Megoldás. Homogén mágneses mezőben a fékeződésmentesen mozgó töltött részecske a mágneses térre merőleges síkban egyenletes körmozgást végez, amihez még a mágneses térrel párhuzamos irányú egyenletes mozgás is hozzáadódhat. Az ábrán látható felvétel (ha egyáltalán létezik ilyen) a mágneses mezőre merőleges irányból készült (hiszen a pályák körívek). (A mágneses tér irányú mozgás – ami nem látszik a felvételen – a továbbiakban figyelmen kívül hagyható. Feltételezhetjük, hogy a mágneses tér a közölt *ábra* síkjára merőlegesen *felfelé* mutat. Ha nem így lenne, akkor tekintsük a felvételt a túlsó oldaláról; onnan nézve a mágneses tér ellentétes irányú, a körpályák pedig változatlanok maradnak.)

Számozzuk meg a részecskepályákat belülről kifele haladva, és jelöljük a pályasugarakat R_1-gyel, R_2-vel és R_3-mal. A közölt ábrán átható, hogy

(1) $$R_1 < R_2 < R_3.$$

Ugyanilyen sorrendben jelöljük a részecskék impulzusának nagyságát p_1-gyel, p_2-vel és p_3-mal, az elektromos töltésük nagyságát pedig q_1-gyel, q_2-vel és q_3-mal! (R_i, p_i és q_i $(i = 1, 2, 3)$ mindegyike pozitív, hiszen a megfelelő fizikai mennyiség nagyságát jelöli. Ha valamelyik részecske impulzusa vagy töltése ellentétes lenne a másikéval, ezt a tényt a képletekben kiírt negatív előjellel vesszük figyelembe.)

B nagyságú mágneses indukciójú mezőben v sebességgel, R sugarú körpályán mozgó m tömegű, q töltésű részecske (nemrelativisztikus) mozgásegyenlete:

$$\frac{mv^2}{R} = qvB, \qquad \text{azaz} \qquad mv = qBR,$$

ami a részecske $p = mv$ impulzusával kifejezve:

(2) $$p = qBR.$$

Megjegyzés. Érdekes módon a (2) egyenlet akkor is érvényben marad, ha a részecske mozgását a relativisztikus dinamika törvényeivel írjuk le. Ilyen esetben a mozgásegyenlet

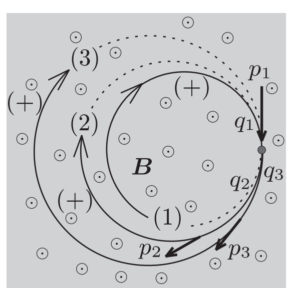
$$\frac{\Delta \boldsymbol{p}}{\Delta t} = q\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B},$$

amiből (mindkét oldal abszolút értékét véve)

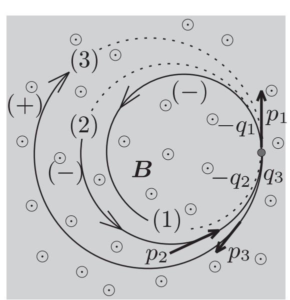
$$p\omega = p\frac{v}{R} = qvB, \qquad \text{tehát} \qquad p = qBR.$$

(Kihasználtuk, hogy az ω szögsebességgel forgó, állandó abszolút értékű $\boldsymbol{p}$ vektor időbeli változásának sebessége $p\omega$ nagyságú.)

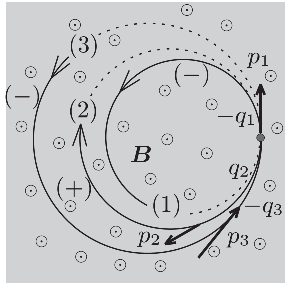
A bomlási folyamat során a részecskék (előjelhelyesen felírt) elektromos össztöltése, valamint az impulzusok előjeles összege változatlan marad (ún. *megmaradó mennyiség*). Az ábráról nem tudjuk megállapítani, hogy melyik részecske bomlik, így külön-külön meg kell vizsgáljuk mindhárom lehetséges esetet.



1. ábra



2. ábra



3. ábra

(*i*) Ha az 1-es részecske bomlik (*1. ábra*), akkor mindhárom részecske „jobbra kanyarodik”, tehát pozitív töltésű. Az impulzus- és töltésmegmaradás szerint

$$p_1 = p_2 + p_3 \qquad \text{és} \qquad q_1 = q_2 + q_3,$$

ahonnan (2) alkalmazásával

$$R_1 = \frac{q_2 R_2 + q_3 R_3}{q_2 + q_3}. \tag{3}$$

Ez azonban *lehetetlen,* mert R_2 és R_3, vagyis a két nagyobb pályasugár pozitív együtthatókkal súlyozott középértéke nem lehet a legkisebb sugárral egyenlő.

(*ii*) Ha a 2-es részecske bomlik (*2. ábra*), akkor csak a 3-as részecske pozitív töltésű, a másik kettő (balra kanyarodó) részecske negatív elektromos töltésű kell legyen. Az impulzus- és töltésmegmaradás egyenletei: $p_2 = p_1 + p_3$ és $-q_2 = -q_1 + q_3$, ahonnan (2) alkalmazásával ismét az ellentmondásos (3) összefüggést kapjuk.

(*iii*) Végül, ha a 3-as részecske bomlik (*3. ábra*), akkor csak a 2-es részecske pozitív töltésű, a másik kettő negatív, és a megmaradási törvények szerint $p_3 = p_1 - p_2$ és $-q_3 = -q_1 + q_2$, ami ugyancsak az ellentmondásos (3) összefüggésre vezet.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az ábrán bemutatott „nyomok” *nem fordulhatnak elő* a valóságban végbemenő bomlásfolyamat megfigyelhető ködkamrás felvételén.