

TOVÁBBKÉPZÉS ANYAGA

KÖZÉPISKOLAI FIZIKATANÁROK SZAKTÁRGYI TOVÁBBKÉPZÉSE Új utak keresése és a hagyományok megőrzése a fizikatanításban

Időpont: 2018. november 16. péntek, 10⁰⁰ – 15⁰⁰ óra
Helyszín: PPKE Információs Technológiai és Bionikai Kar
1083 Budapest, Práter u. 50/a, 239-es terem

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

FÉLVEZETŐKRŐL KÖZÉPISKOLÁSOKNAK

A gimnáziumi fizikatanítás a folyamatosan csökkenő óraszámkeret miatt csak a kiemelt jelentőségűnek tartott jelenségek tárgyalásának ad teret. Ez azt jelenti, hogy például a gimnáziumi alapóraszámú keretek között általában mindössze két-három leckében térnek ki a félvezetőkre és félvezető eszközök oktatására, de sok tankönyv még csak nem is említi ezt a témakört.

Az idő szűkösségére hivatkozással, sok esetben a tanárok saját döntésük alapján nem érintik a félvezetők tulajdonságát, illetve a félvezető eszközöket, nem egyszer azzal az érveléssel, hogy a tanulók részéről mélyebb kémiai ismereteket is igényel a témakör.

Ugyanakkor a félvezetők jelentős szerepet töltenek be a mindennapi életünk eszközhasználatában. A gyermekek érdeklődésére joggal tartanak igényt a félvezetők, mi több, van is irántuk érdeklődés a tanulók részéről, egyrészt kíváncsiságból, mert csaknem minden általuk használt eszköz szívét-lelkét a félvezetők határozzák meg, másrészt, mert egy kis biztatásra pl. régi, tönkrement játékokból, számítógép-alkatrészekből örömmel készítenek új, működő eszközöket, és nem utolsósorban azért, mert a mérnöki pályát választó fiatalok többsége tudja, hogy a félvezetők ismerete ma már megkerülhetetlen.

Mivel a félvezetők témakörének megértése igen széleskörű előismeretet igényel és feltételez, ezért (paradox módon) kismértékű hangsúlyt kapnak a félvezetők a középfokú fizikaoktatásban. Mit és mennyit tanítsunk a félvezetőről és félvezető eszközökről? Talán elmondható, hogy az utóbbi 10-15 évben a megújult eszközigényű mindennapi élet és az újonnan kifejlesztett eszközök megkövetelik a téma bővebb tanítását, bár ennek jelenleg akadálya az időhiányon kívül, hogy téma oktatásának módszertana kiforratlan, nincs róla közös fizikatanári álláspont.

Vajon a nemzetközi középszintű fizikaoktatás tantárgyirodalma mit mutat? Milyen mértékben, milyen formában és milyen eszközökkel tanítja a félvezetőket, illetve félvezető eszközöket a más országok közoktatási rendszere? (Néhány példa.) Vajon ezek a változatok a tanulók a félvezetőről szerzett tudásának mélységét, a használt eszközök működésének ismeretét hogyan és mennyire hatékonyan befolyásolják?

Anglia és Wales

Anglia és Wales közös (Skóciától és Észak-Írországtól eltérő) irányítású oktatási kormányzattal rendelkezik.

Az oktatási rendszert életkori csoportokra (Key Stages) osztják, amelyekből összesen négy van. Minket most első sorban a negyedik életkori csoport érdekel (Key Stage 4), amely két tanévet ölel fel: 10. évfolyam 14-15 éves tanulókkal, illetve a 11. évfolyam 15-16 éves tanulókkal. Ezután következik egy záróvizsga: a GCSE. Amennyiben egy tanuló érettségi vizsgát (A level) szándékozik tenni, további két évig kell középiskolába járnia (ez, jelölése szerint a 16+ iskolai korosztály).

(Az angol tanulók középiskolai életük során ötször adnak számot tudásukról országos vizsgákon (7, 11, 14, 16 és 18 éves korukban).)

Anglia és Wales Nemzeti tanterve¹ (National Curriculum of England and Wales) a Science (tudomány) címszó alatt (Breadth of study) rögzíti, hogy a tanulóknak mit kell tudniuk az egyes természettudományos tananyagból.

A (Key Stage 4) 14-16 éveseket elektromosság tanból arra kell megtanítani, hogy az energia áramlása mérhető, az áramlás hatékonysága kiszámolható, amely azért fontos, mert ebből megismerhető az energia gazdasági költsége és használatának környezetre gyakorolt hatása; az elektromos energia könnyen szállítható, használata ellenőrizhető, és különböző formában felhasználható; a sugárzások energiát szállítanak; ezeket kommunikációra lehet használni.

Ezen belül további nyolc plusz egy (Exceptional performance) ismereti szintet határoz meg a tanterv. Az alapkövetelmény² (első nyolc szint): ismerni kell az egyszerű áramkörök elemeinek működésbeli összefüggését és bármelyik változásának a következményét az áramkörben, illetve a legmagasabb szinten (Exceptional performance) az a követelmény, hogy a tanulók tudják leírni és megmagyarázni például a villamosenergia-termelés alternatív módszereinek jelentőségét.

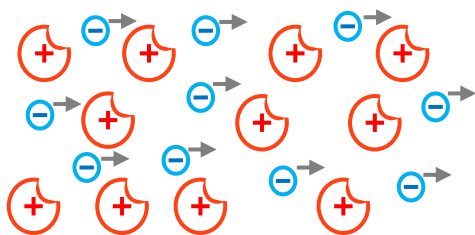
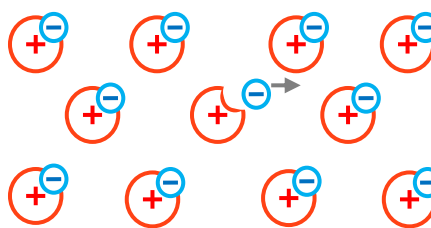
A gimnáziumokban (16+ évfolyamokon) a fizika önállóan szereplő tantárgy, amelynek további követelménye a korábbi Tudományok tananyagban meghatározottakhoz képest, hogy a tanulók tudják azt, hogy a LED-nek mi a technikai jele, illetve, hogy az elektromos áram jelenlétét bizonyítja a LED működése; az elektromos áramot a szilárd fém vezetőkben a negatív töltésű elektronok okozzák; ismerjék fel a közönséges anyagokról, hogy elektromos áramvezetők-e vagy szigetelők, ideértve a fémeket és a műanyagokat.

Ez utóbbi az egyedüli hely, ahol a félvezető eszköz bármelyikével találkoztam a középiskolai oktatást szabályozó angolai-walesi Nemzeti tantervben.

