

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00716

(22) Data de depozit: 10/11/2022

(41) Data publicării cererii:  
30/08/2023 BOPi nr. 8/2023

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE  
DEZVOLTARE PENTRU FIZICA  
MATERIALELOR, STR.ATOMIȘTILOR  
NR.405 BIS, CP MG7, MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:  
• IUGA ALIN ROMULUS,  
STR.PICTOR NICOLAE GRIGORESCU  
NR.12, AP.1, HUNEDOARA, HD, RO;

• KUNCSEK VICTOR, STR.CHILIA VECHÉ,  
NR.7, BL.710, SC.A, AP.18, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• POPA ADRIAN-CLAUDIU,  
BD. IULIU MANIU NR. 79, BL. 1, SC. 1,  
AP. 3, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;  
• IACOB NICUȘOR, STR.URANUS, NR.42D,  
BL.4, ET.2, AP.15, VÂRTEJU, MĂGURELE,  
IF, RO;  
• LAZĂR MARIAN, STR.SERGEANT NIȚU  
VASILE, NR.60, BL.11, SC.2, ET.2, AP.30,  
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO

(54) DISPOZITIV CU MAGNEȚI PERMANENȚI DESTINAT  
MICȘORĂRII VITEZEI DE SEDIMENTARE A UNOR  
PARTICULE MAGNETICE AFLATE ÎNTR-UN MEDIU VÂSCOS

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv cu magneți permanenți destinat micșorării vitezei de sedimentare a unor particule magnetice aflate într-un mediu vâscos. Dispozitivul conform invenției este alcătuit dintr-o pereche de magneți (1) permanenți, cu polaritățile în serie, dispuși în diedru cu vârful în sus, amplasați pe un suport (2) rigid, nemagnetic, care se poate roti în jurul axei verticale sub acțiunea unui motor (3) precum și dintr-un suport de tip trepied (4, 5), dispozitivul astfel creat generând în interiorul diedrului un câmp de forțe ascensional cvasi-uniform care va acționa în sens ascendent asupra unor particule magnetice aflate în suspensie într-un mediu vâscos în interiorul diedrului, micșorând efectul greutateii lor aparente și, prin urmare, viteza de sedimentare. Caracterul cvasi-omogen al câmpului magnetic vertical elimină posibilitatea aglomerării pe verticală a particulelor magnetice, iar acțiunea componentelor laterale ale acestui câmp asupra particulelor magnetice se poate diminua semnificativ prin rotirea lentă a dispozitivului în jurul axei verticale, ceea ce duce la eliminarea aglomerărilor laterale de particule.

Revendicări: 2  
Figuri: 8

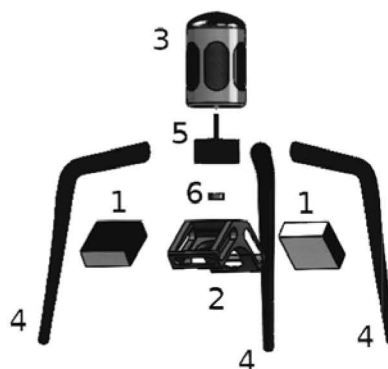


Fig. 2

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



## Dispozitiv cu magneți permanenți destinat micșorării vitezei de sedimentare a unor particule magnetice aflate într-un mediu vâscos

### Descrierea invenției

Invenția se referă la un dispozitiv cu magneți permanenți destinat micșorării vitezei de sedimentare a unor particule magnetice aflate într-un mediu vâscos. Aceste particule magnetice pot fi:

- particule simple, sau cu structură *core-shell*, cu miezul magnetic și învelișul, de exemplu, un medicament
- particule magnetice dispersate sau atașate unor *nano* sau *micro-structuri* (de ex: celule vii)

Sunt cunoscute dispozitive cu funcția de capcană pentru particule magnetice. Aceste metode prezintă dezavantajul de a aglomera particulele magnetice pe direcția verticală sau laterală.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în micșorarea vitezei de sedimentare a unor particule magnetice aflate într-un mediu vâscos, fără a produce aglomerarea lor pe direcția verticală sau pe laterală.

Dispozitivul cu magneți permanenți destinat micșorării vitezei de sedimentare a unor particule magnetice aflate într-un mediu vâscos elimină dezavantajul soluțiilor cunoscute prin aceea că folosește un ansamblu rotitor de doi magneți permanenți dispuși în diedru, care generează un câmp ascendent quasi-uniform într-o zonă din interiorul diedrului, compensând, prin rotație, forțele laterale.

Invenția prezintă următorul avantaj: permite micșorarea vitezei de sedimentare a unor particule magnetice aflate într-un mediu vâscos fără a aglomera aceste particule așa cum fac metodele deja existente. Aceasta asigură suficient timp pentru producerea unor reacții chimice sau bio-chimice lente, între faza reprezentată de particulele magnetice și alte faze prezente în mediul vâscos, în care acestea sunt suspendate. Micșorarea vitezei de sedimentare este realizată prin compensarea parțială a *greutății aparente* a particulelor magnetice cu o *forță magnetică* vertical-ascendentă produsă de sistemul de magneți permanenți. Caracterul *quasi-omogen* al acestei forțe elimină aglomerarea pe verticală a particulelor magnetice. Mișcarea de rotație a magneților elimină aglomerarea pe laterală a particulelor magnetice, produsă de forțele magnetice orizontale.

