

ТЭТРАДЬ

Tudományos-technológiai sajtószemle



Kötelező állami szolgálat friss orvosoknak

Az orosz Állami Duma első olvasatban jóváhagyta az Egészségügyi Minisztérium törvényjavaslatát, amely kötelező célzott képzést vezet be a költségvetési helyeken tanuló orvosi egyetemi és főiskolai hallgatók számára. A 2026-tól életbe lépő szabály célja az egészségügyi személyzet regionális hiányának megoldása és az orvosi ellátás hozzáférhetőségének javítása. A hallgatóknak az első évben szerződést kell kötniük egy jövőbeli állami egészségügyi intézménnyel, majd a végzést követően legalább három évet kell ledolgozniuk az állami biztosítási rendszerben. A szerződés megszegése esetén a végzetteknek vissza kell fizetniük a képzés költségét, plusz annak a duplájára rúgó bírságot is. A törvényjavaslat ellenzői szerint az intézkedés nem oldja meg a munkaerőhiányt, mivel hiányoznak a szociális garanciák és a megfelelő fizetések a fiatal szakemberek számára.



Egyetemi kutatás eredményei Oroszországban

A Higher School of Economics elemzése szerint orosz felsőoktatási szektor 2024-ben 1082 szervezetből állt, melyből 624 egyetem aktívan részt vett K+F tevékenységben. A szektor belső K+F ráfordításai elérték a 194 milliárd rubelt, ami az ország teljes tudományos kiadásainak 10,3%-át tette ki. Ez az arány hasonló a globális vezetők (pl. USA és Kína) egyetemi szektorának hozzájárulásához, bár elmarad az OECD átlagától. A kutatások finanszírozásának fő forrása az állam volt közel 60%-kal, amit a vállalati beruházások mintegy 27%-kal egészítettek ki. A ráfordításokat elsősorban az alkalmazott kutatásra, valamint alapkutatásra fordították. Ezen felül az egyetemek kulcsszerepet töltenek be az eredmények terén is: 2024-ben több mint 700 új, fejlett gyártástechnológiai megoldást fejlesztettek ki, ami a nemzeti összteljesítmény 26%-a.



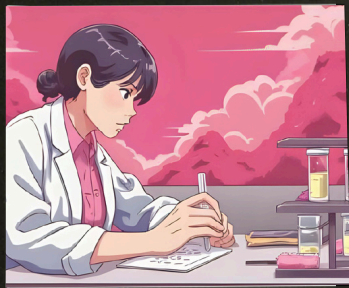
Az MI agyat épít

A Novoszibirszki Állami Műszaki Egyetem kutatói egy olyan szoftvert fejlesztettek ki, amely MRI-felvételek alapján képes megalkotni a páciens agyának 3D-s térfogati képét. A szoftver egy úgynevezett deformálható felületi modellt használ: az MRI-adatokból eltávolítja a zajokat, majd egy sokszögekből álló szférát helyez a páciens fejének középpontjába, amit az agy kontúrához igazít. Ez az algoritmus folyamatosan korrigálja a szféra méretét és alakját, hogy a lehető legpontosabban illeszkedjen az agy valós formájához. A fejlesztés kritikus fontosságú a diagnosztikában, az idegsebészeti beavatkozások tervezésében és a patológiás változások dinamikájának nyomon követésében. A jövőben a tudósok azt tervezik, hogy a szoftver segítségével az agy tömegét is kiszámítják az MRI-felvételekből.



Lábavatár

A Novoszibirszki Állami Műszaki Egyetem kutatói létrehozták az emberi járás „digitális ikertestvérét”, hogy forradalmasítsák a rehabilitációs robotikát. Az egyedi matematikai modell segít a stroke-on vagy traumán átesett betegeknek, hogy újra megtanuljanak járni egy robot-rehabilitációs komplexum segítségével. A fejlesztés kulcsfontosságú eleme, hogy figyelembe veszi az egyéni paramétereket (pl. testsúly, lábszegmens hossza), és először modellezi valósághűen a lábfej elfordulását. Ezt a rendkívül pontos „mesterséges lépést” egy mobil exoskeleton (robotikus külső váz) agyként fogják használni, amely azután a páciens lábához kapcsolódik. A jövőben MI integrálásával a rendszer valós időben tudja majd állítani az edzésprogramot, ami gyorsabb és hozzáférhetőbb rehabilitációt ígér.



