



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00354

(22) Data de depozit: 12/06/2019

(41) Data publicării cererii:
30/12/2020 BOPI nr. 12/2020

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
OPTOELECTRONICĂ - INOE 2000,
STR.ATOMIȘTILOR NR.409, MĂGURELE,
IF, RO

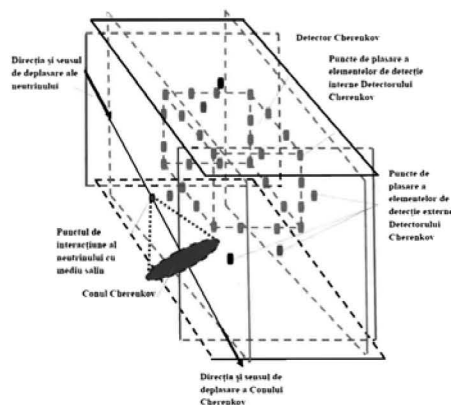
(72) Inventatori:
• RUSU MĂDĂLIN ION,
STR. PRELUNGIREA GHENCEA NR. 53,
BL. F2, SC. C, ET. 3, AP. 126, BRAGADIRU,
IF, RO;
• SAVU VALERIU, ALEEA CĂȚINEI NR. 13,
BL. 37C, SC. C, ET. 2, AP. 51, PLOIEȘTI,
PH, RO;
• SAVASTRU DAN, STR.IANI BUZOIANI
NR.3, BL.16, SC.A, AP.2, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) METODĂ DE DETERMINARE A CONULUI CHERENKOV
ÎN MEDIU SALIN ÎN AFARA VOLUMULUI DETECTORULUI
CHERENKOV

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de determinare a conului Cherenkov de radiații electromagnetice în mediu salin, în afara volumului unui detector Cherenkov. Metoda conform invenției constă în determinarea conului Cherenkov ce se generează în afara volumului unui detector prin determinarea atenuării mediului salin în domeniul undelor electromagnetice și prin determinarea poziției optime de plasare a elementelor de detecție externe, utilizându-se un software dedicat, amplasându-se un număr minim de elemente de detecție în exteriorul volumului detectorului care au poziții foarte bine stabilite pe suprafețele exterioare detectorului, obținute prin utilizarea formulei: $L_{c_{exi}}^3 = p[1+i(\alpha+1)]$, unde $L_{c_{exi}}^3$ reprezintă lungimea muchiei suprafețelor la iterația superioară determinării detectorului Cherenkov, p reprezintă pasul de iterație, i reprezintă numărul iterației, iar α este o constantă.

Revendicări: 2
Figuri: 1



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).



Metoda de determinare a Conului Cherenkov în mediu salin în afara volumului detectorului Cherenkov

Invenția se referă la o metodă de determinare a Conului Cherenkov de radiații electromagnetice în mediul salin în afara volumului detectorului Cherenkov prin plasarea în puncte optime a unor elemente de detecție în afara volumului acestuia pe toate direcțiile x, y, z pozitive și negative cunoscând amprenta de atenuare în domeniul undelor electromagnetice a mediului salin în vederea determinării posibilelor Conuri Cherenkov ce s-ar putea forma în exteriorul volumului detectorului în funcție de energia determinată de elementele de detecție din vecinătatea detectorului.

Detectoarele Cherenkov pentru determinarea radiațiilor cosmice se pot realiza în următoarele medii: aer, gheață, rocă de sare [1, 2], rocă de calcar, regolit lunar etc. Sunt cunoscute mai multe detectoare Cherenkov pentru determinarea radiațiilor cosmice în diferite medii cum ar fi: pentru mediul salin (SalSA), sub apă (ANTARES, Baikal, NEMO, NESTOR, AUTECH etc.), sub gheață (AMANDA, ICECUBE și RICE), pentru atmosferă (ASHRA, AUGER, EUSO și OWR), între sol și aer (GLUE, Forte'NuTel și ANITA) [3].

În mediul salin se cunoaște un experiment și două exemple cu/de detectoare Cherenkov și anume: detectorul Salt Sensor Array (realizat în experimentul SalSA) care folosește antene cu polaritate orizontală și verticală [4], detectorul Salt neutrino detector for ultrahigh-energy neutrino și detector Cherenkov de tip 3D.

