

KÁROLY IRÉNEUSZ FIZIKA TANULMÁNYI VERSENY

Csoportos kísérleti projektfeladat

a 9-10. évfolyam számára

2024/25. tanév

Az elektromos áramvezetés félvezetőkben

A fénykibocsátó dióda (LED) és a napelem kísérleti vizsgálata, működésük értelmezése és gyakorlati alkalmazásuk bemutatása

A történészek az ember megjelenését követő korszakokat az ősember által felhasznált anyagokról nevezték el. Azóta is - kőkorszakól, bronzkorról, vaskorról beszélünk. Az elnevezés jól mutatja, hogy minden korban az alkalmazott csúcstechnológia, azaz a felhasznált anyagok és alkalmazásuk alapvetően meghatározta az emberiség életminőségét, és kultúráját is. Korunkat joggal nevezhetjük a „félvezetők korának”, hiszen rajtuk alapul a korszerű elektronika, amely életünk minden pillanatában meghatározó szerepet játszik. Félvezetők nélkül nem lenne modern közlekedés, hírközlés, számítógép, internet, okos-telefon, orvosi diagnosztika, űrtechnika, robotika, de mesterséges intelligencia sem. A félvezető anyagok elektromos tulajdonságainak megértéséhez, és a félvezetőkből készített kapcsolások működésének megtervezéséhez a modern fizika ismeretei szükségesek, de egyszerű kísérletek révén néhány eszköz működéséről már az iskolában is hasznos ismeretek szerezhetők.

Versenyünk idei projekt témája a félvezetők fizikájába szeretne alapszintű bevezetést adni.

Mivel a félvezetők témaköre túl nagy, a projektmunkát két egyszerű félvezető eszköz, a *fényt kibocsátó dióda* (Light Emitting Diode) közismert megnevezéssel *LED*, és a LED-hez nagyon hasonló felépítésű *napelem* vizsgálatára szűkítettük.

A feladat a következő:

Egyszerű kísérleteket végezve ismerkedjete meg az elektromos félvezető anyagok legfontosabb elektromos vezetési tulajdonságaival, majd a hétköznapi gyakorlatban egyre fontosabbá váló *LED*, és a hazánk villamosenergia-ellátásában is egyre nagyobb szerepet játszó *napelem* működésének fizikai alapjaival és néhány gyakorlati alkalmazásával!

A csoportosan végzett kísérleti munkáról és a megszerzett ismeretekről – a korábbi évek gyakorlatát követve – dolgozatban kell beszámolni. A saját fogalmazású 10-15 oldalas dolgozat ábrákkal, fotókkal, grafikonokkal illusztrálva, mutassa be kísérleti munkátokat! Ne feledkezzetek meg a munka során felhasznált szakanyagok (szakkönyvek, cikkek, internetes szakmai oldalak, stb.) megadásáról és a munkátokat segítőknél szóló köszönetről. A projekt-dolgozatot elektronikus formában határidőre (2025. márc.28.) kell

a Versenybizottság számára beküldeni. A munkát a Versenybizottság a beküldött dolgozat alapján értékeli.

A projekt-téma feldolgozása tanári irányítással folyó csoportmunka. A munka részfeladatait, minden iskola maga határozhatja meg. A projektmunkát az iskola szaktanára vezeti, és szervezi, aki jól ismeri az adott iskola lehetőségeit, a szertár felszerelését. A Versenybizottság az alábbi néhány ajánlással segíti az iskolákban folyó munkát.

A Versenybizottság projektmunkát segítő ajánlásai

A fizikában az új ismeretek szerzésének alapmódszere a kísérletezés. Projekt-munkátok során a hangsúly a kísérleti munkán legyen! Dolgozatok csoportosan tanáraitok irányításával!

A félvezetők megismeréséhez hasznos segítséget, (jelenségbemutató videókat, kísérleti leírásokat, a félvezetők működésének megértését segítő egyszerű animációkat és magyarázatokat) találhattok, és a félvezetők legfontosabb alkalmazásairól is tájékozódhattok a

„Félvezetőről középiskolásoknak” <http://www.felvezetok.hu/> honlapon.

- A fémek áramvezetéséről tanult ismereteitekhez kapcsolódva vizsgáljátok meg egyszerű kísérletek segítségével különböző anyagoknak, köztük az elektromos félvezetőknek áramvezetési tulajdonságait és hasonlítsátok össze a fémek vezetésével!
- Ismerjétek meg az ún. tiszta félvezetők és a gyakorlati felhasználás szempontjából fontos ún. „szennyezett félvezetők” mikroszerkezetét és áramvezetési mechanizmusait!
- Végezzetek el minél több jelenség-szintű alapkísérletet a megadott honlapon található LED- és napelem-kísérletek közül (de természetesen más forrásokat is használhattok)!
- A mérési feladatok során elsőként foglalkozzatok az egyik legismertebb félvezető áramköri elemmel – a fénykibocsátó diódával (LED)! Ismerkedjétek meg a LED szerkezetével, működésével, kiemelt tekintettel a működés lényegét meghatározó ún. p-n átmenetre! Kísérletezzetek LED-et működtető egyszerű áramkörökkel!
- Tanulmányozzátok kísérlettel és értelmezzétek, hogy a LED folyamatos működése szempontjából miért fontos a dióda polaritáshelyes bekötése és a LED-del sorosan kötött védőellenállás használata! Hogyan határozható meg számítással a védőellenállás értéke különböző LED-kapcsolások (pl. LED-füzér) esetén!

