

SZAKMAI BESZÁMOLÓ A KUTATÁSI PROGRAM MEGVALÓSÍTÁSÁRÓL

A kutatási program címe: „Kvantumelektronika szakkör – lézeres barlang építése a gimnázium pincéjében”

A kutatást vezető mentor neve: Kilián Balázsné Raics Katalin

A kutatócsoport tanulóinak száma: 5 fő

- Knoch Júlia
- Kovács Bence Tamás
- Lovász Boglárka
- Szabó Dániel
- Weisz Pál

Érintett tudományterület (jelölje aláhúzással az érintett tudományterületet):

- **Természettudományok**
 - Biológiai tudományok
 - Fizikai tudományok
 - Földtudományok
 - Kémiai tudományok
 - Környezettudományok
 - Multidiszciplináris természettudományok
- **Műszaki tudományok**
 - Agrár műszaki tudományok
 - Anyagtudományok és technológiák
 - Építésmérnöki tudományok
 - Építőmérnöki tudományok
 - Gépészeti tudományok
 - Informatikai tudományok
 - Közlekedéstudományok
 - Vegyészmérnöki tudományok
 - Villamosmérnöki tudományok
 - Multidiszciplináris műszaki tudományok
- **Matematika**
 - Matematika

1. Kérjük, készítse el a megvalósult kutatási program munkatervét az alábbi szempontok alapján (legalább két A4-es oldal terjedelemben):

- Mutassa be a kutatási program tartalmát (tervezett és megvalósult elemek);
- Sorolja fel a kutatási program céljának elérése érdekében alkalmazott kutatási módszereket!
- Mutassa be, hozott-e új ismereteket és/vagy új eredményeket a megvalósítás.
- Mutassa be, hogyan hasznosultak a projekt eredményei (pedagógiai eredmények, a projekt eredménye).
- A projekt (várható) társadalmi-gazdasági hasznosulásának összegzése.
- A sikeresen megvalósított elemek bemutatása a pályázatban leírt munkatervhez képest.

- Mutassa be, mit tart a projekt legsikeresebb elemének, illetve legnagyobb eredményének!
- Mutassa be, mit tart a projekt legkevésbé sikeres elemének!

A kutatási projekt tartalma, kutatási módszerek (tervezett és megvalósult elemek):

1. Mi az a LÉZER? (Története, felépítése, a különleges fény, első kísérletek lézerekkel)
2. Mi az a LÁTÁS, hogy működik a szemünk? (Színlátás térlátás, megvakulás elkerülése).
3. Hogyan lehet manipulálni a fényt (irányát, intenzitását, megjelenését, kísérletek)
4. Boole algebra logikai műveletek (logikai hálózatok, logikai műveletek elektronikai realizálása, kísérletek logikai kapukkal)
5. Számítógéppel való vezérlés (intelligencia szintjei, kommunikáció a külvilággal, adatfeldolgozó egységek, mikrovezérlők)
6. **Tervezett:** Ötletpályázat a LÉZER-PINCE effektusaira (5 perces ismertetések, közös vita, műszaki megvalósítás lehetőségei (pénzügyi is), a várható élmény értéke (öröm/Ft)

Megvalósult: Ötletpályázatot terveztünk a LÉZER-PINCE effektusaira (és azok műszaki, pénzügyi megvalósításának lehetőségeire, a várható élmény értékére). A diákok ötletei megvalósíthatóság tekintetében kiforratlanok voltak, irányításra szorultak. Ötleteik finomításához a Pécsi Zsolnay negyedben tettünk látogatást, ahol a *Labor Interaktív Varázstér* nevű interaktív technikai játszóházat tekintettük meg. Ezt követően egy ötletbörzén alakítottuk ki a pincébe tervezett installációk listáját, átbeszéltük azok megvalósíthatóságát, közösen készítettük el a terveket, alakítottuk meg a munkacsoportokat. A vezetők voltak: MálnaPC és Lézer labirintus: Weisz Pál, Lissajous-görbék, infrakamera: Knoch Júlia, Görbült fény: Kovács Bence Tamás, Színes árnyékok: Lovász Boglárka, Interferencia és szivárvány-modell: Szabó Dániel

7. Csoportok megalakítása (programok meghatározása, munkamegosztás, csoporton belüli szerepek, ütemtervek)
8. Analóg és digitális vezérlések (beavatkozó elemek, kombinációs hálózatok, szekvenciális hálózatok, az intelligencia megosztása)
9. Lézerek vezérlésének lehetőségei (dióda lézerek működése, modulációja, mikrochip lézerek, üzemmódjai (CW, impulzus), szkennerek, akuszto-optikai modulátor)
10. Rezgések összetevése (harmonikus, anharmonikus rezgések, interferencia, lebegés, merőleges moduláció, Lissajous görbék, Fourier analízis, harmónia, disszonancia)
11. Munkacsoportok terveinek véglegesítése (előrehaladás, akadályok, tervek véglegesítése)
12. Pince berendezésének elkészítése: Tervezett kísérletek: Hullám-elhajlás és interferencia kísérletek, fénysebesség mérésfotocella modell, teljes visszaverődés, polarizációs forgatás cukoroldatban, szivárvány keletkezése óriás vízcseppben, spektrumok víz prizmával (folytonos, vonalas), „láthatatlan”, tárgyak UV és infravörös fényben.