Se prezintă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu *fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 & 8*:

*fig. 1*: dispozitivul cu magneți permanenți, vedere de ansamblu

*fig. 2*: dispozitivul cu magneți permanenți, vedere explodată

*fig. 3*: *liniile de câmp magnetic* în spațiul dintre magneți, obținute prin *simulare cu elemente finite*.

*fig. 4*: *câmpul de forțe magnetice* exercitat de dispozitivul cu magneți permanenți asupra unei particule cu moment magnetic de  $1 \text{ Am}^2$ , în spațiul dintre magneți, obținut prin *simulare cu elemente finite*, vedere frontală.

*fig. 5*: *câmpul de forțe magnetice* exercitat de dispozitivul cu magneți permanenți asupra unei particule cu moment magnetic de  $1 \text{ Am}^2$ , în spațiul dintre magneți, obținut prin *simulare cu elemente finite*, vedere laterală.

*fig. 6*: *câmpul de forțe magnetice* exercitat de dispozitivul cu magneți permanenți asupra unei particule cu moment magnetic de  $1 \text{ Am}^2$ , după direcția *X*, în spațiul dintre magneți, într-un *sector circular* de  $90^\circ$  pe o suprafață orizontală cu coordonata  $Z = 10 \text{ mm}$ , obținut prin *simulare cu elemente finite*

*fig. 7*: *câmpul de forțe magnetice* exercitat de dispozitivul cu magneți permanenți asupra unei particule cu moment magnetic de  $1 \text{ Am}^2$ , după direcția *Y*, în spațiul dintre magneți, într-un *sector circular* de  $90^\circ$  pe o suprafață orizontală cu coordonata  $Z = 10 \text{ mm}$ , obținute prin *simulare cu elemente finite*

Întocmit  
Iuga Alin

Director General INCDFM  
dr. Ionuț Enculescu

fig. 8: componenta verticală (după axa Z) a forței magnetice exercitate de câmp magnetic asupra unei particule cu moment magnetic de  $1 \text{ Am}^2$ , pe axa Z.

Dispozitivul cu magneți permanenți, conform fig. 2 este constituit din:

- o pereche de magneți de *Ne-Fe-B*, cu polaritățile în serie, de dimensiuni  $50 \times 50 \times 20 \text{ mm}^3$  și inducție magnetică  $0,3 \text{ T}$  la suprafață, fiecare, dispuși în diedru, la un unghi de  $80^\circ$ , și cu o distanță la vârful de  $6 \text{ mm}$ , **1**
- un suport rigid pentru magneți, din material nemagnetic, care se poate roti în jurul unei axe verticale, **2**
- un motor pentru rotirea lentă a magneților, **3**
- suport trepied, **4 & 5**
- rulment, **6**

Dispunerea magneților cu polaritățile în serie într-o așezare în diedru crează un gradient al inducției câmpului magnetic spre vârful diedrului, conform figurii 3. Expresia forței magnetice exercitată asupra unei particule de moment magnetic  $\vec{m}$  este:

$$\vec{F} = \nabla(\vec{B} \cdot \vec{m}) \quad (1)$$

unde  $B$  este inducția câmpului magnetic. Pentru că într-un câmp magnetic care depășește valoarea de saturație pentru particulele magnetice, momentele magnetice se vor orienta după câmpul aplicat, și pentru că particulele magnetice se găsesc într-un mediu vâscos, ecuația (1) devine:

$$\vec{F} = m \nabla(B) \quad (2)$$

Conform fig.4 & 5 componenta verticală a câmpului de forțe este ascensională, ea opunându-se greutateii aparente a particulelor. Componenta orizontală este orientată spre exterior în planul XZ, conform fig.4, și spre interior în planul YZ, conform fig. 5. După cum se poate vedea în fig.6 & fig.7, în zona centrală a planului orizontal cu coordonata  $Z = 10 \text{ mm}$  forțele spre interior și forțele spre exterior sunt comparabile ca mărime. Aceasta se poate verifica și cantitativ prin calcularea valorii medii a forțelor în sectorul circular pentru un moment magnetic al unei particule egal cu  $1 \text{ Am}^2$ , după direcția X cu formula:

$$\bar{F}_x = \frac{1}{S} \iint_S \frac{\partial B}{\partial x} dx dy \quad (3)$$

unde  $S$  este aria sectorului circular din fig.6 & fig. 7.

Analog pentru direcția Y:

$$\bar{F}_y = \frac{1}{S} \iint_S \frac{\partial B}{\partial y} dx dy \quad (4)$$

Pentru fig. 6 & 7 mărimea forțelor medii exprimate de ecuațiile 3 & 4 au fost calculate prin metoda elementelor finite, și sunt după cum urmează:

$$\bar{F}_x = 0.086 \text{ N} \quad \text{și} \quad \bar{F}_y = -0.076 \text{ N}$$

Date fiind valorile comparabile ale acestor forțe, prin rotirea sistemului de magneți în jurul axei centrale efectul lor asupra particulelor magnetice aflate într-un mediu vâscos se va anula, dacă frecvența de rotație îndeplinește următoarea condiție:

$$v_{lim} \ll \frac{\Phi}{2} \nu \quad (5)$$

unde  $v_{lim}$  este viteza limită a particulelor magnetice în mediul vâscos,  $\Phi$  este dimensiunea liniară în plan orizontal a recipientului în care se găsesc particulele magnetice în mediu vâscos și  $\nu$  este frecvența de rotație a dispozitivului cu magneți permanenți.