Szuperantibiotikum Staphylococcus ellen

Az Uráli Szövetségi Egyetem kémikusai indiai kollégáikkal együttműködve egy új vegyületet szintetizáltak, amely ígéretes gyulladáscsökkentő és antibakteriális aktivitást mutat, különösen a *Staphylococcus aureus* ellen. Az új szer alapja a módosított ibuprofén és mefenaminsav, melyekhez a kutatók azo-heterociklusos elemeket adtak. A cél a mefenaminsavnál fellépő komoly mellékhatások csökkentése, megőrizve annak előnyös tulajdonságait. A kísérletek során két vegyület mutatott kiemelkedő aktivitást a ciklooxygenáz gátlásában, mely kulcsszerepet játszik a gyulladási folyamatokban. A vegyület új gyógyszerek alapja lehet a modern antibiotikumoknak ellenálló fertőző betegségek kezelésében.



Pók-méregpeptid az agy gyógyítására

Orosz kutatók egy madárpók mérgéből murinotoxinokat, azaz egyedi szerkezetű peptideket azonosítottak. Ezek az újonnan felfedezett méregpeptidek hatékonyan blokkolják a neuronok speciális káliumcsatornáit, ami eltér a többi póktoxin működésétől. A murinotoxinok térbeli felépítése korábban ismeretlen, a kutatók által diszulfid-kapcsolt hajtűnek nevezett motívumot tartalmaz. Ez a kémiai szerkezet teszi a peptideket szelektív pórusblokkolókká a központi és perifériás idegrendszer kulcsfontosságú káliumcsatornáin. Ez ígéretes molekuláris eszközt kínál a neurobiológia számára, és potenciálisan felhasználható epilepszia és más agyi betegségek kezelésére szolgáló gyógyszerek fejlesztésében.





Új algoritmus a szuperantibiotikumokhoz

Az ITMO egyetem szakemberei olyan algoritmust fejlesztettek ki, mellyel új, hatékony antibiotikum-jelölt molekulákat lehet azonosítani – olyanokat, melyek ellen a baktériumok nem fognak gyorsan rezisztenciát kialakítani. A gépi tanuláson alapuló algoritmus képes olyan vegyületeket generálni, amelyek egyszerre két fehérjéhez is képesek kötődni a baktériumokban, ami növeli a gyógyszer hatékonyságát. A tesztek során 56 új benzimidazol-alapú vegyületet fedeztek fel, melyek potenciálisan az antibiotikum-rezisztens *E. coli* törzsek ellen is hatásosak lehetnek. A hagyományos szűrési módszerek hetekig tartanak, míg ez a rendszer gyorsabb és újfajta molekulákat is képes létrehozni. A kutatók következő lépésként laboratóriumi kísérletekkel ellenőrzik a legígéretesebb vegyületek aktivitását. A jövőben az algoritmust más kórokozók, pl. vírusok és gombák elleni szerek keresésére is adaptálhatják.



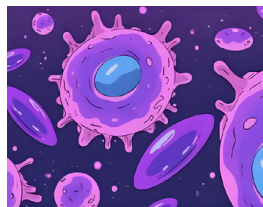
Genetikai sugárzás-rezisztencia mérés

Az Orosz Tudományos Akadémia Vavilov Általános Genetikai Intézetének szakemberei olyan genetikai teszten dolgoznak, amellyel felmérhető, hogy egy személy mennyire ellenálló a sugárzással és más agresszív környezeti hatásokkal szemben. A módszerrel előre jelezhető a különböző betegségek kialakulása és az egyéni tűrőképesség, ami segíthet a megfelelő hivatás kiválasztásában. A teszt különösen releváns az űrhajósok sugárzási tűrőképességének meghatározásánál.



