

Miért jelentkezzek

az ELTE TTK

***Fizikai
Intézetébe?***

Azért, mert

▷ bekapcsolódhatok a legizgalmasabb
fizikai kutatásokba

▷ válogathatok majd a jobbnál jobb állásajánlatok között

▷ az intézet Európa legjobbjai közé tartozik

▷ jó fejek a tanárok, segítőkészek a diákok,
és sok a jó program

▷ Látogasd meg az intézetet,

hogy könnyebben tudj dönteni! {34. oldal}

▷ Hallgasd meg, mit mond ***egy másodéves***

hallgató az intézetről! {10. oldal}

Hol találkozhatasz velünk?

Az **Educatio Szakkiállításon** ▶ januárban ▶ educatioexpo.hu

A **Kutatók Éjszakáján** ▶ szeptemberben ▶ kutatokejszakaja.hu

Az **ELTEfeszten** ▶ októberben ▶ elte.hu/eltefeszt

Az atomoktól a csillagokig előadás-sorozaton ▶ szeptembertől áprilisig {30. oldal}

Az **ELTE Fizikai Intézet tanösvényén** ▶ péntek délelőttönként {34. oldal}



Bevezetés helyett	
Európa legjobb fizikai intézetei közé tartozunk	
▶ Interjú Frei Zsolttal, az ELTE TTK Fizikai Intézet igazgatójával	4
A legfontosabb tudnivalók	
Tanulj fizikusnak az ELTE-n! ■ Mire jó a fizika szak, milyenek a fizikushallgatók?	6
Felvételi? Kérdezd a folyamatábrát!	7
A sokoldalú és sokrétű alapszak ■ Mit és hogyan tanulsz az ELTE TTK Fizikai Intézetben?	8
Miért jó fizikusnak tanulni?	
Egy diák az univerzum bűvöletében	
▶ Kalup Csilla másodéves fizikushallgató válaszol	10
Rengeteg lehetősége van egy fizikusnak	
▶ Interjú Szöllősi János Gergely Lendület- és ERC-nyertes fiatal kutatóval	12
Csillagászok paradicsoma – úrprojektek közösen az Akadémiával	
▶ Kiss László, az MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet igazgatója	14
Mire jó még a fizikusdiploma?	
Számítógépes játékok másként – képkötő fizikusok	
▶ Interjú Major Péterrel, a Mediso Kft. fejlesztési igazgatóhelyettesével	16
Fizikusdiploma: rengeteg álláslehetőség, nem csak kutatóként	
▶ Fáth Gábor matematikai modellezési szakértő, banki csoportvezető válaszol	18
Tanárképzés	
A középiskolák már a hallgatókkal is szerződnének ■ Tanárképzés a Fizikai Intézetben	20
Kutatás a világ élvonalában	
Egy válasz kérdést keres: mihez kezdünk a kvantumszámítógépekkel?	
▶ Vattay Gábor, a Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék vezetője	22
Kozmikus órák a hullámzó világűrben – egy amerikai kutató útja Budapestre	
▶ Interjú Timothy Pennucci vendégkutatóval	24
NASA, CERN, LIGO – már a hallgatók is bekapcsolódhatnak a nemzetközi projektekbe	
▶ Pásztor Gabriella, az Atomfizikai Tanszék főmunkatársa válaszol	26
Kétezermilliárd fokos protonok a szerverteremben	
▶ Katz Sándor, az Elméleti Fizika Tanszék vezetője	28
Az atomoktól a csillagokig ■ Előadások középiskolásoknak a Fizikai Intézetben	30
Mesterséges neuronhálóval a rák ellen	
▶ Csabai István, a Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék egyetemi tanára	31
Kossuth Lajos beszél, a fekete lyukak hangját halljuk	
▶ Interjú Raffai Péterrel, az Atomfizikai Tanszék adjunktusával	32
Tanösvény Tudományszerűsítés	
Fizika tanösvény: nézd meg, hol születik az új fizika!	34
Az elsők között a tudományszerűsítésben is	35

Európa legjobb fizikai intézetei közé tartozunk

Miközben a fizika legmodernebb és legizgalmasabb területeivel foglalkoznak az itt tanuló diákok, olyan készségeket sajátítanak el, amelyek birtokában válogathatnak a jobbnál jobb állásajánlatok közül, a pályán kívül is. Az ELTE TTK Fizikai Intézet nemzetközi viszonylatban is kiemelkedő hely a matematika és fizika tanulására, ráadásul a külföldi intézetekhez képest szinte semmibe nem kerül – mondja **FREI ZSOLT**, az intézet igazgatója.

Miért legyen ma valaki fizikus?

A világon az egyik legizgalmasabb és legszebb feladat a természet kutatása, működésének megértése. A kutatás egy életre szóló élmény, egy életre szóló kihívás és izgalom. Ugyanakkor a hallgatóink olyan nyitottságot, problémamegoldó készséget is elsajátítanak, amely az élet bármely területén nagyon jól hasznosítható. Az itt végzettek között kiváló, a nemzetközi élvonalban dolgozó fizikusokat találunk, de olyan cégvezetőt is, aki egy patinás Wall Street-i befektetési bank budapesti matematikai modellező csoportját vezeti, vagy például olyan, ma már az USA-ban élő vállalkozót, aki az amerikai légierőnek szállít folyadékkristály-kijelzős sisakokat.

Tehát meg is lehet élni fizikusi diplomával?

Természetesen. Aki nemzetközi szinten is sikeres kutatómunkát végez, az már nagyon jól keres a komoly pályázati pénzeknek köszönhetően. De a fizikusok rendkívül keresettek az iparban és a gazdaság más területein is, például a pénzügyi szektorban. A mai munkaerőhiányos környezetben a nálunk végzettek 100%-a el tud helyezkedni külföldön vagy itthon, jobbnál jobb ajánlatok közül válogatva.

Miért éppen az ELTE TTK Fizikai Intézetébe jöjjenek azok, akik fizikát akarnak tanulni?

Az összes magyar intézet közül a legszeleesebb a választéka azoknak a területeknek, amelyeket oktatunk és kutatunk. A fizika legmodernebb,



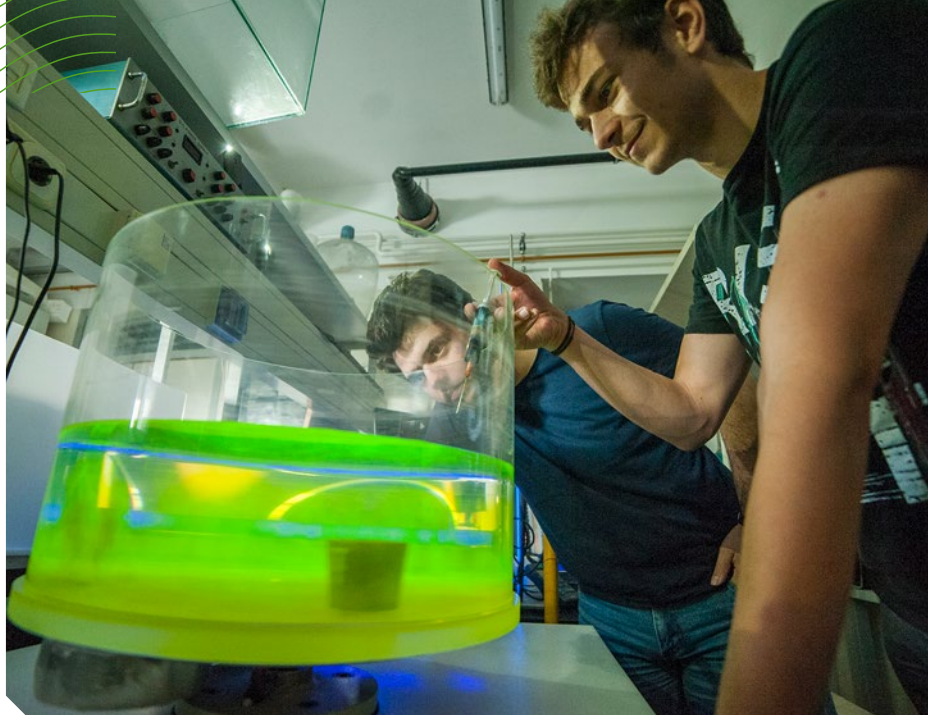
legizgalmasabb területeivel foglalkozunk: a gravitációs hullámok kutatásától a részecske- és biofizikán keresztül az asztrofizikáig, a nanotechnológiáig és a kvantumszámítógépekig mindent lefedünk, ami ma érdekes a fizikában. Körülbelül száz oktatónkkal és kutatónkkal, valamint diákjainkkal nagyon sok nemzetközi együttműködésben veszünk részt.

Vagyis a diákok is részt vehetnek ezekben a kutatásokban?

Igen, erre már az alapképzésben van lehetőség, a mesterszakon pedig egyenesen elvárás. Az intézetünk egyre rangosabb szellemi műhely: három MTA-ELTE kutatócsoportunk, hat Lendület-csoportunk és eddig négy ERC-kutatócsoportunk van, több diák pedig már külföldön is végez kutatómunkát.

Nehéz ide bejutni? Mit kell ehhez tanulni?

Természetesen matematikát és fizikát. Annak is ajánljuk a fizika alapszakot, aki általában érdeklődik a természettudományok iránt, de még nem tudja pontosan, mivel szeretne foglalkozni. A fizika ugyanis mindennek az alapja. Egyelőre még nem túl nehéz bejutni hozzánk, de ahogy egyre jobb diákok jönnek, ez úgy fog majd változni. Egyre több a lány



és a külföldi diák. Hosszú távon azt szeretnénk elérni, hogy a diákok fele külföldi legyen.

Mennyien mennek a végzetek közül külföldre?

A mesterszakosok körülbelül egyharmada kezdi külföldön a doktori iskolát.

Milyen az intézet nemzetközi rangja?

A világon körülbelül 1100 olyan fizikai intézet van, amelyet rangsorolnak, ez már egy válogatott társaság. Ebben mi a 100–200. hely között vagyunk, közel a felső 10%-hoz, és öt éven belül a legjobb 100 közé akarunk kerülni. Bátran mondhatom, hogy Európán belül nem érdemes azért külföldön tanulni, mert ott jobb lenne a képzés. Az ELTE TTK Fizikai Intézet nemzetközi viszonylatban is kiemelkedő hely a matematika

és fizika tanulására. Ráadásul a külföldi intézetekhez képest jelentősen olcsóbb, mert például nincs tandíj.

Van lehetőség arra, hogy a középiskolások meglátogassák az intézetet?

Kialakítottuk egy olyan tanösvényt, ami kifejezetten erre a célra szolgál. Péntekenként fogadjuk a középiskolás csoportokat, és több kutatóhelyet, laboratóriumot is megmutatunk működés közben. A diákok kérdezhetnek az itt dolgozó kutatóktól, oktatóktól, és szemmel láthatóan élvezik, amikor például a tornádótölcsér kialakulását szimuláljuk. Itt valóban közel kerülnek a fizikához, a természet működésének megértéséhez. Leendő diákjainkat is szeretettel várjuk a tanösvényen! ●

► **Tanösvény: gyere el, és nézz körül az egyetemen!** ►► 34. oldal

FREI ZSOLT

- ✓ **Asztrofizikus**
- ✓ **ELTE Természettudományi Kar Fizikai Intézet igazgatója**
- ✓ **MTA-ELTE Extragalaktikus Asztrofizika Kutatócsoport vezetője**
- ✓ **Eötvös Gravity Research Group vezetője.** Munkatársaival 2007-ben csatlakozott a LIGO gravitációshullám-detektor tudományos programjához. Kutatócsoportjával részt vett a gravitációs hullámok felfedezésében

Tanulj fizikusnak az ELTE-n!

Mire jó a fizika szak, milyenek a fizikushallgatók? „Alapszintű fizikai ismereteik, általános műveltségük, korszerű természettudományos szemléletmódjuk képessé teszi őket arra, hogy a műszaki és gazdasági életben, valamint az államigazgatásban irányító, szervező részfeladatokat lássanak el. Felkészültek tanulmányaik mesterképzésben történő folytatására”

FIZIKA SZAK ELTE TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR FIZIKAI INTÉZET

- ✓ **Alapképzés:** 6 félév
- ✓ **Mesterképzés:** 4 félév
- ✓ **Kapacitás:** minimum 15, maximum 105 fő
- ✓ **Állami ösztöndíjas és önköltséges formában** is indul
- ✓ **Önköltség** (félév): alapképzésben 300 ezer, mesterképzésben 400 ezer Ft / félév

– a kék színnel kiemelt kérdésre ezt a választ olvashatod a felvi.hu-n. Egy precízebb válasz pedig a következő: a fizika szakon megtanulod, hogy a bonyolult jelenségek mögött is meglásd az egyszerű, lényegi összefüggéseket és törvényszerűségeket. Ha ez sikerült, teljes mértékben bízhat az abban, hogy a törvényszerűség holnap is érvényes lesz – mondja **DERÉNYI IMRE**, az ELTE TTK Fizikai Intézet oktatási igazgatóhelyettese.

Ebből a füzetből kiderül, hogy a fizika szakon végzetteket nemcsak a kutatóintézetekben, egyetemeken várják, hanem például a pénzügyekkel, informatikával, távközléssel, mérnöki vagy orvostudományokkal foglalkozó cégek is szívesen alkalmaznak őket. „Nem ismerünk munka nélküli fizikusokat” – teszi hozzá Derényi Imre. A fizika szakon kapott tudás egyetemes, így kiváló útlel a világba. ●



Felvételi?