Aproximând particulele magnetice cu niște sfere, forța de rezistență la înaintare pentru viteze mult mai mici decât viteza sunetului în fluidul respectiv, este dată de legea lui Stokes:

$$F_d = 6\pi\mu Rv \quad (6)$$

unde  $\mu$  este coeficientul de vâscozitate dinamică,  $R$  este raza particulei magnetice și  $v$  viteza relativă a particulei față de fluid.

Dacă forța de rezistență la înaintare este echilibrată de forțele externe, viteza particulei atinge valoarea limită,  $v_{lim}$ , care este în această situație viteza de sedimentare. Asupra particulelor magnetice acționează greutatea lor aparentă, în jos, și componenta verticală a forței magnetice, în sus. Greutatea aparentă este dată de relația:

$$G_a = (\rho_{part} - \rho_0)Vg \quad (7)$$

unde  $\rho_{part}$  este densitatea masică a particulelor magnetice,  $\rho_0$  este densitatea masică a fluidului vâscos,  $V$  este volumul unei particule magnetice și  $g$  este accelerația gravitațională.

Componenta verticală a forței magnetice este, conform relației 2:

$$F_z = m \frac{\partial B}{\partial z} \quad (8)$$

Din relațiile 6, 7 & 8 rezultă viteza limită a particulelor magnetice:

$$v_{lim} = \frac{(\rho_{part} - \rho_0)Vg - m \frac{\partial B}{\partial z}}{6\pi\mu R} \quad (9)$$

În prezentul exemplu, raza medie a unei particule magnetice este  $7\mu m$ , masa ei medie  $1,06 \cdot 10^{-20} kg$ . Considerând accelerația gravitațională  $g = 9,8 m/sec^2$ , rezultă o greutate aparentă medie per particulă de  $2,7 \cdot 10^{-13} N$ . Momentul magnetic mediu per particulă este de  $2 \cdot 10^{-13} Am^2$ . Forța magnetică verticală per particulă, pe axa dispozitivului cu magneți permanenți la  $Z = 10 mm$  este, conform fig.8, și relației 2:

$$F_z = 1,3 Tm^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{-13} Am^2 = 2,6 \cdot 10^{-13} N \quad (10)$$

Din raportul  $\frac{F_z}{G_a} = 96\%$  rezultă, conform relației 9, o scădere cu 96% a vitezei de sedimentare a particulelor magnetice.

Din fig.8 reiese o valoare quasi-uniformă a forței magnetice verticale, în jurul coordonatei  $Z = 10 mm$ , ceea ce duce la o viteză de sedimentare uniformă, eliminând aglomerarea particulelor magnetice după direcția verticală.

Pentru acest exemplu, forțele laterale medii sunt:  $\bar{F}_x = 2,58 \cdot 10^{-13} N$ , respectiv  $\bar{F}_y = -2,28 \cdot 10^{-13} N$ ; prin rotirea dispozitivului, aceste forțe sunt reduse la diferența valorilor lor absolute:  $\Delta \bar{F}_{xy} = 3 \cdot 10^{-14} N \ll F_z$ . Pentru o viteză de sedimentare de  $1 cm/h$ , și un diametru  $\Phi = 1 cm$  al recipientului, frecvența de rotație a dispozitivului cu magneți, conform relației 5, trebuie să îndeplinească condiția:

$$\nu \gg 2 rot h^{-1} \quad (11)$$

o, valoare acceptabilă, pentru a elimina aglomerarea pe laterală este, de exemplu,  $\nu = 1 rot min^{-1}$ .

Întocmit  
Iuga Alin

Director General INCDFM  
dr. Ionuț Enculescu



## Revendicări

1 Dispozitiv cu magneți permanenți destinat micșorării vitezei de sedimentare a unor particule magnetice aflate într-un mediu vâscos, **caracterizat prin aceea că** folosește un sistem de doi magneți permanenți **1** dispuși în serie, în formă de diedru cu vârful în sus, care prin câmpul magnetic quasi-uniform ascensional creat micșorează în mod uniform, fără a crea gradienti de concentrație pe verticală, viteza de sedimentare a unor particule magnetice aflate într-un mediu vâscos în spațiul din interiorul diedrului.

2 Dispozitiv, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** rotirea lentă a sistemului de magneți permanenți **1** în jurul axei verticale, duce la diminuarea forțelor magnetice laterale, ceea ce înlătură aglomerarea laterală a particulelor magnetice aflate într-un mediu vâscos, în interiorul diedrului.

