

Megoldás. Ebben a feladatban a legnagyobb problémát a kis méretek okozták. Nehéz volt szétválogatni a homokot, nehéz volt megmérni a szemcsék sűrűségét, és nehéz volt megfigyelni, hogy hogyan ülepednek.

Előkészületek: A homokszemcsék átmérője nagyon változó, és a homok levéldarabokkal, porral szennyezett. Ezért először átmostam a homokot; vizet öntöttem rá, felkevertem, majd miután leülepedett és csak a szennyeződések maradtak a vízben, leöntöttem a vizet. Ezt többször megismételtem, majd megszáritottam a homokot.

Hamar beláttam, hogy a homokszemcsék mérete annyira különböző, hogy feleslegesen mérek, ha nem válogatom őket szét. Először erős légáramlattal (hajszárítóval) akartam elkülöníteni a különböző méretű szemcséket, de túlságosan nagy területre szóródtak szét! Végül egy másik eljárás vált be. Rászórtam egy fél marék homokot egy lakkozott, sima falra, amelyet kicsit megdöntöttem, és egy fúrógépbe fogott csavarfejjel alulról „ütöttem”. A homok lassan szétterült, és a különböző szemcseméretű részek különböző magasságokban váltak szét. Ily módon sikerült 4 különböző szemcseméretű homokot elkülöníteni.

A homokszemcsék sűrűségét úgy határoztam meg, hogy megmértem egy mérőpohár tömegét üresen, majd egy adag homokkal együtt; a különbség megadta a homok tömegét. Ezután ismert mennyiségű vizet töltöttem a homokra úgy, hogy teljesen ellepje azt. A vizes homok térfogatának és a víz térfogatának különbsége megadta a homokszemcsék ösztérfogatát, a tömeg és a térfogat hányadosa pedig a sűrűségét: $(2630 \pm 60) \text{ kg/m}^3$.

Eszközök:

– 45 cm magas, 18 cm átmérőjű, átlátszó műanyag mérőhenger, amelyre 10 cm-enként körbeérő vízszintes vonalat rajzoltam;

– a korábban kiválasztott 4 különböző szemcseméretű homok;

– stopper.

A mérés menete: A mérőhengert olyan színű háttér elé állítottam, hogy jól lássam benne a szemcséket, majd 40 cm magasságig megtöltöttem vízzel. A mérni kívánt szemcseméretű homokba belenyomtam a bevezetett ujjam hegyét, amelyre így 10-20 homokszem tapadt. (Felvetődhet a kérdés: vajon nem csak a kisebb, vagy éppen a nagyobb méretű szemcsék maradtak az ujjamon eltérő tulajdonságaik miatt? De mivel a csoportok mérethatárainak kijelölése amúgy is önkényes, és a mérethatárok ismeretlenek, ez a hatás nem okoz hibát.)

Ezután egy finom mozdulattal megérintettem a vízfelszín közepét az ujjammal, és elindítottam a stoppert. Az ülepedés első 3 cm-én véletlenszerűen kiválasztottam egy szemcsét, és megmértem, mikor ér le 10, 20, 30, 40 cm mélyre. A fejemet együtt mozgattam a szemcsével, tekintetem – szándékom szerint – merőleges volt a henger falára. Ha a kiválasztott szemcse 4 cm-nél közelebb került a henger falához, a mérést megismételtem. Egy-egy szemcseméret-tartományban 15 érvényes mérést végeztem, feljegyeztem a mért időket, azok átlagát képeztem, és kiszámítottam az adatok szórását is. Azt tapasztaltam, hogy az első 10 cm-es süllyedés adatainak sokkal nagyobb volt a szórása, mint a többi mérésé. Erre az ülepedési szakaszra vonatkozó mérési adatokat a továbbiakban nem használtam, hiszen itt gyorsultak fel a szemcsék, továbbá itt még nem haltak el az ujjam által keltett áramlások.

Kiértékelés: A függvénytáblázatban, illetve az Interneten talált összefüggések szerint a szemcse mérete és az ülepedési sebesség között

$$R = \sqrt{\frac{9}{2} \frac{v\eta}{g(\rho_{\text{szemcse}} - \rho_{\text{víz}})}},$$

ahol η a víz dinamikus viszkozitása.

A szemcsesűrűség előzetesen meghatározott értéke és az ülepedési idők mért adatai alapján a 4 méretcsoport szemcséátmérőit átlagosan 0,09; 0,18 0,22 és 0,28 mm-nek találtam.

Hibaszámítás: A mérés pontosságát az alábbi tényezők befolyásolhatták.

– A szemcsék zsírossá válhattak az ujjamtól.

– A víz hőmérséklete eltérhetett a 20°C-osnak tekintett értéktől. Ez a tény a viszkozításban akár 5–6%-os eltérést is okozhatott.

– Nem biztos, hogy a mérőhenger 10 cm-enkénti vonalbeosztását pontosan készítettem el, és azt sem láthattam pontosan, hogy mikor haladt el mellettük a szemcse. Ez az eredményben kb. 2 százaléknyi hibát jelenthetett.

– A sűrűségmérés pontatlansága a többi hibaforrás mellett nem jelentős.

– Egy-egy méretcsoporton belül a szemcseméret $\pm(10-15)\%$ -ot ingadozhatott.

– A stopper indítási és leállítási pontatlanságát max. 2,5%-os hibaforrásnak becsültem.

– A vízben lehettek áramlások, amelyek elsodorhatták a szemcséket; ezt a hatást azonban nem véltem jelentősnek.

– A szemcsék zavarhatták egymás mozgását, és ugyanilyen hatása lehetett a falnak is.