Izmok a laboratóriumból

A MISIS egyetem kutatói bioekvivalens izomszövetet hoztak létre laboratóriumi körülmények között, mely felhasználható lesz súlyos sérülések utáni izomregenerációra és gyógyszerek tesztelésére. Mivel a csontvázizomzat komoly, a tömeg 20%-át meghaladó sérülések esetén nem képes magától regenerálódni, jelenleg az autotranszplantáció a bevett módszer. Ennek hátránya a donoranyag hiánya és a beültetés helyén fellépő komplikációk. Az új megközelítés lényege, hogy a kutatók speciális, biokompatibilis polimerekből készült, orientált mikroszálakból álló struktúrát hoznak létre, amelybe 3D-s sejtszerkezeteket ágyaznak be. A módszer biztosítja a sejtek irányított növekedését, ami elengedhetetlen a funkcionális izomszövet kialakulásához. Az innovatív anyagok lehetőséget nyitnak a személyre szabott izomimplantátumok fejlesztésére, csökkentve az állatkísérletek szükségességét.



Vulkánok légköri hullámai

A Moszkvai Lomonoszov Állami Egyetemen új hidrodinamikai modellt dolgoztak ki, mely magyarázatot ad a hatalmas vulkánkitörések által generált légköri hullámok negyvenéves rejtélyére. A kutatók a vulkánt kipukkadt léggömbként modellezték. A megközelítés magyarázza a St. Helens (1980) és a Hunga-Tonga-Hunga-Ha'apai (2022) vulkánok által keltett globális, cunamiszerű hullámok anomálishan nagy hullámhosszát. A felfedezés gyakorlati haszna abban rejlik, hogy a légköri hullámok paramétereinek elemzésével a tudósok képesek lesznek távolról felmérni a kibocsátott gázkeverék összetételét, és előre jelezni a vulkánok üvegházhatású potenciálját.



Mamutagarak és komputertomográfia

Novoszibirszki paleontológusok számítógépes tomográfiával vizsgálták a Jakutskból származó mamutagyar darabokat. A felmérés három-öt darabos mintán zajlott, melyeken látható életközbeni elváltozásokat is kimutattak. A tomográfiás vizsgálat révén felderíthetők lesznek a mamutok betegségei, táplálkozási szokásai és vándorlásuk nyomai. A kutatók saját protokollt fejlesztenek a szkennelés és az adatok elemzésére, hiszen ilyen jellegű vizsgálat eddig még nem történt meg Oroszországban. Ez a módszer jelentős előrelépés a pleisztocén fauna tanulmányozásában és a mamutok életének mélyebb megértésében.



Tornádóvadászat Oroszországban

Oroszországban a viharvadászok – nagyrészt lelkes amatőrök, kiegészülve professzionális meteorológusokkal – egyre aktívabbak a tölcéses viharok, azaz „szmercsék” megfigyelésében, amelyek a tévhitekkel ellentétben rendszeresen megjelennek az országban. A jelenség kialakulásához néhány alapvető feltétel szükséges, mint a meleg, nedves levegő és a magasságban változó szélirány, a vadászok fő célja pedig az egyedi meteorológiai adatok és vizuális bizonyítékok gyűjtése. A mozgalom viszonylag újkeltű Oroszországban, ezért nagy anyagi ráfordítást, elszántságot és folyamatosan finomított prognózist igényel a sikeres adatgyűjtés érdekében, melyekkel a tölcéses viharok előrejelzését segítik.



