Kutatási témák középiskolás diákok számára a 2025/26-es tanévre

1. Mérd meg lézeres fotoakusztikus mérőműszerrel egy autó széndioxid-kibocsátását görgős fékpadon! Kapcsolat: Dr. Bozóki Zoltán, zbozoki@physx.u-szeged.hu

Először meg kell mérned egy automatikus programmal a kuplungon, a sebességváltón, a differenciálművön és a kerekeken elveszett teljesítményt (hajtásláncveszteséget), majd a kerekeken leadott teljesítményből következtetni tudsz a motor teljesítményére. Közben a változó gázpedálállásokhoz más-más motorteljesítmény fog tartozni, ami változó szén-dioxid emissziót fog eredményezni. Ezen változásokat egy autó után elhelyezett, kipufogóra rögzíthető, fotoakusztikus műszerrel mérd meg, majd értékeld ki a mérés eredményeit. Kiértékelés közben keresd meg az összefüggést a kipufogógáz szén-dioxid tartalma és a mért fotoakusztikus jel között. Értsd meg a fotoakusztika lényegét, majd az abból származó egyszerűségét és egyediségét! A fotoakusztikus műszerrel párhuzamosan egy gyári emisszióméróvel is meg tudod mérni a kipufogógáz CO_2 tartalmát, majd párhuzamot tudsz vonni a két mérési elv pontosságáról.

2. Mérd meg a Hercules 10 drónra telepített fotoakusztikus mérőrendszerrel a légkör vízszintes és függőleges rétegeinek vízgőztartalmát! Kapcsolat: Dr. Bozóki Zoltán, zbozoki@physx.u-szeged.hu

A Hercules 10 drón egy közel 8 kg teherbírású drón, amely már képes kész műszerek szállítására, így akár a fotoakusztikus vízgőzmérő rendszer reptetésére is alkalmas. A földfelszíni vízgőz meghatározása után a drón beindítását követően emelkedve a vízszintes levegőrétegek vízgőztartalmának feltérképezése van kitűzve. Egy másik feladatként a 90x90 cm méretű drónnal az akár 70 km/h-ás sebességgel mérd fel egy vízszintes levegőréteg páratartalmát. A távirányító-drón hatótávolsága 2 km, így egy városrész teljes feltérképezését el tudod végezni a fotoakusztikus rendszerrel. Értékeld ki a fotoakusztikus jelként megmért vízgőzt, majd közben keresd meg az összefüggést a légkör páratartalma és a mért fotoakusztikus jel között. Értsd meg a fotoakusztika lényegét, majd az abból származó egyszerűségét és egyediségét!

3. Lézerek orvosi alkalmazásai Kapcsolat: Dr. Hopp Béla, bhopp@physx.u-szeged.hu

A lézerek 1960-as felfedezésüket követően szinte azonnal megjelentek az orvostudományban is. Már a hatvanas években folytak kísérletek orvosi alkalmazási lehetőségeikkel kapcsolatban, s igen hamar ki is derült, hogy a gyógyítás szinte minden területén nagy hatékonysággal bevethetők. Olyan beavatkozásokat is lehetővé tesznek, melyek a hagyományos eszközökkel, módszerekkel korábban nem voltak megvalósíthatók. Az 1980-as, 90-es évek: kiteljesedett a lézerek orvosi alkalmazása, bebizonyosodott, hogy az emberi szervezet szinte minden szervén, szövetén a különböző típusú lézerekkel rendkívül hatékony és kíméletes módon végrehajtható műtétek végezhetők. Mindez azonban nem jelenti azt, hogy már minden lehetőséget felfedeztek, megvizsgáltak, kiaknáztak volna. Kutatási feladat: lézerrel besugározni különböző biológiai (nem emberi) szöveteket, s megvizsgálni, ennek hatására mi történik velük.

4. Nanostruktúrák lézeres kialakítása Kapcsolat: Dr. Hopp Béla, bhopp@physx.u-szeged.hu

Az impulzuslézerek nagy pontosságú mikromegmunkálást tesznek lehetővé még a nagy hővezetési tényezővel rendelkező fémek esetén is. Bizonyos paramétertartományon a kezelt felületeken olyan nanostruktúrák alakulhatnak ki, amelyek nagymértékben csökkentik a besugárzott felület fényvisszaverőképességét az UV, a látható és a közeli IR tartományon egyaránt. Ezt az abszorpciónövekedést fémek széles skálája esetén kimutattuk, mint például arany, ezüst, réz. A mintázatok kialakulása és a reflexiós tulajdonságok változása közötti kapcsolatot vizsgáltuk különböző lézerparaméterek alkalmazása mellett. Kutatási feladat: a lézeres kezeléssel kialakított „fekete" fémek gyakorlati alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata, felkutatása.