Megvalósult kísérletek: Lézeres akadálypálya 2 színnel, Hullám-elhajlás és interferencia kísérletek 3 színnel, Lissajous-görbék hang+lézer, fénytörés cukoroldatban, szivárvány keletkezése óriás vízcseppben, 3 szín összeadása, színes árnyékok, láthatatlan tárgyak-infrakamera.

Változás a tervezett installációkban: A fénysebesség mérés és fotocella modell helyett a Lissajous görbék előállítása mellett döntöttünk, mivel elméletileg jobban megalapozott, de kellően összetett résznek véltük és a pályázat késői elbírálása miatt nem tudtuk volna elkészíteni. Ugyanezen megfontolásokból a spektrumok víz prizmával c. kísérlet helyett a színkeverést tartottuk szerencsésebbnek.

13. Tájékoztató táblák elkészítése, tesztelés, bemutatás az iskola többi tanulójának, külsős érdeklődő csoportoknak
14. A tapasztalatok összegyűjtése, jövőbeni tervek, a továbbfejlesztés lehetőségeinek megfogalmazása, publikációk megírása
Megjegyzés: A tervezett, vállalt publikációs számon felüli publikációk fordítása és elfogadtatása még folyamatban van.

A projektidőszakba tervezett, a tanulók szakmai képzését, a kutatás eredményességét segítő, elmélyítő események:

Tervezett:

- 1.) Látogatás a Szegedi ELI Szuperlézer Központba
- 2.) Betekintés a Szegedi Tudományegyetem Optikai és Kvantumelektronikai Tanszékén folyó munkálatokba
- 3.) Pécsi Tudományegyetem Fizikai Intézetében található lézeres és terahertzes laborok látogatása
- 4.) Lézerfizika témakörben tartott előadások látogatása a Pécsi Tudományegyetem Fizikai Intézetében és a Szentágotthai János Kutatóközpontban.

Megvalósult:

- 1.) Látogatás az ELI épületében és a SZTE lézermalabjaiban, valamint a Bajai Csillagvizsgálóban
- 2.) A Zsolnay Varázslabor Fény Termének meglátogatása, ötletgyűjtés
- 3.) Röntgen lézer labor megtekintése, részvétel a kutatócsoport megbeszélésén
- 4.) A szegedi szuperlézerhez készülő THz-es egység megtekintése
- 5.) Kvantumoptikai labor megtekintése, részvétel a kvantumtitkosítási csoport megbeszélésén
- 6.) THz előadás a PTE Szentágotthai Kutató Központban

A projekt újszerűsége, legsikeresebb eredménye

Nem szokványos, hogy közoktatási intézmények diákok keze munkája révén varázskuckó-szerű interaktív teret alakítsanak ki, aminek elkészítése magas szintű természettudományos és műszaki ismereteket igényel. A lézeres barlang egy különleges színpont az iskola életében. Nem egy készen kapott játéktér, hanem egy a diákokkal közösen kidolgozott, megtervezett és kialakított barlang, mely megteremtése során az odavezető munka öröme és haszna legalább olyan izgalmas és tanulságos volt, mint a végeredmény használatbavétele. A hely mérete és szelleme természetesen magában hordozza távlatilag a folyamatos munkálkodás és újabb ötletek kialakításának lehetőségét. A diákság fizika és műszaki megoldások iránti érdeklődésének felkeltésére az elmúlt évek tapasztalatai és előzményei alapján kifejezetten alkalmas volt a projekt.

A lézeres pince olyan sikeres lett, hogy több egyetemi oktató, szaktanár is megtekintette, újabb ötletekkel állt elő, csakúgy, mint a résztvevő diákok, akik továbbgondolták a már megvalósultakat. Így a továbbiakban is tervezzük a fejlesztését a következő tanévben induló szakkör keretei között. A fizika népszerűsítésének remek helyszínévé vált és válhat hosszú távon a projekt keretében megvalósított installációk sora a gimnázium pincéjében, állandó jelleggel. Több, más iskolából érkező csoport is megtekintette már. Kilátásba helyeztünk szakmai előadásokat a gimnáziumban a téma és a tantárgy népszerűsítése érdekében.

