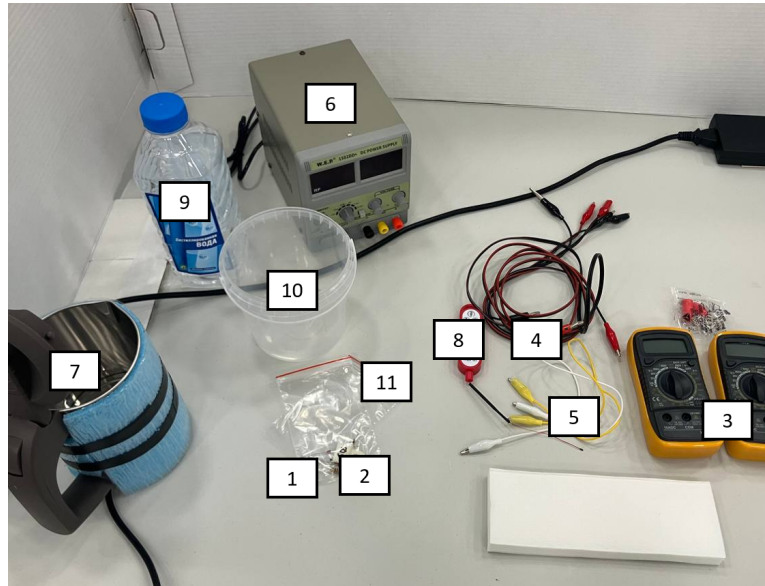


M2 Ýarymgeçirijilerdäki bökdençlikler

Оборудование

1. Stabilitrnalaryň nabory (5 sany)
2. Rezistor 20 Om
3. 2 multimetr
4. 3 jübüt banan-krokodil simler
5. 1 jübüt krokodil-krokodil simler
6. Hemişelik naprýaženiýe çeşmesi
7. Gyzdyrylýan kalorimetr (ýylylyk taýdan izolirlenen çäynek)
8. Termometr
9. Distilirlenen suw
10. Bir bedre
11. Zip-sumka
12. Noutbuk



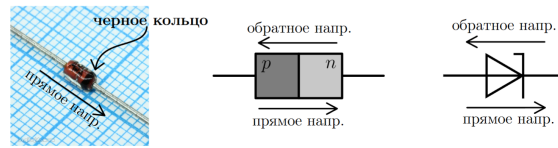
Teoretiki giriş

Stabilitron bu ters birikdirilende işlemesini bes edýän (proboý berýän) ýarymgeçiriji dioddyr. Wolt-amper häsiýetnamasynda, naprýaženiýanyň moduly käbir U_s -den uly bahalarda tok birden artýan bolup görünýär. Eger stabilitrona $\mathcal{E} > U_s$ naprýaženiýaly ideal DÄL naprýaženiýe çeşmesi birikdirilse, onda stabilitrondaky naprýaženiýe barybir U_s bolar. Bu naprýaženiýa stabilizasiýa naprýaženiýesi diýilýär. Ýagny ony stabilizator (sazlaýjy) hökmünde ulanyp bolýar. Ýarymgeçirijiniň işleýiş prinsipine kremniýniň mysalynda seredeliň. Arassa kremniýde daşky gatladaky ähli dört elektron hem atom bilen baglanyşykly ýagdaýda ýerleşýär (walent elektronlar). Olaryň energiýasyny nol hökmünde belläliň. Özem, käbir walent elektrony erkin etjek bolsak (ýagny, kremniý boýunça erkin hereket eder ýaly), onuň energiýasy E_G -den uly bolar ýaly, ony “oýandyrmaly”. Özem elektronlar aralykdaky energiýalara **eýe bolup bilenoklar**: ýa nol, ýa-da $E = E_G + K$, bu ýerde K - kinetik energiýa. E_G energiýa gadagan zolagyň energiýasy diýlýär. Otag temperaturasynda E_G energiýa $k_B T$ ýylylyk energiýasyndan has uly bolup çykýar, şonuň üçin arassa kremniýde ähli elektronlar walentdirler, we şonuň üçin arassa kremniý togy pes geçirýär. Ýarymgeçirijileri garyndylar bilen üýtgedilýär. Meselem, kremniý gözenegine fosfor atomlary goşulsa, biz erkin elektronlary döredýäris (walent elektronlaryň sany üýtgemän galýar). Şeýle ýarymgeçirilerde elektronlar zarýady äkidijiler bolup hyzmat edýär, we **otrisatel** zarýada eýedirler. Şonuň üçin şeýle ýarymgeçirijiler n tipli ýarymgeçirijilerdir (*negative*). Boruň atomlaryny hem goşup bolýar, beýle ýagdaýda biz walent elektronlary alýarys. Ýöne muňa başgaça hem seredip bolar: Walent elektronlaryň mukdary öňki ýaly galdy, ýöne käbirleriniň ýerine (hakykatda walent elektronlar bolmadyk ýerlerde) položitel zarýadlary goýduk, olary deşijekler diýip atlandyrarsy. Deşijekler zarýadyň erkin äkidijileri bolup, olar **položitel** zarýada eýedirler, şonuň üçin şeýle ýarymgeçirijiler p tipli ýarymgeçirijilerdir (*positive*). Ýarymgeçiriji diod bu her ýarysý dürliçe üýtgedilen, bir ýarysý n tipli, beýleki ýarysý p tipli ýarymgeçiriji bolan ýarymgeçiri bölekdir. Ýarymgeçiriji diodyň ähli möhüm häsiýetleri (meselem çyzykly däl wolt-amper häsiýetnamasy) p oblastdan n oblasta geçiş bolýan ýerdäki prosesler bilen kesgitlenilýär.