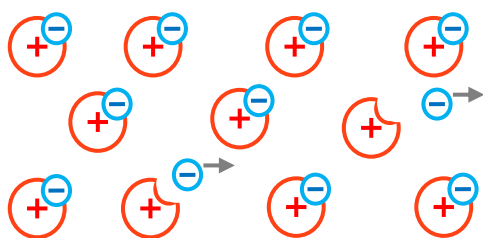
Természetesen, a tankönyvekben ennél többről is lehet(ne) szó, azonban az angolai és walesi fizikaoktatásra a legkevésbé sem jellemző, hogy a félvezető anyagokról, eszközök működésének elvéről, tudományos ismertetéséről szó esne. Pl. az AS Student Book tankönyvben csak megjegyzi, hogy léteznek félvezető tulajdonságú anyagok, összehasonlításként az elektromos áramot vezető és szigetelő anyagokkal, az alábbi ábrával szemléltetve:

¹ <http://www.education.gov.uk/schools/leadership/typesofschools/maintained/a00198400/grammar-schools>

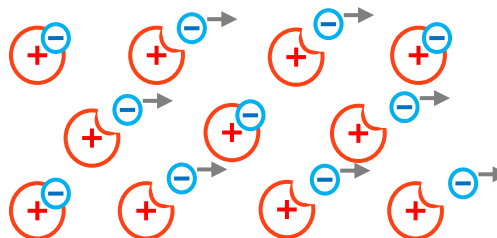
² <http://www.education.gov.uk/schools/teachingandlearning/curriculum/secondary/b00198831/science/ks4/attainment/energy>

Vezető – sok szabad elektronnal³

Szigetelő – nagyon kevés szabad elektronnal



Egy hideg félvezető



Hő által kiszabadított elektronok

Tény azonban, hogy a tankönyv röviden ismerteti néhány olyan eszköz működését, amely tartalmaz félvezető eszközöket, pl. EKG, MR, CT, vérnyomásmérő stb.

Az angol iskolákban félvezető eszközökkel leginkább szakkörökön foglalkoznak. Az itt elvégzett kísérleteket pl. a Physics Teacher folyóiratban teszik közzé. Itt is sokkal inkább az eszközre, az eszköz használatára helyezik a hangsúlyt, semmint a tudományos alapok megismertetésére. A 2002-2011 közötti folyóiratokat átnézve hét témába vágó cikket találtam.

Németország

A német oktatási rendszer megszervezése tartományi hatáskör. A minket érintő korosztály különböző típusú, általános képzést biztosító alsó középfokú oktatásban (amely 9. vagy 10. évfolyamig tart) vesz részt, amelyet követően felső középfokon (amely 12. vagy 13. évfolyamig tart) folytatják tanulmányaikat⁴. Ekkor már, többféle iskolatípusból választhatnak a tanulók. Általános alsó középfokú iskola a Hauptschule a gyengébb és a Realschule a erősebb. A Gesamtschulék integrálják az alsó középfokú oktatás különböző, hagyományos formáit. Némely tartományban ezek az iskolák a Gymnasiumok 11-13. évfolyamait is biztosítják. A Gymnasiumok érettségihez vezető, alaposabb képzést nyújtó általános alsó és felső középiskolák. A Gymnasium felsőbb évfolyamai általában az oktatás 11., 12. és 13. évfolyamait jelentik, és a tantárgyak három tanulási terület szerint vannak besorolva: nyelvek, irodalom és művészetek; társadalomtudományok; matematika, műszaki és természettudományok.

³ *Salter's Horner's Advanced Physics Project*, AS Student Book, Edexcel Pearson, London, 2008., 269. oldal

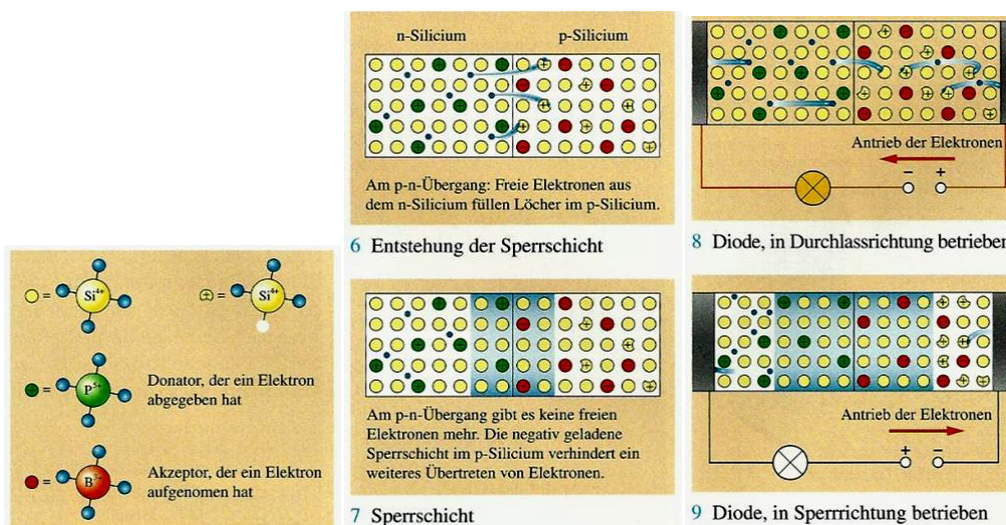
⁴ http://engame.hu/downloads/a_nemet_oktatasi_rendszer.pdf

Egy alsó-szászországi gymnasiumi matematika, műszaki és természettudományok tagozat két fizikatankönyve^{5,6} áll a rendelkezésemre, amelyekből tájékozódhattam az alaposabb képzést nyújtó oktatási forma félvezetőket oktató igényességéről.

Az első tankönyv – amelyről szót ejtek – a Physik, Gymnasium 9/10 az alsó középfokú osztályok számára, míg a másik a Physik 12/13, Gymnasium Sek II. a felső középfokú szakirányú képzést választók számára készült. A Magyarországon szokásosnál nagyobb alakú könyvek 11, illetve 7 oldalon keresztül tárgyalják a félvezetők témakörét. A tárgyalt téma kulcsszavai, pontosabban a szakkifejezések, amelyek hiányoznak a magyar fizikatankönyvekből: vezetési elektronok, rekombináció, küszöbfeszültség, a határréteg kialakulásának tárgyalása, a dióda működésének tudományos indoklása, teljesítményszámolás, ellenállás-mérés, -számolás, napelem működése, vezetési sáv, tiltott sáv, vegyértéksáv, áramsűrűség, Hall-effektus és rövid ismertetése, működési hatékonyság, a tranzisztor részletes ismertetése számításokkal, FET és MOSFET ismertetése.

Egy bajorországi tanársoport által készített (harmadik) fizikatankönyv⁷ 20 oldalon keresztül tárgyalja a félvezetőket. Ez a tankönyv kisebb hangsúlyt helyez a tudományos ismeretekre (de nem mellőzi teljes mértékben), sokkal inkább gyakorlati szempontból közelíti meg a tananyagot. Méréseken, a tanuló által otthon is összeállítható félvezetőeszközt tartalmazó kísérleteken keresztül vezeti be tananyagot. A leckék végén tanulókísérletekhez kapcsolt mérési és számítási feladatokat találunk.

Néhány ábra az elméleti rész szemléltetéséhez:⁸



⁵ Prof. Dr. Franz Bader, Heinz-Werner Oberholz, Prof. Friedrich Dorn: *Physik, Gymnasium 9/10*, Bildungshaus Schulbuchverlage, Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winkler GmbH, Braunschweig, Niedersachsen, 2009., 29-42. oldal

⁶ Prof. Dr. Franz Bader, Prof. Friedrich Dorn: *Physik 12/13, Gymnasium Sek II*, Bildungshaus Schulbuchverlage, Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winkler GmbH, Braunschweig, Niedersachsen, 2009., 298-304. oldal

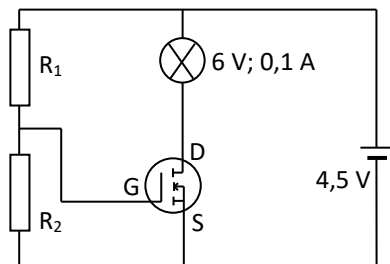
⁷ Dr. Angela Fösel, Nürnberg, Dr. Bernd Reinhard, Ursberg, Peter Sander, Dachau, Stefan Schweitzer, München, Anton Thanner, Weilheim: *Physik*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2008., 164-183. oldal

⁸ Dr. Angela Fösel, Nürnberg, Dr. Bernd Reinhard, Ursberg, Peter Sander, Dachau, Stefan Schweitzer, München, Anton Thanner, Weilheim: *Physik*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2008., 173. és 178., illetve 174. oldal

Példa a tankönyvben lévő
tanulókísérletekre:

Feszültségek ellenőrzésére⁹

A kapuelektroda (G) és a forráselektroda (S) közötti feszültség vezérelhető anélkül, hogy saját áramkörükben szabályozható áramforrás lenne. Válassz egy R_1 és egy R_2 ellenállást oly módon, hogy az izzó halványan világítson!