Pedagógiai eredmények, a projekt eredménye

Az iskolai lézerbarlang kiépítése során az együttműködési készsége jelentősen fejlődött a gyerekeknek: csoportban dolgoztak, közös volt a végső siker is. Mivel projektmunkáról volt szó, ezért hónapokon keresztül kellett kitartóan munkálkodniuk. Alázatot tanultak egymás,

a feladat és az idősebb, tapasztalt egyetemi kollégák iránt is. Hasznosnak, munkásnak, vidámnak és tanulságosnak bizonyult a 157 tanórányi szakköri időöltés, ami kifejezetten lényeges pedagógiai szempont: a fiatalság értelmes lefoglalása, motiváltságának elérése. A kitűzött cél eléréséhez a tanulóknak időnként szembesülni kellett kudarcokkal és újra kellett tervezni, más megoldásokat kell keresni, mint az eredetileg kidolgoztak. Ezekbe az egyszerűbb zsákutcákba hagytuk őket befutni - szerencsére ki is tudtak jönni onnan. A gyerekeknek lehetősége nyílt új ötletekkel előállni, érvelni az elképzeléseik mellett. A megvalósítás során igazolódott be, hogy tényleg kivitelezhető volt-e az ötletük.

A tudományos célok, kérdések megfogalmazása, a megválaszolásukhoz szükséges kísérletek, modellek megtervezése, kivitelezése, összegzése, mint stratégia hasznos átadnivaló; erre törekedtünk a szakköri munka során. A kis létszámú iskolai kutatócsoportunkban folyó munka során ablakot nyitottunk diákjainknak a tudományos kutatásra és a műszaki tudományokra az ehhez szükséges alapok, tapasztalatok biztosításával. Célul tűztük ki, hogy szélesedjen a tanulók látóköre a műszaki- és természettudományokban általában. A tanév során megtanulták munkájukat jegyzőkönyvezni, problémáikat megfogalmazni és megoldani (akár külföldi vagy hazai szakirodalom segítségével), eredményeiket magyarázni, prezentálni, továbbgondolni.

Felgyorsult társadalmunkban a diákság kifejezetten célorientált felfogása és szemlélete is igényli az olyan projektek kidolgozását, melyek kitartó munkával, de belátható időn belül eredményesek tudnak lenni, és kicsiben leképezik egy tudományos munkacsoport munkájának részfeladatait, a műszaki pályán lényeges munkafolyamatokat. A hosszú távú célok és lehetőségek megmutatása is célunk volt, ezért látogatást tettünk a tanév során Szegeden, az ELI Szuperlézer Központban, ami magyar viszonyok között, de európai szempontból versenyképes munkahelyeket vizualizál, a lézerek felhasználásának igazán sokszínű palettáját tárja fel pályaaorientációs szempontból is. A Szegedi Tudományegyetem Optikai és Kvantumelektronikai Tanszékén folyó munkálatokba is belátást nyertünk. A Pécsi Tudományegyetem Fizikai Intézetében folyó lézeres fejlesztőmunkába is beleshettünk: látogatásokat szerveztünk az intézet laborjaiba és a munkacsoportok előadásain és megbeszélésein vettünk részt tanulóinkkal.

A projekt (várható) társadalmi-gazdasági hasznosulásának összegzése

A graduális fizikaoktatásból elég sok témakör volt érintett, melyek demonstrálására, kísérleti kipróbálására nyújtott lehetőséget a barlangba tervezett, majd elkészített eszközök sokasága, a későbbiekben akár tanórai keretek között is. Az akadálypálya maga a fényszórás, visszaverődés, fény terjedés témakörök megértését segíti. A további installációk is változatos témakörök ismereteit mélyítették el a projektben résztvevő és a látogató diákok számára egyaránt. A hullám-elhajlás és interferencia kísérletek a hullámtani, a Lissajous-görbék előállítása a rezgéstani és magasabb szintű hangtani, a fénytörés cukoroldatban és a szivárvány modell a hullámok terjedési tulajdonságai, a színes árnyékok c. kísérlet a színkeverés, az infrakamerás kísérletek pedig a sugárzási törvényeket és a hőtani ismeretek bővítését tette lehetővé. A sok témakör alapos és gyakorlatias feldolgozása az elkészített demonstrációk révén valósult meg. A kutatócsoport tagjai alapos ismereteket szereztek, melyeket önállóan és szakszerűen be tudtak mutatni diáktársaiknak. A látogató diákok pedig egy másik, interaktív oldaláról ismerték meg a fizika említett fejezeteit, játékos formában.

A projekt végeredménye egy állandó interaktív kiállítás, fizika kuckó, mely az év bármely napján látogatható, tanórák kiegészítője is lehet és további fejlesztése a következő tanévi szakkörön valósul meg.

A projekt legkevésbé sikeres eleme

Mivel későn derült ki, hogy nyert a pályázat, a tervezett teljesítéshez sűríteni kellett a programot. Ez a tervszerűséget felborította (ld. jelenléti ívek).