Kérdezd a folyamatábrát!

MIBŐL KELL ÉRETTSÉGIZNEM?

FIZIKA

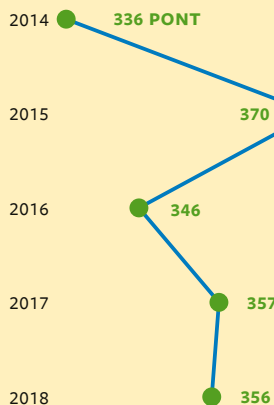
&

BIOLOGIA / FÖLDRAJZ / INFORMATIKA / KÉMIA
MATEMATIKA / TERMÉSZETTUDOMÁNY / VALAMELYIK
ÁGAZATI SZAKMAI ÉRETTSÉGI VIZSGATÁRGY /
VALAMELYIK SZAKMAI ELŐKÉSZÍTŐ TÁRGY

KÖZÉP- / EMELT SZINTEN

Jelmagyarázat
& = és
/ = vagy

FELVÉTELI PONTHATÁROK

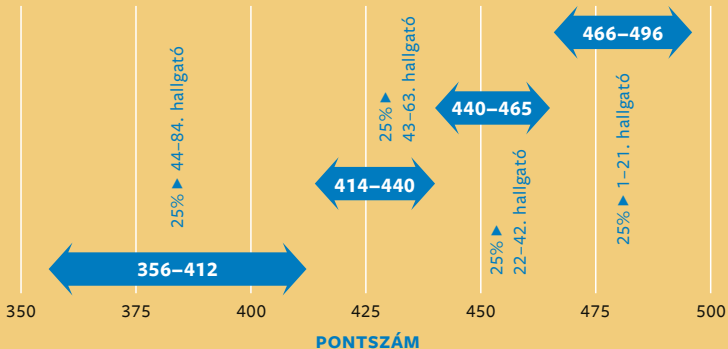


Az ELTE fizika szakán
több mint **100** jelentkezőt
vehetnek fel

MILYEN IRATOK SZÜKSÉGESEK?

- ✓ érettségi bizonyítvány
- ✓ érettségi tanúsítvány
- ✓ középiskolai bizonyítvány

A FELVÉTELI PONTSZÁMOK MEGOSZLÁSA 2018-BAN (ALAPSZAK)



START

A KÉPZÉS SZEPTEMBERBEN INDUL

ÁLTALÁNOS
ELJÁRÁS

PÓTFELVÉTELI
ELJÁRÁS

MIKORTÓL KEZDHETEK JELENTKEZNI?

DECEMBER MÁSODIK FELTŐL

JÚLIUS VÉGÉTŐL

HÁNY HELYRE JELENTKEZHETEK?

LEGFELJEBB
6 HELYRE

1 HELYRE

JELENTKEZÉSI HATÁRIDŐ?

FEBRUÁR 15.

AUGUSZTUS
ELSŐ FELE

...ÉS A FELVÉTELI DÖNTÉS?

JÚLIUS
VÉGE

AUGUSZTUS
MÁSODIK FELE

A sokoldalú és sokrétű alapszak

A fizika felsőfokú oktatásának országosan kiemelkedő, hosszú időre visszanyúló hagyománya van az ELTE Természettudományi Karán.

Korábban az ELTE-n külön szakokon képeztek fizikusokat, informatikus fizikusokat, geofizikusokat, fizika-tanárokat, csillagászokat és meteorológusokat. Az úgynevezett bolognai reformfolyamat nyomán a fent felsorolt szakokkal már csak a képzés második szintjén, a mesterképzésben találkozol, a fizika alapszak pedig egységes kiindulópontot ad hozzájuk. Az ELTE TTK fizika alapképzésén ráadásul olyan szellemben folyik az oktatás, hogy ha valaki három év után úgy dönt, kilép a képzésből, és irányt vált, az ő számára is biztosítja az érvényesülést.

Az ELTE TTK fizika alapszak legfőbb jellegzetessége, hogy

SOKOLDALÚ ÉS SOKRÉTŰ KÉPZÉSRŐL VAN SZÓ,

vagyis idegen szóval egyszerre **diverzifikált** és **differenciált**.

A **sokoldalúság** abban mutatkozik meg, hogy a harmadik félévvel kezdődően érdeklődési területed szerint választhatsz specializációt az alábbiak közül:

- ✓ **Fizikus**
- ✓ **Informatikus fizikus**
- ✓ **Biofizikus**
- ✓ **Csillagász**
- ✓ **Geofizikus**
- ✓ **Meteorológus.**

A képzés közös, kötelező részét az alapozó ismeretek és a szakmai törzsanyag tantárgyai alkotják. Ezek az ismeretek teszik lehetővé, hogy kellően képzett legyél matematikából, természettudományokból, és rendelkezz a kellő elektronikai és informatikai tudással a szakmai törzsanyag elsajátításához. Így például az első és a második félévben találkozol a kalkulussal, a differenciálegyenletekkel, a vektorszámítással, a fizika matematikai módszereivel, a valószínűségszámítással és a statisztikával, de informatikával is foglalkozol majd. Érdemes figyelembe vened, hogy szükség esetén felzárkóztató tárgyakat is elvégezhetsz!

A szakmai törzsanyag tantárgyai a fizika legfontosabb területeit mutatják be, mégpedig jelenséggközpontúan. Egyrészt itt szerepelnek a hagyományos bevezető tárgyak, mint amilyen a mechanika, az

elektromágnesesség vagy a termodinamika – másrészt a modern fizikát és alkalmazásait bemutató tárgyak, mint a kvantumfizika, a magfizika, a kondenzált anyagok fizikája, az optika vagy a relativitáselmélet.

Mivel nincs fizikus kísérletek nélkül, az alapvető fizikai mérési készségeket és magát a kísérletező szemléletet a fizikai laboratóriumi

- ✓ **Neve? Fizika (physics) alapképzési szak.**
- ✓ **Milyen végzettségi szintet szerzek?** Alapfokozatot (*baccalaureus, bachelor*; rövidítve: BSc).
- ✓ **Ez hogyan szerepel majd az oklevélben?** Szakképzettség: fizikus (*physicist*).
- ✓ **Mi a szak irányultsága?** 60-70%-ban elméletorientált, 30-40%-ban pedig kísérleti és számítógépes fizikai képzés.
- ✓ **Mennyi kredit szükséges az alapkhozathoz?** 180; ebből 10 kreditet ér a szakdolgozat, és legalább 9 kredit rendelhető a szabadon választható tantárgyakhoz.
- ✓ **Nyelvvizsga szükséges hozzá?** Igen, a BSc-fokozat megszerzéséhez egy idegen nyelvből államilag elismert, középfokú (B2) nyelvvizsga vagy azzal egyenértékű érettségi bizonyítvány, illetve oklevél szükséges.



TÁVOLABBI KILÁTÁSOK

A fizika szak nem ér véget a BSc-fokozat megszerzésével. Az ELTE TTK Fizikai Intézetében 5 kétéves **mesterképzési (MSc) szakra** jelentkezhetsz: *fizikus, geofizikus, csillagász, meteorológus, anyagtudomány*. A fizikus mesterin belül ezek közül választhatsz: *kutatófizikus, biofizikus, környezetfizikus, tudományos adatanalítika és modellezés* (ez utóbbi többek között napjaink „forró” témájával, az óriási adathalmazokon végzett kutatásokkal, a *big data*val foglalkozik). A képzés harmadik szintje az intézetben a négyéves **doktori iskola** (PhD-fokozat).

gyakorlatokon sajátíthatod el. A laborokon a diákok például Raspberry Pi vezérlést használva végzik alpméréseiket, később pedig olyan érdekes fizikai jelenségekkel és berendezésekkel találkozhatnak, mint a pozitronemissziós tomográfia, a holográfia, a pásztázó elektronmikroszkóp vagy éppen a kvantumradír. Megismered az adatok feldolgozásának és a mérési eredmények kiértékelésének módszereit, végül pedig függvényillesztéssel, képfeldolgozással és laborjegyzőkönyv-írással is foglalkozol – hiszen nincs kísérlet dokumentáció nélkül. A laborokon kiscsoportos munkavégzés folyik,

A DIÁKOK ÖNÁLLÓAN VÉGIK A MÉRÉSEKET.

- ***QA fizika** változatos. A fizikus bármivel találkozhat a munkája során, a „barkácsolástól” a legelvontabb matematikai modellalkotásig.
- ***QA fizika** ötleteket vár a művelőjétől.
- ***QA fizika** egzakt és ellenőrizhető.
- ***QA fizika** rengeteg jelenséggel foglalkozik a legapróbb részecskétől az univerzumig.
- ***Fizikát** művelni és tanítani egyaránt izgalmas dolog.

Specializációtól függően az ötödik-hatodik félévben már olyan témakörök következnek, mint a részecskefizika, a molekulafizika, az asztrofizika, a biofizika, az anyagtudomány, a komplex rendszerek, a geofizika, a meteorológia.

Az ELTE TTK fizika alapszak másik fontos jellegzetessége a **sokrétűség**. Ez abban nyilvánul meg, hogy érdeklődésednek megfelelően

számos tárgyat végezhetsz **normál-** vagy **emelt szinten**. A rugalmasság pedig abban, hogy ha az egyik szint valamiért nem megfelelő, könnyen válthatsz a másikra (a normálról emeltre, és fordítva). ●

Fontos linkek
physics.elte.hu
fizikaokt.elte.hu



Egy diák az univerzum bűvöletében

Tizenéves kora óta az égbolt és az univerzum bűvöletében él.

A tudományág többszörös diákolimpikonja, már most kutató az MTA CSFK Csillagászati Intézetben.

KALUP CSILLA, az ELTE Fizikai Intézetének másodéves fizikushallgatója mesél.

Mi volt az első „csillagászményed”?

Jászberényben nőttem fel, ahol a városi könyvtárnak van egy csillagdája. Egyszer elmentem egy csillagászati szakkörökre, és magával ragadott az a közeg.

Ezek szerint hamar megtaláltad, hogy mivel szeretnél foglalkozni?

A döntéseimben a középiskolai fizikatanárom is meghatározó szerepet játszott. A csillagászat folyamatosan inspirál, állandóan keresem a további lehetőségét annak, hogy még mélyebb és szélesebb körű tudást szerezzek. Összességében habitus és kíváncsiság kérdése, hogy

a bennünket körülvevő világ melyik szeletét hogyan akarjuk megismerni, engem ez a része ragadott magával.

Így beadtd a jelentkezésedet az ELTE fizika szakára.

Azt már középiskolásként tudtam, hogy a fizika érdekel, különösen a csillagászat és az asztrofizika. Ezekhez pedig a fizika alapszak a tökéletes lépcsőfok.

Megtaláltad a Fizikai Intézetben a számításaidat?

Meg kell hagyni, ez egy nagyon erős szak, de a jellemformáló kihívások mellett nemzetközileg versenyképes tudást kapunk. Nem kell külföldre mennem ahhoz, hogy megszerezsem ugyanazokat az

ismereteket, amelyeket más, külföldi egyetemeken lehet kapni.

A hallgatók nagyon eltérő alapismeretekkel érkeznek az egyetemre. Ez nem probléma?

A tanárok igyekeznek elmondani azokat a főként matematikai alapokat, amelyek több iskolában nem voltak benne a tananyagban. Általános példa erre a deriválás és az integrálás. Másrésztől a hallgatói közösség is nagyon összezár, és figyel egymásra. Ha valakinek segítségre van szüksége, biztosan lesz kihez fordulnia!

Vannak kifejezetten közösségépítő programjaitok?

A Mafihe, a Magyar Fizikushallgatók

Egyesülete (mafihe.hu) az ország minden fizikushallgatóját összefogja. Több programot is szerveznek, például cserediákprogramokat, CERN-látogatást, téli és nyári iskolákat vagy versenyeket. Emellett vannak a szakon fizikushallgatók által szervezett programok is. Az egyik ilyen programsorozat a Tea és Kex, ahol időnként tea és keksz mellett elbeszélgethetünk valamelyik tanárunkkal, hogy jobban megismerhessük. Ezenkívül van még

„itt nemzetközileg versenyképes tudást kapunk”

fizikusfoci, társasjátékeket, közös korcsolyázás vagy félévzáró bulik, így összességében minden félévben szerveződik mindenféle közös program.

Számítottál ilyen intenzív közösségi életre?

Hallottam, hogy nagyon jó itt a közösség, és ezt is tapasztalom. Viszont az időnk nagy részét a tanulás és a vizsgákra való készülés tölti ki, a jó közösség leginkább egymás ebben való támogatásában mutatkozik meg. Erre jó példa a FÓKA (Fizika Oktatás az Alapoktól), aminek a keretében felsőbb évesek tartanak

igény szerint gyakorlóórákat egy-egy témából nehezebb vizsgák előtt alsóbb éveseknek.

Van lehetőség hallgatóként kutatásban részt venni?

Ha hallgatóként megtetszik egy kutatási téma, akkor azonnal be lehet kapcsolódni bármilyen kutatásba, akár nemzetközi projektekbe is. Én a csillagászati kutatások miatt az MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézetbe jelentkeztem.