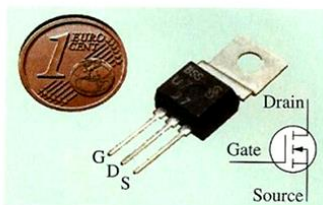


a) Milyen hatással van az izzó fénykibocsátására, ha mindkét ellenállás értékét megfizesszerezzük?

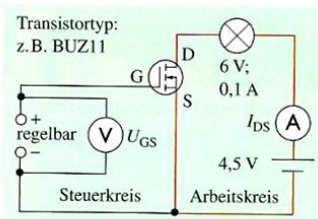
b) Mi történik, ha eltávolítjuk az R_2 -t az áramkörből? Milyen hatása van az R_1 ellenállásnak?

További kapcsolási rajzok tanulókísérletekhez:¹⁰

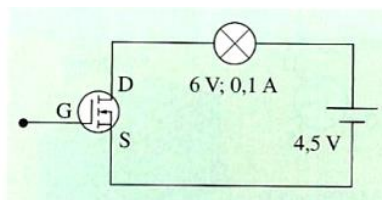
Experimente



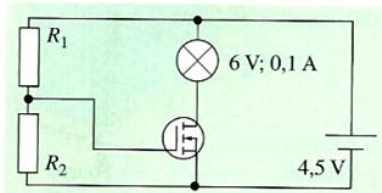
5 Feldeffekttranszistor (FET)



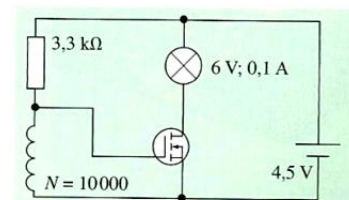
6 Grundschialtung



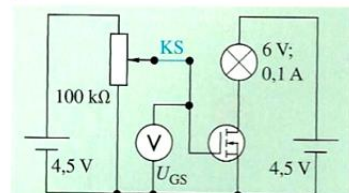
7



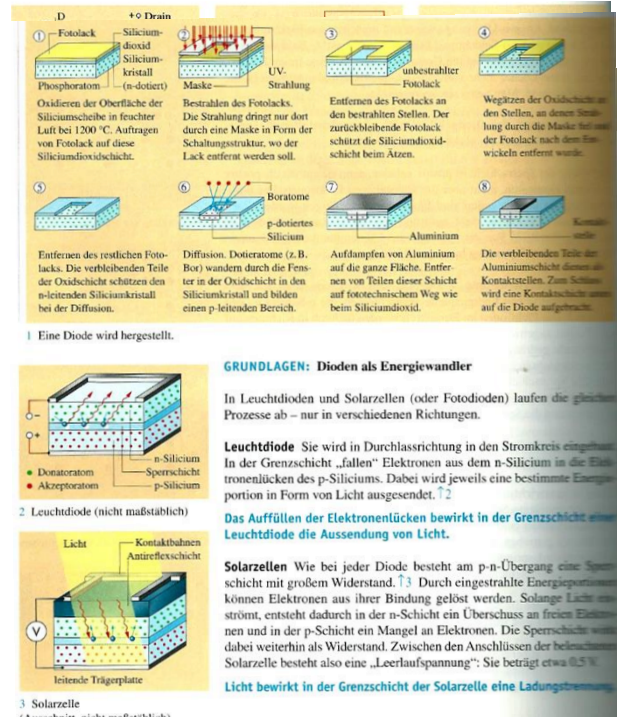
8



9



10



⁹ Dr. Angela Fösel, Nürnberg, Dr. Bernd Reinhard, Ursberg, Peter Sander, Dachau, Stefan Schweitzer, München, Anton Thanner, Weilheim: *Physik*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2008., 177. oldal

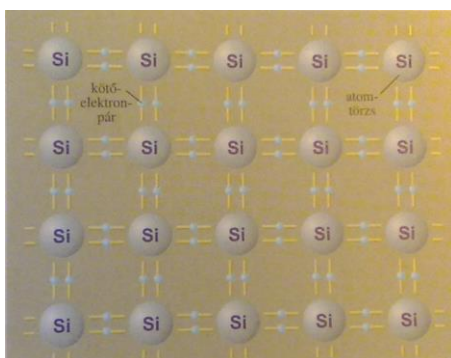
¹⁰ Dr. Angela Fösel, Nürnberg, Dr. Bernd Reinhard, Ursberg, Peter Sander, Dachau, Stefan Schweitzer, München, Anton Thanner, Weilheim: *Physik*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2008., 177. oldal

Magyarország

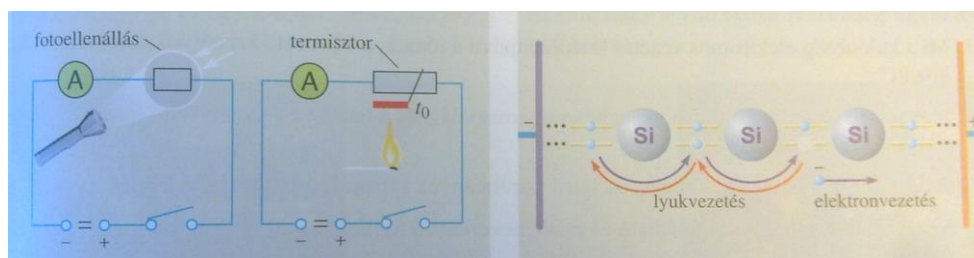
A Magyarországon 2012. június 4-én kihirdetett Nemzeti alaptantervről¹¹ (NAT) szóló kormányrendeletben nem szerepel a félvezető kifejezés (a vezetők és szigetelők szavak szerepelnek). A napenergiára és annak hasznosítására van utalás, azonban a napenergiát hasznosító eszközök közül mindössze a napkollektor szó szerepel a NAT-ban.

Magyarországon a gimnáziumokban általában három évfolyamon tanítanak fizikát. A középfokú fizikaoktatás második évében kerül sor az elektromosságtanra és ezen belül a félvezetőkre. De ez utóbbira is csak általában, hiszen nem minden tankönyv pazarolja az amúgy is szűk időkeretet a félvezetőkre, a tankönyvválasztás Magyarországon pedig szabad!