2. Mutassa be, hogy a kutatási program megvalósítása milyen ütemezés szerint történt!

Hónap	Elvégzett feladatok	Részt vevő diákok neve	Elért eredmények
2016-10	Mi az a LÉZER? A LÉZER története, felépítése; a különleges fény, első kísérletek lézerekkel) -Mi az a LÁTÁS? Hogy működik a szemünk? (Színlátás, térlátás, balesetvédelem, megvakulás elkerülése).	Szabó Dániel Kovács Bence Tamás Lovász Boglárka** Knoch Júlia Weisz Pál	Elméleti alapok elsajátítása, balesetvédelem fontosságának belátása, védelmi elektronika szükségességének kialakítása
2016-11	Lézerfény irányának, intenzitásának, megjelenésének manipulálása. Kísérletek elvégzése	Szabó Dániel Kovács Bence Tamás Lovász Boglárka Knoch Júlia Weisz Pál	Elméleti háttér megismerése, elmélyítése és a gyakorlati készségek elsajátítása. Kísérletezés, manuális tevékenység
2016-12	Boole algebra logikai műveletek (logikai hálózatok, logikai műveletek elektronikai realizálása, kísérletek logikai kapukkal)	Szabó Dániel Kovács Bence Tamás Lovász Boglárka Knoch Júlia Weisz Pál	Elméleti háttér megismerése, elmélyítése és a gyakorlati készségek elsajátítása.
2017-01	Számítógéppel való vezérlés (intelligencia szintjei, kommunikáció a külvilággal, adatfeldolgozó egységek, mikrovezérlők)*	Szabó Dániel Kovács Bence Tamás Lovász Boglárka Knoch Júlia Weisz Pál	Elméleti háttér megismerése, elmélyítése és a gyakorlati készségek elsajátítása. Önálló ötletek megfogalmazása, érvek ütköztetése, közös tervezés.
2017-02	Csoportok megalakítása (programok meghatározása, munkamegosztás, csoporton belüli szerepek, ütemtervek kialakítása)	Szabó Dániel Kovács Bence Tamás Lovász Boglárka Knoch Júlia	Csapatmunka, együttműködés, felelősség, időbeosztás.

	-Analog és digitális vezérlések (beavatkozó elemek, kombinációs hálózatok, szekvenciális hálózatok, az intelligencia megosztása.	Weisz Pál	-Elmélet és gyakorlat egysége, problémák felvetése, megoldása.
2017-03	Lézerek vezérlésének lehetőségei (dióda lézerek működése, modulációja, mikrochip lézerek, üzemmódjai (CW, impulzus), szkennerek, akusztó-optikai modulátor)	Szabó Dániel, Kovács Bence Tamás, Lovász Boglárka, Knoch Júlia, Weisz Pál	Elmélet és gyakorlat egysége, problémák felvetése, megoldása, gyakorlati készségek elsajátítása.
2017-04	Rezgések összetevése (harmonikus, anharmonikus rezgések, interferencia, lebegés, merőleges moduláció, Lissajous görbék, Fourier analízis, harmónia, disszonancia) Munkacsoportok terveinek véglegesítése	Szabó Dániel, Kovács Bence Tamás, Lovász Boglárka, Knoch Júlia, Weisz Pál	Graduális ismeretek bővítése, kísérletes demonstráció, mérés. -Jegyzőkönyvek írása, problémamegoldás. Az eredeti tervekhez képest kisebb változtatások az installációkban, újratervezés.
2017-05	Pince berendezésének elkészítése: Lézeres akadálypálya 2 színnel, Hullám-elhajlás és interferencia kísérletek 3 színnel, Lissajous- görbék hang+lézer, fénytörés cukoroldatban, szivárvány keletkezése óriás vízcseppben, 3 szín összeadása, színes árnyékok, láthatatlan tárgyak-infrakamera	Az installációk felelősei: MálnaPC és Lézer labirintus: Weisz Pál, Lissajous-görbék, infrakamera: Knoch Júlia, Görbült fény: Kovács Bence Tamás, Színes árnyékok: Lovász Boglárka, Interferencia és szivárvány-modell: Szabó Dániel	Az eddig tanultak gyakorlatba ültetése, a berendezések elkészítése, tesztelése, a kísérletezés öröme, gyakorlati problémamegoldás.
2017-06	Pince berendezésének elkészítése, Tájékoztató táblák elkészítése, tesztelés, bemutatás az iskola többi tanulójának, külsős érdeklődő csoportoknak	Szabó Dániel, Kovács Bence Tamás, Lovász Boglárka, Knoch Júlia, Weisz Pál	Az eddig tanultak gyakorlatba ültetése, a berendezések elkészítése, tesztelése, a kísérletezés öröme világos magyarázat készítése -kísérleti bemutatók tartása