A kaukázusi óriáshiéna története

A Kaukázus területén, mintegy 10 millió évvel ezelőtt élt a „szörnyű” hiéna (*Dinocrocuta gigantea*). Az azeri, kínai és orosz tudósok által Azerbajdzsánban vizsgált állkapocs-töredékek megerősítették a faj elterjedését ezen a területen, amely eddig hiányzó láncszemnek számított. A 400 kg súlyú *Dinocrocuta gigantea* volt a kontinens egyik legerősebb ragadozója: rendkívül erős fogaival és koponyájával a csontok szétzúzására specializálódott. Bár felépítésében hasonlított a modern hiénákra, valójában nem volt a közvetlen ősök, hanem az anatómiai hasonlóság a konvergens evolúció eredménye.



Új vérszívó légyfaj a Pamirból

Az Orosz Tudományos Akadémia kutatói új vérszívó légyfajt írtak le az Északkeleti Pamir magashegységében, mely a *Melophagus storozhenkoi* nevet kapta. A faj egy juhon élőszködött, az újonnan felfedezett légy – a *Hippoboscidae* család tagjaként – különleges morfológiai jegyekkel rendelkezik, pl. a pajzson lévő szőrök számával és testfestésével különbözik ismert rokonaitól. A kutatók szerint a felfedezés jelentős a parazita- és betegséghordozó fajok feltérképezése szempontjából, különösen az állategészségügyben. A faj tudományos leírása a kutatócsoport anyagában jelenik meg.



Kína arktiszi expresszútja

Kína elindította az első rendszeres konténerszállító expresszútvonalat Európa felé az olvadó Északi-tengeri útvonalon. A projekt a kínai „Sarki Selyemút” és ázsiai-európai logisztikai stratégiák részeként jelenik meg. Az első hajó, az Istanbul Bridge jégtörő kíséretében indult a Ningbo-Zhoushan kikötőből a brit Felixstowe-ba. Ez az arktiszi útvonal mintegy 18 napot vesz igénybe, ami 22 nappal rövidebb a hagyományos útvonalaknál, és kb. 50%-kal csökkenti a szén-dioxid-kibocsátást. A klímaváltozás és a jégolvadás teszi lehetővé ezt a geostratégiai változást, amely az Északi-sarkvidéket a globális geopolitikai térképen is átrajzolja. A környezetvédők azonban figyelmeztetnek, hogy az északi-sarkvidék a globális átlag 2-3-szor gyorsabban melegszik, ami önmagában kiszámíthatatlan következményekkel jár. A nehéz üzemanyagot használó hajók pedig fokozott környezeti kockázatot jelentenek, mivel a korom jelentősen felgyorsítja a jég és amúgy is gyorsuló hó olvadását.



Arktiszi adatgyűjtés

Az Arktiszi és Antarktiszi Tudományos Kutatóintézet munkatársai sikeresen felemeltek egy pontonra süllyesztett automatikus bójt a Jeges-tenger mintegy két kilométeres mélységéből. A tudományos állomás négy éven keresztül, 2021-es telepítésétől kezdve gyűjtött adatokat a meleg atlanti víztömeg terjedéséről, amely a sarkvidék egyik fő hőforrása. A tíz különböző érzékelővel felszerelt bója folyamatosan mérte a víz hőmérsékletét, sótartalmát, az áramlatok intenzitását és a nitráttartalmát. A mélytengeri állomást szándékosan süllyesztették 70 méter mélyre, hogy az úszó jégtömbök és jéghegyek ne sodorhassák el. Az adatgyűjtést eredetileg két évre tervezték, de 2023-24-ben azt nem sikerült felhozni. A sikeres akciót az Trjosnyikov Akadémikus kutatóhajó fedélzetéről hajtották végre. Az összegyűjtött adatok lehetővé teszik a tudósok számára, hogy tovább vizsgálják az atlanti vizek hatását az arktiszi medence hidrológiai rendjére.



