

Opponensi vélemény Nagy Attila, Optikai módszerek alkalmazása diszperz rendszerek vizsgálatára c. MTA doktori értekezéséről

A diszperz rendszerek jellemzőinek pontos ismeret számos tudomány területen (pl. meteorológia, orvostudomány, ipari alkalmazások) meghatározó jelentőségű. A téma sokszínűségét jól mutatja az is, hogy a dolgozatban a jelölt négy, jól elkülönülő fejezetben ismerteti a különböző körülmények között elvégzett méréseket, valamint a mért adatok elemzésének eredményeit. Mindegyik fejezet – egy dolgozat struktúráját követve – tartalmaz egy – egy alfejezetet a téma tudományos előzményeiről, a célkitűzésekről, az alkalmazott módszerekről és az eredményekről, valamint az elért eredmények összegzéséről.

A dolgozat teljes terjedelme 139 oldal, amely magába foglalja a téziseket tartalmazó rövid fejezetet is. A disszertáció formailag megfelel az elvárásoknak, az igényesen kivitelezett ábrák segítik a leírtak megértését. Mivel az én szakterületem a meteorológia, így elsősorban a dolgozat meteorológiai vonatkozású részeiről – fejezetenként haladva – írom le a véleményemet.

A dolgozat második fejezete az aeroszol részecskék optikai tulajdonságainak mérésével kapcsolatos eredményeket taglalja. A jelölt korrekt áttekintést ad az optikai elven történő mérés és a kalibráció elméleti hátteréről. A kalibráció részleteiről, ami nagyon fontos a mérések megbízhatósága miatt, részletes ismertetőt olvashatunk a dolgozatban. A bemutatott eredmények igazolják, hogy a komplex törésmutató valós és képzetes részének meghatározása lehetővé teszi, hogy a részecskék koncentrációjának mérése mellett az aeroszol részecskék kémiai összetételére is következtethessünk. Fontos azonban megemlíteni, hogy a bemutatott mérőeszköz nem elhanyagolható hátránya, hogy nem ad lehetőséget a 0,1 μm -nél kisebb aeroszol részecskék detektálására. Ez a probléma különösen jelentős lehet a nagyvárosi légtömegben, ahol az aeroszol részecskék döntő többsége kisebb ennél a mérethatárnál. Azt gondolom, hogy az optikai elven működő eszközöket, hatékonyan lehetne használni az ún. kondenzációs magvakkal kapcsolatos kutatásokban. Ezek, a jellemzően 0,1 μm -nél nagyobb aeroszol részecskék fontos szerepet játszanak a felhőképződésben, így koncentrációjuk, méret szerinti eloszlásuk és kémiai összetételük ismerete segíthet az aeroszol részecskék indirekt hatásának vizsgálatában. A 12. oldal második bekezdésében a jelölt utal az aeroszol részecskéknek a sugárzásegyenlegre gyakorolt direkt hatásának

fontosságára: „A Föld klímarendszerének megértésében a legnagyobb bizonytalanságot az aeroszolok és a napsugárzás légköri kölcsönhatását leíró modellek jelentik [37], amelyek különösen elnyelő részecskék esetén válnak bonyolulttá.” Ez a megállapítás kiterjeszthető az indirekt hatásra, ugyanis – ha lehet – még nagyobb a bizonytalanság az aeroszol részecskék közvetett, a felhőképződésre gyakorolt hatása esetében. *Mivel az abszorpció függ az anyag kémiai összetételétől, lehetségesnek tartja a jelölt, hogy az általa javasolt mérési eljárás segítségével a méret mellett az aeroszol részecskék higroszkóposágáról is kapjunk információt?*

A komplex törésmutató mérésének gyakorlati alkalmazhatóságát terepi mérések eredményeinek ismertetésével szemlélteti a jelölt. A terepi mérések kiértékelését nehezíti, hogy az aeroszol részecskék koncentrációját és kémiai összetételét nem csak a forrás, hanem a légköri folyamatok is befolyásolják. A koncentráció és a kémiai összetétel változása csak ritkán magyarázható egy okkal, rendszerint a meteorológia paraméterek és a forrás jellemzőinek együttes elemzése segíthet megtalálni az ok – okozati összefüggést. A vizsgált esetben a jelölt a szél irányának megváltozásával indokolja, hogy a külterületi állomáson az aeroszol részecskék koncentrációja és az abszorbeáló frakció nagysága ellentétesen változik (29. oldal). Ennek alátámasztására jó lett volna a szélesebb időbeli változását is ábrázolni. Ugyanis a megfigyelt jelenségnek van alternatív magyarázata is. A közel 100%-os relatív páratartalom arra utal, hogy a 6. napon köd alakult ki. Ilyenkor a szélesebb rendszerint kicsi, és a határreteg csökkenő vastagsága a szennyező anyagok koncentrációjának növekedését eredményezi. Ezt a növekedést a mérések is igazolják. Az alacsony szélesebb miatt a lokális források nagyobb szerepet játszanak, így ebben az esetben a külterületre jellemző kisebb közúti forgalommal is magyarázható a BC csökkenése.