Dezavantajele metodelor de detecție cu detectoarele Salt Sensor Array, Salt neutrino detector for ultrahigh-energy neutrino propus de Chiba și alții [1] și Cherenkov de tip 3D propus de Savu [5] se referă la numărul foarte mare de elemente de detecție, complexitatea lanțului de măsură (numărul foarte mare al amplificatoarelor pentru diminuarea atenuărilor prin cablu, respectiv al amplificatoarelor pentru aducerea nivelelor semnalelor elementelor de detecție la un nivel de prelucrare) distanța între elementele de detecție pe orizontală și pe verticală trebuie să fie constantă, prelucrarea datelor este greoaie și necesită un timp de prelucrare foarte mare iar costurile de realizare și exploatare a acestui detector sunt foarte mari.

Nici una din metodele descrise mai sus nu detectează generarea unui Con Cherenkov în afara volumului detectorului chiar dacă o parte din energia emisă de con ajunge pe elementele de detecție ale detectorului.

Detecția radiațiilor cosmice cu energii mari de ordinul $10^{19,5}$ eV implică un flux energetic de neutrino cu energii între 10^{17} eV și 10^{19} eV [6, 7, 8]. Rata de apariție a unui neutrino

cu un astfel de flux energetic este de $10/\text{km}^2/100\text{ani}$ [6]. Având în vedere că rata de generare a Conului Cherenkov în urma unei interacții a radiației cosmice de natura neutronică cu mediul salin este foarte mică, atunci determinarea Conului Cherenkov generat în exteriorul detectorului prezintă un foarte mare avantaj și justifică punerea în practică a acestei metode.

Problema pe care o rezolvă invenția este de a realiza o metodă de determinare a Conului Cherenkov de radiații electromagnetice în mediul salin în afara volumului detectorului Cherenkov, care determină Conul Cherenkov indiferent de poziția în care acesta se generează în afara volumului detectorului, fiind o metodă economică și predictibilă deoarece în exteriorul detectorului se găsesc un număr minim de elemente de detecție plasate în poziții optime determinate de suprafețele de plasare a acestora obținute prin utilizarea formulei $Lc_{ex_i}^3 = p[1 + i(\alpha + 1)]$, unde $\alpha, i \in \mathbf{N}^*$, $p \in \mathbf{R}$ și $p, \alpha, i > 0$, și de amprenta de atenuare a mediului salin în domeniul undelor electromagnetice, caracterizată prin aceea că conduce la creșterea probabilității de determinare a generării Conului Cherenkov din exteriorul volumului detectorului prin determinarea nivelelor energetice măsurate de elementele de detecție externe cu condiția ca acestea să fie mai mari decât nivelele energetice măsurate de elementele de detecție din interiorul detectorului Cherenkov.

Metoda de determinare a Conului Cherenkov în mediu salin în afara volumului detectorului Cherenkov, **conform invenției**, constă în **determinarea Conului Cherenkov ce se generează în afara volumului detectorului prin determinarea poziției optime de plasare a elementelor de detecție externe, utilizându-se un soft dedicat, amplasându-se un număr minim de elemente de detecție în exteriorul volumului detectorului ce au pozițiile foarte bine stabilite pe suprafețele exterioare detectorului calculate printr-o relație de iterație superioară față de calcularea volumului detectorului pe toate direcțiile x, y, z pozitive și negative, obținute prin utilizarea formulei $Lc_{ex_i}^3 = p[1 + i(\alpha + 1)]$, unde $\alpha, i \in \mathbf{N}^*$, $p \in \mathbf{R}$ și $p, \alpha, i > 0$, urmând a se calcula în urma măsurărilor efectuate în mediu (amprenta/harta) atenuarea mediului salin în domeniul undelor electromagnetice [5, 9, 10, 11], prin măsurarea nivelelor energetice date de elementele de detecție amplasate în exteriorul volumului detectorului cu condiția ca energia măsurată de elementele de detecție externe să fie mai mare decât energia măsurată de elementele interne detectorului numai în situația generării unui Con Cherenkov real în afara detectorului, astfel obținându-se poziția în spațiu a Conului Cherenkov generat în exteriorul detectorului în situații reale cu ajutorul softului dedicat.**