Klimainvázio: a compó a sarkvidéken

A Moszkvai Lomonoszov Állami Egyetem szakemberei egy olyan halat találtak az Északi-Dvina folyóban, amelynek nem szabadna ott lennie. A meleg vizet kedvelő compó (*Tinca tinca*), amely tipikusan Dél-Oroszország vízgyűjtő medencéinek lakója, történelmi lelet a régió halkutatásában. A genetikai elemzés kimutatta, hogy a compó a Volgai-medence populációira jellemző vonalhoz tartozik. Megjelenésének legfőbb oka a klímaváltozás: az enyhébb telek és a melegebb nyári vizek teszik lehetővé a túlélést és a potenciális szaporodást ennyire északon. Ez a felfedezés komoly jelzés arra vonatkozóan, hogy az orosz észak ökoszisztémája gyorsan változik.



Arktiszi olajhulladék semlegesítése

A Gubkin Állami Olaj- és Gázipari Egyetem kutatói új, kombinált módszert fejlesztettek ki az olajtartalmú hulladékok ártalmatlanítására Oroszország sarkvidéki zónájában. A technológia alapja a geotubusok alkalmazása, kiegészítve kalcium-peroxiddal és bakteriális készítményekkel. A kalcium-peroxid oxigénforrásként szolgál a kőolaj-lebontó baktériumok számára, amelyek így hatékonyabban tudnak működni a zord klímában is, ahol a hagyományos biológiai módszerek nem működnek jól. Ez a módszer jelentősen alacsonyabb energiaköltséggel jár, nem igényel szállítási költséget a távoli lelőhelyekről, biztonságos a környezetre és az emberre.



Fontos lépés a hidrogénenergetikában

Az Orosz Tudományos Akadémia és a Higher School of Economics kutatói emírségbeli és amerikai kollégáikkal közösen új, protonvezető membránt fejlesztettek ki az üzemanyagcellákhoz. Különlegessége, hogy a hagyományos, nagy vezetőképességű membránok stabilitási problémáival ellentétben ez az anyag méretileg stabil marad külső körülmények változásai során. A kutatók szervesetlen elemek hozzáadásával oldották meg a problémát; az új membrán 1,5-szer hatékonyabb, mint a jelenleg kapható alternatívák. A fejlesztés a jövőben erősebb és hatékonyabb üzemanyagcellákat eredményezhet, csökkentve az energia előállításának költségeit.



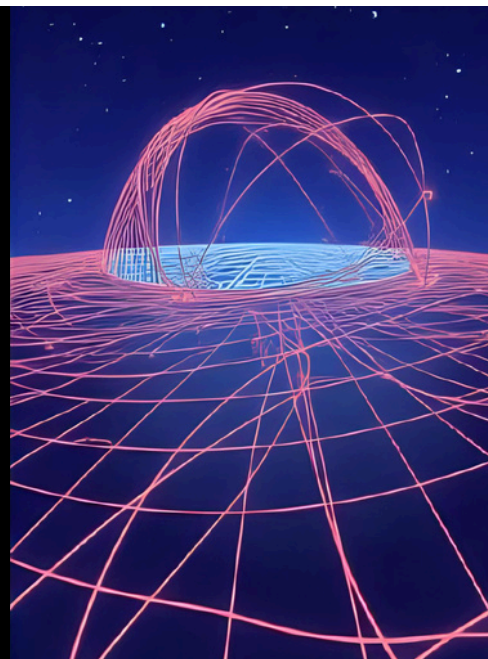
Új generációs üzemanyag BN-800 reaktorhoz

A Roszatom leányvállalata, a TVEL megkezdte a továbbfejlesztett jellemzőkkel rendelkező üzemanyag gyártását az BN-800 gyors neutronos reaktorhoz. Ez az üzemanyag-kazetta egy kísérleti mintája a jövőbeni nagy teljesítményű BREST-OD-300 reaktor üzemanyagának, mely a zárt üzemanyag-ciklus megvalósításának alapvető feltétele. A fejlesztés lehetővé teszi a kiégett fűtőelemek újrahasznosítását, jelentősen csökkentve a nukleáris hulladék mennyiségét. Az új üzemanyag-összetételnek köszönhetően a BN-800 reaktor aktív zónája hosszabb ideig és nagyobb biztonsággal működhet majd.