- Számításokat végezve tervezetek és készíttetek egyforma diódák felhasználásával több-kevesebb LED összeforrasztásával ún. LED-fűzért, illetve kétdimenziós LED-hálót!
- Értelmezték a diódán áthaladó áram és a fénykibocsátás kapcsolatát!
- Kísérleteztetek különböző színű fényt sugárzó diódákkal. Közismertek és a kereskedelemben könnyen és olcsón beszerezhetőek a kis teljesítményű három alapszín (vörös, zöld, kék) sugárzó LED-ek, fehér fényű és szemmel láthatatlan infrasugárzást kibocsátó diódák is. Ezen diódák különböző félvezető anyagokból készülnek és vezetési paramétereik is különböznek.
- Végeztek elektromos mérésorozatot különböző dióda-típusokkal, mérve diódákon eső feszültséget és a diódán átmenő áramot a feszültség fokozatos változtatása esetén. A feszültség – áram értékpárokat ábrázolva a diódára jellemző ún. *áram- feszültség karakterisztikát* kapjuk meg. Figyeljétek meg a különböző diódák karakterisztikáinak szakaszait és gondolkozzatok el e szakaszok jelentőségén! Értelmezték a dióda fénykibocsátásának kezdetét jellemző feszültség értéket (az ún. *küszöbfeszültséget*)!
- Vizsgáljátok meg spektroszkóppal a különböző színnel sugárzó, illetve a fehér fényű LED színspektrumát, azaz a különböző LED-ek fényének hullámhossztartományát. (Gyári készítésű kalibrált spektroszkóp hiányában a mérés elvégezhető saját készítésű kalibrált CD-spektroszkóppal is – ez utóbbi leírása az interneten több változatban is megtalálható (pl. <https://www.scienceinschool.org/hu/article/2007/spectrometer-hu/>)
- Nem könnyű de érdekes feladat megérteni azt, hogy a diódák küszöbfeszültsége hogyan függ össze a kibocsátott szín hullámhosszával. A küszöbfeszültségnek a kibocsátott színnel való összefüggéséből meghatározható az atomfizika egyik legfontosabb univerzális állandójának – a Planck-állandónak az értéke (<https://pilath.wordpress.com/a-led-ek-nyitofeszultsegenek-merese/>)
- Gyakorlati alkalmazása miatt kiemelkedően fontos félvezető eszköz a **napelem**. A napelem akár a LED egyik speciális változatának is tekinthető. Fordítottan működik, mint a LED, azaz megvilágítás hatására elektródáin elektromos feszültség lép fel, és ez a rácsatlakoztatott áramkörben áramot hajt. Ez a jelenség kísérletileg jól igazolható a fentebb ajánlott honlap „Kísérletek” menüjének 4. kísérletével. Próbáljátok ki, és az alapkísérletet toldjátok meg azzal, hogy megvizsgáljátok, hogy egy kiválasztott LED esetén hogyan változik a mérhető feszültség a megvilágítással (a megvilágítás lehet napfény, izzólámpa, különböző színű LED-ek fénye)
- Ismerjétek meg a gyakorlatban alkalmazott napelemek szerkezeti felépítését működését és azokat a kiegészítő berendezéseket, amelyek szükségesek ahhoz, hogy a napelem által előállított elektromos energiával működtetni lehessen az elektromos hálózatra készített berendezéseket.

- Végezzetek méréseket a kereskedelemben kapható kisméretű napelemekkel! Határozzátok meg mérésekkel a napelem feszültség – áram karakterisztikáját! A méréseket a napelem optimális tájolása, és dőlésszög beállítása esetén déli időben végezzétek, majd ismételjétek meg változatlan beállítással délutáni napfényben is. A karakterisztika adatait felhasználva határozzátok meg számítással és ábrázoljátok grafikusán a napelem teljesítményét az áramterhelés függvényében! Értelmezzétek a kísérleti eredményeket! (A kísérlet összeállításában és a mérésekben segítséget jelenthet a néhány évvel korábbi emelt szintű érettségi modellkísérlete, ami a napelemcellát mesterséges megvilágítás esetén vizsgálta.)
- Egyszerű számítással végezzetek becslést arra, hogy háztartások átlagos elektromos energiafogyasztásának (egyszerűen a „villanyszámla” alapján állapítható meg) biztosítására mekkora összfelületű napelemre lenne szükség? A számításnál vegyétek figyelembe a napállandó értékét, a napsütéses órák átlagos számát Magyarországon, a napelemek felszerelhetőségének lokális adottságait (a tájolás lehetősége, a tető hajlásszöge, stb.)

Hangsúlyozzuk, hogy a projekttema kiírásához mellékelt fenti ajánlások nem azt jelentik, hogy mindegyik ajánlással foglalkozni kellene, szabadon választhatok közülük, vagy akár dönthettek a kiíráshoz illeszkedő más témák kidolgozása mellett is.

A projekt-dolgozatot a szokásos *elvárásoknak megfelelően kell elkészítenetek (ehhez is kérjétek tanárotok tanácsait!), a versenymunkát tanárotok pdf formátumban határidőre (2025. március 28.) tudja feltölteni a Versenybizottság későbbiekben megadandó web-címére.*

2025. január 8.

Jó és eredményest kísérletezést kíván
a Versenybizottság