A dolgozat harmadik fejezetében a jelölt az egészségüggyel kapcsolatos kutatásait ismerteti. A bemutatott eredmények társadalmi hasznossága vitathatatlan; a kutatási eredmények felhasználása egyrészt a cseppfertőzéssel terjedő betegségek terjedésének jobb megértését segítheti elő, másrészt az aeroszol részecskék gyógyászati alkalmazását teheti hatékonyabbá. Az elméleti háttér összefoglalását tartalmazó alfejezetekben leírtakkal kapcsolatban vannak a formát és a tartalmat is érintő megjegyzéseim, kérdéseim: (i) A 37. oldal második bekezdésének elején olvashatjuk, hogy „Az újfajta gyógyszerhatóanyagok fejlesztésénél az egyik irány a szemcseméret lecsökkentése a nanométeres tartományba. Az

aeroszolgyógyszerek esetében nanorészecskének az egy mikronnál kisebb részecskéket tekintik.” Ennek a kijelentésnek részben ellentmond a 3.1 ábra, a görbék alakja alapján a hatékony felszívódás szempontjából a 0,1 μm -nél kisebb, illetve az 1,0 μm -nél nagyobb méret lenne a kívánatos. A 0,1 – 1,0 μm mérettartományban gravitációs ülepedés hatása (3.2 egyenlet, jobb oldal második tag) már kicsi, a diffúzió hatása (3.2 egyenlet, jobb oldal első tag) még kicsi. Ha a 0,1 – 1,0 μm mérettartományban lévő aeroszolok mozgást akarjuk leírni, akkor figyelembe kell venni a hőmérséklet és nedvesség gradiens által meghatározott foretikus erőket is. Ezen erők hatása rendszerint kicsi, de elhanyagolása a kiülepedés alul becslését eredményezheti a 0,1 – 1,0 μm mérettartományban. (ii) A 3.2 egyenletben a teljes derivált szimbóluma helyett korrektebb lenne a parciális deriváltat használni. A parciális derivált fejezi ki azt, hogy lokális változások szerepelnek az egyenletben. (iii) A 3.4 egyenlet alkalmazhatósága igazából nem a csepp méretétől függ, hanem az oldott részecske tömegétől (méretétől), valamint a túltelítettségétől is. Ugyanis a túltelítettség növekedésével (amikor az RH közel van a 100%-hoz) a közelítés egyre pontatlanabbá válik. (iv) Az aeroszol részecskék kiülepedést jelentősen befolyásolhatja a levegő turbulenciájának mértéke. A turbulens diffúzió hatása a kiülepedésre nagyságrendekkel nagyobb lehet, mint a 3.2 egyenletben szereplő molekuláris diffúzió hatása. *Van arra vonatkozóan adat, hogy a légző rendszer egyes elemeiben milyen Reynolds számmal jellemezhető az áramlás?*

A jelölt korrektül kezeli azt a nehézséget, amit a kórházi körülmények között végzett mérések, illetve kis elemszámú minta okoz. A bemutatott mérések és elemzések igazolják a javasolt mérési elrendezés és módszertan alkalmazhatóságát. A védekezési protokollra tett javaslatot a mérések igazolják.

A dolgozat negyedik fejezetében a lézerfény – fém kölcsönhatás során felszabaduló aeroszol részecskék tulajdonságaival kapcsolatos kutatásait mutatja be a jelölt. A 3D-s fémnyomtatók használata során felszabaduló nano részecskék komoly egészségügyi kockázatot jelentenek. Ezen részecskék keletkezésének és zárt térben való terjedésének ismerete segíthet a kockázat csökkentésében.

A 4.3.3. fejezet tartalmazza azokat az egyenleteket, amelyek segítségével a nano részecskék koncentrációjának időbeli változását határozta meg a jelölt. Az egyenletek viszonylag egyszerű alakja több, megindokolt egyszerűsítés következménye. Az alkalmazhatóság feltételét szerintem még ki kell egészíteni azzal, hogy a részecskék térbeli eloszlása homogén,

azaz a koncentráció gradiens jó közelítéssel nulla. Továbbá, szerintem, fizikai jelentést tekintve ellentmondás van azon kijelentés miszerint 'a koagulációs együtthatót konstansnak tételezzük fel' (74. oldal első sor) és a 4.5 egyenlet között. Ugyanis a méret szerinti eloszlás paraméterei (a 4.5 egyenletben szereplő D_g , σ_g) az ütközések hatására – főleg nagy kezdeti koncentráció esetén – gyorsan változnak. A 4.9 ábra alapján a geometria szórás ugyan jó közelítéssel állandónak tekinthető, de a méret szerinti eloszlás mértani közepe több mint kétszeresére nő. *Függnek-e a 4.1 egyenletben szereplő állandók az aeroszol részecskék anyagi minőségétől (pl. sűrűség, felszín tagoltsága, részecske hőmérséklete)?* A 4.4, 4.5, 4.6, 4.8 és 4.9 ábrákon a mérés sorszáma helyett a – megértést segítő – szerencsésebb lett volna idő skálát, illetve időpontokat feltüntetni.

A jelölt eredményeit öt tézis pontban foglalta össze. A tézis pontok megfeleltethetőek az egyes fejezetekben bemutatott eredményeknek. Az első négy pontban megfogalmazott eredményeket elfogadom új tudományos eredményként. Az ötödik tézis pont kapcsán kompetencia hiánya miatt nem nyilatkozom.

Az értekezésben ismertetett eredményeket újszerű, a meteorológiában is jól hasznosítható, további kutatásokat generáló eredménynek tartom.

A doktori munkában bemutatott eredményeket elegendőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez, a nyilvános védés kitűzését javasolom.



Pécs, 2023. 12. 13.

Geresdi István