Áttörés a részecskefizikában

A Tomszki Politechnikai Egyetem, a dubnai Egyesített Atomkutató Intézet és a Taskenti Nukleáris Fizikai Intézet kutatói új fizikai jelenséget fedeztek fel, amely lehetővé teszi a töltött részecskék keresztirányú mozgását külső mágneses tér nélkül. Ezt a jelenséget galván-disszipatív effektusnak nevezték el, ami a részecskék és a környezet közötti energiaátadás „emlékezetéből” fakad. Korábban a klasszikus modellek szerint a kétdimenziós rendszerekben a transzverzális mozgás mindig mágneses térhez volt kötve. A felfedezés segíthet megmagyarázni egyes 2D-anyagok eddig szokatlan viselkedését, lehetővé téve viselkedésük nanoszintű irányítását. A matematikai modellre épülő új technológia a jövőben javíthatja az elektronikus és optoelektronikai eszközök, például az érzékelők hatékonyságát.



Szerves tranzistorok a légszennyezés észlelésére

Az Orosz Tudományos Akadémia Novoszibirszki Szerves Kémiai Intézete és Szintetikus Polimer Anyagok Intézete, valamint a Lomonoszov Moszkvai Állami Egyetem szakemberei új osztályú szerves félvezetőket fejlesztettek ki, amelyek a diazafluoren nevű vegyületen alapulnak. Ezek az anyagok n-típusú (elektront vezető) tranzistorok aktív rétegeként rendkívül stabilnak bizonyulnak a levegőben. A hagyományos n-típusú szerves félvezetők többsége csak inert gázatmoszférában működik stabilan.

A tranzistorok nagy érzékenységet mutattak a levegőben lévő veszélyes szennyezőanyagokra, különösen a kénhidrogénre. Az eszközök gyorsan reagáltak már extrém alacsony, a milliárdod rész alatti (szub-ppm) koncentrációkra is. Ez utat nyit a következő generációs hajlékony elektronikai eszközök, magas érzékenységű gázérezékelők és olyan „elektronikus orr” eszközök létrehozásához, melyek képesek környezeti monitoringra és diagnosztikára a kilélegzett levegő elemzése révén.





Korona újrafelhasználható rakéta

A Roszkomosz állami vállalat bejelentette, hogy a „Korona” nevű, teljesen újrafelhasználható hordozórakéta projektjének tudományos kutatási fázisa megerősítette a megvalósíthatóságot. A kísérleti-tervezési munkák megkezdését a 2026-ra tervezik. A 300 tonna starttömegű, 6 tonna hasznos teherbírású rakétától azt várják, hogy rendkívül pályára állítási költségekkel rendelkezzen. A Roszkoszmosz tervei szerint a Korona akár 100 alkalommal is felhasználható lesz. A rakéta feladatai közé tartozik a műholdak gyors pályára juttatása, meghibásodott űreszközök visszahozása, valamint szupergyors utazás a Föld két pontja között. A fel- és leszálláshoz egyszerűsített, pilóta nélküli indító- és leszállóhelyet terveznek. Előzetes tervek szerint az új infrastruktúrát a Vosztocsnij kozmodrómon létesíthetik.



Űrkerámia születik a szabadban

A Tomszki Politechnikai Egyetem kutatói először szintetizáltak ultrakemény kerámiát alkotó, nagy entrópiájú boridokat szabadtéri körülmények között. Ezek a kerámiaanyagok kiemelkedő hő- és kopásállósággal rendelkeznek, ami a 3000 °C feletti olvadáspontjuknak köszönhetően teszi őket ideálissá a repülőgépipar és a kohászat számára. Az áttörés a nem-vákuumos elektromos ívű szintézis módszerének alkalmazása, mely jelentősen egyszerűbbé és olcsóbbá teszi a gyártást a hagyományos, inert gázt igénylő eljárásokhoz képest. A vizsgálatok kimutatták, hogy a nyitott rendszerben előállított anyagok keménysége megegyezik, sőt, esetenként meg is haladja a drágább, speciális vákuumos eljárásokkal szintetizált kerámiákét. Ez a felfedezés új utakat nyit a szuperkemény anyagok fejlesztésében.