ÜNS BERIŇ! Diodyň göni birikdirilmesi bu tok p oblastdan n oblata akandaky birikdirilmedir. Stabilitronda n oblast gara halka bilen bellenen. Onda, tutuş mesele boýunça serediljek **ters birikme** bolsa, položitel naprýaženiýany gara halka tarapa birikdirmekdir.

Stabilitronyň proboýy üç mehanizm arkaly bolup biler:

- **Harsaň mehanizmi.** Eger zarýady äkidijiler ýarymgeçiriji boýunça hereketleriniň dowamynda täze elektron-deşijek jübütini emele getirmek üçin ýeterlik kinetik energiýa eýe bolup başlasa döreýär. Şeýle ýagdaýda äkidijileriň (geçirijilik hem olar bilen şertlendirilen) mukdary ep-esli artýar.
- **Tunnel mehanizmi.** Kwant mehanikadaky tunnel effektiniň netijesi bolup durýar.



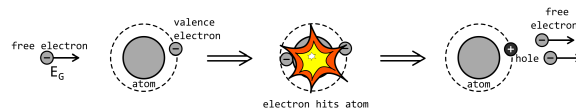
Sur. 1. Stabilitron.

- **Ýylylyk mehanizmi.** Toguň akması bilen baglanyşykly, güýçli gyzdyrylmada pn geçiş (araçäk) ýumrulýar.

Harsaň we tunel mehanizmi bilelikde işleýärler. bu mehanizmleriň anyk bir stabilitronyň proboýynyň häsiýetnamasyna goşantlarynyň gatnaşygy onuň stabilizasiýa naprýaženiýasyna baglydyr.

Bölüm A. Harsaňly proboý.

Harsaň proboýyň mehanizmine has içgin seredeliň. pn -geçelgäniň töwereginde elektrik meýdany beýleki göwrümdäkiden has uly bolýar. Naprýaženiýanyň ählisi diýen ýaly pn geçelgä düşýär we zarýad äkidijileri tizlenmeli hereket edýärler. Elektrik meýdany bilen täsirleşme güýjünden başga ähli güýji hasaba almarys. Eger kinetik energiýasy $K > E_G$ bolan nähilidir bir bölejik ýarymgeçirijiniň içinde hereket edýän bolsa, onda ol käbir ähtimallyk bilen atoma «urulyp» bilýär we özüniň kinetik energiýasyny walent elektrony oýandyrmaga harçlap bilýär. Şeýle ýagdaýda walent elektronyň deregine erkin elektron we deşijek dörrär. Eger şeýle bölejik bolup elektron ýa-da deşijek çykyş edýän bolsa, onda «urgy» netijesinde zarýadyň bir äkidijisiniň deregine üç äkidiji döreyär.



Sur. 2. Harsaňly proboýyň mehanizmi.