Invenția prezintă următoarele avantaje :

- determinarea Conului Cherenkov generat în afara detectorului Cherenkov;

- determinarea poziția optimă de plasare a elementelor de detecție din exteriorul volumului detectorului Cherenkov din mediului salin prin utilizarea unui soft dedicat;
- stabilirea suprafețelor de plasare a elementelor de detecție din exteriorul volumului detectorului Cherenkov obținut printr-o iterație superioară determinării volumului detectorului prin utilizarea formulei $Lc_{ex_i}^3 = p[1 + i(\alpha + 1)]$, unde $\alpha, i \in \mathbf{N}^*$, $p \in \mathbf{R}$ și $p, \alpha, i > 0$;
- minimizarea numărului de elemente de detecție externe;
- minimizarea lanțului de măsură;
- minimizarea timpului de prelucrare a datelor cu ajutorul softului dedicat;
- determinarea Conului Cherenkov generat în exteriorul detectorului în condiții reale;
- implică prețuri foarte scăzute de manoperă și materiale datorită numărului minim de elemente de detecție folosite în lanțul de măsură;
- crește probabilitatea de detectare a evenimentelor în care se generează Con Cherenkov în exteriorul detectorului;
- implică minimizarea numărului de puțuri necesare din exteriorul detectorului;
- această metodă poate fi utilizată pentru orice tip de mediu atâta timp cât amprenta de atenuare a mediului în domeniul în care lucrează detectorul Cherenkov din mediul respectiv nu se modifică pe perioada de determinare.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figura 1 care prezintă modul de plasare a elementelor de detecție în pozițiile optime pentru determinarea Conului Cherenkov în mediul salin generat în exteriorul detectorului utilizând o iterație superioară determinării volumului detectorului:

- Fig.1 – Plasarea elementelor de detecție din exteriorul detectorului Cherenkov în pozițiile optime determinate de suprafețele calculate printr-o iterație superioară în mediu salin.

Aplicarea metodei de determinare a Conului Cherenkov în mediu salin în afara volumului detectorului Cherenkov în vederea determinării Conului Cherenkov real generat în mediu salin pentru detecția radiației electromagnetice generate de Conul Cherenkov ca urmare a interacției unui neutrîn de energie ultra-înaltă cu mediu din exteriorul detectorului, necesită realizarea a trei etape premergătoare metodei.

Prima etapă constă în determinarea parametrilor dielectrics ai mediului salin în care urmează a se amplasa elementele de detecție din exteriorul volumului detectorului Cherenkov și reprezintă tocmai amprenta mediului salin respectiv. Pentru realizarea acestei etape se execută măsurători de determinare a parametrilor dielectrics ai mediului salin și a lungimii de

atenuare a mediului respectiv pentru frecvența la care vor lucra elementele de detecție din exteriorul și interiorul volumului detectorului din acel mediu. Se execută măsurători de determinare a propagării undelor electromagnetice în diferite puncte ale volumului mediului salin în plan vertical și orizontal și în funcție de rezultatele măsurătorilor se pot relua sau multiplica măsurătorile pentru a se determina în totalitate distribuția reală a atenuării mediului pentru propagarea undelor electromagnetice la frecvența de lucru la care vor lucra elementele de detecție din exteriorul și interiorul volumului detectorului. Măsurătorile se realizează atât pentru planul orizontal cât și pentru cel vertical. Datele obținute sunt memorate într-o bază de date. Prelucrarea datelor constituie tocmai amprenta mediului respectiv. În urma realizării amprentei mediului salin în care se introduc elementele de detecție din exteriorul și interiorul volumului detectorului Cherenkov de radiații electromagnetice se trasează și o hartă cu distribuția lungimilor de atenuare a undelor electromagnetice pentru frecvența de lucru. Măsurătorile sunt realizate cu antene ale căror parametri electrici (caracteristica de directivitate, rezistența de radiație, rezistența de pierderi, randamentul antenei, raportul față-spate) sunt foarte bine cunoscuți pentru lucru în mediu salin în planele orizontal și vertical la frecvența de lucru a tuturor elementelor de detecție.