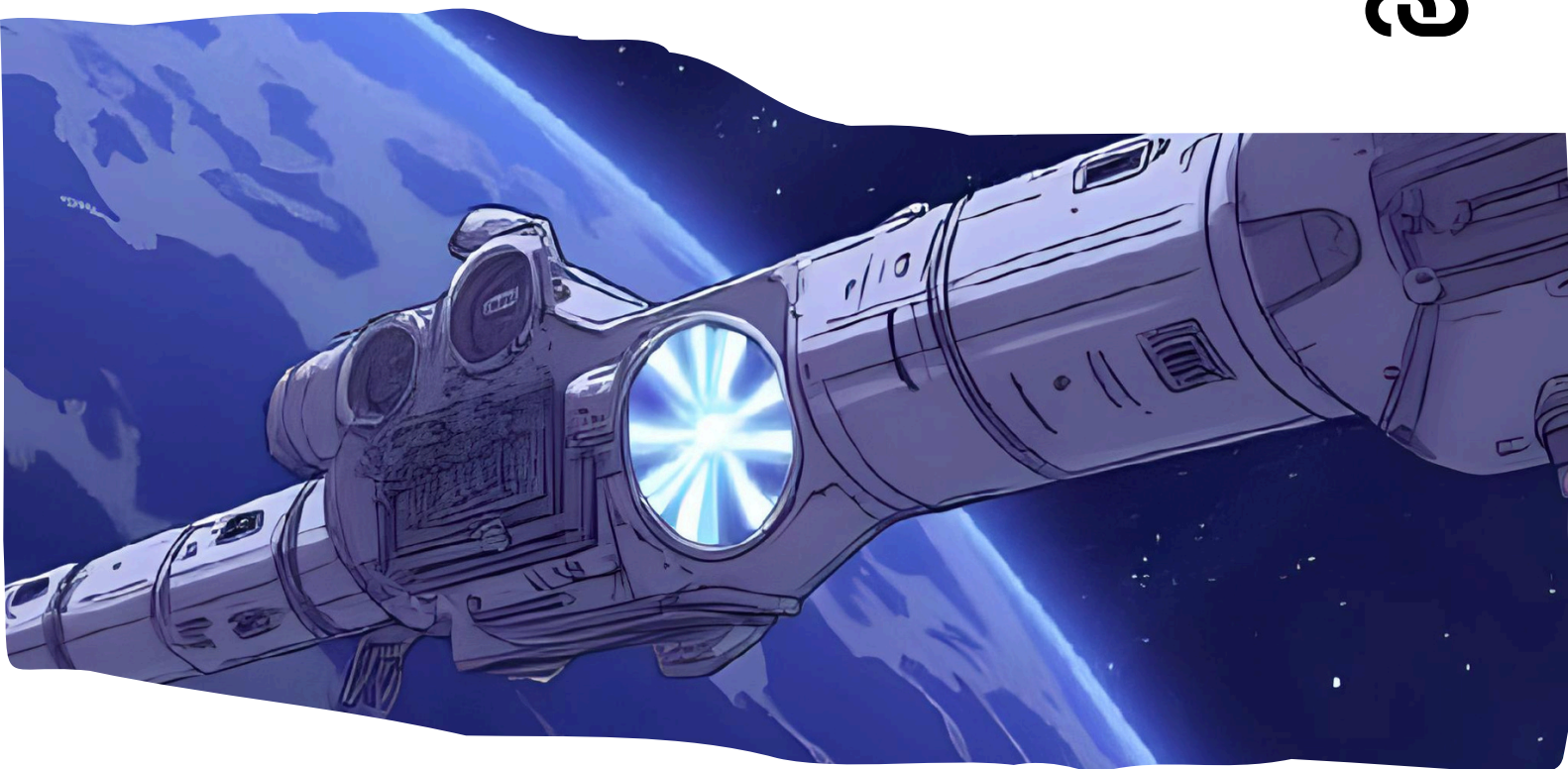
Az űr gyengénlátóknak

Orosz űrhajósok a világon elsőként tartottak akadálymentesített bemutatót (ún. tiflókomentárt) a Nemzetközi Űrállomás fedélzetéről. Ez a látássérültek számára lehetővé teszi a vizuális történések követését. Az űrhajósok a Föld látványát, valamint az ISS-en folyó munkát és életet írták le, segítve ezzel a gyengénlátó hallgatókat a teljes élmény megismerésében. Az akciót a Nemzetközi Tiflókomentár Naphoz időzítették, demonstrálva, hogyan szolgálhatja a az űrkutatás is az inkluzivitást.



Expressz enzimaktivitás mérés optikai szenzorral

A Tomszki Politechnikai Egyetem kutatói több cseh egyetem munkatársával karöltve új módszert javasoltak az enzimek aktivitásának gyors és pontos meghatározására, amelyhez egy plazmon-aktív optikai szálas szenzort használnak. A hagyományos módszerek mintavételt és tisztítást igényelnek, ami lehetetlenné teszi az enzimaktivitás in situ (pl. bioreaktorban) való mérését. A kifejlesztett szenzor egy kvarcüvegen alapuló optikai szál, amelynek felületét vékony aranycsíkokkal vonták be, így válik plazmon-aktívvá. A szálat egy olyan szubsztráttal módosítják (például β -glükózidázzal a modellreakcióban), amely szelektíven kötődik a vizsgált enzimhez. Amikor az enzim elhasítja a szubsztrátot, megváltozik a szál kémiai környezete, ami spektrális eltolódást (vörösödést) okoz a plazmon abszorpciós sávjában. Ezt az eltolódást mérik visszavert fényben, ami lehetővé teszi