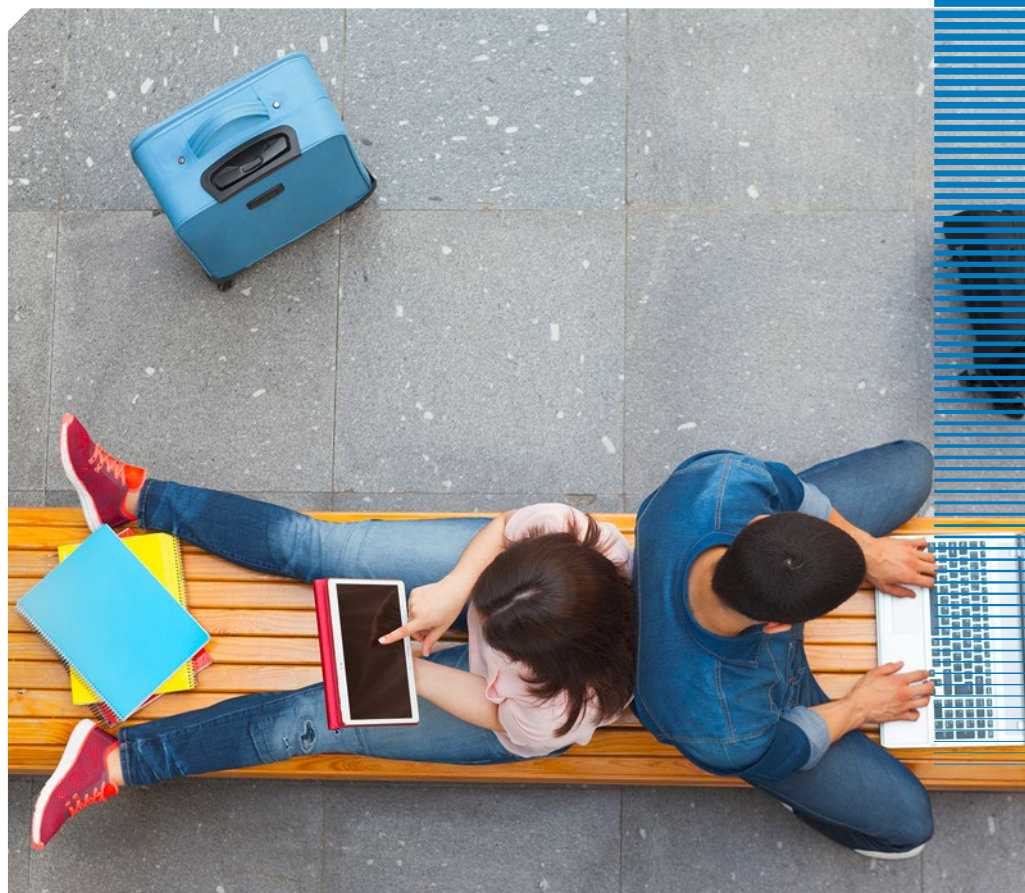
Könnyen összeegyeztethető a kutatás a tanulással?

Nem mindig könnyű, de nagyon motiváló. Az ELTE-n meghirdetett

ösztöndíjpályázatokkal lehet támogatást kérni konferenciákra, workshopokra, nyári iskolákra vagy kutatóutakra, ezek az élmények mellett rendkívül hasznosak is.

Azon nem gondolkodtál, hogy hosszabb távon külföldön tanulj?

A mesterképzést az ELTE-n szeretném elvégezni. Ezután majd doktori képzésre szeretnék jelentkezni, aminél viszont inkább a kutatási téma lesz a meghatározó. Ha itthon nem annyira aktív az a terület, ami érdekel, vagy egy külföldi lehetőséget jobbnak látok, el tudom képzelni, hogy kimenjek. ●





Rengeteg lehetősége van egy fizikusnak

Fizikusként biológiával, azon belül molekuláris evolúcióval foglalkozott. Hogyan került közelebb a biológiához?

A szüleim is tudósok, mindketten vegyészek, így egészen korán a tudomány vonzásába kerültem. Általános iskolában tetszett meg a fizika, így fizika tagozatos gimnáziumba mentem. Richard Feynman volt a példaképem, elméleti fizikus akartam lenni. Egyetemistaként Debrecenből az ELTE-re jöttem, mert itt van a legerősebb elméleti fizikai képzés. Később az egyetemi évek során olyan biológiai

kérdésekkel találkoztam, amelyekre a választ matematikai modelleken keresztül közelítettük meg. Rádásul akkortájt vált egyre olcsóbbá a DNS-szekvenálás, ami rengeteg új adatot és ezáltal új kérdést jelentett. Emiatt máig vadnyugatszerű, izgalmas, felfedező érzés evolúciós biológiával foglalkozni.

A doktori fokozat megszerzése után évekig külföldön dolgozott. Miért döntött mégis úgy, hogy itthon folytatja?

Gyerekként a szüleim külföldi posztdoktori állásainak köszön-

SZÖLLÖSI JÁNOS GERGELY
az ELTE Fizikai Intézet Lendület- és ERC-nyertes fiatal kutatója. Bár fizika szakon diplomázott, mégis a molekuláris evolúció kutatásának irányába sodorta a karrierje. Az irodájában van egy hatalmas levélmintás fotel, aminek a huzatát azért választotta, mert az tűnt a „legfilogenetikusabbnak”.

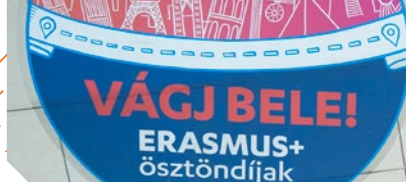
hetően többször jártam Amerikában, de mindig úgy terveztük, hogy hazajöjünk. Amikor én kerültem Franciaországba posztdoktori kutatásaim kapcsán, a feleségemmel mi is úgy gondoltuk, hogy hosszú távon hazajönnénk.

Mi kellett ahhoz, hogy itthon tudja folytatni a kutatást?

A Lendület program sokat segített a döntésben: úgy jöttem haza, hogy volt egy saját ösztöndíjam. Lendület-csoportvezetőként hosszabb távra biztonságot kaptam a kutatásaim folytatásához, egyben egy határozatlan idejű szerződést az egyetemen.

Az egyértelmű volt, hogy a Fizikai Intézetbe jön vissza?

Nekem teljesen egyértelmű volt, mert egyrészt innen mentem ki,



másrészt itt olyan embereket ismer-tem meg, akikkel nagyon jól tudok együtt dolgozni. Egyébként oly-annyira haza akartam jönni, hogy először Münchenben kaptam meg az ERC-pályázatot, de mivel ez át-helyezhető, hazahoztam.

Jellemző az intézetre, hogy a kutatók karrierjük részeként néhány évig külföldön kutatnak?

Az itteni fiatalabb egyetemi tanárok mindannyian kutattak poszt-doktorként külföldön is.

Nehéz bekapcsolódní a külföldi kutatóprojektekbe?

Ha a kutató színvonalas doktori munkát készít, akkor nem. Ezért is jó hely a Fizikai Intézet, mert itt olyan aktív kutatócsoportok működnek, amelyeknek a publikációi vezető lapokban jelennek meg. Talán nin-csen olyan nagy nevünk, mint a Cambridge-i Egyetemnek, de az itt kutatott témákkal és színvonalas

doktori dolgozatokkal is meg lehet szerezni a világ legjobb posztdoktori helyeinek egyikét.

Hogyan néz ki egy átlagos munkanapja?

Fiatalabb kutatóként nagyobb szabadságom volt az időbeosztáso-mat illetően. Sokat dolgoztam egyedül, rengeteg időt töltöttem a számítógép előtt, folyamatosan foglalkozhattam a kutatásommal, amit egy esős napon akár otthonról is folytathattam. Amióta saját Lendület-csoportom van, és veze-tővé váltam, lett egy saját szobám, és 5-6 ember munkájáért felelek. Ez azzal jár, hogy az időm egy jelen-tős részét már megbeszélésekkel és beszámolóik írásával töltöm.

Kötöttebb lett a munkaideje?

Rendszerezettebb lett sok szempontból, de a kutatói élet lehe-tőséget ad arra – legalábbis itt az intézetben –, hogy akkor menjek szabadságra, amikor szeretnék.

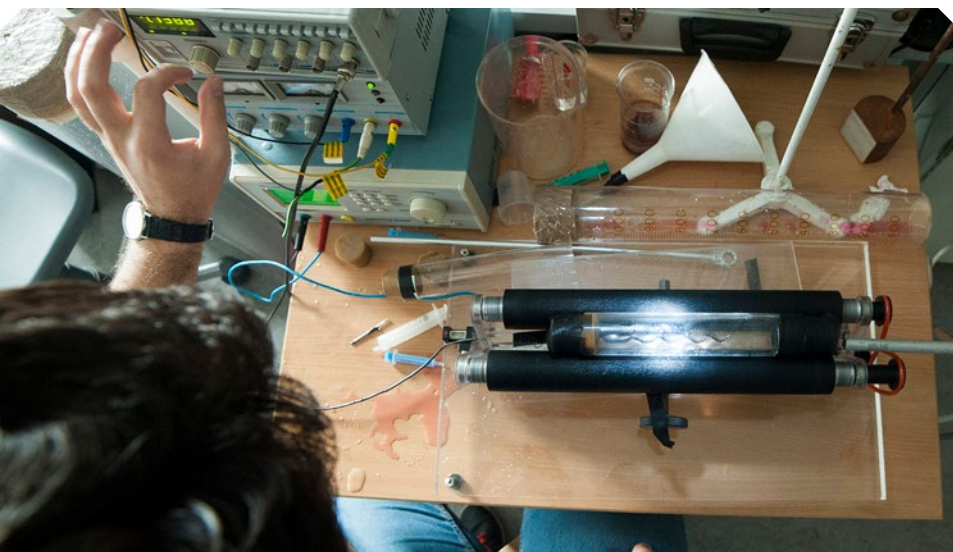
A kutatási témám meghatározásá-ban is teljes mértékben szabad kezet kapok, azzal a kitétellet, hogy a végén mutassak fel eredményeket.

A kutatócsoportjában helyet kapnak alap- és mester-szakos, valamint doktori hallgatók is. Milyenek látja az utánpótlást?

A Fizikai Intézetben színvonalas-nak, mert erős a fizika- és mate-matikaképzés, ami egy jó kombi-náció. Horizontális géntranszferrel foglalkozom, ami elsőre úgy tűnhet, hogy a biológiához áll közelebb, de a Biológiai Intézetben mégis ne-hezebben találnék hozzá megfelelő hallgatókat. Nálunk nagyon erős fizi-kai, matematikai és informatikai tudást lehet szerezni, ami jelentősen megkönnyíti a számítógépes munkát, a kutatásom pedig a genetikai szek-venciák feldolgozására épül.

Nagyon átfogó tudással és változatos kutatási terü-letekkel találkozhatnak a hallgatóik. Az egyetem elvégzése után is sokféle elhe-lyezkedési lehetősége van egy diplomás fizikusnak?

Igen, fizikusi diplomával, az ahhoz kapcsolódó erős matematikai ala-pokkal és fizikusi intuícióval sok nagy cégnél el lehet helyezkedni. A fizikusok számos helyen kiválóan megállják a helyüket, és rengeteg lehetőségük van. ●



Csillagászok paradicsoma – űrprojektek közösen az Akadémiával

A Magyar Tudományos Akadémia Csillagászati Intézete a legnagyobb a szakmában: a hazai mintegy száz csillagásznak több mint a fele dolgozik itt. **KISS LÁSZLÓ** akadémikus, az intézet igazgatója tárt karokkal várja az egyetemistákat, akik nagyon sok gyakorlati tapasztalatot szerezhetnek a csillagászatban, a nemzetközi élvonalba tartozó űrprojektekbe kapcsolódhatnak be, de akár rész munkát is vállalhatnak egy jó ösztöndíjnak megfelelő fizetésért.

Milyen a kapcsolatuk az ELTE-vel, azon belül a Fizikai Intézettel?

Az egyetemi partnereink közül az ELTE TTK Fizikai Intézete kiemelkedő szerepet játszik. Kutatóink részt vesznek a fizikus-mesterképzésben, az intézet asztrofizika moduljának oktatási munkájában: órákat adnak, vizsgáztatnak. Témavezetést is vállalnak, az alapszakos diplomamunkáktól a doktori disszertációkig – ha az ELTE Csillagászati Tanszékének csillagász szakos hallgatóit is számolom, akkor több tucat hallgatóval van ilyen jellegű kapcsolatunk.

Tartanak-e gyakorlatokat a hallgatóknak?

Minden évben kihelyezett asztrofizikai laborgyakorlatokat tartunk a fizikus- és csillagász-mesterképzésben részt vevő hallgatóknak, vagy a Piszkestetői Observatóriumban, Magyarország legnagyobb távcsöveinél, vagy itt, a Csillagászati Intézet normafai telephelyén.

Állítólag már hallgatók is vállalhatnak munkát az MTA Csillagászati Intézetében.

Így van, az intézeti demonstrátori rendszer keretében, amelyet 2017 januárjában indítottunk. Ez arról szól, hogy gyakornokként alkalmazunk rész munkaidőben egyetemistákat, fizikus és csillagász szakos hallgatókat.



Mit kell csinálniuk a diákoknak?