În a doua etapă se determină, pentru frecvența de lucru a elementelor de detecție în mediul salin, caracteristicile de directivitate, rezistența de radiație, rezistența de pierderi, randamentul și raportul față-spate. Pentru minimizarea erorilor, toți acești parametri se determină pentru planul orizontal și cel vertical, chiar în acel mediu salin în care se va realiza viitorul detector Cherenkov de radiații electromagnetice și planele de amplasare a elementelor de detecție exterioare volumului detectorului. Datele obținute sunt memorate într-o bază de date și reprezintă informațiile referitoare la elementele de detecție ale detectorului Cherenkov și pentru elementele de detecție amplasate în exteriorul volumului detectorului realizat în acel mediu salin. În funcție de rezultatele măsurătorilor se pot relua sau multiplica măsurătorile astfel încât să se poată determina cât mai exact valorile reale ale parametrilor electrici atât pentru elementele de detecție ce vor face parte din viitorul detector Cherenkov cât și pentru elementele de detecție exterioare volumului detectorului realizat în mediu salin cunoscându-se valorile măsurătorilor din prima etapă. Determinarea parametrilor electrici ai elementelor de detecție (caracteristicile de directivitate, rezistența de radiație, rezistența de pierderi, randamentul și raportul față-spate) se realizează cu un soft dedicat și sunt utilizați în determinarea software a Conului Cherenkov generat atât în interiorul cât și în exteriorul volumului detectorului din mediu salin în condițiile măsurătorilor reale atunci când un neutrino cu ultra-înaltă energie interacționează cu mediu salin.

Informațiile din cele două baze de date sunt prelucrate cu softul dedicat pentru determinarea punctelor optime de plasare a elementelor de detecție și a poziției optime de plasare a viitorului detector Cherenkov de radiații electromagnetice în mediu salin pentru care s-a determinat amprenta acestuia. De asemenea determinarea suprafețelor și a poziției optime în care se amplasează elementele de detecție din exteriorul volumului detectorului Cherenkov se face printr-o iterație superioară determinării detectorului utilizând formula de iterație $Lc_{ex_i}^3 = p[1 + i(\alpha + 1)]$, unde $\alpha, i \in N^*$, $p \in R$ și $p, \alpha, i > 0$, obținându-se poziția spațială optimă de amplasare a detectorului Cherenkov și poziția optimă a elementelor de detecție din exteriorul volumului detectorului, urmând a se amplasa elementele de detecție pe pozițiile stabilite pentru detectorul Cherenkov și cele externe detectorului.

Etapa a treia constă în prelucrarea datelor reale ce se obțin atunci când se generează un Con Cherenkov în urma unei interacții a radiației cosmice de natura neutronică cu mediul salin în care este amplasat întregul sistem (detectorul Cherenkov și elementele de detecție exterioare acestuia) împreună cu cele două baze de date din etapele precedente și în funcție de nivelele energetice măsurate de elementele externe și interne se deduce poziția spațială în care s-a generat Conul Cherenkov. Dacă energia măsurată de elementele de detecție externe este mai mare decât energia măsurată de elementele interne atunci Conul Cherenkov a fost generat în exteriorul volumului detectorului.

Prin caracteristicile sale metoda determină pozițiile optime de amplasare a elementelor de detecție exterioare volumului detectorului ce conduce la minimizarea numărului măsurătorilor, numărul de elemente de detecție din exteriorul volumului detectorului de radiație electromagnetă, a lanțului de măsurare și de asemenea crește probabilitatea de detectare a evenimentelor în care se generează Con Cherenkov în exteriorul detectorului, toate acestea conducând la reducerea costurilor.