A1 Geçiriji boýunça hereketde elektron dowamly gözenegiň atomlary bilen «çaknyşýarlar» we «çaknyşmalar» arasyndaky ortaça geçilen ýola λ elektronyň erkin ylgaw ýolunyň uzynlygy diýlýär. Atoma urulmanka elektronyň K_e kinetik energiýasyny tapyň, eger ondan öňki çaknyşmadan soň onuň energiýasy nol bolsa. Jogabyňyzy E gurşawyň elektrik meýdanynyň güýjenmesi we e elementar zarýad arkaly aňladyň. Elektron her çaknyşmada täze elektron-deşijek jübütini emele getirer ýaly, E meýdan üçin şerti ýazyň. **None**

Deşikler üçin birmeňzeş mehanizmiň meňzeşligi ýok, sebäbi deşikler effektiv bölejik bolup, hakyky däl. Hereket deňlemelerinde ulanylmaly elektronyň effektiv massasy (mysal üçin, Nýutonyň ikinji kanuny) m_e^* bilen bellenýär.

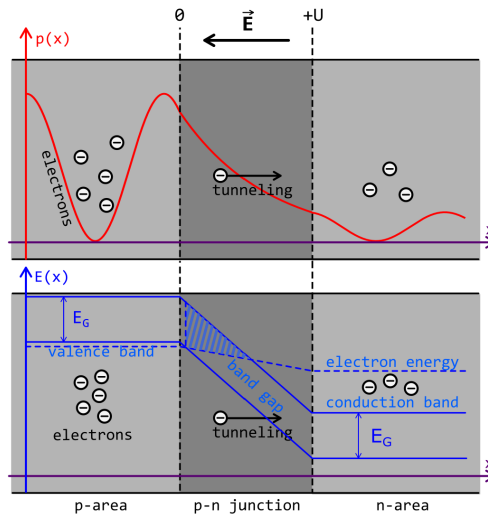
A2 **A1** punktaky netijäni ulanyp, λ erkin ylgaw ýolunyň uzynlygyny e elementar zarýad, m_n^* elektronyň effektiv massasy, U_s stabilitronyň stabilizirleýji naprýaženiýesi, d pn -geçelgäniň ini we E_G gadagan zolagyň ini arkaly aňladyň. **None**

A3 Ters birikdirilen stabilitronyň harsaňly proboý üçin WAH-nyň ýokary hilli grafigini jogap kagyzynda çyzyň. **None**
Bellik. WAH - bu I -niň U -a baglylygy, tersine däl!

Bölüm B. Tunnel böwsülme

Indi tuneliň böwsülmeginiň mehanizmini jikme-jik öwreneris. Bu bölejikleriň kwant tebigatynyň netijesidir. Nusgawy bölejik, energiýa päsgelçiligini uranda, ondan şöhlelenýän bolsa, kwant bölejiginiň bu päsgelçilikden geçmek mümkinçiligi az.

Dengeleyici üzerindeki voltaj arttığında, p -yarı iletkenindeki serbest elektronların enerji seviyesi (n -yarı iletkenine göre) artar ve tünelleme daha verimli olur. Isıtıldığında, elektronların etkin kütlesi değişir ve kırılma voltajı düşer.



Surat 3. Tunnel prosesi

Birlik wagtda pn -garyndysyndan geçen Z elektron sany:

$$Z = \frac{V e^2 E^2}{18\pi \hbar^2} \sqrt{\frac{m_r}{E_G}} \cdot \exp\left(-\frac{\pi \sqrt{m_r} E_G^3}{2\hbar e E}\right)$$

Bu ýerde V pn -geçişiniň görümi, E pn -geçişiniň içindeki elektrik meýdany, \hbar özgerdilen Plank hemişeligi, E_G gadagan zonanyň giňligi, $m_r = \sqrt{\frac{m_p^* m_n^*}{m_p^* + m_n^*}}$ äkidijileriň özgerdilen massasydyr.

B1 Berlen ýagdaýda tekliplenen formulany ulanyp, tunel böwsülmesine pn -geçiş üçin WAH grafigini çyzyň. Bellik: None WAH, I -niň U -ýa baglylygydyr, tersi däl!