5. Nanorészecskék lézeres előállítása Kapcsolat: Dr. Hopp Béla, bhopp@physx.u-szeged.hu

Az utóbbi évtizedekben a nanorészecskék és nanostruktúrák egyre inkább az érdeklődés előterébe kerültek sokféle potenciális alkalmazási lehetőségeik miatt, amelyek különleges fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságaik széles skáláján alapulnak. Mivel a fém nanorészecskék tulajdonságai függnek alakjuktól és méretüktől, kiterjedt vizsgálatokat végzünk ezen paraméterek szabályozására különféle előállítási módszerekkel. Elsősorban a lézeres besugárzási technikát alkalmazzuk, amely lehetővé teszi nanorészecskék előállítását szinte bármilyen fémből. Kutatási feladat: összetett fém nanorészecskék előállítása különböző fémek besugárzásával.

6. Összetett mechanikai problémák számítógépes megoldása Kapcsolat: Dr. Földi Péter, foldi@physx.u-szeged.hu

A mindennapi életben gyakran találkozunk olyan jelenségekkel, amelyek megértéséhez a mechanika elvei, a Newton-egyenletek adják a kulcsot. Azonban a tankönyvi példákon túlmenve, gyakran szembesülünk azzal a nehézséggel, hogy a bár fel tudjuk írni a mozgást meghatározó egyenleteket, azok megoldása már nehézkesnek, esetleg lehetetlennek is tűnik a hagyományos elméleti módszerek, azaz papír, ceruza és gondolkodás segítségével. Számítógép felhasználásával, a mozgásegyenletek numerikus megoldásával azonban a legtöbb összetett esetben is célt érhetünk. A tervezett munka során ennek a folyamatnak a részleteibe nyerünk betekintést, és önállóan írt programok segítségével oldunk meg érdekes problémákat – beleértve olyanokat is, amelyeket a diákok vetnek fel.

7. Legózás hullámokkal Kapcsolat: Dr. Czirják Attila, czirjak@physx.u-szeged.hu

Tudod-e, miről ismerjük fel csukott szemmel vagy felvételről hallva is, hogy egy dallamot milyen hangszeren játszik a zenész? (Hiszen a kottában előírt hangmagasság csak a hang frekvenciáját adja meg!) Hogyan tudja egy elektronikus szintetizátor utánozni egy valódi hangszer hangját? Hogy jönnek létre a szegedi ELI-ALPS kutatóintézetben az attoszekundumos „fény"-impulzusok? Honnan tudjuk, hogy egy távoli csillag körül kering-e bolygó, vagy akár azt, hogy milyen kozmikus esemény volt a forrása a LIGOban detektált gravitációs hullámnak? Ezeknek az egymástól igen távol eső fizikai területekhez tartozó kérdéseknek van egy nagyon érdekes és fontos közös alapja is: bonyolult rezgések vagy hullámok is előállíthatók és felbonthatók más, ismert, egyszerűbb rezgések vagy hullámok összegeként. Ha ezek az egyszerűbb rezgések sin vagy cos függvényekkel adottak, akkor ezt a módszert Fourier-analízisnek nevezzük, és ezzel a témakörrel már középiskolás tudás birtokában is érdemes megismerkedni. Próbáld ki, ábrázold a [0, 5] intervallumon (pl. Excel segítségével) a következő 3

függvényt: -cos(2*Pi*4*x/5), 2*cos(2*Pi*5*x/5), -cos(2*Pi*6*x/5), ezután ábrázold az összegüket is, és ezt hasonlítsd össze a 4*sin(2*Pi*x/10)^2*cos(2*Pi*x) függvény ábrájával. Célunk ebben a projektben számítógép (pl. saját laptop, PC, Raspberry PI, stb.) és egy barátságos, de nagyon okos szoftver (Wolfram Mathematica) segítségével periodikus jeleket (rezgések, hullámok) vizsgálni, előállítani, érdekes dolgokra alkalmazni. Egyéni vagy néhány fős csoport közös projektje is lehet.

8. Infravörös egyfoton detektorok tervezése Kapcsolat: Dr. Csete Mária, mcsete@physx.u-szeged.hu

Egyetlen foton detektálására is alkalmas fénydetektorok tervezése és modellezése számítógépes optimalizáló és szimulációs szoftverekkel. A kutatás során meghatározzuk, hogyan terjed a becsatolt fény az abszorpció növelésére és az elrejtett információ kiolvasására alkalmas nanostruktúrákat tartalmazó detektor-szerkezetben.