Întocmit  
Iuga Alin

Director General INCDFM  
dr. Ionuț Enculescu


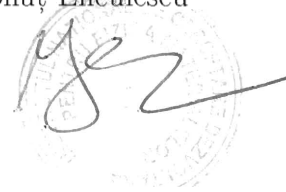




fig. 1

Întocmit  
Iuga Alin

Director General INCDFM  
dr. Ionuț Enculescu



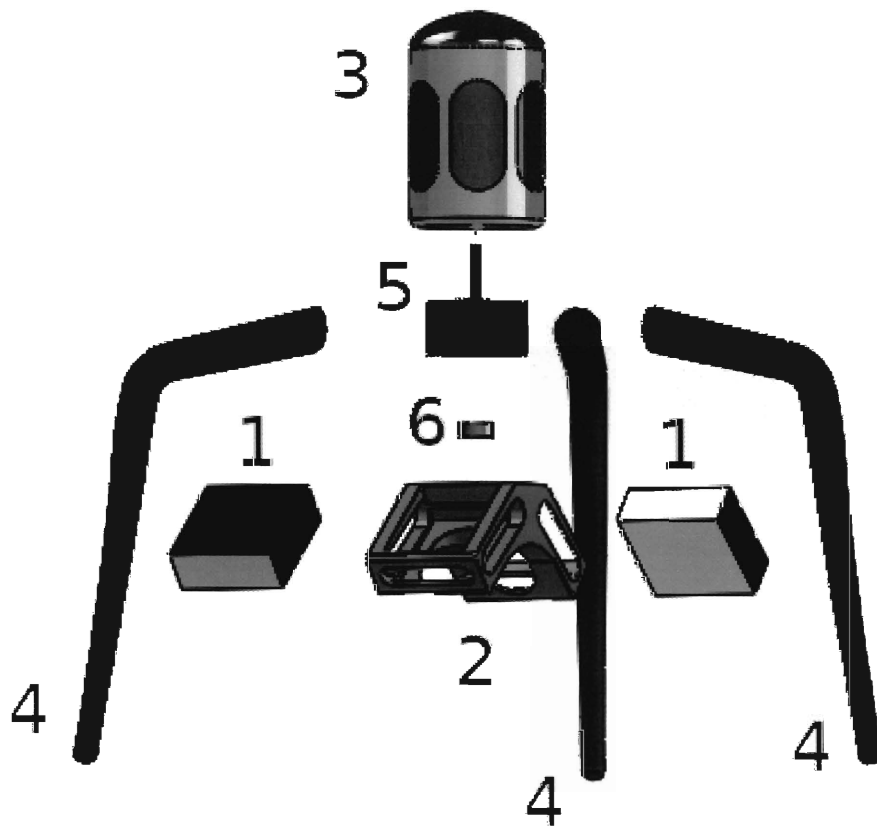


fig. 2

Întocmit  
Iuga Alin

Director General INCDFM  
dr. Ionuț Enculescu

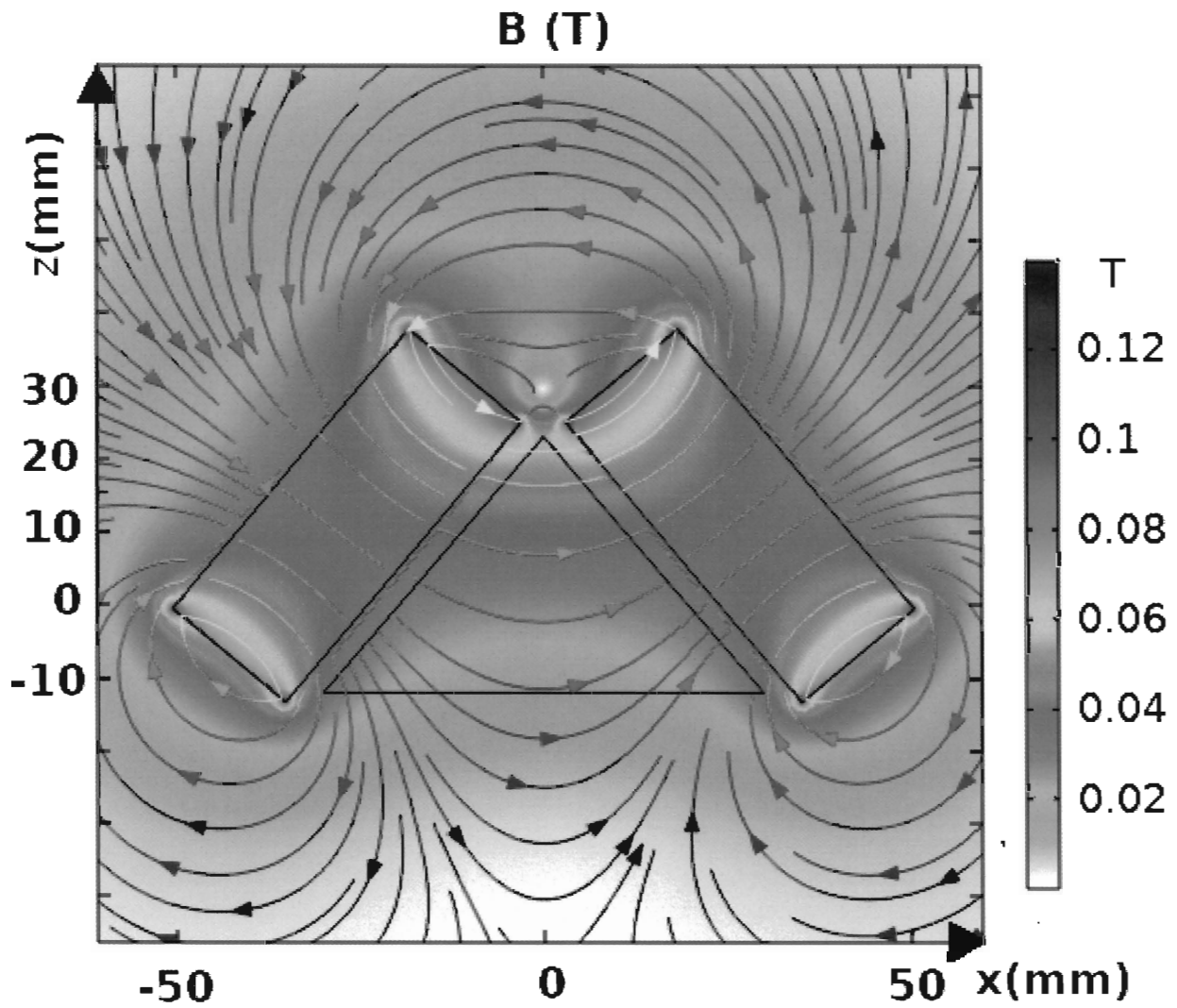


fig. 3

Întocmit  
Iuga Alin

Director General INCDFM  