a β -glükózidáz aktivitásának gyors és minimális zavarást okozó mérését a biokémiai rendszerekben. A koncepció más enzimekre és a környezet (pl. talaj, víz) mikroorganizmusainak aktivitásának monitorozására is kiterjeszhető.



Félvezető kristályok termesztése a világűrben

Az orosz Szergej Rizsikov és Alekszej Zubrickij kozmonauták a Nemzetközi Űrállomás orosz szegmensében - először a világon - sikeresen termesztettek nagy tisztaságú félvezető kristályokat a nyílt világűrben. Az „Ekran-M” projekt keretében végzett kísérlet célja a molekuláris sugaras epitaxia (MLE) módszerrel történő kristálynövesztés előnyeinek vizsgálata a súlytalanság és a szuper-nagy vákuum körülményei között. Ez utóbbi paramétereket a világűrben sokkal könnyebb elérni, mint a Földön, ahol a nagyméretű MLE-berendezések drágák és komplexek. A teszthez gallium-arsenidet, egy népszerű félvezetőt választottak, amelyet a teljesítményelektronikában és a napelemekben is használnak. Az Orosz Tudományos Akadémia Szibériai Részlegének Fizikai Intézete által kifejlesztett, több mint 100 kg-os berendezést a kozmonauták szerelték fel az űrállomás külsejére. Az Ekran-M jelenleg az egyetlen ilyen jellegű kutatási program a világon, miután az amerikai hasonló kísérletek leálltak a Columbia űrsikló 2003-as katasztrófája után. A kihívást a súlytalanság mellett az űrállomás állandó rezgései és mikrogravitációs zavarai jelentik, amelyek befolyásolhatják a vékony kristályszerkezetek növekedését.