A rész munkaidős foglalkoztatásért azt várjuk tőlük, hogy hetente egy napot töltsenek és dolgozzanak az intézetben. Ezenkívül havonta egyszer egy hosszú hétvégét töltsenek fent, Piszkestetőn észlelési asszisztensként. Mindezek során sok gyakorlati tapasztalatot szereznek, például megtanulják az optikai távcsövek és detektorok használatát. Intézetvezetőként is nagyon fontos

✓ **Teljes név:** MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet

✓ **Honlap:** <http://www.konkoly.hu/>

✓ **Űr** az intézetben folyó kutatás alapja a piszkestetői 0,5–1 m-es optikai távcsövekkel való észlelés, elméleti munkák, illetve űrkutatási projekteken való részvétel

✓ **Űr** az intézet működteti az ELTE kihelyezett Asztrofizikai Laboratóriumát

feladatunknak tekintem, hogy ilyen módon is támogassuk az egyetemeken zajló kutatóképzést.

Mennyien vannak most a demonstrátorok, és hogyan díjazzák őket?

2017-ben 5-en kezdték, most már 12-en vannak, köztük 9 lány – például az a Kalup Csilla, aki már az ELTE Fizikai Intézetének alapszakos hallgatójaként szakcikkek írásában vett részt. [► [Interjú Kalup Csillával](#), ►► [10. oldal](#)] A díjazásuk szerintem korrekt, gyakorlatilag egy jó ösztönzőnek felel meg.

Milyen a tudományos együttműködésük az ELTE TTK Fizikai Intézetével?

Nagyon erős, ez az együttműködésünk másik fontos területe. A számos futó projektből hadd említsek meg egy most aktuális programot: most adtunk be közösen egy olyan pályázatot, amelynek megvalósulása esetén egy magyar űreszközt és űrműszer-prototípust építhetnénk. Ez egy gammasugárzás-detektor, amellyel az univerzum legnagyobb energiájú eseményeit figyelhetnénk meg. Ez egy nemzetközi projekt lenne, de magyar dominanciával, az ELTE TTK Fizikai Intézet és az MTA CSFK Csillagászati Intézet vezetésével, Werner Norbert, Pál András, Frei Zsolt és az én nevem alatt.

„egy jó fizikus a jég hátán is megél”

Ez a projekt a nemzetközi mezőnyben is versenyképes?

Igen, a távlati cél egy olyan műholdflotta kiépítése, amellyel a 2030-as évek elejéig az élvonalban lehetnénk a gamma-csillagászatban.

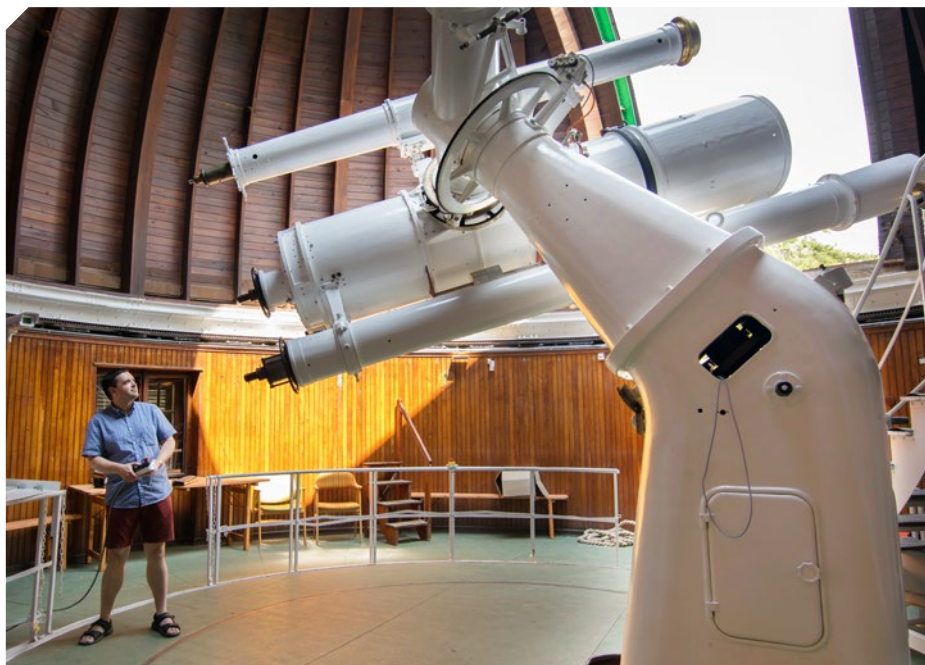
A fizikus-, illetve csillagász-hallgatók akár ebbe a programba is bekapcsolódhatnak?

Nemhogy bekapcsolódhatnak, hanem egyenesen várjuk majd őket, ha elindul a program. Az űrprojektek jellemzően hosszú ideig tartanak, és sok olyan részfeladatot kell megoldani bennük, amelyekben már

egyetemisták is teljes szerepet tudnak vállalni. Mialatt végigmennek az egyetemi oktatáson, megszerzik a diplomájukat, doktori fokozatukat, ők maguk válhatnak a projekt vezetőivé.

Negyvenévesen lett akadémikus, ma is a testület egyik legfiatalabb tagja. Mi az a gondolat, amit mindenképpen szeretne megosztani a fizika iránt érdeklődő diákokkal?

A fizika tanulása – amellett, hogy megismerjük a természet valódi szépségeit és működését – óhatatlanul együtt jár a problémák megoldására törekvő gondolkodás kialakulásával. Egy jó fizikus a jég hátán is megél, az egyetemi-akadémiai szférán túl az élet bármely területén megálljuk helyünket a fizikusként összeszedett tapasztalatokkal. ●





Számítógépes játékok másként – képalkotó fizikusok

Hogyan lesz egy elméleti kutatóból egy orvosi műszereket gyártó cég kutatás-fejlesztési vezetője? Erről is beszélt **MAJOR PÉTER**, a Mediso Kft. fejlesztési igazgatóhelyettese.

Több olyan álláshirdetést látam, amelyben a cége fizikus munkatársat keresett. Miben más vagy akár miben jobb egy fizikus, mint mások?

Úgy gondolom, a tanulási képességeiben. Azok ugyanis jellemzően nagyon jók a fizikusok esetében.

Ez mit jelent?

Aki relativisztikus kvantummechanikát vagy egyéb bonyolult dolgokat megtanul, képessé válik rá, hogy komplex műszereket megértsen és modellezzen. Az orvosi műszerek, amelyekkel mi is foglalkozunk, tulajdonképpen komplex mérőberendezések korszerű detektorokkal.

Mivel foglalkoznak önöknél a fizikusok?

Az általunk fejlesztett orvosi berendezések működését nagyon jól meg kell tanulni. Matematikai

modellre van szükség ahhoz, hogy a műszerek által adott kép a lehető legpontosabb legyen. A fizika tulajdonképpen nem más, mint egy modellalkotási módszer. Arra keres választ, hogy milyen matematika lesz a legalkalmasabb a valóság megragadására és leírására. A fizikusok ebben jók.

Jellemzően milyen munkatapasztalattal érkeznek önökhöz szakemberek?

Ha beindul nálunk egy fejlesztési irány, akkor az első néhány fizikus általában PhD-vel rendelkező, önálló kutató. Egy tízfős csoportban azonban akár már végzős mester-szakosoknak is van helye.

Miért lehet izgalmas egy fiatal számára az orvosi fizika?

Ez egy nagyon gyorsan fejlődő terület. Amilyen eljárásokkal

manapság képet alkotunk, azok két évtizede még elképzelhetetlenek voltak. A vizsgálati idő is lerövidült. Tíz-húsz éve egy betegvizsgálat, mondjuk, 40 percig tartott, ez az idő mára a felére csökkent. Olyan számítási kapacitása van a számítógépeknek, amelynek révén sokkal kevesebb adatból tudnak megoldani korábban reménytelennek tűnő feladatokat. Érdekes, hogy részben a számítógépes játékoknak köszönhetően fejlődött a képi megjelenítés.

Az ön érdeklődése hogyan kanyarodott ebbe az irányba?

Tulajdonképpen véletlenül. Az ELTE fizikus szakán végeztem. Fiatal családsként – elsőéves voltam, amikor megszületett a fiam – nem volt könnyű az apai feladatokat a tanulmányokkal összehangolni, de remek tanárim voltak. Akkoriban a szilárdtest-fizika érdekelt.

Kutatói ambíciói voltak?

Igen. Az volt az elképzelésem, hogy valamilyen sok számolással járó, elméleti fizikai témával fogok foglalkozni. Azután az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetébe kerültem. Ott olyan feladatokkal lehetett bíbelődni, amelyekben sajátos módon tudtam egyesíteni a fizika iránti érdeklődésemet a bicikliszerelési hobbimmal. Közben pedig nagyon nagy tapasztalatú emberektől lehetett első kézből ellesni a kísérleti fizika csínját-bínját. Nagyon élveztem ezt a fajta barkácsolást.

Szemléletformáló időszak volt?

Igen. Ilyen környezetben jön rá az ember, hogy mennyi mindent meg lehet oldani, hogy a kísérleti munkához mennyi apró, egyszerűnek tűnő, de fantasztikus ötlet kell.

Most kutatás-fejlesztéssel foglalkozik. Hogyan került a Medisóhoz?

Megláttam a cég hirdetését, amelyben pozitronemissziós tomográfhoz kerestek fizikust. Akkoriban pozitronannihilációs élettartam-méréssel foglalkoztam, úgy döntöttem, hogy megpróbálom.

Mi volt a feladata?

Részt kellett venni egy pozitron-emissziós tomográf létrehozásában egy pályázat keretében. Nem volt hibátlan PET-készülék, de arra jó volt, hogy megszülessen az a technológia, amelyen az összes piacvezető PET-berendezésünk alapul.

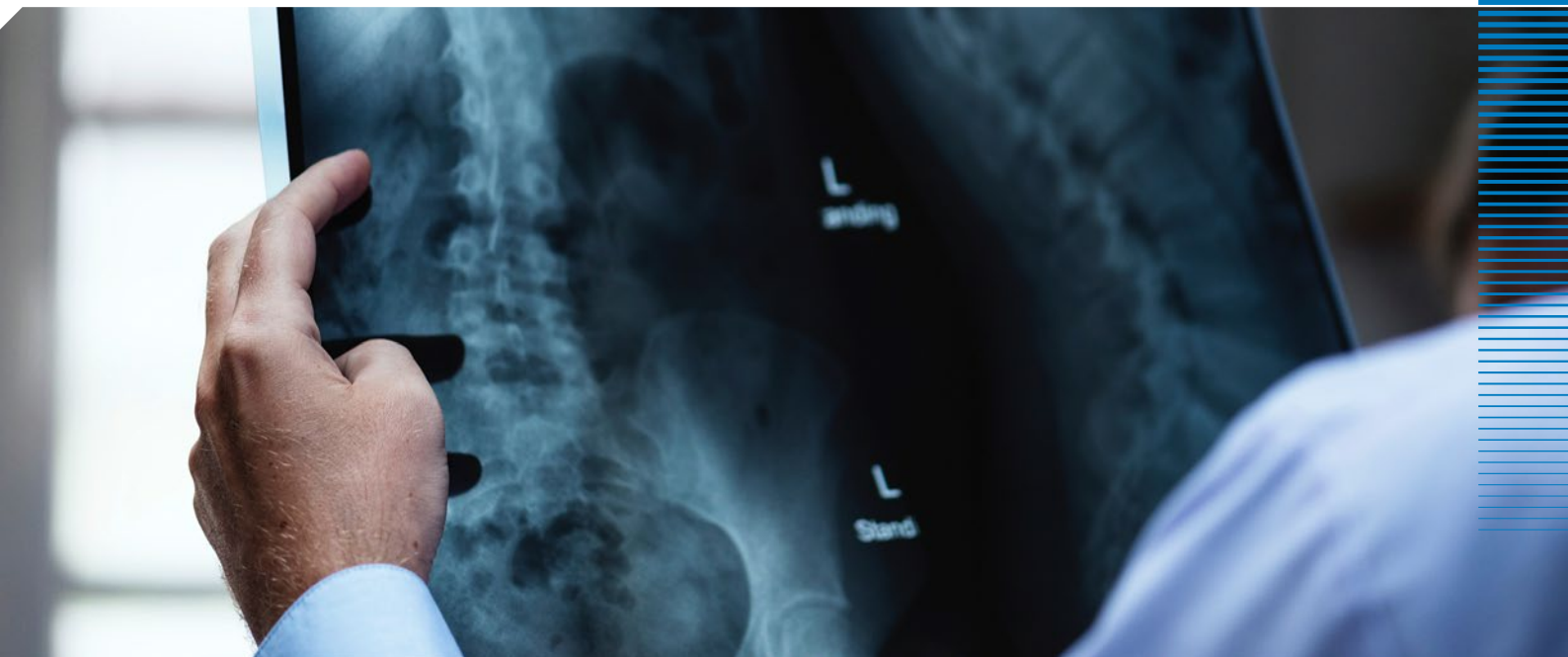
Melyek azok a kompetenciák, amelyeket fizikushallgatóként, majd kutatóként megszerzett, és a jelenlegi pozíciójában hasznosítani tud?

„első kézből ellesni a kísérleti fizika csínját-bínját”

Matematikai készségek, programozói affinitás, angol nyelvtudás, érdeklődés és nem utolsósorban kudarctűrő képesség. Sokszor kell nekifutni egy-egy problémának ahhoz, hogy a megfelelő megoldást megtaláljuk.

Ez kellően izgalmassá is teszi a munkát, nem?