Magyarországon például az angliaihoz viszonyítva egyelőre még elmélyültebben tanítunk fizikát. Mégis a gimnáziumi oktatásban használt legnépszerűbb fizikatankönyvek csak 6-8 oldalban térnek ki a félvezetőkre és a félvezető eszközökre. Ennek a 6-8 oldalnak körülbelül a felét teszik ki a képek, ábrák és a leckék végén található kérdések. A tanmenetek általában 2-3 órát terveznek a félvezetők oktatására, amelyből két óra az elméleti oktatás, egy órát mérésre szán a tanmenet. Nos, ez utóbbi egy órát – a mérőeszközök általános hiánya miatt – leginkább a témakör összefoglalására fordítják a tanárok. A magyarországi tankönyvekben található félvezetőkre vonatkozó legjellemzőbb ábrák:¹²



A tiszta szilíciumkristály hideg és sötét környezetben

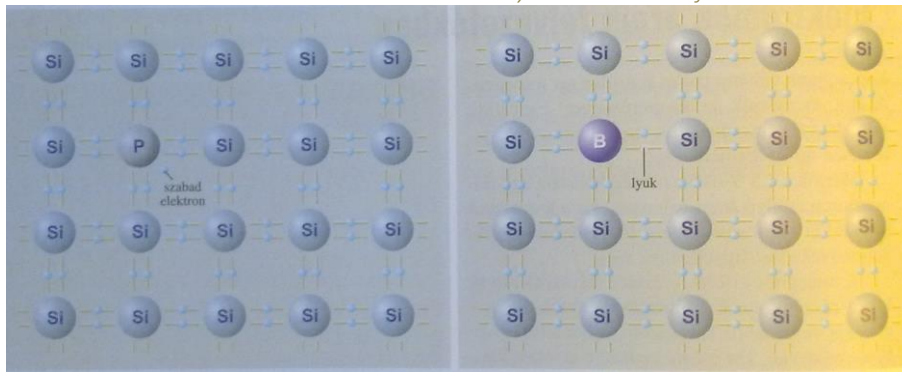


A félvezető ellenállása megvilágításra és melegítésre csökken. Az előbbi tulajdonságának a fotorezisztanciánál, az utóbbinak a termisztornál van szerepe

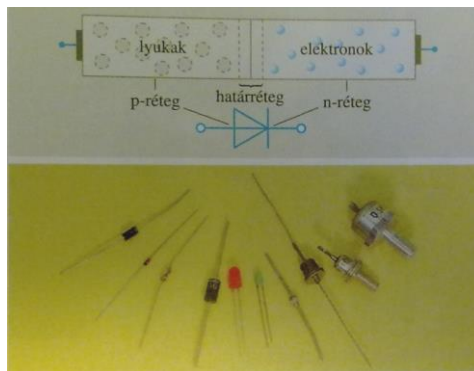
Sajátvezetés: a negatív szabad elektronok a pozitív felé, az ugyanolyan számban lévő pozitív lyukak a negatív pólus felé haladnak

¹¹ Magyar Közlöny 2012. évi 66. szám, 110/2012. (VI. 4.) Kormányrendelet A Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról, Budapest, 2012., 10751-10754. és 10765. oldal

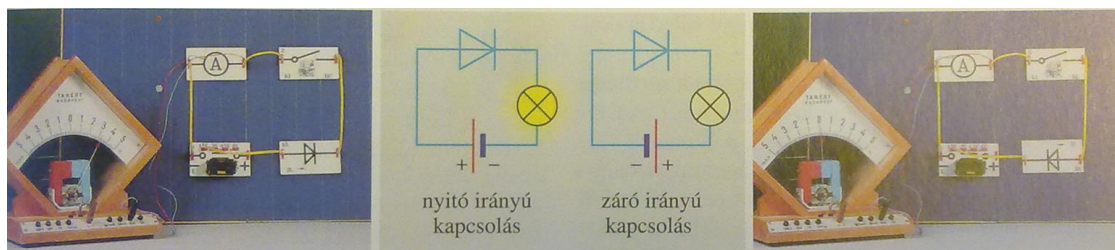
¹² dr. Jurisits József, dr. Szűcs József: Fizika 10, Mozaik Kiadó, Szeged, 2006., 129., 129., 130., 131, 131., 132., 133., 134., 134. oldal



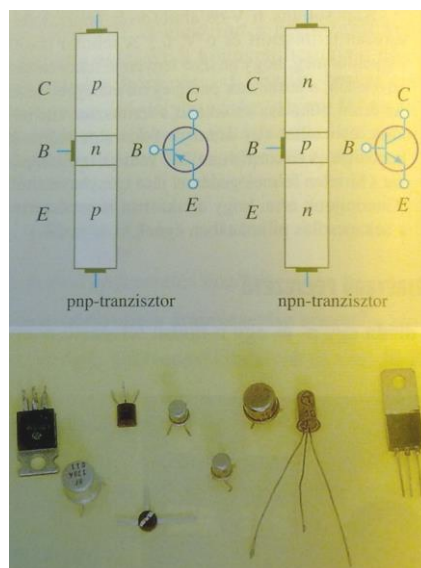
Az n-típusú félvezető (balra) 5 vegyértékű, míg a p-típusú 3 vegyértékű szennyezőatomokat tartalmaz



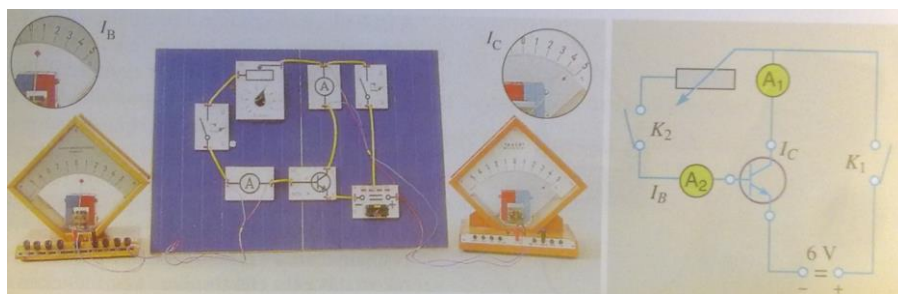
A dióda szerkezete, rajzjele és technikai kivitelezése



A dióda nyitó irányú (balra) és záró irányú kapcsolása



A tranzisztor szerkezete, rajzjele és technikai kivitelezése



A tranzisztor erősítése: a bázisáram (I_B) kis változása a kollektoráram (I_C) nagy változása eredményezi. A kísérletről készült felvételen K_1 és K_2 is zárt

Az elméleti rész a félvezetők és vezetők közötti különbséget a fény- és hőmérsékletváltozás alapján bekövetkezett elektromos áramvezető-képességgel szemlélteti; meghatározza a sajátvezetés fogalmát. A szennyezés fogalmára és jelenségére 13 sort szán a szerző. Az egyéb szakkifejezésekre – mint pl. kötőelektronpár, pozitív lyuk, sajátvezetés, n-típusú, p-típusú félvezető, határréteg, záró és nyitó irányú kapcsolás, dióda, tranzisztor, integrált áramkör – 1,5–3 sort.

A félvezető eszközök, illetve bemutatásuk, valamint jellemzésük gyakorlatilag felsorolásszerű.

Magyarországon a feladatgyűjtemények jellemzően egyáltalán nem tartalmaznak feladatokat a félvezetőkre vonatkozóan.

A fizika heti óraszama valamennyi fizikát tanult/tanított évfolyamra összegezve a 2018-as NAT-tervezetben öt óra van javasolva és csak két gimnáziumi évfolyamra. A *félvezetők* kifejezés nem szerepel a NAT-tervezetben (mintahogyan egyetlen más félvezető eszköz neve sem, egyet kivéve), és a napelemekről csupán annyi, hogy a tanuló: „Tudja, hogy a Föld elsődleges energiaforrása a Nap. Ismeri a napenergia felhasználási lehetőségeit, például: napkollektor, napelem.”¹³

Románia (Erdély)

Romániában az oktatási rendszer teljes egészében központilag irányított a tanfelügyelőségeken keresztül. A mozgástér igen szűk. Mind az indított szakok, mind az indított osztályok, mind az óraháló, mind a gyereklétszám tanfelügyelőségi engedélyhez van kötve. Az elméleti középfokú oktatásban jellemzően humán (filológia, társadalomtudományok szakokkal) és reál (matematika-informatika, természettudományok szakokkal) szakirányra oszlik az oktatás. Példának megnéztem a kolozsvári Báthory István Elméleti Líceum honlapján¹⁴ található órarendet. Ebben az iskolában középfokú oktatási szinten a humán osztályokban (nyelvi, teológiai szakok) évfolyamonként a következőképpen alakul a fizikatanítás heti óraszámában: 9. évfolyam 2 óra, 10. évfolyam 2 óra, 11. évfolyam 1 óra, 12. évfolyam 1 óra. Négy év alatt összesen heti 6 óra. (Magyarországon általában ez a jellemző óraszám a gimnáziumi oktatásban.) A reáltagozaton (matematika, informatika, természettudományi szakok párosítva) évfolyamonként a következőképpen alakul a fizikatanítás heti óraszámában: 9. évfolyam 3 óra, 10. évfolyam 3 óra, 11.