dr. Iomut Enculescu



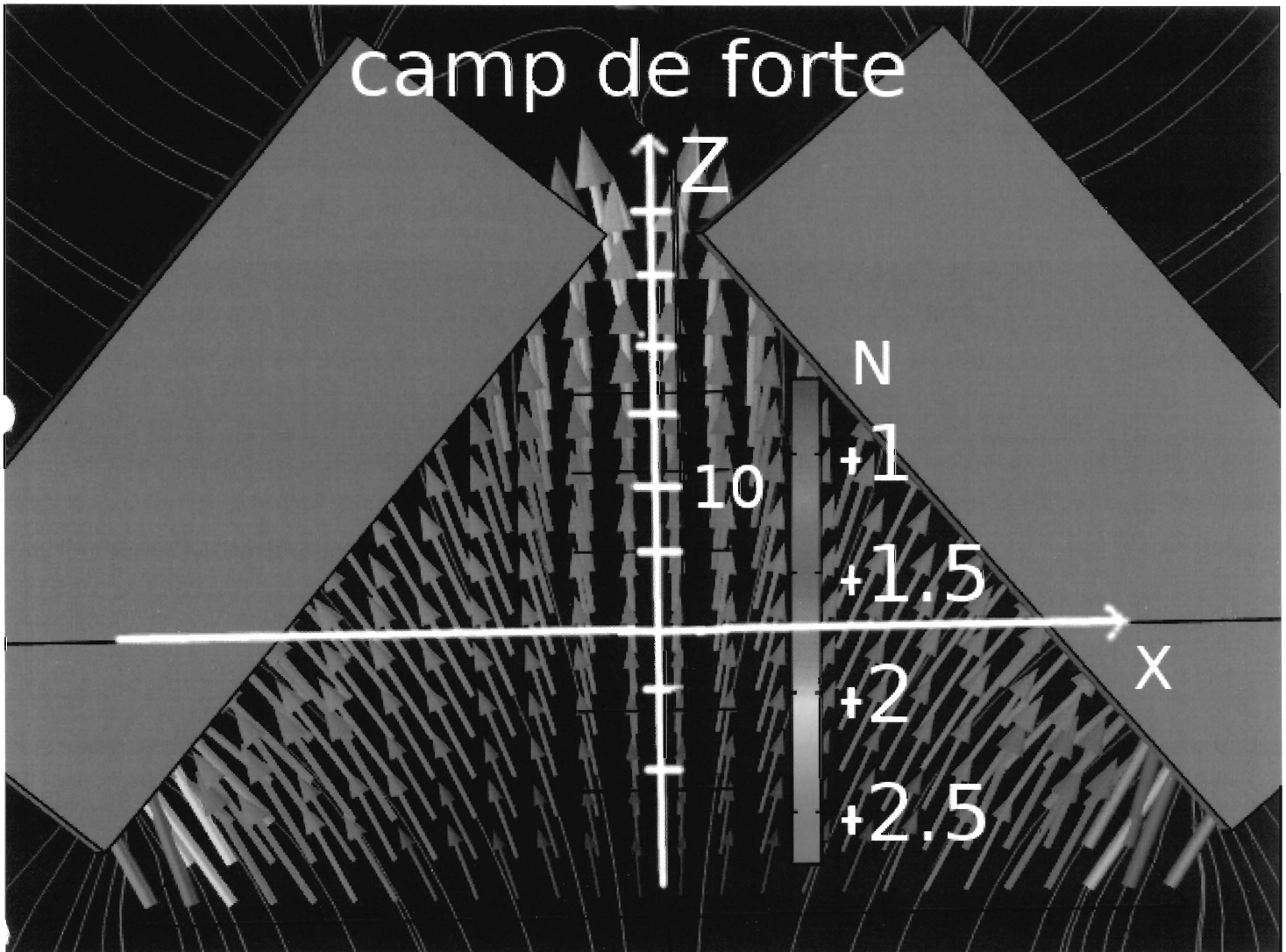


fig. 4

Întocmit  
Iuga Alin

Director General INCDFM  
dr. Ionuț Enculescu

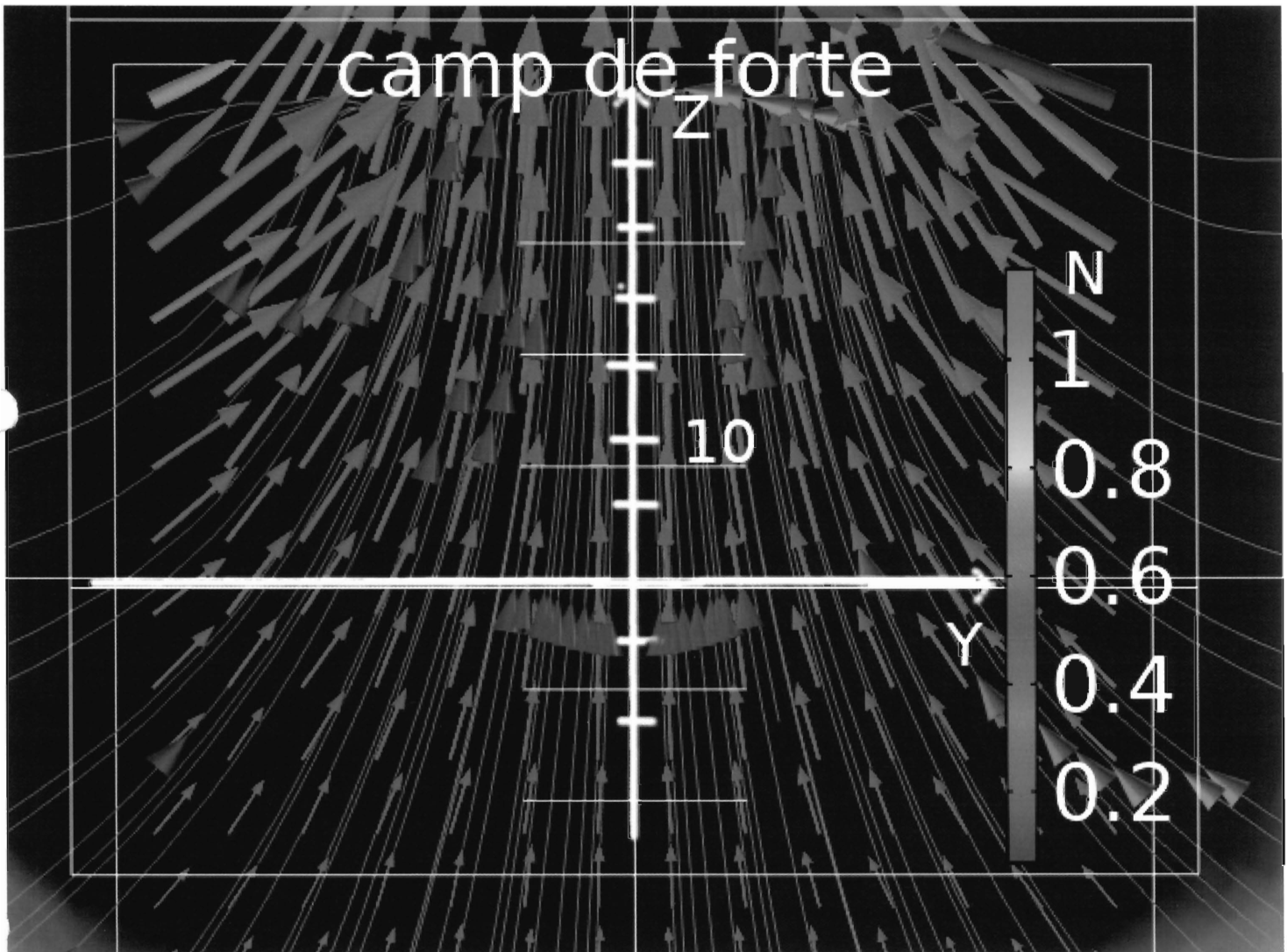


fig. 5

Întocmit  