De igen. Az pedig további különlegességet ad neki, hogy sok különböző kvalitású emberrel, mérnökökkel, matematikusokkal, informatikusokkal működhetnek együtt. Nálunk mindig komplex csapatok dolgoznak egy adott cél érdekében. ●



Fizikusdiploma: rengeteg álláslehetőség, nem csak kutatóként

Annak idején fizikusként végzett, most pedig egy patinás Wall Street-i befektetési bank budapesti matematikai modellező csoportját vezeti **FÁTH GÁBOR**. Szerinte a fizika szak elvégzésével sok lehetőség nyílik meg egy fiatal előtt. Olyan tudást és kompetenciákat szerez, amelyek birtokában rugalmasan tud akár pályát is módosítani.



Mikor határozta el, hogy fizikus lesz?

Bár a matematika és a fizika már általános iskolás koromban is érdekelt, a gimnázium végéhez közeledve döntöttem el, hogy az ELTE-re megyek fizikus szakra.

A kettő közül végül miért a fizika mellett döntött?

A budapesti Fazekas Gimnáziumba jártam, ahol akkor is és most is nagy hagyománya, illetve fontos szerepe van a versenyeknek. Az igazi lökést a fizika felé az jelentette, amikor 1984-ben részt vehettem a Nemzetközi Fizikai Diákolimpián Svédországban.

Úgy gondolta, hogy a fizikával foglalkozva megnyílik ön előtt a világ?

Igen. A tudományos karrier, a fizikusi pálya izgalmas, megbecsült, perspektívát jelentő hivatásnak tűnt.

Milyen volt az egyetem, milyen emlékeket őriz róla?

Akkoriban két dolog érdekelt: a fizika és az opera. Mindkettőt nagy lelkesedéssel csináltam. Tanultam és énekeltem. Ami a fizikát illeti: az egyetemen élveztem, hogy sok mindenbe belekóstolhattam. Nagyon érdekelt például a kozmológia, de aztán tanári javaslatra végül a szilárdtest-fizikában mélyedtem el, ami jó döntésnek bizonyult.

Segítették az útkeresését, azt, hogy milyen témákkal foglalkozzon?

Igen. Az utolsó két évben demonstrátorként is dolgoztam az egyetemen.

A kutatói pálya mellett döntött tehát.

Az MTA Szilárdtestfizikai Kutatóintézetébe kerültem doktorandusznak. Tizenöt évig voltam kutatófizikus. Az utolsó öt évben kezdtem el interdiszciplináris kutatásokkal foglalkozni.

Mi érdekelt akkoriban?

Például a játékelmélet. De foglalkoztam nyelvevolúciós modellek

„egy hallgatónak ez maga a Kánaán”

kidolgozásával is. Egy másik kutatásom pedig a biológiához kapcsolódott. Sejtdifferenciálódási problémákat vizsgáltunk, például hogy miként alakulnak ki az őssejtek-ből a különböző szöveteket alkotó sejtek. Erre írtunk matematikai modelleket.

Akkoriban kezdett el egyre több téma felé elkalandozni?

Igen. Sok mindennel foglalkoztam, és amikor a Morgan Stanley 2006-ban megjelent Magyarországon, akkor megtaláltak engem.

Mit mondtak, mi lenne a feladata, és miért pont önt, egy fizikust keresett meg egy nemzetközi befektetési bank?

A cég Magyarországon első körben egy pénzügyi matematikai modellező központot hozott létre. A munka jellege inkább az akadémiai szférához állt közelebb. Főleg elméleti feladatokat kaptunk. Mellettem az erős elméleti alapjaim szóltak, a különböző külföldi egyetemeken megszerzett nemzetközi háttérem, no meg az, hogy sok különböző tudományterülettel foglalkoztam korábban.

Kikből állt a csapat?

A matematikai és fizikai háttér dominált. Körülbelül harmincan voltunk. Ma már kevésbé elméleti feladataink vannak, alapvetően kvantitatív piacmodellezéssel és

elemzéssel foglalkozunk. Változást jelent az is, hogy megnőtt a számítástechnika jelentősége. Az időközben mintegy százfősre duzzadt csoportom felét már programozók alkotják. De vannak köztük matematikusok, fizikusok, közgazdászok is. Fontos, hogy olyan projektteamek legyenek, amelyeknek a tagjai különböző megközelítéseket hoznak magukkal. A csapatok diverzitása a szakmai és kulturális háttér, illetve a nemek arányának szempontjából jelentős húzóerő.

Mit hoz ide a fizikus?

Egyesíti magában a matematikai szemléletet, a programozói kompetenciákat, valamint a problémák megoldásának sajátos megközelítését.

Azért fontos lehet az üzleti háttér megértése is.

Nagyon is. E téren eleinte nekem is voltak hiányosságaim, de itt, házon belül megtanultam én is, és a kollégáim is.

Tudja használni a fizikus-hallgatóként és kutatóként megszerzett tudását?

Igen. Néha rá is csodálkozom arra, hogy amit annak idején megtanultam a neuronhálókról vagy a kvantumspinrendszerekről, az itt

adott esetben milyen jól használható, milyen váratlan alkalmazási lehetőségei merülnek fel. Ez is mutatja, hogy a fizika olyan alapokat ad, amelyek sok területen, a tudományban, ipari környezetben vagy az üzleti szférában is jól alkalmazhatóak.

Úgy tudom, hogy az egyetemen is tanít. Ez mit jelent?

Pénzügyi kockázatok elmélete az előadás címe. Arról szól, hogy miként kell pénzügyi termékeket árazni, illetve a felmerülő kockázatot kezelni.

Gondolom, aki ilyeneket tanul az egyetemen, és megy is neki a dolog, annak a munkaerőpiacra kikerülve nem okoz majd gondot az elhelyezkedés.

Sarkosan fogalmazva: végtelen sok álláslehetőség van. Egy hallgatónak ez maga a Kánaán. Budapesten többtucatnyi hozzánk hasonló nagy, illetve kis és közepes cég van, amelyek ilyen tanulmányokat folytató hallgatókat keresnek. Egyébként a gyerekeimnek is mindig azt mondom, hogy olyan dolgot tanuljanak – és a fizika ilyen –, aminek birtokában sok lehetőség nyílik meg előttük, adott esetben pedig rugalmasan tudnak akár pályát is módosítani a későbbiekben. ●

A középiskolák már a hallgatókkal is szerződnének

Tanárképzés az ELTE Fizikai Intézetben

A tanári, különösen a fizikatanári pálya az utóbbi évtizedekben nem számított slágerszakmának. Pedig (vagy éppen ezért) mára az iskolák kapkodnak a végzős tanárokért, akik az egyetemen nemcsak átfogó képet kaphatnak a fizika egészéről, de a tudás átadásában kulcsszerepet játszó tudománykommunikátorokká is válhatnak. **A fizikatanár-képzésről TÉL TAMÁST, az ELTE Fizikai Intézet egyetemi tanárát kérdeztük.**

Gyakran hallani, hogy a tanári hivatás veszített vonzerejéből. Mi csábíthatja a középiskolás diákokat a fizikatanári szakma felé?

A kutató manapság csak a szakterülete kis szeletét látja, a tudomány rendkívüli módon specializálódott. Ezzel szemben a tanárnak megvan az a kiváltsága, hogy a teljes fizikai tudományról alkothat képet. Enciklopédista tudással kell rendelkeznie, például minden évben meg kell értetnie a diákokkal, hogy épp miért ítélték oda a fizikai Nobel-díjat. Aki tehát a nagy összefüggések átlátását tartja a tudás elsődleges fokmérőjének, és fontosnak tartja e tudás átadását is, annak érdemes tanárrá válnia. A tanárok a legfontosabb

tudománykommunikátorok. Ez a fizikus kutatói képzésnek nem része, de a tanárok készségei közül talán ez a legfontosabb. Hiszen a tanár a híd a tudomány és a társadalom között. Meg kell találnia a lényegyet a legnehezebben elmagyarázható fizikai jelenségekben, törvényszerűségeikben is, és azt úgy kell megtanítania a diákoknak, hogy megértsék, és közben ne sérüljön az átadott tudás pontossága.

Sok diák arról sincs meggyőződve, hogy a fizikai tananyagnak haszna lenne a mindennapi életben. Pedig vélhetően ez lenne az első lépés afelé, hogy hivatásukul válasszák a fizikát.

Rengeteg olyan helyzet adódik nap mint nap, amikor a fizikai tudás segíthet megérteni a minket körülvevő világot és ezáltal leküzdeni félelmeinket. Ha az ember valamit megért, barátságosabbnak látja a világot. Ha pedig kihívásnak tekinti azt, hogy e jelenségeket megértesse társaival is, akkor ő a tanári pályára hivatott.

Korábban, amikor az úgynevezett bolognai rendszert alkalmazták a tanárképzésre is, voltak évek, amikor alig végzett természettudományos tanár az országban. Ez mára megváltozott?

2012-től vezették be a ma is érvényes osztatlan tanárképzést. Ez azt jelenti, hogy a felvételizők már eleve kétszakos tanárnak jelentkeznek az egyetemre, és végig kiegyensúlyozott hangsúllyal tanulják a két szakot (például a fizikát és a matematikát). Így évente körülbelül harminc fizikatanár szakos hallgató diplomázik nálunk. Közöttük vannak általános iskolai és középiskolai tanárok is. Előbbiek négy, utóbbiak öt év egyetem után töltenek el egy tanévet



Fizika szakos hallgatók a tanári gólyatáborban

rezidensként az iskolákban. Mivel ma már az általános iskolai tanárokat is az egyetemen képezzük, felértékelődött e szakma. Akár 16-17 éves korú diákokat is taníthatnak, csak érettségire nem készíthetik fel tanulóikat. A képzés során hallgatóink fokozatosan ismerkednek meg a tanári tevékenységgel. Először csak bejárnak néhány középiskolai órára, később már kisebb oktatási feladatokat is kapnak, negyed- és ötödévben többhetes tanítási gyakorlatokon vesznek részt, majd végül egy éven keresztül rezidensként tanítanak.

A pályaválasztás előtt azt is mérlegelnie érdemes a diáknak, hogy mennyire keresett az adott szakma a munkaerőpiacon. Könnyen elhelyezkednek manapság a végzett fizikatanárok, egyáltalán szándékoznak iskolában tanítani?

Mindkét kérdésre határozott igen a válasz. A tanári szakra jelentkezőknek alkalmassági elbeszélgetést tartunk, ahol felmérjük a motivációikat. Sok ilyen beszélgetésen benn voltam, és kifejezetten élvezetes volt hallgatni, ahogy a jelentkezők arról vallottak, hogy ők tényleg hivatásul választják a tanítást. Sokan elmesélik, hogyan tanították kis testvérüket, a legmeglepőbb pedig az volt, aki elmondta, hogy neki olyan rossz

tanára volt, hogy megfogadta magában, hogy lehet ezt sokkal jobban is csinálni. Rendszeresen jelentkeznek nálunk iskolák, hogy szívesen szerződést kötnének már ötödévben is a hallgatókkal, csak menjenek hozzájuk tanítani. Emellett meg lehet pályázni a Klebelsberg-ösztöndíjat, ha valaki vállalja, hogy az ország egy adott településén (akár Budapesten is) fog tanítani. A fizikatanároknak tehát ma egyértelműen könnyű elhelyezkedniük. Vonzó lehet a tanárok hagyományos társadalmi szerepvállalása is. Tanárképzés nálunk immár 120 éve folyik, s már az első időkben olyan matematika–fizika tanárok végeztek itt, mint Öveges professzor, Vermes Miklós vagy Ottlik Géza, az *Iskola a határon* című regény írója. ●



Egy válasz kérdést keres: mihez kezdünk a kvantumszámítógépekkel?

De mi is ez a kvantumszámítógép, melyről oly sokat hallani mostanában? Hagyományos számítógépeink 0-k és 1-esek formájában tárolják az adatokat – ezek a legkisebb adategységek, a bitek. Most képzeljük el, hogy egy bit nemcsak ebben a két állapotban lehet, hanem a kettő közötti határozatlan helyzetben is – mintha ahelyett, hogy szombaton megyek kirándulni, vagy nem megyek kirándulni, azt mondhatnám: „talán”. Szombat reggel persze kiderül az igazság, és valóban döntennem kell: ilyenek a kvantumbitek, avagy qubitek is, hiszen amikor végül

a számítógép kiadja az eredményt, beállnak az egyik vagy másik konkrét állapotba.

Képzeljük most el, hogy egy húszfős társaságnak próbálunk kirándulást szervezni, amelynek tagjai között vannak szerelmek, barátságok, konfliktusok. Vajon hányan jönnek el, hány főre foglaljunk asztalt a fogadóban? Hagyományos számítógéppel nagyjából egymillió esetet kell végigszámolnunk, és végül a legvalószínűbb együttállás szerint érdemes asztalt foglalnunk. Ugyanakkor egy mindössze 20 qubites kvantumszámítógép pár ezredmásodperc

A kvantumszámítógépek itt vannak, rohamosan fejlődnek, és egyre inkább alkalmasak rá, hogy néhány századmásodperc alatt választ adjanak olyan kérdésekre, amelyeken hagyományos számítógépeink hosszú-hosszú időn át rágódnának. Ezekkel a lehetőségekkel foglalkozik **VATTAY GÁBOR**, az ELTE Fizikai Intézet Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék vezetője.

alatt megtalálja a legvalószínűbb konfigurációt. Mintha ahelyett, hogy akkurátusan bejárná a kapcsolatok bonyolult „tájképét”, egyszerre csak kirajzolná a „domborzatot”, és megtalálná a legmélyebb völgyet vagy a legmagasabb csúcst.