¹³ A Nemzeti alaptanterv tervezete, 171. oldal, <https://www.oktatas2030.hu/milyen-lesz-az-uj-nat/>

¹⁴ Báthory István Elméleti Líceum, <http://www.bathory.ro/uploads/orarend/>

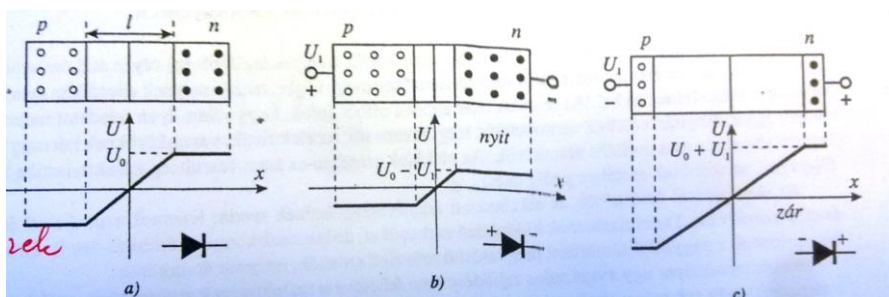
évfolyam 3 óra, 12. évfolyam 3 óra. Négy év alatt összesen heti 12 óra. (A duplája a Magyarországon szokásosnak.)

Nézzük meg három átalalm is ismert, az erdélyi magyar fizikaoktatásban használt fizikakönyvek félvezetőről szóló fejezetének tartalmát – röviden!

Egy az elméleti középiskolák matematika-informatika, illetve természettudományok szakra járó 10. osztályos tanulók számára készült fizikakönyv 20 oldalon keresztül foglalkozik csak a félvezető eszközökkel, illetve gyakorlati alkalmazásukkal. A leckék végén feladatokat és teszt sorokat találunk. Mindhárom tankönyvre jellemző, hogy sok, a témakörhöz tartozó szakkifejezést és fogalmat vezet be.

A harmadik tankönyv a kötelező tananyag résznél röviden említi a félvezetőket, a tankönyv végén a kiegészítő, elmélyítő témáknál tárgyalja részletesebben kb. 7 oldalon keresztül (A4-es formátum) a félvezetőket és félvezető eszközöket. Ebben a könyvben matematikai művelet sorokat is találunk a félvezetők esetében használt Ohm-törvény levezetéseként. Hasonlóképpen találunk gyakorlati tanulói szinten is elkészíthető alkalmazásokat, illetve feladatokat a tananyag végén.

Példa tankönyvi feladatra:^{15,16,17,18}

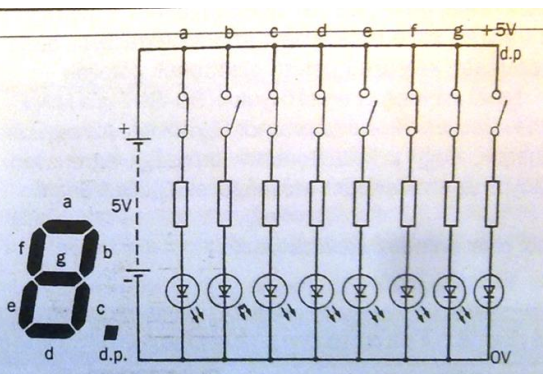


A világítódioda az áramkörben folyó 10–20 mA erősségű árammal működik, piros, zöld vagy sárga fényt

ad. Kapcsolási jele:

Az elektronikus kijelzők tartoztak a világítódiodák első alkalmazásai közé. Bármely, 0 és 9 közötti szám kijelzéséhez 7 párhuzamosan kapcsolt LED szükséges, ezeket az 1. ábrán betűkkel jelöltük a-tól g-ig. Az ábrán látható utolsó LED-et a tizedesvessző kijelzésére használják.

Milyen számjegy alakul ki, ha zárjuk az a, b, c, d, f és g kapcsolókat?



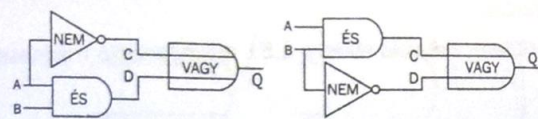
¹⁵ Darvay Béla – Kovács Zoltán: *Fizika, tankönyv a X. osztályok számára*, Ábel Kiadó, Kolozsvár, 2003., 165. oldal

¹⁶ Dr. Daniel-Ovidiu Crocnan, Dr. Voicu-Vlad Grecu, Mircea-Corneliu Fronesco: *Fizika, tankönyv a X. osztályok számára F1*, Ábel Kiadó, Kolozsvár, 2000., 145. oldal

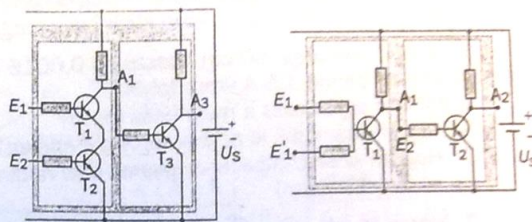
¹⁷ Dr. Daniel-Ovidiu Crocnan, Dr. Voicu-Vlad Grecu, Mircea-Corneliu Fronesco: *Fizika, tankönyv a X. osztályok számára F1*, Ábel Kiadó, Kolozsvár, 2000., 147. oldal

¹⁸ Dr. Daniel-Ovidiu Crocnan, Dr. Voicu-Vlad Grecu, Mircea-Corneliu Fronesco: *Fizika, tankönyv a X. osztályok számára F1*, Ábel Kiadó, Kolozsvár, 2000., 147. oldal

3. Egészítsétek ki a logikai áramkörök valóságtáblázatát!



4. Elemezzétek az áramköröket, és állapítsátok meg, hogy milyen logikai áramkörnek felelnek meg!



Feladatok

1. Az ábrán látható áramkörben:

$$E_1 = 6 \text{ V},$$

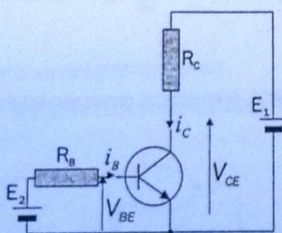
$$E_2 = 1,5 \text{ V}, \text{ a belső}$$

ellenállások elhanyagolhatók. Határozzátok meg az R_K illetve

R_B ellenállás azon értékeit, amelyek mellett a tranzistor normálisan

működik! Adott: $I_B = 2,5 \text{ mA}$; $U_{BE} = 0,6 \text{ V}$;

$$I_K = 200 \text{ mA} \text{ és } U_{KE} = 4 \text{ V}.$$



2. A 6 V emf.-ű áramforrást tartalmazó áramkörben, a $\beta = 100$ -as tranzistor normálisan működik, ha:

$$U_{BE} = -0,2 \text{ V};$$

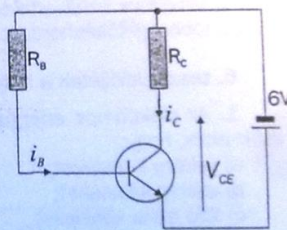
$$I_K = -50 \text{ mA} \text{ és}$$

$$U_{KE} = -5 \text{ V}.$$

a) Határozzátok meg: a bázisáram

(I_B) és az emitteráram (I_E) értékét!

b) Számítsátok ki az R_B és R_K értékét, amelyre a tranzistor normálisan működik.