9. Nanolézerek tervezése Kapcsolat: Dr. Csete Mária, mcsete@physx.u-szeged.hu

Individuális nanorészecskén alapuló, vagy nanorészecske mintázatokból alkotott lézerek tervezése, optimalizálása és vizsgálata számítógépes szimulációs szoftverrel. A kutatás során meghatározzuk, hogy milyen nanofotonikai folyamatok segítik elő a lézeres működés karakterisztikájának (erősítési és lézer küszöb, hatásfok, kicsatolás irányítottság).

10. Meta-anyagok tervezése rezonáns erősítés és abszorpció céljára Kapcsolat: Dr. Csete Mária, mcsete@physx.u-szeged.hu

Meta-anyagok a fény hullámhosszával összemérhető periodikus mintázatokból felépülő struktúrák, amelyek különleges tulajdonságokkal rendelkezhetnek, mint például optikai egyenirányítás. A kutatás során ilyen anyagok tervezését és vizsgálatát valósítjuk meg számítógépes szimulációk segítségével, maximalizáljuk abszorpciójukat (tökéletes abszorber) vagy kicsatolási hatásfokukat (tökéletes lézer).

11. Meta-anyagok tervezése információ-kiolvasás és elrejtés céljára Kapcsolat: Dr. Csete Mária, mcsete@physx.u-szeged.hu

Meta-anyagok a fény hullámhosszával összemérhető periodikus mintázatokból felépülő struktúrák, amelyek különleges tulajdonságokkal rendelkezhetnek, mint például a negatív törésmutató. A kutatás során ilyen anyagok tervezését és vizsgálatát valósítjuk meg számítógépes szimulációk segítségével, negatív törésmutatót érünk el, amivel hagyományos lencséknél jobb feloldású leképezés, vagy „láthatatlanságot” biztosító optikai információ-elrejtés valósítható meg.

12. Rövidimpulzusos kivilágítás plazmonikus válasza Kapcsolat: Dr. Csete Mária, mcsete@physx.u-szeged.hu

Nanorészecskék rövid lézer impulzusra adott válaszát modellezzük számítógépes szimulációs szoftverekkel. A kutatás során megvizsgáljuk, hogy milyen nanorészecskével lehet az fényimpulzust a legkisebb térfogatra fókuszálni, erősíteni és időbeli lefutását rövidíteni, annak milyen hatása van a nanorészecskéből kilépő elektronok mennyiségére.

13. Plazmonikus céltárgyak rövidimpulzussal kölcsönhatásának négydimenziós kontrollja Kapcsolat: Dr. Csete Mária, mcsete@physx.u-szeged.hu

Nanorészecse eloszlás és mintázatok modellezése számítógépes szimulációs szoftverekkel, az energia és teljesítményviszonyok vizsgálata lézerimpulzussal történő kivilágítás során. A kutatás során optimalizáljuk a random részecskeloszlást vagy komplex meta-anyag struktúrát azzal a céllal, hogy az energia felhalmozódás és elektromágneses térerősítés minél nagyobb és egyenletesebb legyen.

14. Sokszínű nanorészecskék Kapcsolat: Dr. Kohut Attila, akohut@titan.physx.u-szeged.hu

A nanorészecskék „színét", azaz elnyelési és szórási spektrumát az anyaguk mellett a méretük és az alakjuk is befolyásolja. Gömb alakú részecskék esetén a spektrum az ún. Mie-szórás segítségével határozható meg elméleti úton, például a MiePlot nevű ingyenes szoftverrel. A MiePlot segítségével vizsgáld meg, hogy különböző fémek esetén – pl. arany, ezüst, réz – miként változik az elnyelési és szórási spektrum a részecskék méretének függvényében! Hasonlítsd össze a szimulált spektrumokat a NaMiLab csoport által, szikra plazmák segítségével előállított nanorészecskék kísérleti úton meghatározott spektrumaival. Tapasztalataid alapján gondolkozz el rajta, hogy miként lehetne ismeretlen méretű nanorészecskék méretét megbecsülni a mért abszorpciós és elnyelési spektrumuk alapján! Mik lehetnek egy ilyen módszer legjelentősebb korlátai?