Vattay Gábor szerint nem kétséges, hogy a kvantumszámítógépeké a jövő, azonban a fejlődés jelen szintjén még nem képesek bármilyen problémát hatékonyan kezelni – vannak viszont olyan kérdések, melyeket mintha rájuk szabtak volna. A mai kutatók feladata ezért kettős: egyrészt meg kell ismerkedniük

a kvantumalgoritmusok meglehetősen szokatlan világával, másrészt pedig folyamatosan keresniük kell azokat a problémákat, amelyeket a mai, sok esetben még korlátozott képességű kvantumszámítógépek hatékonyan képesek kezelni.

Vattay Gáborék kutatócsoportja egy másik, ma igen forró témát is behoz a képbe: szimulált kvantumszámítógépeken mesterséges intelligenciát programoznak. Hogy értsük, mire jó ez: eddig, ha egy mesterséges intelligenciának meg akartuk tanítani, hogy tegyen különbséget a kutyák és a macskák fotói között, több százezer fotót kellett adagolnunk neki sorban, egymás után, folyamatosan visszajelzéseket adva. Egy kvantumszámítógépen futó mesterséges intelligenciának viszont egyszerre odaadhatjuk az összes képet, és azonnal megjelenik benne a kutya-macska különbség mibenléte. Képzelnék el, mire lehet képes egy ehhez hasonló technológia egy önvezető autóban!

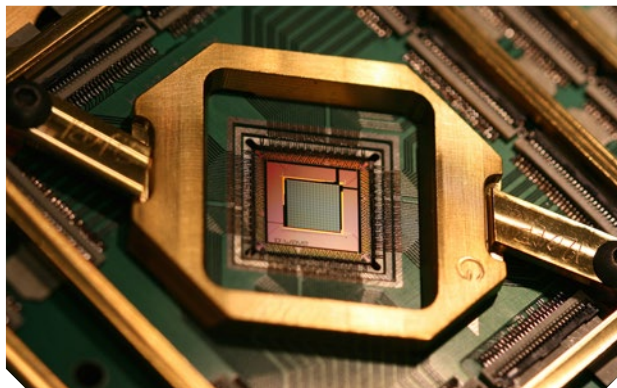
A Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék munkatársai hozzáférnek a D-wave nevű valódi kvantumszámítógéphez is, mely egész más kihívásokat tartogat. E számítógép hardverében ugyanis a qubitek között nem lehet tetszőleges kapcsolat, vagyis itt a konkrét gép lehetőségeihez kell igazítani a problémát. Ebben pedig nagyobb

SZEREPET KAP A FIZIKA IS:

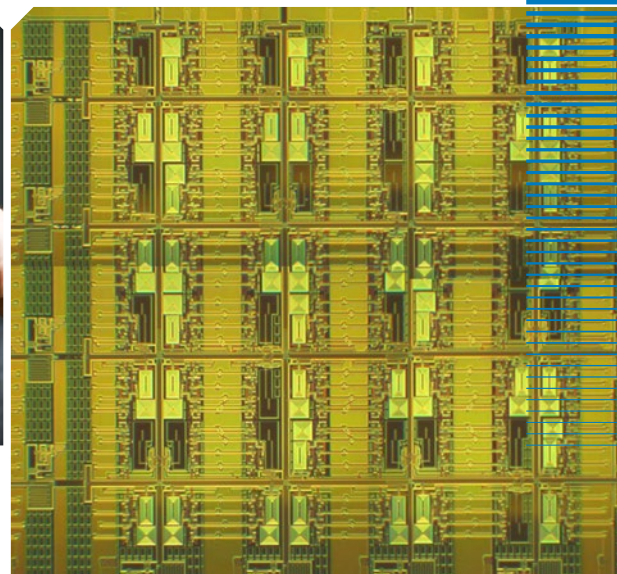
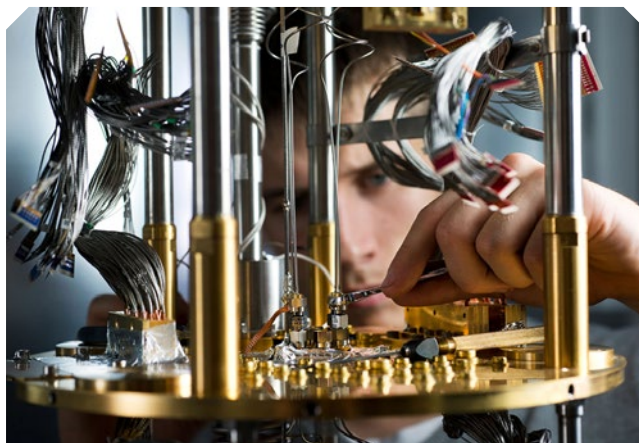
a kvantumszámítógép éppen a fizikában fontos egyenletek gyors megoldásában képes remekelni – aki pedig egyszerre érti a fizikát és

a kvantumhardver belső összefüggéseit, könnyen rátalálhat egy valóban fontos problémára, amellyel a D-wave könnyedén elboldogul.

Az Európai Unió, majd pedig Magyarország is elindított az utóbbi években egy-egy nagyszabású kvantumtechnológiai programot. Utóbbiban részt vesz az ELTE Fizikai Intézet, más kutatóhelyek és cégek is – így könnyen lehet, hogy aki csatlakozik a tanszék munkájához, például a Budapesten működő Nokia Bell Labs kvantum mesterséges intelligencia műhelyének munkájával is közelebbi ismeretséget köthet. ●



A D-wave kvantumprocesszora (fent), hűtőegysége, valamint a processzor nagyítva (lent jobbra)



Kozmikus órák a hullámzó világűrben – egy amerikai kutató útja Budapestre



„Talán nem is tudják a fiatalok, milyen híruk van a magyar fizikusoknak Amerikában” – mondja **TIMOTHY PENNUCCI**, aki immár két éve dolgozik az ELTE Fizikai Intézetében a külföldről érkezett több mint tíz posztdok kutató egyikeként. Természetesen a 20. század elején Magyarországról érkezett kiemelkedő tudósokra utal: Szilárd Leó, Teller Ede, Neumann János és társaik lettek a „marslakók”, akik annyi új ötletet hoztak magukkal, hogy amerikai kollégáik csak kapkodták a fejüket. A hagyomány ma is él, és szinte nincs is olyan komolyabb egyetem a tengerentúlon, ahol ne futna bele az ember egy-két magyarosan csengő névbe. Nem kivétel ez alól a Columbia Egyetem, Timothy alma matere sem, és mire a kedvenc csillaga kettőt villant, az amerikai kutató már itt találta magát Budapesten, az ELTE Fizikai Intézetében, Frei Zsolt kutatócsoportjában. De kezdjük az elejéről!

Timothy 15 évesen olyan lehetett, mint bármelyik érdeklődő diák, aki ismeretterjesztő irodalmat kezd bújni. Az úr fizikája érdekelte, és amilyen szerencséje

volt, iskolájában hároméves kutatási projektet választhatott: a szupernagytömegű fekete lyukakra tette fel szabadidejét. Mire az egyetemek palettájáról kellett választania, már tudta: asztrofizikus akar lenni. Így került a Columbia Egyetemre, ahol nyomban felvette a témájába vágó kurzusokat, és kihasználta minden kutatási lehetőséget. „Minél hamarabb érdemes bekapcsolódnia egy kutatócsoport munkájába. Hidd el, ez hihetetlen motivációt jelent, no és persze így lehet igazán megtudni, valójában mivel is akarsz foglalkozni.”

Timothy a Columbia Egyetemen szerzett tapasztalatai nyomán pulzárokkal kezdett foglalkozni, amelyek

A VILÁGEGYETEM LEGPONTOSABB IDŐ-MÉRŐ SZERKEZETEIKÉNT ISMERTEK.

Képzeljünk el egy 1-2 napnyi tömegű, de városnyi méretű (tehát elképesztően sűrű) csillagot, mely akár több száz fordulatot tesz meg másodpercenként. Mindeközben egy rádióhullámokból álló pászmával pásztázza a világegyetemet, csillagközi világlítótoronyként pulzáva – innen ered a neve is. A pásztázás üteme óramű-pontosságú, így a pulzár által kibocsátott rádióhullámok pontosan kiszámítható időközönként észlelhetők földi rádioteleszkópokkal, melyek másik oldalán éppen Timothy Pennucci vagy valamelyik tanult kollégája ül. Pulzár-

ból rengeteg van a galaxisunkban, mintha atomórák hatalmas hálózatát helyezte volna el egy gondos kísérleti fizikus az űrben. Ha pedig valami történik a téridő szövetével a pulzárak és a Föld között – például egy gravitációs hullám kinyújtja, majd összehúzza egy kicsit –, a pulzáraktól érkező rádióhullámok kissé hosszabb vagy rövidebb idő alatt jutnak el hozzánk. Az egész pulzárhálózat viselkedését áttekintve kirajzolódnak a világűr fodrozódásai. Ehhez persze, ahogy az sejthető is, rengeteg adatot kell elemezni.

Rengeteg adat – rengeteg feladat. Ilyen feladatokból, kutatási témákból pedig

AKAD BŐVEN AZ ELTE FIZIKUSAINÁL,

és akkor ehhez érdemes még hozzávinnünk a simulációkat is, melyek éppúgy elemzésre váró adatok tömegét adják, mint a valós fizikai kísérletek és mérések. Timothy szerint ezek a lehetőségek azok, amelyek igazán különbséget tesznek egyetem

„így lehet igazán megtudni, valójában mivel is akarsz foglalkozni”

és egyetem között mindazok számára, akik tudományos pályára készülnek. A szabadon hozzáférhető tankönyvek és online kurzusok korában az alapképzés különbségei lassan eltűnnek, viszont a kutatóműhelyekben szerzett tapasztalat aranyat ér. Persze az Amerikából jött kutató utolsó jó tanácsát érdemes mindenkinek megfogadnia, akit lázba hozott a tudományos munka: „Csináld meg a leckét, és ismerd meg minél jobban a tanszéket, ahova érdeklődésed vonz. Készülj fel alaposan arra az alkalomra, amikor először mész oda a professzorhoz az óra után, és felveted neki, hogy csatlakoznál a tanszék munkájához.” A lábak remegése valószínűleg nem spórolható meg, de megéri! ●



NASA, CERN, LIGO – már a hallgatók is bekapcsolódhatnak a legnagyobb nemzetközi projektekbe

A modern fizika egyre több területe elképzelhetetlen komplex kísérleti berendezések nélkül. E csúcstechnológiai műszerek költségei gyakran csak több ország intézményeinek összefogásával teremthetők elő.

Az ELTE TTK Fizikai Intézet kutatói ezért nem csupán modern egyetemi kutatólaboratóriumokban dolgoznak, hanem számos nemzetközi óriás projektben is részt vesznek, mint a CERN LHC CMS kísérlete, a gravitációs hullámokat felfedező LIGO lézer-interferométer, az ESA, a NASA, a Japán Űrügynökség kutató műholdjai vagy a Hawaiiin épített égboltfelmérő távcső.



„A Fizikai Intézet hallgatói tanulmányaik során lépésről lépésre megismerkednek a fizikai kutatás alapvető eszközeivel. Az egyszerű fizikai jelenségek vizsgálatától a modern tudomány megalapozását adó kísérleteken át eljutnak a mai élvonalbeli kutatásokban is használt eszközök alkalmazásához” – mondja **PÁSZTOR GABRIELLA**, MTA-ELTE Lendület-kutatócsoport-vezető, az Atomfizikai Tanszék főmunkatársa. „Hallgatóink saját kezükkel végezhetnek méréseket oktatási laborjainkban a fizika minden területén, majd kutatási feladatokat is kaphatnak modern eszközeinkkel.”

Ilyen például az új atomierő-mikroszkóp és a nagy értékű, a régióban is kiemelkedő jelentőségű pásztázó elektronmikroszkóp, amelyekkel az optikai mikroszkóp számára láthatatlanul kicsi objektumok is megfigyelhetők. A röntgen-diffrakációs berendezésekkel kristályok szerkezetét vizsgálhatjuk, a videomikroszkóppal pedig élő sejtek mozgásából vonhatunk le következtetéseket.

Egy fizika iránt érdeklődő fiatal számára rendkívül vonzó lehetőség, hogy már egészen korán, akár az első évfolyamokon bekapcsolódhat



Látogató a CERN-ben a CMS detektor előtt | A Panoramic Survey Telescope Hawaiiin

azoknak a nagy nemzetközi tudományos együttműködéseknek a munkájába, amelyek felfedezéseitől hangos a sajtó, és amelyek munkáját fizikai Nobel-díjak is kísérték az utóbbi években.

Az egyik legnagyobb és tudományosan leggyümölcsözőbb nemzetközi együttműködés a Franciaország és Svájc határán fekvő, az Európai Nukleáris Kutatási Szervezet, a CERN által épített részecskegyorsító, a Nagy Hadronütköztető.

„A CMS kísérlettel az anyagot felépítő legapróbb részecskék tulajdonságait vizsgáljuk. E kutatások eredménye a Higgs-bozon Nobel-díjjal jutalmazott felfedezése is, amellyel sikerült megmagyaráznunk, hogy mi az elemi részecskék tömegének eredete. Sőt a laboratóriumban létrehozott miniósröbbanásokkal visszatekinthetünk az időben, és megvizsgálhatjuk, hogy egymilliomod másodperccel az ósröbbanás után milyen forró és sűrű kvarkanyag építette fel az univerzumot”

– folytatja a részecskefizikus, aki egy fizikai munkacsoportot is vezet az együttműködésben.