Következtetés

Mindig vita tárgyát képezi, hogy mit és milyen mélységig tanítsunk fizikából. Mit tanítunk Magyarországon, ami megalapozhatja a félvezetők tanítását? Az is eldöntendő kérdés lenne, hogy például a fentiekben tárgyalt félvezetők a rendes tananyagban vagy szakkörön kapjanak helyet.

Azokat a kémiai alapismereteket (az atom elektronburok szerkezete és héj a héjak kiépülése), amelyekre építeni lehet, tanítjuk kémiaórán. Ezt bizony ki kellene egészíteni az atomkapcsolatok sávméleteinek alapjaival, ahhoz, hogy tudományos igénnyel lehessen foglalkozni a félvezetőkkel. Ennek felfrissítése a középiskolában fizikát tanító tanárok számára külön munka lenne.

15 évvel ezelőtt még a szilárdtestfizika és a félvezető eszközök (dióda, tranzistor) tudományos ismertetése és magyarázata 25-30 oldal terjedelemben volt megtalálható a fizikatankönyvekben (fényképek nélkül, csak a tudományos magyarázathoz szükséges grafikonokkal, ábrákkal és kapcsolási rajzokkal). Ez az oldalszám épült le Magyarországon 5-7 oldalra (aminek fele fénykép), miközben a félvezetők korát éljük.

Össességében a valamennyiünk által tapasztalt, általában egyre gyakorlatiasabb, már-már alkalmazott fizikaoktatásról számolhatok be. Vajon a gyakorlatiasabb kifejezés nem csak leplezése a felszíneesebbnek? Mint láttuk, vannak üdítő kivételek is.

(Legvégül megjegyzem, hogy Felvidéken, Kárpátalján és Vajdaságban is, a középiskolákban bővebben és alaposabban tanítják a szilárdtestfizikát (amiről Magyarországon szó sem esik), a félvezetők működésének tudományos fizikai-kémiai alapjait, illetve a félvezető eszközök működését, mint Magyarországon.)

JAVASLATOM A FÉLVEZETŐK KÖZÉPISKOLAI OKTATÁSÁHOZ

A félvezetők középfokú oktatását több ok miatt is javaslom. A jelenség megértéséhez tudományos igényű ismeretekre van szükség, mélyebb rétegű tudásra, mint amit az eszköz alkalmazása kíván. A jelenségek alapvető okával ismertethetjük meg a tanulókat (a természet szervezettségét a legmélyebb szintektől a gyakorlati megvalósulásig), megmutatva a fizikai törvények mindig érvényesülő, egymásra épülő és egymástól függő kapcsolatrendszerét, ezzel fejlesztve a tudás mellett a tanulók logikai, rendszerező képességeit. A félvezetők tanulásán keresztül a tanulók magyarázatot kapnak az elektromosságban tanultakra: miért vezetnek a fémek az elektromos áramot, a szigetelők miért nem, a fémek és félvezetők vezetőképessége hogyan és miért függ a hőmérséklettől, megvilágítástól. Mindezek mellett a félvezetők területe interdiszciplináris tananyagrészt. Élő kapcsolatot teremt a kémia- és a fizikatantárgy között. A tanulás hatékonyabb, alapossága jobb, ha a tanuló tudja, hogy a kémiaórán tanultakra a következő tanévben feltétlenül szüksége lesz fizikaórán.

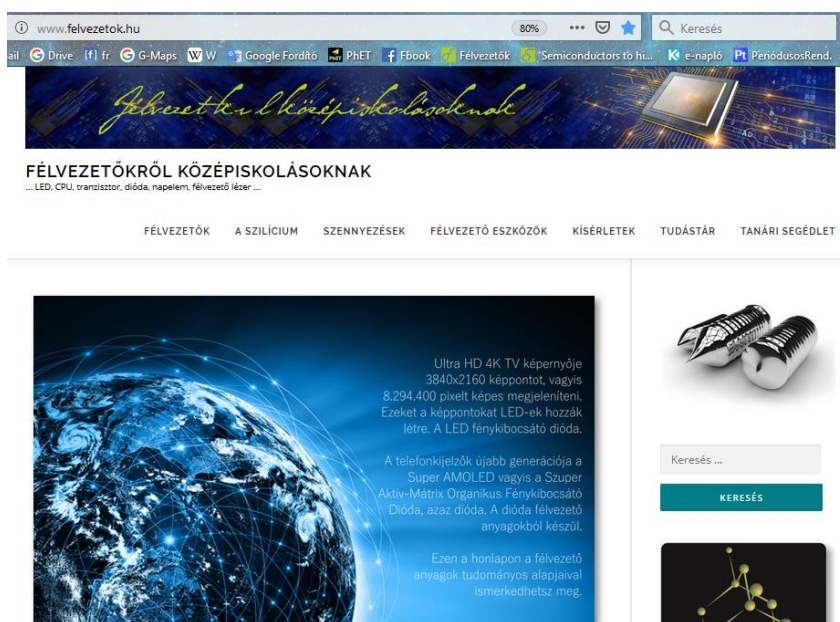
Az elmúlt évek során összegyűjtöttem egy középiskolásoknak szánt, félvezetőről szóló tananyagot, és elkészült egy komplex oktatási honlap (www.felvezetok.hu), amely segítséget kíván nyújtani azoknak a kollégáknak, akik tanítani gondolják a félvezetőket. Ugyanakkor a honlap a tanulók számára önállóan is használható bizonyos szintig. Az elkészült és tesztelés alatt álló honlap a visszajelzések alapján mondhatom, hogy látványos és hiánypótló munka.

Műfajának megfelelően véleményem szerint, sikerült változatosan színesre és többszintűre készíteni, amelyben igény szerinti mértékben kaphat választ az érdeklődő.

Tartalmaz hagyományos elméleti tananyagot diákoknak, képekkel, fotókkal, animációkkal illusztrálva.

Tanulási segítőként tartalmazza a lényeg kiemelését, a tanulás eredményességének önellenőrzését támogató kérdéseket és azok megoldását, a szakmai fogalmak és a használt idegen kifejezések szótárszerű értelmezését.

Fotókkal, videóval illusztrálva ismertetek egyszerű, kis költségű demonstrációs kísérleteket, amelyek a leírás alapján akár diákok által is könnyen megismételhetők. A tananyaghoz kapcsolódó



általános ismeretbővítést szolgálja több, a hétköznapi gyakorlatban gyakran használt félvezető eszköz működésének leírása.

A honlapon a szükséges kémiai alapismereteket is megtalálhatóak, kiemelve a megértéshez nélkülözhetetlen információkat. Így az első átismétlendő témának a *szilíciumatom*, illetve a *szilíciumkristály* szerkezetét, tulajdonságait ajánlom. (<http://www.felvezetok.hu/a-sziliciumkristaly/>) A téma feldolgozásánál, mint hasonló elektronburok-szerkezettel rendelkező atomra, illetve kristályra lehet hivatkozni a szénatomra, illetve gyémántra, amelyekről a 10. évfolyam közepéig, második feléig – amikor a félvezetőkre sor kerülhet a fizikaórán – már tanultak a tanulók kémiaórán. Így ismerniük kell a kovalens kötés definícióját és jellemzésére használt tulajdonságait, hogy a szén vegyületeiben négy vegyértékű (szén-monoxidot kivéve), a gyémánt atomrácsos kristály, kovalens kötés-rendszer tartja össze, tetraéderes szerkezetű, szigetelő anyag, mert nincs szabad töltéshordozó (delokalizált elektron) a kristályban. Ezekkel a tulajdonságokkal jellemezhető a szilíciumkristály is.