Kutatási lehetőségek az SZTE Bajai Obszervatóriumban

15. Mérd meg egy magaslégköri ballon gondolájának fedélzetére telepített porszenzorral a légkörben lebegő por függőleges eloszlását 5000 m-ig! Kapcsolat: Dr. Hegedüs Tibor, hege@bajaobs.hu

Magaslégköri ballonnal 2,5 kg össztömegű gondolát tudunk kb. 30-35 km magasságba juttatni. A felfelé tartó repülés ideje kb. 1-1,5 óra, ez során különféle mérésekre van lehetőség. Alap meteorológiai adatokat minden repüléskor mérünk és rögzítünk, a diák kutatási téma tárgyát képező „lebegő por eloszlás" tanulmányozásához egy PMS7003 detektor áll rendelkezésre, ami a tapasztalatok szerint kb. 5000 m magasságig szolgáltat reális adatokat a por koncentrációjáról 6 különböző mérettartományban (>0,3 mm, >0,5 mm, >1,0 mm, >2,5 mm, >5,0 mm, >10,0 mm). A cél minimum két különböző (egymástól legalább 1 hónapos időkülönbséggel megvalósított) repülés során megvizsgálni a fedélzeten mért adatok alapján a különböző méretű porszemek magasság szerinti eloszlását, és pl. a páratartalommal, hőmérséklettel, légnyomással történő esetleges korrelációját. A szenzor laboratóriumi körülmények között történő (kalibrációs célú) tesztelése is a munka része. Ismerd meg a légkör-kutatás módszereit, használt technológiáit, értsd meg a passzív ballon-technika alapjait, előnyeit és hátrányait, lehetőségeit és korlátait!

16. A tervezett illancsi csillagpark feletti éjszakai égbolt háttérfényességének hosszútávú monitorozása SQM mérőműszerrel, a kapott adatokból különféle jellemzők meghatározása Kapcsolat: Dr. Hegedüs Tibor, hege@bajaobs.hu

A kanadai tervezésű és gyártású SQM műszer az adott telepítési helyszín feletti éjszakai égbolt zenit irányú szórt háttérfényességét méri egy kb. 20 fok nyílásszögű tartományban. Nemzetközileg elfogadott, kalibrált műszer, amihez automatikus adatgyűjtő elektronika kapcsolódik. A diák kutatási munka során a diák közreműködésével napelemes modullal kiegészített műszert telepítünk a Bajától

légvonalban 10 km-re lévő Natura 2000 védettségű illancsi csillagparki területen, több hónapos folyamatos adatsorban mutatkozó jellegzetes mintázatok értelmezésének megtanítása után egyszerű, elemi számolások segítségével lehetővé válik a megfigyelési időszak felhő-takartságának jellemzése, csillagászati megfigyelésekre alkalmas derült időszakok statisztikájának vizsgálata, és érdekes összefüggésekre derülhet fény a hold-mentes derült éjszakák csúcsértékeinek a helyileg mért páratartalommal történő összevetéséből!

17. Robbanó tűzgömbök azonosítása hazánk fölötti légtérben az MMT „allsky7/8" kamera-rendszerével, meteorit-hullás gyanús esetek leválogatása, és vizsgálata! Kapcsolat: Jäger Zoltán, jagerz@asterope.bajaobs.hu

Az MMT (Magyar Meteoritikai Társaság) által 2022 óta folyamatosan üzemeltetett, 6 állomást magában foglaló „allsky 7/8" kamerarendszerrel a diák kutatási időszak (néhány hónap) tartama alatt regisztrált legígéretesebb robbanó tűzgömbök (légkör-beli repülésük során egy vagy több, drámai felvillanást produkáló, extrém fényes meteorok) kiválogatása, egyenkénti alapos elemzése, és a legígéretesebb, földfelszínt elérő törmelék hullásával kecsegtető esetek részletesebb elemzése. A cél eléréséhez szükséges ismeretek könnyedén elsajátíthatóak, a részletesebb vizsgálatokhoz kész szoftverek rendelkezésre állnak, a munka jelentős része az éjszakáról éjszakára (sőt: nappal is!) folyamatosan termelődő képek tömegének átnézését foglalja magában, ami önmagában is izgalmas, érdekes feladat. Különös szempontja a kutatásnak az esetlegesen rögzítésre kerülő mesterséges holdak légkörbeli visszatéréseinek, vagy a fényesebb műholdak átvonulásainak azonosítása és leválogatása is, amik további fontos eredményekre vezethetnek. A kutatási téma végkimenetele szerencsés esetben akár lehullott meteoritok megtalálásáig is elvezethet, de ez természetesen nem garantálható, hisz előre nem megjósolható, hogy milyen tűzgömb-aktivitás lesz a diák kutatás időtartama alatt.