orientált helyzetéből valami kifordítja, vissza akar állni, a fény viszszaállító forgatónyomatékokat fejt ki rá. A fény polarizációsíkját lehet tetszőlegesen forgatni, vagyis az egyensúlyi helyzet is forogni fog, azaz a csapdázott test is forgatható. Ezzel az eszközzel ezért csavarni lehet, úgymond fény hajtotta csavarkulcsként használható. E módszerrel meghatároztuk pl. egyetlen DNS-mo-

lekula csavarási rugalmassági tulajdonságait – nagyon fontos e mechanikai paraméter az örökítő DNS-molekula működésének, a gének leolvasási mechanizmusának a megértésében (5. ábra). A további lehetséges alkalmazásoknak csak a fantázia szab határt.



5. ábra: Egyetlen DNS-molekula csavarása. A DNS-molekula egyik végét üveglaphoz rögzítjük, a másikra lapos testet ragasztunk. Ez utóbbit polarizált fény alkotta optikai csipesszel megragadva kifeszítjük, tetszőlegesen forgatjuk, mérve a fellépő erőket, forgatónyomatékokat.

Remélem, világítástechnikai szakemberek számára érdekesek a bemutatott jelenségek, eljárások, és tovább mélyítik tisztelőtünket kenyeradó gazdánk, az éltető fény iránt.