Innen kiindulva javaslok egy tanulmányozási sorrendet:



[A szilícium](#) → [A szilícium gerjesztése](#) → [p-szennyezés](#) → [n-szennyezés](#) → [A p-n réteg. A dióda](#)
→ [A dióda áramköri elemként](#)

A *szilícium gerjesztéséhez* a jelenséget jól szemléltető, a megértést segítő, a honlapon is megtalálható példát javaslom:

Képzeljünk el egy kétszintes parkolót, amelynek alsó szintjét teljesen feltöltötték kocsival. A hely hiánya miatt egyetlen autó sem tud elmozdulni a helyéről, a felső szint ugyanakkor teljesen üres.

Segítségül hívva a parkolóház autóliftjét,(<http://www.felvezetok.hu/a-sziliciumkristaly-gerjesztese/>)

Az oldalon megtalálható a parkolós példa és a szilíciumkristály, illetve gerjesztése közötti megfeleltetés leírása is.

FÉLVEZETŐKRŐL KÖZÉPISKOLÁSOKNAK

... LED, CPU, tranzistor, dióda, napelem, félvezető lézer ...

FÉLVEZETŐK A SZILÍCIUM SZENNYEZÉSEK FÉLVEZETŐ ESZKÖZÖK KÍSÉRLETEK TUDÁSTÁR TANÁRI SEGÉDLET

KÍSÉRLET GERMÁNIUMKRISTÁLYAL

A szigetelő alátétre helyezzük a kb. 1,5-2 cm széles Ge-lapocskát, majd a csatlakozókat óvatosan rögzítjük.
A multiméter ellenállásmérő üzemmódba kapcsoljuk és a vezetékeket ennek megfelelően csatlakoztatjuk.
A multiméter mérőhatárát az ellenállásmérés tartományában a 20 MΩ-os mérőhatárhoz állítjuk be.
Szobahőmérsékleten a műszerünk 14,51 MΩ ellenállást jelezett.
Hajszárítóval melegítve a kristályt, ellenállása 14,51 MΩ értékről 8,93 MΩ értékre csökken.
Majd a Ge-lapocskát 25 W-os izzóval világítottuk meg. A Ge ellenállása a fény hatására csökken, a műszer 5,25 MΩ ellenállást jelezett.

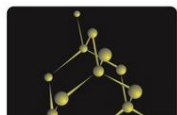
Eszközigény a kísérlet elvégzéséhez

- Multiméter
- Ge-lapocskák
- Szigetelő alátét
- Két csatlakozó (amelyeken keresztül a Ge-kristályt)



Keresés ...

KERESÉS



Ezen az oldalon található egy egyperces kis animáció is a szilíciumkristály gerjesztéséről, ami láttatni próbálja a láthatatlant. Javasolt kísérlet: [Kísérlet germániumkristállyal](#) vagy [Kísérlet NTC termisztorral](#).

A *p-* és *n*-szennyezés külön oldalon található. Ezen a két oldalon a szóhasználat megegyezik, időnként a mondatok is, kiemelendő vele, hogy milyen hasonló a két jelenség. Egyszer kell megtanulni

és megérteni, és két esetben használható a jelenség leírásához.

A *p-n réteg*. A *dióda* című oldalon tárgyalt, a *p-* és *n*-szennyezett félvezetők érintkezésénél létrejövő záróréteg okozhatja az első nehézséget a megértésben. Ennek megértéséhez is egy rövid animációt készítettem (<http://www.felvezetok.hu/a-dioda/>). A magyarázat mellett, mint minden oldalon, itt is megtalálható kiemelve *A lényeg*.

A nehézség két részből áll: egyrészt miért lesz a pozitívnek nevezett réteg negatív potenciálú, illetve a negatívnak nevezett réteg pozitív potenciálú, másrészt a létrejött belső térerősség iránya és szerepe. Ezt követően a diffúziós áram, illetve a sodródási (drift-) áram létrejöttének feltételét, illetve körülményeit kell kiemelni. Ezek egészen új fogalmak, ugyanis, noha dolgozunk a sodródási árammal, mint jelenséggel az elektromosságban, nem nevezzük meg, és a kifejezést nem használjuk.

További érdekessége a jelenségnek, amellyel eddig nem találkoztak a tanulók, a félvezetőkben kialakuló áramvezetés jelensége: két különböző töltéshordozó (lyuk és elektron) hozza létre az elektromos áramot, amelyek egymással szemben mozognak (látszólag), de az áram létrehozásában összeadódik a hatásuk. Mégis, érdemesnek tartom kitérni erre a jelenségre. Javasolt kísérlet: [A LED feszültség-áram karakterisztikájának mérése](#).

A lényeg

1. A *p-* és *n*-szennyezett félvezető kristály összeillesztését követően a *p*-típusú kristályban található akceptor lyukak vonzásának hatására a kóborló elektronok átvándorolnak (átdiffundálnak) a *p*-rétegnek egy igen keskeny sávjába, ahol az elektronok rekombinálódnak a lyukakkal.
2. Az *n*-típusú félvezető határ menti rétegében elektronhiány lesz, a *p*-típusú rétegben többlet elektronok jelennek meg.
3. Az így kialakult szabad töltéshordozókban szegény réteget zárórétegnek (vagy határrétegnek) nevezzük.
4. A töltésegyensúly felborulása következtében a zárórétegben egy $E_{\text{belső}}$ elektromos mező jön létre.
5. Az $E_{\text{belső}}$ megakadályozza az elektronok további (termikus) diffúzióját.

FÉLVEZETŐKRŐL KÖZÉPISKOLÁSOKNAK

... LED, CPU, tranzistor, dióda, napelem, félvezető lézer ...

FÉLVEZETŐK A SZILÍCIUM SZENNYEZÉSEK FÉLVEZETŐ ESZKÖZÖK KÍSÉRLETEK TUDÁSTÁR TANÁRI SEGÉDLET

A P-N RÉTEG. A DIÓDA



A dióda a legegyszerűbb félvezető eszköz, amelynek legérdekesebb része a p-n átmeneti réteg és környezete, ahol a két különböző szennyezettségű félvezető kristály érintkezik és kerül kölcsönhatásba egymással.

Ha egy p-típusú és egy n-típusú félvezető kristályt összeillesztünk, az érintkezési felület mellett, egy nagyon keskeny sávban töltésszétválasztás történik.



A dióda

A dióda egy összeillesztett p- és n-szenyezett félvezető kristályból áll, amelyben kialakult a záróréteg [5][7]. Tulajdonképpen a diódát egy tiszta szilíciumkristályból készítik, amelynek mindkét felét külön szennyezik.



Keresés ...

KERESÉS



Ezt követően A dióda áramköri elemként oldal tárgyalja a legegyszerűbb félvezető eszköz működését, és szolgáltat magyarázattal arról a tapasztalt jelenséggel, hogy a diódák miért csak egy irányba vezetik az elektromos áramot. Javasolt kísérlet: [LED egyszerű áramkörben](#) vagy [LED hosszú vezetékkel csatlakozik a tápegységre](#).

A fentiek alapján könnyen magyarázattal szolgálhatunk a félvezetők gyakorlati jelentőségére és néhány gyakorlati alkalmazásának magyarázatára. Pl. [az elektromos áram egyenirányítása](#), a [napelem működése](#), a [LED tv-k kijelzőjének színkeverése](#). A jelenségek bemutatásához a honlapon kísérletek sorakoztatok fel.