-A tapasztalatok összegyűjtése, jövőbeni tervek, a továbbfejlesztés lehetőségeinek megfogalmazása, publikációk megírása,		-tapasztalatcsere, írásos produktum elkészítése
--	--	---

* Ötletpályázatot terveztünk a LÉZER-PINCE effektusaira (és azok műszaki, pénzügyi megvalósításának lehetőségeire, a várható élmény értékére). A diákok ötletei megvalósíthatóság tekintetében kiforratlanok voltak, irányításra szorultak. Ötleteik finomításához a Pécsi Zsolnay negyedben tettünk látogatást, ahol a *Labor Interaktív Varázstér* nevű interaktív technikai játszóházat tekintettük meg. Ezt követően egy ötletbörzén alakítottuk ki a pincébe tervezett installációk listáját, átbeszéltük azok megvalósíthatóságát, közösen készítettük el a terveket, alakítottuk meg a munkacsoportokat. A vezetők voltak: MálnaPC és Lézer labirintus: Weisz Pál, Lissajous-görbék, infrakamera: Knoch Júlia, Görbült fény: Kovács Bence Tamás, Színes árnyékok: Lovász Boglárka, Interferencia és szivárvány-modell: Szabó Dániel

**Résztevő módosítás történt: Fülöp Vince helyett Lovász Boglárka tudta vállalni a szakköri tudományos munkát a tanév során.

3. Amennyiben a program megvalósítása során a pályázatban szereplő ütemezéstől eltértek, vagy a program a tervezetthez képest megváltozott, mutassa be az eltérést, és indokolja a módosítás okát!. (maximum 1000 karakter)

- Ötletpályázatot terveztünk a lézerpince effektusaira. A diákok ötletei megvalósíthatóság tekintetében kiforratlanok voltak, irányításra szorultak. Ötleteik finomításához a Pécsi Zsolnay negyedbe látogattunk, ahol a *Labor Interaktív Varázstér* nevű interaktív technikai játszóházat tekintettük meg. Ezt követően egy ötletbörzén alakítottuk ki a pincébe tervezett installációk listáját, átbeszéltük azok megvalósíthatóságát, közösen készítettük el a terveket, alakítottuk meg a munkacsoportokat.
- Laborlátogatás Szegeden: 2 utazás helyett 1 valósult meg, mert sikerült egy napra megszervezni az egyetemi és az ELI-beli látogatást is.
- Résztevő módosítás történt: Fülöp Vince helyett Lovász Boglárka tudta vállalni a szakköri tudományos munkát a tanév során.
- Változás a tervezett installációkban: A fénysebesség mérés és fotocella modell helyett a Lissajous görbék előállítás mellett döntöttünk, mivel elméletileg jobban megalapozott, de kellően összetett résznek véltük és a pályázat késői elbírálása miatt nem tudtuk volna elkészíteni. Ugyanezen megfontolásokból a spektrumok víz prizmával c. kísérlet helyett a színkeverést tartottuk szerencsésebbnek.
- A kutatási projektre fordított idő a teljes projektidőszak alatt 144 óra helyett 157 óra volt, mivel a kísérleti elrendezések gyakorlati megvalósítása időigényesebbnek bizonyult a tervezettnél.

4. Kérjük, válaszoljon az alábbi kérdésekre:

- Mutassa be, hogy a kutatási projekt hogyan segítette elő a programban résztvevő tanulók fejlődését, tehetségük kibontakoztatását? (max. 1000 karakter)

Elmélyedtek a személyre szabott feladathoz szükséges magyar- és angol nyelvű szakirodalomban. Javult az idegen nyelven történő irodalmazási készségük, megtanulták a lényegkiemelést a feladat szempontjából. Ahhoz, hogy közös nyelvet tudjanak beszélni

a munka során, egymás feladataiba, tevékenységébe beletanultak. Ez mind az egyetemi tanulmányok során projekt munkákban, mind „élesben” munkavállalásnál, kutatócsoportokban igen fontos. Célszerűség, rendszeresség, kitartás megtanulása: jó, pontos munkához idő kell. Találkoztak a kísérletek felépítésével, átalakításával, hibák kijavításával. A munka- és balesetvédelem természetesen jelentkezett. Tudatosul: nemcsak megálmodni kell, működni kell a játéknak is, a biztonsági rendszernek is. Az elméleti felkészülés, a megvalósítás, a bemutatás szóbeli előadással és az összegzés közlemény-részlet formájában a kutató-fejlesztő munka teljességét tárta eléjük.

- Mi alapján választották ki a kutatási programban részt vevő tanulókat? (*max. 500 karakter*)

A diákokat kiemelkedő természettudományos és matematikai tanulmányi és országos verseny eredményeik, korábbi fizika szakköri projektekben való tevékenységük, valamint személyes érdeklődésük alapján választottuk ki.