De a gravitációs hullámok Nobel-díjas felfedezését elérő LIGO munkatársai között ugyancsak ott találjuk a Fizikai Intézet Frei Zsolt által vezetett kutatócsoportját. A gravitációs hullámokat hatalmas gyorsuló tömegek (például összeütköző fekete lyukak) keltik a téridőben, és csak a legpontosabb berendezésekkel érzékelhetők.

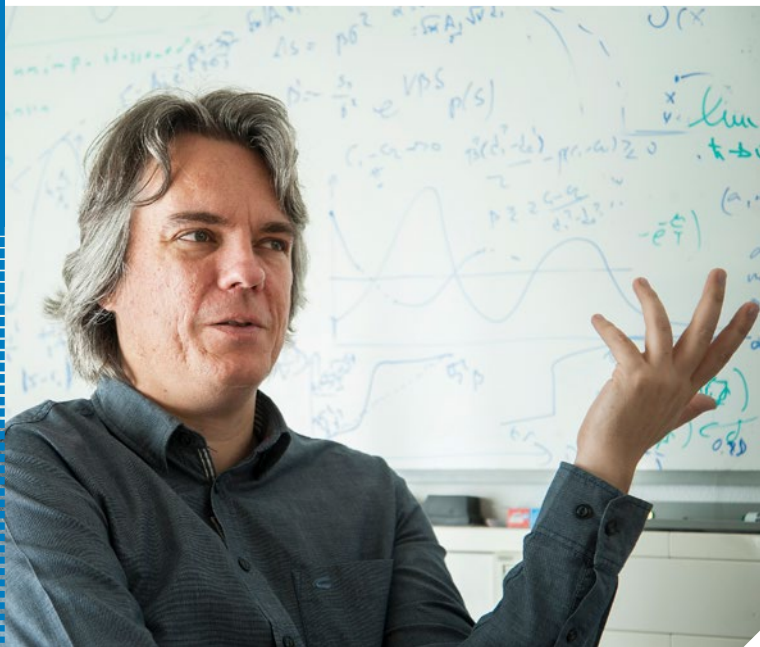
A nemzetközi tudományos együttműködések harmadik csoportját a csillagászati és asztrofizikai célú kooperációk jelentik, amelyek berendezései lehetnek a Föld emberi civilizációtól távol eső vidékein épített (így kevés zavarásnak, környezeti zajnak kitett) távcsőrendszerek vagy az űrben működő obszervatóriumok.

Az egyik ilyen kísérleti berendezés a Hawaiiin álló Panoramic Survey Telescope, amelynek kutatásaiba magyar fizikusok is bekapcsolódtak.

A távcső a Hawaiiiról látható teljes eget feltérképezi, és főként változékony objektumok után kutat. Ugyancsak az égen látható objektumokat hivatott feltérképezni a Sloan Digital Sky Survey. Az adatait használva háromdimenziós égtérkép készült a Fizikai Intézet munkatársainak közreműködésével. A kollaborációk sorát sokáig folytathatnánk. A röntgenspektroszkópia módszerét alkalmazó kutatók az Európai Űrügynökség (ESA) XMM-Newton űrtávcsövétől, a NASA Chandra űrteleszkópjától és a Japán Űrügynökség műholdjaitól is kapnak adatokat.

A tehetséges hallgatók tehát kihasználhatják az egyetemi laboratóriumok lehetőségeit, bekapcsolódva az ott folyó kutatásokba. A nemzetközi együttműködések, valamint az adatközlés internet biztosította szabadságának köszönhetően már hallgatókorukban ellátogathatnak a világ vezető laboratóriumaiba, és tevékenyen részt vehetnek a világra szóló felfedezésekben is. ●

Kétezermilliárd fokos protonok *a szerverteremben*



Katz Sándor, a legfiatalabb akadémikus vezeti az ELTE Fizikai Intézet Elméleti Fizika Tanszékét, ami kellően megközelíthetetlennek tűnhet a kívülálló számára. Pedig szó sincs arról, hogy szuperhúrokat csomózgatna, vagy a fekete lyukak kvantummechanikai leírására találna ki újabbnál újabb teóriákat. Az egyenletek, amelyekkel dolgozik, jó fél évszázada ismertek: legjobb tudásunk szerint leírják az atommagban és a protonok, neutronok belsejében ható erős kölcsönhatást. Egyetlen gond van csak: állati nehéz velük számolni. A fizika sok más területén elég egy jó közelítést adni a megoldásra, majd finomítani az eredményt – a magerők világában azonban ez nem működik.

Így hát Katzék nagyjából azt teszik a térrel, amit a digitális fényképezőgép a valóság képével:

A világegyetem még egy ezredmásodperce sem létezik, kvarkok és gluonok száguldoznak csaknem fénysebességgel, nemhogy atommagok, de még protonok és neutronok sincsenek a láthatáron – egy igazi forró ősleves. Azután egyszer csak minden kitisztul: egyetlen szabad kvarkot vagy gluont sem látunk, mind bezáródtak ilyen vagy olyan részecskékkébe, és immár igen-igen nehéz őket előcsalogatni.

Mi a csuda történt? És egyáltalán honnan tudjuk, hogy így zajlottak a dolgok?

KATZ SÁNDOR ilyen, több mint 13 milliárd éves kérdésekre keresi a választ, kedvenc eszközt pedig gémekről kell elhagynia a hardvernagykerben.

rácspontokra bontják. Ezekon a rácspontokon kiszámítják az egyenletek eredményeit, majd addig finomítják a rácsot, míg az eredmény el nem kezd „beállni”. Míg a kezdeti kérdésselvetés túl megfoghatatlannak, elérhetetlennek tűnt, ez a rácspontos elgondolás akár favágásnak is látszódnak – pedig egyáltalán nem az. Az igazság valahol a két véglet között van, és nem szűkölködik izgalmakban, ráadásul akár diákok számára is tartogat lehetőségeket.

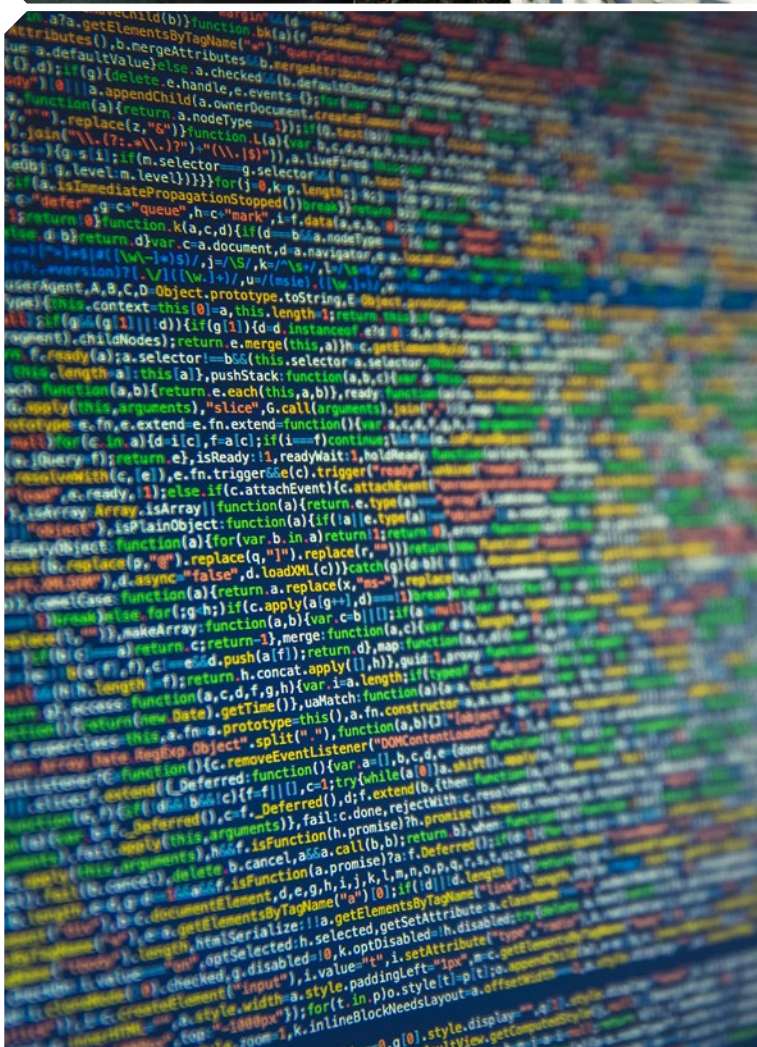
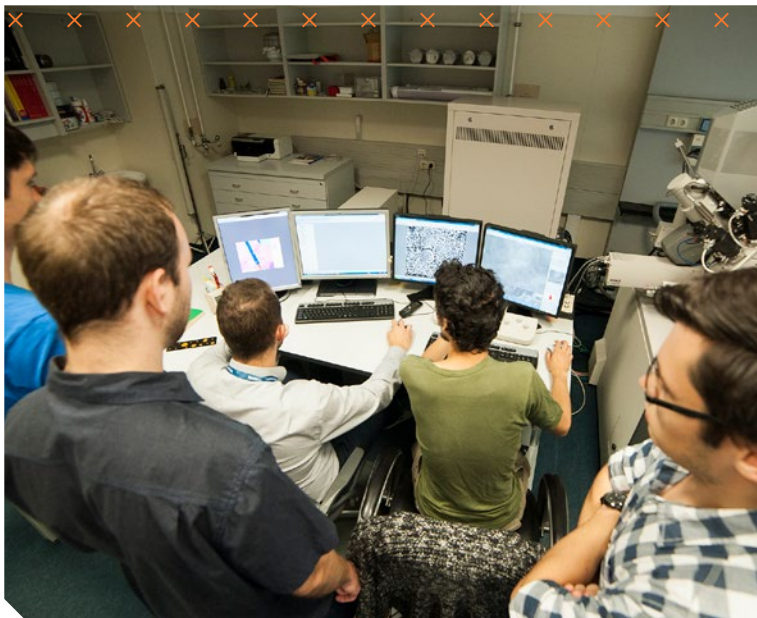
Az izgalmak a megvalósítással kezdődnek. Ha egy gyanútlan idegen betéved Katz Sándor irodájába, elképzelhető, hogy mosolyra húzódik a szája, amikor meglátja a sarokban egy dobozon a feliratot: GeForce GTX 1080. Csúcs grafikus kártya, a játékosok vágyainak titkos tárgya. Amikor azonban

meglátja alatta a másik két ugyanilyen dobozt, már sejthető, hogy e kártyák más célt szolgálnak. A szerverteremben 384 ilyen és ehhez hasonló kártya szolgálja a fizikusok „játékát” – ezek a kártyák ugyanis egyenként 1500 processzormaggal képesek párhuzamosan számolni. És minden processzormag a szimulált térrács egyik pontjának felel meg. A grafikus kártyák ilyen célú használatát Katz Sándorék ELTE-n működő kutatócsoportja kezdte el, tőlük vették át azóta sokan az ötletet.

MINDEBBŐL LÁTSZIK AZ IS,

hogyan a térrács finomítása meglehetősen költséges dolog, és ahhoz, hogy a számítások valóban eredményre vezessenek, egyszerre kell jó fizikai érzék, a legújabb algoritmusok ismerete és programozási képességek. Egy ügyesen feltehető kérdés és egy jól megválasztott módszer gyorsabban eredményre vezet. Jól példázza ezt az a több mint öt éven keresztül húzódó versengés egy amerikai kutatócsoporttal, amelynek során éppen a bevezetésben említett kvark-gluon plazma „kifagyásának” hőmérsékletét próbálták meghatározni. Katz Sándorék módszere már az elején elvezetett a helyes értékhez, míg az amerikaiak kevésbé hatékony eljárást választottak, és egy téves értékhez tartották magukat. Fél évtized múltán kiderült, hogy kellően finom rácson az ő módszerük is a magyar eredményt adja: 150–170 megaelektronvoltot, vagyis nagyjából 2000 milliárd fokos hőmérsékletet.

Nem egyszer előfordult már, hogy egy másodéves egyetemista csatlakozott Katzék kutatócsoportjához – a programozásban már ilyen fiatalon is nagy segítség lehet egy diák a csapat számára, és időközben „felszedi” a fizikát is, főként, ha néha nem bír a kíváncsiságával, és kicsit előreugrik a tananyagban. Elképzelhető, hogy éppen ő lesz az, aki egy olyan ötlettel járul hozzá a számításokhoz, mely egy újabb öt éves vita végére tesz pontot. •



Az atomoktól a csillagokig: előadások középiskolásoknak a Fizikai Intézetben

Próbáltál már robotokat programozni útkövetésre vagy tűzoltásra? Megpróbáltad már elképzelni, milyen lesz kvantumszámítógéppel letölteni? Érdekel, mit csinál egy évig egy fizikus az Antarktison?

Az *atomoktól a csillagokig* című előadás-sorozatban az ELTE TTK Fizikai Intézetének kutatói és oktatói beszélnek kéthetente a fizika legizgalmasabb témáiról középiskolásoknak, érdekesen és érthetően.



Gyere el, nézz bele!