A tanári segédanyag-hiány pótlására 4-6 tanóra alatt feldolgozható tananyag-modult dolgoztam ki, amihez oktatási segédanyagokat fejlesztettem és próbáltam ki a tanítási gyakorlatban. A félvezetők tanítását vállaló szaktanárok számára a tanítást segítő háttérismereteket és a gimnázium elektromos tananyagába beilleszthető ütemtervet, PowerPoint segédanyagokat is készítettem, és személyre szabhatóan elérhetővé tettem a honlapon.

A honlapon található valamennyi animáció a PowerPoint diasorban is megtalálható, külön nem szükséges letölteni őket.

FÉLVEZETŐKRŐL KÖZÉPISKOLÁSOKNAK

... LED, CPU, tranzistor, dióda, napelem, félvezető lézer ...

FÉLVEZETŐK A SZILÍCIUM SZENNYEZÉSEK FÉLVEZETŐ ESZKÖZÖK KÍSÉRLETEK TUDÁSTÁR TANÁRI SEGÉDLET

TANÁRI SEGÉDLET

Óravázlat 1.

Óravázlat 2.

Óravázlat 3.

Óravázlat 4.

Tanórán felhasználható PowerPoint bemutatók:



- Különböző anyagok vezetőképessége
- A germániumkristály ellenállása és befolyásolása
- Félvezetők:
- A szilícium
- Szilíciumban az atomhálókármérete



- A szennyezés Szilícium szennyezése bórtommal
- P-szenyezés
- Szilícium szennyezése foszforatommal
- N-szenyezés
- A dióda működése

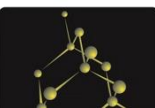


- A germániumkristály ellenállása és befolyásolása
- A termisztor
- LED egyszerű áramkörben a) Nyitó irányú kapcsolás b) Záró irányú kapcsolás



Keresés ...

KERESÉS



kiegészítő anyag

A vezetési sáv, a vegyértéksáv és ami közöttük van

A vezetési sáv és a vegyértéksáv fogalmának ismerete ad magyarázatot az anyagok elektromos vezetőképességére. A szemléltetést legegyszerűbbé azzal tehetjük, ha a ^1H atomon vezetjük be a fogalmakat. Mindegyik H-atomnak egy az első héj ($n=1$) s alhéjának ($l=0$) egy darab atompályáján egy elektron tartózkodik. Amennyiben a két H-atom megfelelően közel kerül egymáshoz, kovalens kötés kialakítására van lehetőség. Két H-atom összesen két atompályájának összesen két elektronja között jön létre a kölcsönhatás.

A Fermi-eloszlás

A félvezetőben a vezetés a vegyértéksávban és a vezetési sávban valósul meg. Mindkét sávban az elektronok mozgásának köszönhetően. Azonban, amíg a vezetési sávban delokalizált elektronok mozoghatnak, addig a vegyértéksávban az elektronok a vegyértéksáv gerjesztéssel betöltetlené vált elektronállapotaiban (lyuk) való ugrálással.

A honlapon található kiegészítő anyag is, amely meghaladja a középiskolai ismeret- és követelményszintet, ezért ezek fekete hátteret kaptak a *Szennyezések* menü oldalán, jelezve az téma iránt érdeklődő és esetleg az honlapon böngésző tanulóknak, hogy ezekre a tartalmakra nincs szükségük az alapismeretek megszerzéséhez és megértéséhez.

Ezeknek az egyes oldalaknak a linkje a Tanári segédlet menüről érhető el.



TUDÁSTÁR TANÁRI SEGÉDLET

	A szilárdtestek sávos héj szerkezete
	A vezetési sáv, a vegyértéksáv és ami közöttük van
	A Fermi-eloszlás
	A Fermi-energia (kémiai potenciál) kiegyenlítődése



Felhívom a fizikatanár kollégák figyelmét arra is, hogy az egyes oldalakon is találhatóak olyan kiegészítő információk, amelyeket a törzsanyaghoz nem javasolok, de az érdeklődők számára segíthetik a mélyebb megértést.

Elhangzott a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai és Bionikai Karon (H-1083 Budapest, Práter utca 50/A) tartott fizikatanári továbbképzésen 2018. november 16-án.

Segédanyagok:

Cambridge-i Egyetem honlapja: <http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/semiconductors/aims.php>

Colorado-i Egyetem honlapja: <http://phet.colorado.edu/hu/simulation/semiconductor>

Curriki angol honlap: <http://www.curriki.org/xwiki/bin/view/Search/>

LeifiPhysik: <https://www.leifiphysik.de/elektronik/>

Hobbielektronika portálja: <http://www.hobbielektronika.hu/>

Természettudományos ismeretterjesztő tartalmak honlap:
http://nagysandor.eu/AsimovTeka/solarcell_hu/full.html

Felhasznált irodalom:

<http://www.education.gov.uk/schools/leadership/typesofschools/maintained/a00198400/grammar-schools>

<http://www.education.gov.uk/schools/teachingandlearning/curriculum/secondary/b00198831/science/ks4/attainment/energy>

Melfort Close: *Hogyan nyerjük meg Angliát?*, 2006., 140. oldal, Dragonfly kiadásában, nyomtatva Nagy Britannia,
<http://mek.niif.hu/05800/05856/05856.pdf>

Phil Myers: *Edexcel IGCSE in Physics*, 2009., www.edexcel.com

Salter's Horner's Advanced Physics Project, AS Student Book, Edexcel Pearson, London, 2008., 269. oldal

dr. Jurisits József, dr. Szűcs József: *Fizika 10*, Mozaik Kiadó, Szeged, 2006., 129-134. oldal

Báthory István Elméleti Líceum, <http://www.bathory.ro/uploads/orarend/>

A nemzetközi felsőoktatás specialistája honlap, http://engame.hu/downloads/a_nemet_oktatasi_rendszer.pdf

Prof. Dr. Franz Bader, Heinz-Werner Oberholz, Prof. Friedrich Dorn: *Physik, Gymnasium 9/10*, Bildungshaus Schulbuchverlage, Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winkler GmbH, Braunschweig, Niedersachsen, 2009., 29-42. oldal

Prof. Dr. Franz Bader, Prof. Friedrich Dorn: *Physik 12/13, Gymnasium Sek II*, Bildungshaus Schulbuchverlage, Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winkler GmbH, Braunschweig, Niedersachsen, 2009., 298-304. oldal

Dr. Angela Fösel, Nürnberg, Dr. Bernd Reinhard, Ursberg, Peter Sander, Dachau, Stefan Schweitzer, München, Anton Thanner, Weilheim: *Physik*, Cornelsen Verlag, Berlin, 2008., 164-183. oldal

Magyar Közlöny 66. szám, 110/2012. (VI. 4.) Kormányrendelet A Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról, Budapest, 2012., 10751-10754., 10765. oldal

Dr. Daniel-Ovidiu Crocnan, Dr. Voicu-Vlad Grecu, Mircea-Corneliu Fronescu: *Fizika, tankönyv a X. osztályok számára F1*, Ábel Kiadó, Kolozsvár, 2000., 134-153. oldal

Mihai Popescu, Mihai Sandu, Smaranda Strazaboschi: *Fizika X.*, T3 Kiadó, Sepsiszentgyörgy, 2004., 210-216. oldal

Darvai Béla, Kovács Zoltán: *Fizika, tankönyv a X. osztályok számára*, Ábel Kiadó, Kolozsvár, 2003., 164-169. oldal