- Milyen egyéni fejlődési célokat értek a tanulókkal, és milyen tapasztalatokat szereztek a projekt során? (Amennyiben lehetséges, kérjük tanulónként megadni.) (*maximum 500 karakter*)

A tanulók tapasztalták és tevékenységük által részesei voltak az elméletben megtanultaknak gyakorlati megvalósulásainak. Optikai utakat, elektronikai vezérlést, látványos kísérleti installációkat terveztek, majd valósítottak meg. Készség szintjén elsajátítottak a graduális képzésben megtanultakon messze túlmutató, de azon alapuló elektronikai és optika megoldásokat, kivitelezési módszereket. Megtanulták munkájukat jegyzőkönyvezni, problémáikat megfogalmazni és megoldani (akár külföldi vagy hazai szakirodalom segítségével), eredményeiket magyarázni, prezentálni, továbbgondolni.

- Mi volt a tanulók konkrét feladata a projektben? (Amennyiben lehetséges, kérjük tanulónként megadni.) (*maximum 500 karakter*)

A pince berendezésének megtervezése, ütemterv kialakítása, műszaki és pénzügyi megvalósítás lehetőségeinek mérlegelése, majd megvalósítása magas szintű és színvonalú, alapos elméleti és gyakorlati ismeretek szerzése során és következtében. Az installációk felelősei: MálnaPC és Lézer labirintus: Weisz Pál, Lissajous-görbék, infrakamera: Knoch Júlia, Görbült fény: Kovács Bence Tamás, Színes árnyékok: Lovász Boglárka, Interferencia és szivárvány-modell: Szabó Dániel. Minden résztvevő feladata volt továbbá magyarázó táblák elkészítése, az eredmények publikálása.

- Miben fejlődtek a tanulók az adott tématerületen? (Kérjük tanulónként megadni.) (*maximum 500 karakter*)

Knoch Júlia és Weisz Pál számára a számítógéppel való vezérlés megtanulása és alkalmazása volt a fő fejlesztési cél (adatfeldolgozó egységek, mikrovezérlők, analóg és digitális vezérlések, beavatkozó elemek, kombinációs- és szekvenciális hálózatok, stb.). A számítógépes vezérlés alapjait a másik három tanuló is elsajátítja. Szabó Dániel, Lovász Boglárka és Kovács Bence fő területe az optika, feladatuk a pálya optikai részének megépítése. Ehhez a lézerek tulajdonságainak alapos ismerete, a fény manipulálásában (irány, intenzitás, megjelenés) való gyakorlat megszerzése volt a cél.

- Részt vett-e valamely tanuló hazai vagy nemzetközi versenyen a projekt eredményeivel? Amennyiben igen, röviden mutassa be! (*maximum 500 karakter*)
A tervezett versenyre nem nevezünk be, mert a pályázat késői elbírálása miatt ennek határidejéből kifutottunk.

- Nevezze meg a kutatási program során felhasznált hazai és külföldi és/vagy idegen nyelvű szakirodalmat. Amennyiben kizárólag hazai irodalmat használtak, indokolja meg, miért! (*maximum 500 karakter*)

Külföldi szakirodalom:

- 1.) O. Svelto: Principles of lasers (1982 Plenum Press, New York)
- 2.) B.E.A. Saleh, M.C. Teich: Fundamentals of Photonic (1991 John Wiley & Sons, Inc.)
- 3.) Siegman A. E.: Lasers, Cal. University Science Books, Mill Valley, 1986.
- 4.) Demtröder W.: Laser spectroscopy. Basic concepts and interumentation. Springer, Berlin 1996.
- 5.) Open Access Encyclopedia for Photonics and Laser Technology (RP Photonics GmbH)
 - a. <https://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>
- 6.) Forrest.M.Mims: Getting Started in Electronics
- 7.) Make Electronics – Learning by Discovery by Charles Platt (2nd Edition)
- 8.) All New Electronics – Self Teaching Guide by Harry Kybett & Earl Boysen

Hazai szakirodalom:

- 1.) Erostyák J, Kürti Jenő, Raics Péter, Sükösd Csaba: FIZIKA III. Optika, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2006, ISBN: 195806X
- 2.) Sánta Imre: Optoelektronika, e-tankönyv, Szeged, 2011.
www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2011_0025.../2011_0025_fiz_8/ch_01.html
- 3.) Almási G., et al: Lézerfizika, Szeged, 2011
<http://titan.physx.u-szeged.hu/~bubo/Lezerfizika/book.html>
- 4.) Csillag László, Kroó Norbert: A lézerek titkai, Kozmosz Könyvek, Budapest, 1987 **ISBN:** 9632117409
- 5.) Sánta Imre: Optika és látórendszerek, e-tankönyv
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_45_optika_es_latorendszerek/index.html
- 6.) Dr. Raics Péter: Modern Optika Jegyzet
<http://indykfi.phys.klte.hu/kisfiz/RAICS/>
- 7.) Budó Ágoston: Kísérleti Fizika I. , Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- 8.) Budó Ágoston: Kísérleti Fizika II. , Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- 9.) Budó Ágoston: Kísérleti Fizika III. , Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- 10.) Tietze-Schenk: Analóg és digitális áramkörök, Műszaki Könyvkiadó