AKTUÁLIS ELŐADÁSOK, IDŐPONTOK, JELENTKEZÉS:

www.atomcsill.elte.hu

Helyszín: ELTE TTK Lágymányosi Campus Északi Tömb, Eötvös-terem (földszint 0.83). **Cím:** 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A

ÉLŐ KÖZVETÍTÉS:

www.galileowebcast.hu/kozvetites.html



„A modern fizika olyan bonyolulttá, sőt absztrakttá vált – gondolhatnánk –, hogy képtelenség róla úgy beszélni 14–18 éves diákoknak, hogy akár csak a kis részét is megértsék. Ez azonban tévedés. A témák kiválasztásának egyik fő szempontja, hogy minél inkább kapcsolódjanak a diákok mindennapi életéhez, így megmutassák nekik gyakorlati jelentőségüket – mondja **CSERTI JÓZSEF**, az ELTE TTK Fizikai

Intézet Komplex Rendszerek Fizikája Tanszékének egyetemi tanára, az előadás-sorozat szervezője. – Egy tanévben 12-14 előadást tartunk, kéthetente szeptembertől ápriliséig. Az előadók mindannyian kiváló szakemberek, az ELTE oktatói, akik a Fizikai Intézetben zajló nemzetközi színvonalú kutatómunkát mutatják be a középiskolások számára tökéletesen érthető stílusban” – teszi hozzá Cserti József.



Mesterséges neuronhálóval a rák ellen

Az ELTE TTK Fizikai Intézetben folyó kutatások egy részének első pillantásra kevés köze van a fizikához. Ez azonban csak a látszat. A gépi tanuláson alapuló mesterséges neuronhálóok fejlesztése épp akkor élte első virágkorát, amikor **CSABAI ISTVÁN** az 1980-as évek végén fizikusként végzett az ELTE-n, így ez lett a témája a doktori disszertációjának. **Azóta eltelt harminc év, és a világ teljesen megváltozott.**

A mai számítógépek összehasonlíthatatlanul gyorsabbak, és az elmúlt évtizedekben hatalmas adathalmazok keletkeztek – e két dolog szükséges a hatékony gépi tanuláshoz.

„A kutatócsoportom olyan tudományterületekkel foglalkozik, amelyeken rengeteg adat gyűlik össze. Ezekre az adathalmazokra alkalmazzuk a gépi tanulási módszereket. Ezért az érdeklődési körünk a fizikán túl más tudományágakra is kiterjed, és a fizikushallgatók oktatásában is nagy hangsúlyt fektetünk a modern számítástechnikai módszerekre, beleértve a mesterséges intelligenciát is – mondja Csabai István, az ELTE TTK Fizikai Intézet Komplex Rendszerek Fizikája Tanszékének egyetemi tanára. – Az orvosi vizsgálatok, például a mammográfiai emlődaganat-szűrések során ugyancsak rengeteg adat, pontosabban kép keletkezik. Ezeket tanulmányozva azonosítják az orvosok az esetleges daganatokat. A mesterséges intelligencia azonban az utóbbi



időben hatalmas fejlődésen ment át a képfeldolgozás terén, így adódik a lehetőség, hogy a mammográfiai leletek elemzésében is igénybe vegyünk.”

Az Amerikai Rákkutató Intézet ezért írta ki a Dream Challenges versenyt, amelyen a résztvevőknek olyan algoritmusokat kell írniuk, amelyek minél hatékonyabban tudják azonosítani a daganatokat. A versenyen 2017-ben Ribli Dezső, a Fizikai Intézet PhD-hallgatója 1200 indulóból a 2. helyen végzett. Ha e módszerek a klinikai gyakorlatban is elterjednek, ékes példáját fogják adni annak, hogy egy elméletinek tűnő kutatás hogyan segítheti emberek millióinak életét.

Ha azt gondolnánk, hogy ennek vajmi kevés köze van a fizikához, hatalmasat tévedünk.

„A mesterséges neuronhálóok nem csak azáltal kapcsolódnak a fizikához, hogy fizikai problémák megoldására is használjuk őket. Valójában a kifejlesztésükön is rengeteg fizikus dolgozott – érvel Csabai István. – Ez nem is meglepő, hiszen ezek fizikai rendszerek abban az értelemben, hogy sok kölcsönható elemet tartalmaznak. Sokban hasonlítanak például a mágneses rendszerekhez, ahol a mágneses momentumok hatnak kölcsön egymással nemlineáris módon. Így a teljes rendszer működésének megértésében a statisztikus fizika oroszlánrészét vállalt.” ●



Kossuth Lajos beszél, a fekete lyukak hangját halljuk

De mik is azok a gravitációs hullámok? Einstein általános relativitáselmélete szerint bármi, ami tömeggel rendelkezik, hatással van a tér (pontosabban a téridő) szerkezetére. A világegyetemet nagyjából úgy képzelhetjük el, mint egy hatalmas gumilepedőt, amelybe kisebb-nagyobb golyók (csillagok, bolygók és egyebek) nyomódnak bele, a gumilepedőn tovaterjedő rezgések pedig a gravitációs hullámok. E rezgések minden emberi mérce szerint lehetetlenek, olyannyira, hogy mérésük csak az utóbbi években vált elér-

hetővé – ebben vett részt kutatótársaival Raffai Péter is.

Hogy érezzük a méreteket: az első észlelt gravitációs hullámok két fekete lyuk összeolvadásánál keletkeztek, ahol három naptömegnyi energia áradt szét gravitációs hullámok formájában a világűrben. Mindebből a Földön a kutatók annyit észleltek, hogy a tér rövid időre egy proton átmérőjének töredékével kitágult és összehúzódott.

Hogyan is észlelték ezt a változást? Mivel a fény sebessége semmilyen körülmények között nem

„Mintha eddig némafilmet néztünk volna, és most jönne meg a hang” – nagyjából ennyit fejlődött a csillagászat a gravitációs hullámok 2015-ös felfedezésével **RAFFAI PÉTER** asztrofizikus szerint, aki maga is ott volt és van máig is a kutatások sűrűjében.

változik, ha „alatta” összenyomódik vagy kitágul a tér, kevesebb vagy több idő alatt teszi meg az utat két pont között. Ezt a különbséget kell minden más hatás kizárásával nagyon pontosan megmérni. Épp ezt teszik az amerikai LIGO és az olaszországi Virgo obszervatóriumokban. Ezek lettek a csillagászok „fülei”, hiszen eddig csak a fény különféle energiájú változatait, vagyis elektromágneses sugárzást voltak képesek érzékelni, most pedig a tér rezgéseit hallgathatják.

No de hogy jön ide Kossuth Lajos beszéde? Raffai Péter harmadéves egyetemista korában vett részt a Caltech-en egy gravitációs hullám nyári programon; Frei Zsolt ekkor alapította kutatócsoportját ebben a témában, amihez Raffai csatlakozott. Win-win szituáció volt, ahogy azt a későbbi eredmények is mutatták.

A mérésekhez először is biztosítani kell, hogy a detektor minél kevesebb zajt érzékeljen a környezetből. Ez pusztán hardveresen nem érhető el, valamennyi zaj mindenképpen beszivárog a kísérleti berendezésbe. Azonosítani kell hát a zajforrásokat, és szoftveresen kiszűrni ezt a zajt a mérésből. Végül pedig rengeteg lehetséges gravitációhullám-forrást kell fizikailag modellezni, hogy egyáltalán tudják, milyen jelekre számítnak, és ezekből mi olvasható ki. A feladat nagyjából ahhoz fogható, mintha egy zajos étterem csukott ablakán kívülről hallgatózva fel kellene ismernünk, hogy Rihanna melyik slágerének dallamát dúdolta egymásnak egy párocska a sarokban.

Így már talán érthető, miért adta feladatként Kossuth Lajos egyetlen, viaszhengeren fennmaradt

beszédének zajszerűségét egy fiatal diákjának Raffai Péter – ez a diák ma már túl van az alapképzésen,

ÉS EGYÜTT DOLGOZIK VELÜK A KUTATÓCSOPORTBAN.

Raffai Péter szerint a korán elkezdett kutatómunka azért is igen kifizetődő, mert a középiskolához képest egész más képességeket fejleszt. A versenyeken taroló problémamegoldók sokat tanulhatnak a jó kérdésfelvetésről, a megoldhatatlan feladatok elengedéséről és a prezentációról. Akiknek viszont jó ötleteik vannak, vagy épp munkájuk bemutatásában ügyesek, a problémamegoldásban fejlődhetnek.

A fizikus szak és az itt végzett kutatás jó ugródeszka lehet más területek felé is – a gravitációs hullámok adatsorainak elemzési módszerei például tőzsdei vagy orvosi alkalmazásokban is nagyszerűen beválnak. A kutatómunka páratlan kreatív szabadságot ad, ha viszont a diák úgy dönt, hogy az iparban folytatná, témavezetője olyan feladatokkal segítheti, melyek eszközei később is hasznosak lehetnek.

„Ahogy bekerülsz az egyetemre, keress magadnak kutatócsoportot! Ha akár csak egy projektre is elköteleződsz, a tanulságok az egész gondolkodásodra hatással lesznek” – tanácsolja Raffai Péter. ●

„a tanulságok az egész gondolkodásodra hatással lesznek”



Fizika tanösvény: *nézd meg, hol születik az új fizika!*

Érdekel, hogyan zajlik élesben a kutatás? Benéznél a laboratóriumok mélyére, ahol a felfedezések születnek? Akkor látogasd meg osztálytársaiddal és fizika-tanároddal a Fizikai Intézet tanösvényét! A tanösvény hat igazi kutatólaborból áll, ahol péntekenként az intézet kutatói és oktatói fogadnak benneteket.

Gyere el, próbáld ki!

A TANÖSVÉNY HONLAPJA, JELENTKEZÉS:

fizika-tanosveny.elte.hu

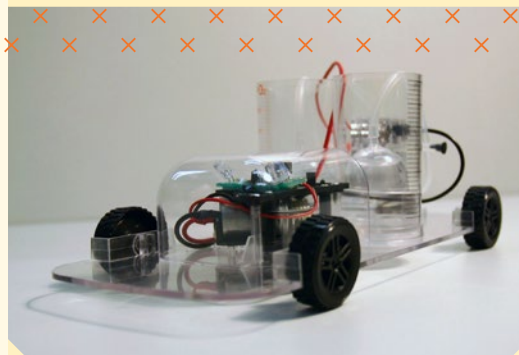
Helyszín: ELTE TTK Lágymányosi Campus Északi Tömb, III. bejárat (a Duna felől).

Cím: 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A

Időpont: pénteken délelőttönként 9-től és 10.30-tól

A körülbelül kétórás látogatás során két-három laborral ismerkedhetsz meg. Közben valódi kísérleteket láthatsz, például örvények keletkezését egy 10 méter hosszú kádban vagy az univerzum nagyléptékű szerkezetének modellezését egy hatalmas vetítőtáblán.

Laborok: Kármán Környezeti Áramlások Laboratórium | Demonstrációs Laboratórium | Kozmikus részecskék | Röntgenfluoreszcencia | Fluoreszcens mikroszkóp | Tudományos vizualizáció



Az elsők között a tudománynépszerűsítésben is



Az intézet doktorandusza nyerte a FameLab első magyarországi döntőjét

Az ELTE TTK Fizikai Intézetének kutatója, **Kis-Tóth Ágnes** végzett az első helyen a 2018 májusában Magyarországon elsőként megrendezett tudománykommunikációs versenyen, a FameLaben. A fekete lyukak titkait bemutató fizikus, az Atomfizikai Tanszék doktorandusza, Frei Zsolt tanítványa képviselte Magyarországot a júniusi nemzetközi döntőn Nagy-Britanniában, a Cheltenham Science Festivalon.

A FameLab természettudományos, matematikai, informatikai, mérnöki és orvosi területen kutatók, oktatók vagy hallgatók részére megrendezett tudománykommunikációs verseny, melyben a versenyzők mindössze három percet kapnak egy frappáns, tartalmas és közérthető előadás megtartására kutatásaik eredményéről vagy egyéb tudományos témában. Az előadás tartalma mellett fontos a közérthetősége is. ●

Az ELTE TTK Fizikai Intézet kiadványa felvételizőknek

Felelős kiadó: *Frei Zsolt*
Felelős szerkesztő: *Raffai Péter*
Szerkesztő: *Simon Tamás*
Olvasószerkesztő: *Földes Zsuzsanna*
Design, tördelés: *Sipos Géza*
Fotó: *Szigeti Tamás, Kuli Zoltán, Rob Ratkowski, cern.ch, unsplash.com*
(*Gaëlle Marcel, Rawpixel, Markus Spiske*)
Nyomda: CC Printing Kft., Budapest

Néhány fontos tudnivaló

AZ INTÉZET
HONLAPJA



physics.elte.hu

JELENTKEZÉSI
HATÁRIDŐ:

FEBRUÁR 15.



fizikaokt.elte.hu



A Fizikai Intézet helyiségei a jelölt folyosókon találhatóak a földszinttől az 5. emeletig

- *Intézetigazgató Frei Zsolt
- *Általános igazgatóhelyettes Katz Sándor
- *Oktatási igazgatóhelyettes Derényi Imre
- *Intézeti titkárság Letrich Eszter
- *Cím 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A
- *Postai cím H-1518 Budapest, Pf. 32
- *Titkárság telefonszáma (06 1) 372 27 75
- *E-mail eszter.letrich@ttk.elte.hu

