

Мъгла и дъждовни капки Л. Дж. Ф. Херманс¹

Както знае всеки физик, мъглата (поне когато има естествен произход) се състои от малки водни капчици. Онова, което ги различава от дъждовните капки е, разбира се, размерът. Те са толкова малки, че тяхната вертикална скорост е почти пренебрежима. Същественото влияние на размера върху скоростта става очевидно, ако вземем предвид, че за капка, по-малка примерно от 0,1 mm, потокът около нея е чисто ламинарен, така че съпротивлението се определя от закона на Стокс: $F = 6\pi\eta Rv$, където η е вискозитетът (на въздуха – бел. пр.), R – радиусът, а v – скоростта. И тъй като съпротивлението се уравнива с тежестта, която е пропорционална на R^3 , виждаме, че скоростта се оказва пропорционална на R^2 . Това означава, че малките капки наистина падат много бавно. Вземете например водна капка с 2 μm диаметър, т.е. много по-голяма от дължината на светлинната вълна и затова – все още видима. Ще получим, че тя пада във въздуха със скорост² около 0.1 mm/s. Това не е много бързо: дори най-слабият вятър или въздушна турбулентност ще компенсират толкова бавно падане.

Почакайте обаче: наистина ли е необходима турбулентция, за да държи толкова малки капки във въздуха? Не е ли достатъчно топлинното движение, за да ги предпази от падане? Дали те не се държат като обикновени атмосферни молекули, чието разпределение по височина се описва от закона на Болцман? Лесно можем да проверим дали това е така. Ние помним, че според Болцмановото разпределение, зависимостта на плътността от височината h за този случай се описва с фактора $\exp(-mgh/kT)$. При нормални атмосферни условия този фактор намалява $e = 2,71\dots$ пъти на височина приблизително 8000 m. Очевидно, за частици, много по-тежки от азотните и кислородните молекули, ние трябва да сме готови да приемем едно разпределение, което е много по-близко до земната повърхност. Нека за водните капки в атмосферата сменим мащаба 1000 пъти и потърсим при каква маса на капката разпределението би намаляло e пъти на височина³ 8 m. За да имаме налице този случай, масата на водната капка би трябвало да бъде 1000 пъти по-голяма от тази на азотната и на кислородната молекула⁴, т.е. тя би трябвало да съдържа около 1500 водни молекули⁵. Подобна структура би приличала по-скоро на кластер, отколкото на капка. Ако приемем, че типичният “размер” на малките молекули и на атомите в течност е 0,3 nm, лесно можем да оценим диаметъра на кластера. В случая на водата можем да направим просто пресмятане, като разгледаме литър вода и използваме числото на Авогадро. Наистина, ще получим точно 0,3 nm за разстоянието между центровете на две съседни водни молекули. Оттук следва, че диаметърът на кластера е само 5 nm⁶. Това е наистина малко, много по-малко от дължината на светлинната вълна.

¹ Превод от EPN 40/4. Авторът е професор в Лайденския университет, Холандия. Позволих си някои пояснителни бележки, които, смятам, ще компенсират на места телеграфния стил на автора и ще улеснят четенето. (Бел. прев.)

² Тази стойност се получава от приравняване на изразите за силата на съпротивление по формулата на Стокс и силата на тежестта, действаща на водна капка с радиус 10^{-6} m, и като се вземе предвид, че вискозитетът на въздуха е $\eta = 1,819 \cdot 10^{-5}$ Pa.s. (Бел. прев.)

³ Това означава, че разсъжденията са за слой мъгла с дебелина няколко десетки метра. (Бел. прев.)

⁴ За да остане стойността на множителя mgh същата. (Бел. прев.)

⁵ Числото 1500 се получава, като отчетем, че молекулната маса на водата (18) е около 1,5 пъти по-малка от молекулните маси на основните съставки на въздуха (съответно 28 за азота и 32 за кислорода). (Бел. прев.)

⁶ Ако се пресметне сфера с какъв диаметър може да побере 1500 сфери с диаметър 0,3 nm, ще се получи стойност малко над 6 nm, т.е. наистина от посочения порядък. (Бел. прев.)

При това положение ние не можем да видим отделните кластери, но те със сигурност ефективно разсейват светлината⁷.

Заклучението? Миникапчици, по-малки от около 5 nm биха стояли в атмосферата завинаги даже при абсолютно спокойна атмосфера. Те биха образували идеална мъгла, която никога няма да падне на земята. Ако трябва да вървите или да карате колело през такава мъгла, предната част на панталона ви би се измокрила повече, отколкото лицето⁸.

Уви, тези мини-капчици няма да просъществуват дълго. Те неизбежно се удрят една в друга и образуват по-големи капки. Затова бавно, но сигурно те ще започнат да падат. И по времето, когато вече ще различаваме отделните капки, можем да сме сигурни, че вървим в дъжд.

⁷ ... и следователно ще възприемаме наличието им като мъгла. (Бел. прев.)

⁸ Спомнете си, че плътността на мъглата пада бързо с височината – е пъти на само 8 m! (Бел. прев.)