- Röviden ismertesse, sikerült-e a kutatást befejezni. (*maximum 500 karakter*)
A kutatás célja megvalósult, a résztvevő diákok elméleti és gyakorlati ismeretei jelentősen bővültek optika és elektronika terén. Az iskolában létrejött egy, a diákok keze által megalkotott szellemi és tudományos termék, mely állandó helyszínen, interaktív kiállításként, optikai és elektronikai demonstrációk bemutatóhelye lett. A diákok szakmai képzését célzó események is eredményesnek bizonyultak.

- Mutassa be a kutatásra vonatkozó további terveit, tervezi-e a projekt folytatását. *(maximum 500 karakter)*

A lézeres pince olyan sikeres lett, hogy több egyetemi oktató, szaktanár is megtekintette, újabb ötletekkel állt elő, csakúgy mint a résztvevő diákok, akik továbbgondolták a már megvalósultakat. Így a továbbiakban is tervezzük a fejlesztését a következő tanévben induló szakkör keretei között. A fizika népszerűsítésének remek helyszínévé vált és válhat hosszú távon a projekt keretében megvalósított installációk sora a gimnázium pincéjében, állandó jelleggel. Több, más iskolából érkező csoport is megtekintette már. Kilátásba helyeztünk szakmai előadásokat a gimnáziumban a téma és a tantárgy népszerűsítése érdekében.

- A kutatásban való részvétel segítette-e a tanulókat a továbbtanulási döntésben, és amennyiben igen, hogyan segítette elő, hogy a természet-, a műszaki tudományok és a matematika területén folytassák tanulmányaikat a felsőoktatásban? *(maximum 1000 karakter)*

A projekt megvalósítása során diákjaink folyamatosan használták az alkalmazott matematikát és fizikát. Ezen tárgyak „közvetlen hasznának” megismerése, alkalmazása segítette magasabb szintjei iránti érdeklődés felkeltését. Mivel a középiskolás tananyagot meghaladó ismeretek elsajátítására volt lehetősége a kutatócsoportban tevékeny diákoknak, ízelítőt kaptak nem csupán az egyetemi típusú laborgyakorlatokból és magas szintű számítási feladatokból, hanem a természettudományos illetve műszaki végzettségűek szakmai világából, mindennapjaiból is. A projekt ablakot nyitott a természet- és a műszaki tudományokra.

- Mutassa be, hogy mely tudományterületeken kívánnak továbbtanulni a kutatásban részt vett tanulók. *(maximum 500 karakter)*

Knoch Júlia: fizikus, Weisz Pál: villamosmérnök, Lovász Boglárka: vegyészmérnök, vagy gyógyszerész; kutatással szeretne foglalkozni, Szabó Dániel: építészmérnök, Kovács Bence Tamás: érdekli az űrkutatás; gépészmérnök szeretne lenni. Júlia végzős lévén, sikeres érettségiken és OKTV döntőkön (fizika OKTV 11. helyezettje, matematika OKTV 12. helyezettje, Nemzetközi Csillagász Diákolimpiai kerettag) van túl, magas pontszámmal várja a fizikus szakra való bekerülést.

5. Röviden mutassa be, hogy jelen kutatásban való részvétel hogyan és milyen mértékben segítette elő a tanulók tehetség gondozását. *(maximum 1000 karakter)*

Egyénileg, illetve kis csoportos foglalkozások keretein belül zajlott a kvantumelektronika szakkör. Általában több felnőtt is jelen volt a foglalkozásokon: jómagam, a külső egyetemi szakértők közül mindig legalább egy és intézményen belüli 6 segítőnk is váltakozva, aktívan volt jelen a szakkörökön, egyéni figyelmet szentelve diákjainknak és projektbeli feladataiknak. A diákokat képességeinek, készségeinek, életkoruknak és előképzettségének megfelelően fejlesztettük, tanítottuk. Ezen szempontok alapján történt a munkamegosztás és az alcsoportok kialakítása is. Az elméleti alapozáshoz szükséges szakirodalom kiadása önálló feldolgozásra, majd közös átbeszélése hasznos és tanulságos volt diákjaink számára. Az idegen nyelvű szakirodalom olvasása nehéz feladatnak bizonyult, de a tanév során egyre ügyesebben birkóztak meg a tanulók ezen tanulmányok feldolgozásával. Belátták, hogy az angol szaknyelv elsajátítása fontos és elengedhetetlen. Az elektronikai tervezés és gyakoroltatás szintje, valamint az optikai rendszerek tervezése, kiépítése is a diákok egyéni haladási üteméhez igazodott.