Iuga Alin

Director General INCDFM  
dr. Ionuț Enculescu

camp de forte dupa X - suprafata orizontala la  $z = 10$  mm

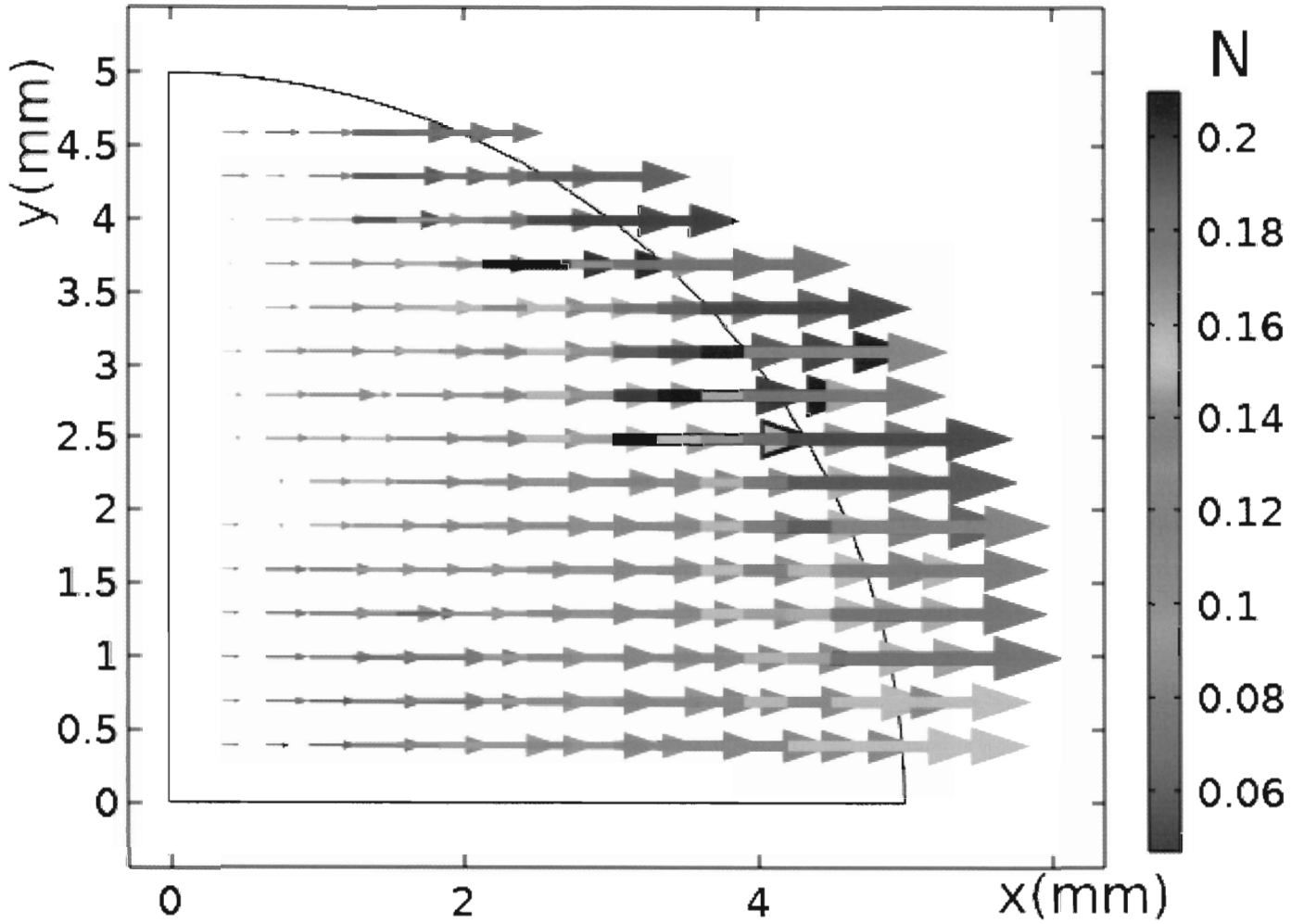
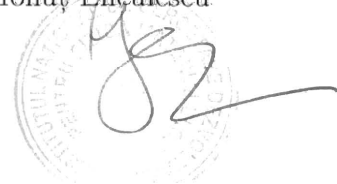