Bibliografie:

1. M. Chiba, T. Kamijo, O. Yasuda, Y. Chikashige, T. Kon, Y. Takeoka, and R. Yoshida, "Salt Neutrino Detector for Ultrahigh-Energy Neutrinos", *Physics of Atomic Nuclei*, Vol. 67, No. 11, 2004, pp. 2050–2053. From *Yadernaya Fizika*, Vol. 67, No. 11, 2004, pp. 2071–2074.
2. M. Chiba, T. Kamijo, M. Kawaki, H. Athar, M. Inuzuka, M. Ikeda, O. Yasuda (Tokyo Metropolitan U.) „Study of Salt Neutrino Detector”, *AIP Conf. Proc.* 579 (2001) 204-221.
3. Amy Connolly, „The Radio Cerenkov Technique for Ultra-High Energy Neutrino Detection”, *Nucl. Instrum. Meth. A* 595:260-263, 2008.
4. <http://slideplayer.com/slide/7242558/>
5. V. Savu „Contributii la selectia si prelucrarea impulsurilor radio produse de radiatiile cosmice in conditiile specifice unui observator construit intr-un mediu salin” – Teza de doctorat 2014, pp 107-113
6. R. Engel, D. Seckel, and T. Stanev, “Neutrinos from propagation of ultrahigh energy protons”, *Phys. Rev. D* 64, 093010, 2001.
7. R. Surman and J. Engel, “Changes in r-process abundances at late times”, *Phys. Rev. C* 64, 035801 (2001).
8. G. Decerprit and D. Allard, “Constraints on the origin of ultra-high-energy cosmic rays from cosmogenic neutrinos and photons”, *A&A* 535, A66 (2011).
9. V. Savu, I. Marghescu, O. Fratu, S. Halunga, A. Bădescu, ”Antenna Design for Electromagnetic Waves Propagation Studies Through the Salt Ore”, *U.P.B. Sci. Bull., Series C*, Vol. 75, Iss. 2, 2013 ISSN 2286 – 3540, 2013, pp. 143 – 156.
10. V. Savu, O. Fratu, M.I. Rusu, D. Savastru, D. Tenciu, A. Vulpe, R. Craciunescu, ”Determination of the electromagnetic wave propagation for the detection of the Cherenkov radiation cone in salt environment”, *U.P.B. Sci. Bull., Series A*, Iss. 1, 2018; ISSN 1223-7027, Vol. 80, 2018, pp. 251-260.
11. V. Savu, M.I. Rusu, R. Savastru, D. Savastru, „ Metodă de optimizare a detectorului Cherenkov de radiații electromagnetice în mediu salin.” –A/00404/2018.

Revendicări:

1. Metodă de determinare a Conului Cherenkov în mediu salin în afara volumului detectorului Cherenkov de radiații electromagnetice folosind un software dedicat pentru calcularea (amprenta/harta) atenuarea mediului salin în domeniul undelor electromagnetice realizându-se între 100...300 puncte de măsurare preliminare pe mediul salin respectiv în plan orizontal și vertical, executându-se o prelucrare preliminară a datelor prin metode statistice și suprafețe exterioare detectorului Cherenkov obținute prin iterație superioară utilizând formula $Lc_{ex_i}^3 = p[1 + i(\alpha + 1)]$, unde $\alpha, i \in \mathbf{N}^*$, $p \in \mathbf{R}$ și $p, \alpha, i > 0$, în care se plasează elementele de detecție exterioare caracterizată prin aceea că determină poziția spațială și nivelele energetice ale Conului Cherenkov real generat în afara detectorului Cherenkov.

$Lc_{ex_i}^3$ reprezintă lungimea muchiei suprafețelor la iterația superioară determinării detectorului Cherenkov,

p reprezintă pasul de iterație,

i reprezintă numărul iterației,

α este o constantă.

2. Metodă de determinare a Conului Cherenkov în mediu salin în afara volumului detectorului Cherenkov de radiații electromagnetice, utilizând un software dedicat și amprenta mediului caracterizată prin aceea că determină poziția optimă de plasare a elementelor de detecție exterioare volumului detectorului Cherenkov.