6. Foglalja össze, hogy a kutatási tevékenység hogyan segítette elő, hogy a résztvevő tanulók természettudományos és/vagy műszaki kompetenciái fejlődjenek, illetve műszaki kompetenciáinak gyakorlatorientált fejlesztése megvalósuljon. (maximum 1000 karakter)

A tudományos igényű tervezéstől a megvalósulásig tartó út kitartást, alapos elméleti ismereteket, gyakorlati tapasztalatot igényel. A tudományos és műszaki életben is gyakran előfordul, hogy újra kell tervezni, gondolni az eredetileg kitűzötteket. Egyszerre igényel kreativitást, türelmet, alázatot és monotonitás-tűrést az ilyen jellegű tevékenység. Ezeket az attitűdöket átértékelték, megtapasztalták, fejlesztették a tanulók a projekt során. A gondolkodási- és elemző képességük fejlődése folyamatos volt a kitűzött részfeladatok során. A gondolkodási sebesség, mennyiségi következtetési, érvelési, bizonyítási, probléma-megoldási képességeik folyamatos fejlődtek.

7. Mutassa be a kutatással összefüggésben keletkezett publikációt/tanulmányt/előadást (amennyiben releváns). (maximum 500 karakter)

Az iskolaújságban nyomtatásban megjelent *Kvantumelektronika szakkör – lézeres barlang építése a gimnázium pincéjében* címmel (24. évf., 92. szám Színes Fehér/Fekete, 21-22. oldal). A publikációban a lézeres pince kialakítását mutatjuk be módszertani szempontból és az ez évi szakköri tevékenységet, fényképpel illusztrálva, jelen pályázat kitűzéseivel kiegészítve.

A másik publikációban, mely *Fényutasok* címmel jelent meg a PTE TK Fizikai Intézet honlapján, a pályázatban résztvevő diákok mutatják be a projekt során elkészített kísérleti installációkat. <http://www.physics.ttk.pte.hu/files/fenyutasok.pdf>

8. Mutassa be a költségvetésben tervezett költségek felhasználását, különös tekintettel a tárgyi eszközökre. (maximum 1000 karakter)

DOLOGI KIADÁSOK	Elszámolt összeg (Ft)	Felhasználás rövid szöveges bemutatása, indoklása
Utazás-, kiküldetés, szállítás, járműüzemeltetés költségei	40.700 Ft	A Szegedi ELI Szuperlézer Központba és a Szegedi Tudományegyetem lézermalaborjába tett látogatás alkalmával a résztvevők étkezési költsége.
Sokszorosítás költségei (szolgáltatás), nyomdaköltség	26.988 Ft	A projekt alatt felmerült papír szükséglet elszámolt költsége.
Szakmai anyagok (szakkönyvek, újság, folyóirat) költségei	0 Ft	nem releváns
Egyéb szolgáltatások költségei	0 Ft	nem releváns
Egyéb beszerzések, anyagköltség kiadásai	126.723 Ft	A projekt egyik legfontosabb célkitűzése volt, hogy a kutatócsoportban résztvevő diákok maguk építsék meg a kísérleti eszközöket, így a költségvetés jelentős részét képezik az ehhez szükséges anyagok beszerzésének költsége.
Irodaszer költségei	0 Ft	nem releváns

Egyéb, a feladat ellátáshoz kapcsolódó nevesített beszerzések, szolgáltatások, kiadások	0 Ft	nem releváns
BÉRKÖLTSÉGEK ÉS SZEMÉLYI JELLEGŰ EGYÉB KIFIZETÉSEK	Elszámolt összeg (Ft)	Ösztöndíjas neve
Tanulók ösztöndíja	225.000 Ft	Knoch Júlia Kovács Bence Tamás Lovász Boglárka Szabó Dániel Weisz Pál
Mentor ösztöndíja összesen	63.000 Ft	Kilián Balázné Raics Katalin
TÁRGYI ESZKÖZÖK, IMMATERIÁLIS JAVAK	Elszámolt összeg (Ft)	Felhasználás rövid szöveges bemutatása, indoklása
200 ezer Ft alatti tárgyi eszközök, műszaki eszközök, berendezések	267.589Ft	A kitűzött kísérletek elvégzéséhez feltétlenül szükséges tárgyi eszközök kerültek beszerzésre, melyek hosszabb távon szolgálják a megépített lézerpince kísérleti célokra történő használatát.
200 ezer Ft feletti eszközök, berendezések	0 Ft	nem releváns
Szoftverek	0 Ft	nem releváns

A tárgyi eszközök keretében szerzésre kerülő eszközök:

- 1 db hőkamera
- 1 db adatgyűjtő, páratartalom mérő
- 7 db lézer tápegységgel
- 7 db vízhatlan doboz a lézerek tárolására
- 1 db Xe lámpa tápegységgel