fig. 6

Întocmit  
Iuga Alin

Director General INCDFM  
dr. Ionuț Enculescu



camp de forte dupa Y - suprafata horizontala la z=10 mm

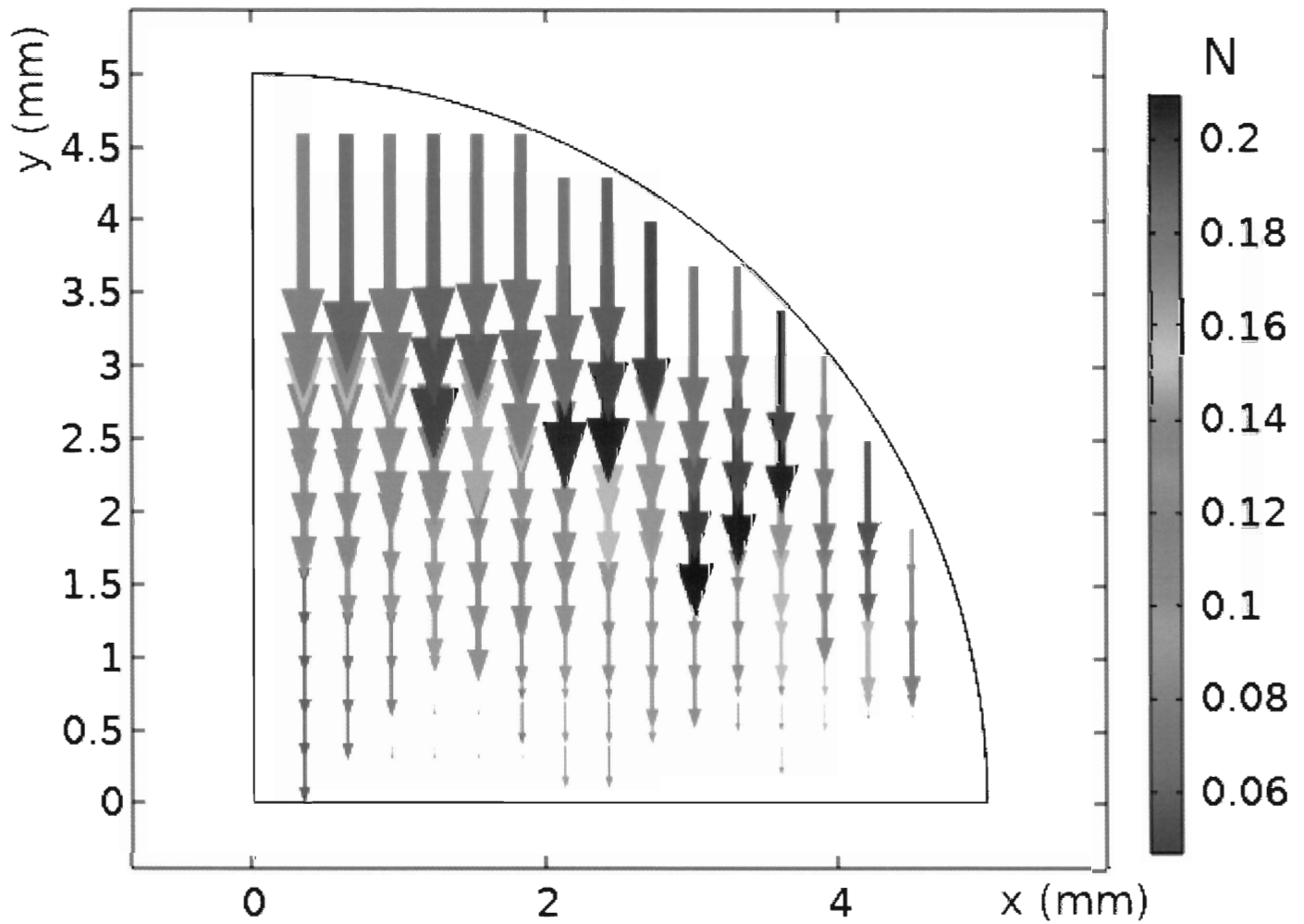


fig. 7

Întocmit  
Iuga Alin

Director General INCDFM  
dr. Ionuț Enculescu

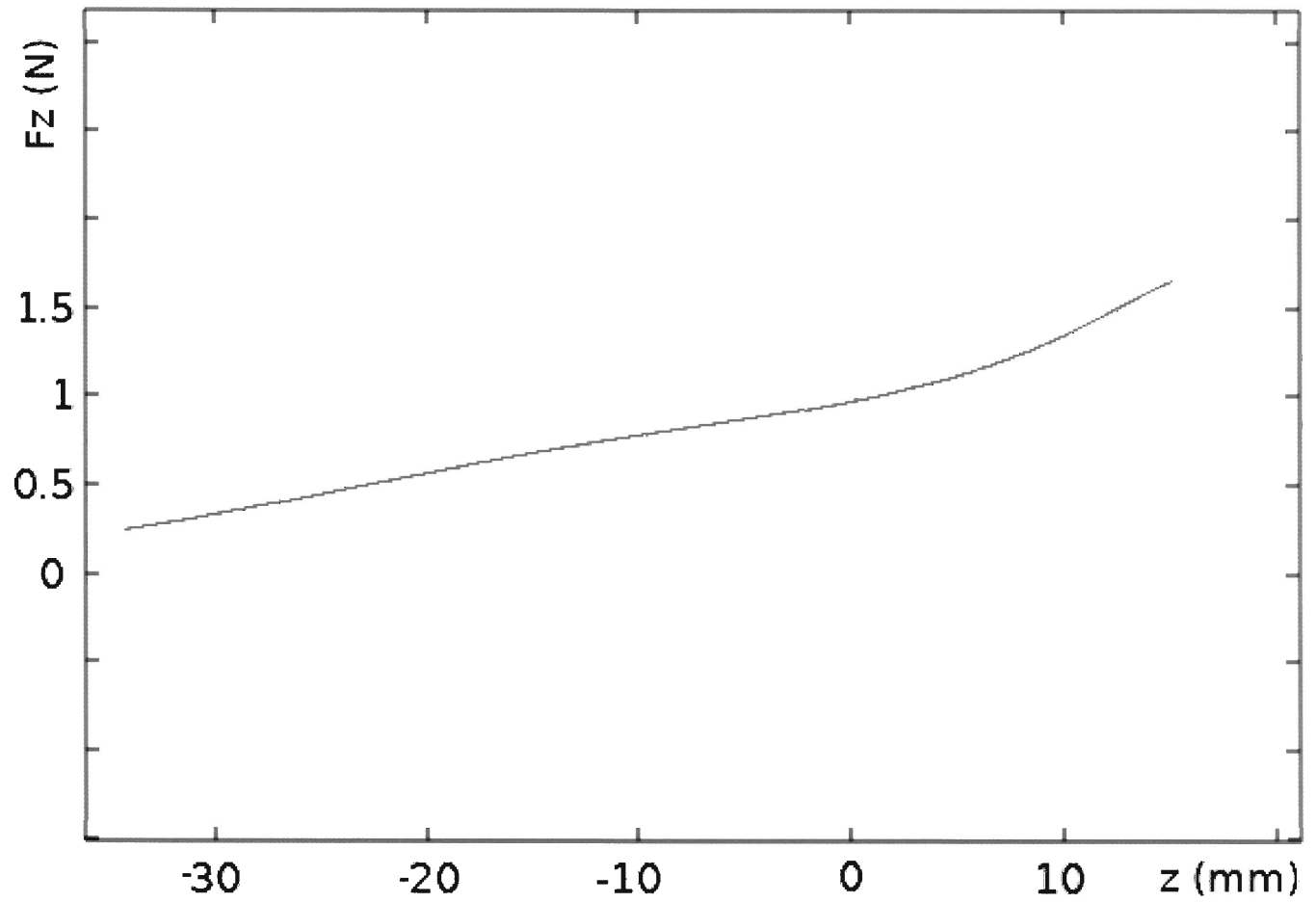


fig. 8

Întocmit  
Iuga Alin

Director General INCDFM  
dr. Ionuț Enculescu