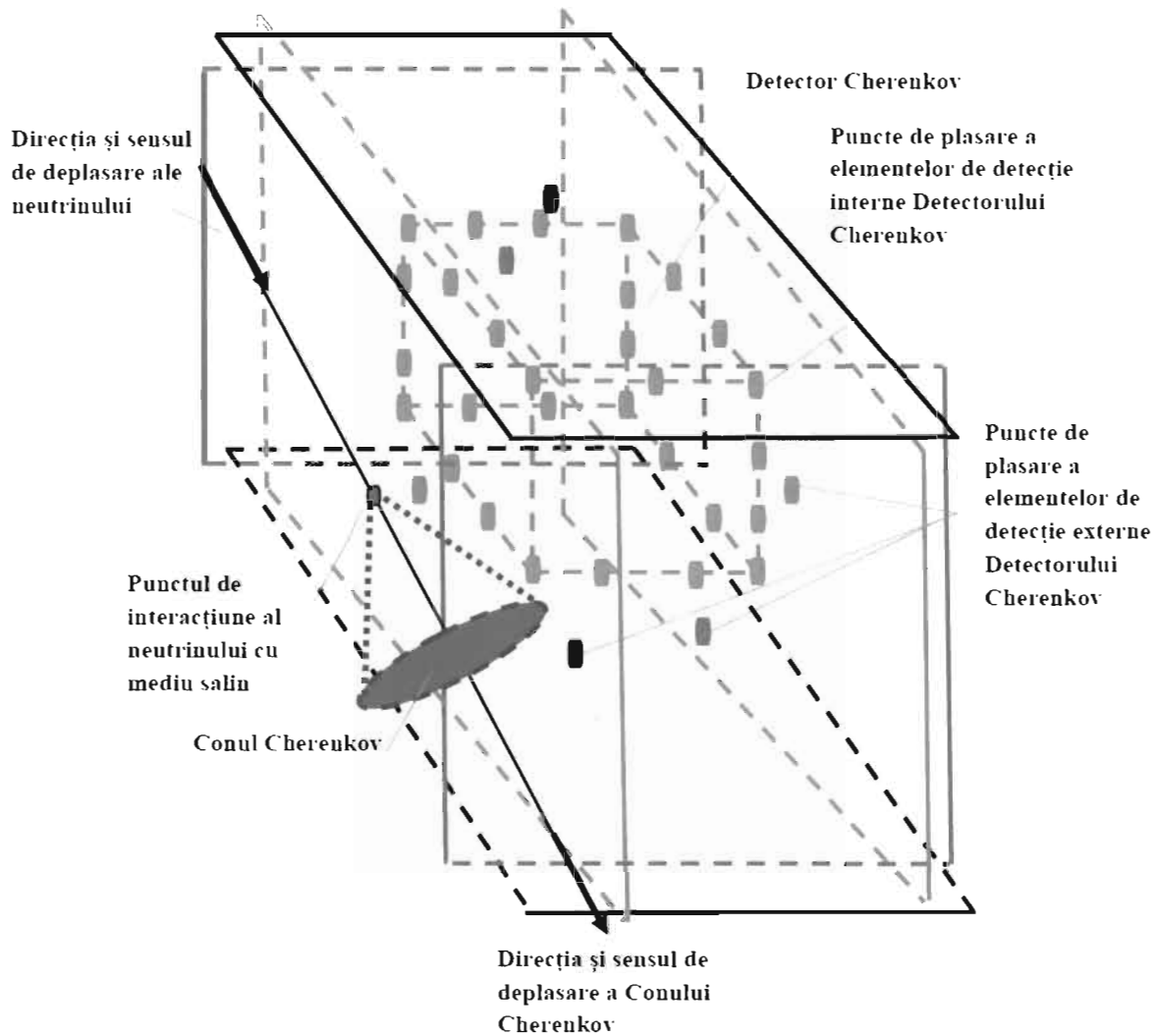


Fig.1 – Plasarea elementelor de detecție din exteriorul detectorului Cherenkov în pozițiile optime determinate de suprafețele calculate printr-o iterație superioară determinării volumului detectorului Cherenkov în mediu salin (**albastru**- detectorul Cherenkov, **verde**- planele din fața și spatele detectorului, **negru** – planele de deasupra și de sub detector, **portocaliu** – planele laterale detectorului).