

(1) (20 pt)

Az első becslést az Avogadro szám nagyságára Johann Magnenus német szerzetes adta, aki hitt Démokritosz tanaiban, hogy mindent atomok építenek fel. Kísérleteiről nem sok minden ismert. Az atomok számát úgy próbálta megbecsülni, hogy egy nagy épület (katedrális?) egyik végében elégetett egy borsószemnél is kisebb tömjént, s azt vizsgálta, hogy az épület másik végében érezni-e a tömjén füstjét. Végül is arra az optimista (hibaszámolással nem alátámasztott pontosságú) következtetésre jutott, hogy az elégetett tömjén atomjainak száma $7.7763 \cdot 10^{17}$. Próbáljuk meg rekonstruálni Magnenus kísérletét! Mekkora lehetett az elégetett tömjén? Az épület mérete? Mit gondolhatott a szaglás mechanizmusáról?

(2) (15 pt)

A Perrin kísérlet analíziséhez először vizsgáljuk a két-dimenziós Brown mozgást: ℓ rácállandójú négyzetrácson egy részecske τ időközönként, egyenlő valószínűséggel ugrik a négy szomszédos rácspont egyikébe. Az egymást követő lépések függetlenek egymástól, s a részecske az origóból indul.

Határozzuk meg a $t = N\tau$ idő alatti várható elmozdulást, $\sqrt{\langle r^2 \rangle} = \sqrt{\langle x_i^2 \rangle + \langle y_i^2 \rangle}$ -t!

Iránymutatás:

Kövessük a HF1 2. feladatának lépéseit, figyelembe véve, hogy az e_i valószínűségi változó most egy vektor, amely egyenlő valószínűséggel mutat a $\pm x$ vagy $\pm y$ irányba.

(3) (25 pt)

Perrin kísérletében (Fig.1.) koloid részecskék mozgását vizsgálták híg, vizes oldatban. A részecskék sugara $a = 0.52\mu m$, $\tau = 30s$ -ként mérték a helyzetüket, s az ábrán látható négyzetrács rácállandója $3.125\mu m$. Becsüljük meg a koloid részecskék diffúziós együtthatóját kétféleképpen: (a) a kezdő és a végpont közötti elmozdulásból, feltételezve, hogy a mozgás diffúzív, és (b) a τ idő alatti ugráshosszok négyzetének átlagából!

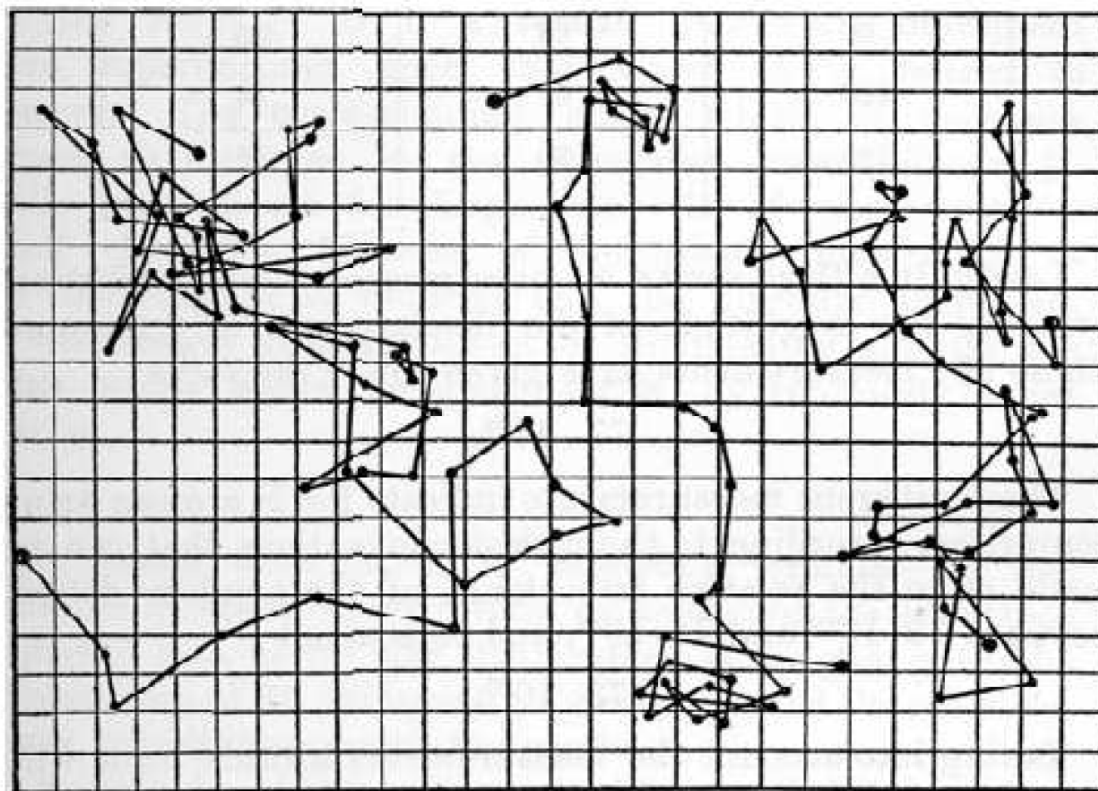


FIG. 1: Tracings of the motion of three colloidal particles of radius $0.52\mu m$ as seen under the microscope in J. Perrin's experiments. Successive positions every 30 seconds are joined by straight line segments. The mesh size is $3.125\mu m$.

Használjuk a kapott eredményt, valamint a Brown mozgás Langevin féle leírásából ismert kifejezést a koloidrészecskék diffúziós együtthatójára, s becsljük meg az Avogadro számot! A koloidrészecskék sűrűségét tekinthetjük vízhez közelinek, a hőmérsékletet pedig szobahőmérsékletnek.

(4) (20 pt)

Tegyük fel, hogy a kolloidrészecskék diffúziós együtthatójára kapott kifejezés extrapolálható molekuláris szintre. Hasonlítsuk össze egy nem túlságosan nagy molekulekula (pl. Buckminsterfullerene: 60 szénatom fociabdyszerű elrendezésben, átmérő: 1.01 nm) vízben történő termális mozgásának diffúziós együtthatóját a kísérleti értékekkel! Végezzünk hasonló becslést biológiai molekulákra (pl. DNS), esetleg a koronavírusra?