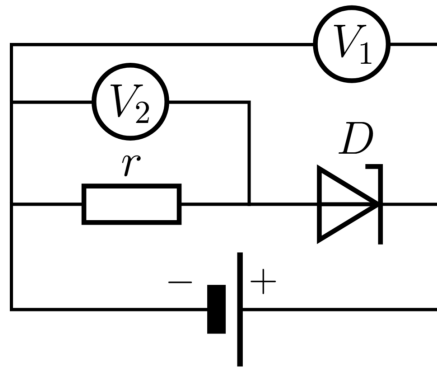
Bölüm Ç. Eksperiment.

Nazary modelleri barlamak üçin, dürli temperaturada üpjün edilen 5 sany zener diodyny öwrenmek tekliplendir. Zener diodlarynyň $D1 - D5$ bellikli baýdaklarynyň bardygyny ýadyňyzdan çykarmaň.

Möhüm bellik!

- Meseläniň bu bölegindäki ähli nokatlar ters baglanyşyk bilen zener diodyny öwrenmegi öz içine alýar.
- Meseläniň bu böleginiň ähli nokatlarynda položitel naprýaženiýe togyň ters tarapa akýan naprýaženiýesidir. Tok onuň ugruna ters akýar.
- Durnukly naprýaženiýe diýmek U_s tok bilen deň bolan naprýaženiýany aňladýar 60 mA, başgaça görkezilmedik bolsa.
- **Hiç haçan zener diodyna 120 mA köp tok bermäň!!!**

Для измерений предлагается следующая схема. Выданный резистор номиналом 20 Ом обозначен r , стабилитрон обозначен D . Напряжение на вольтметре V_1 обозначим, как U_0 , на вольтметре V_2 обозначим, как U_r . Ölçeğ üçin aşakdaky zynjyr tekliplendir. Berilýän 20 Ом rezistory r , zener diody D bilen belgilenen. V_1 Woltmetrdäki naprýaženiýäni U_0 , V_2 woltmetrdäkini U_r diýip atlandyryars. **Baglanyşyň polýarlygyna üns beriň.**



Surat 4. Ölçegler üçin zynjyr

- C1** Ölçegler üçin bu zynjyryň näme üçin optimaldygyny we V_1 woltmetri göni zener diodyna birikdirmegiň mümkin däldigini tassyklaň. **None**
- C2** Naprýaženiýesi U_d bolan zener diodynyň I_d tok güýjüni, U_0 , U_r , r üsti bilen aňladyň. **None**
- C3** Zener diodlarynyň U_s durnuklaşan naprýaženiýesini otag temperaturasynda ölçäň, degişli zener diodynyň sany boýunça jogap sahypasyna ýazyň. **Bellik**. Islendik element ýaly, zener diody tok geçende gyzýar, şonuň üçin suwa çümdürilen zener diody bilen ölçegler edilmeli. **None**

Wolt-ampere häsiýetnamasyny ölçemäge geçeliň.

Maglumatlary gaýtadan işlemek boýunça görkezmeler.

Maglumatlary gaýtadan işlemek we saklamak MS Excel-iň kömegi bilen amala aşyrylar. Ölçenen ululyklary elektron tablisalaryna ýazyp bilersiňiz. Emin agzalarynyň işiňizi dogry barlamagy üçin faýllaryň adyny aýdyň we şertlerde görkezilişi ýaly maglumatlary tablisalarda berk ýazyň.

Kompýuteriňiziň iş stolunda «M2» atly bukja bar. Onda «*check.bat*», «*example.xlsx*» faýllary we «*First name Second name*» bukjasyna bar. **Adyňyzy we familiýaňyzy goşmak üçin bu bukjanıň adyny üýtgetmeli bolarsyňyz, ýogsam işiňiz gözden geçirilmez!**

Papkanyň adyny üýtgedeniňizden soň açyň. Onda element belgileri bolan bukjalary we «*Report.docx*» faýly bar. Kiçi bukjalaryň atlaryny we faýlyň adyny «*Report.docx*» üýtgetmäň.

Öğeniň bir alt klasöründe, tüm dogrudan ölçümler ve daha fazla çözüm ayrı dosyalara kaydedilmelidir. Çözüm dosyaları HER sütunda hangi değerlerin hesaplandığına dair yorumlar içermelidir. Bu yorumların aynı ilgili madde için cevap kâğıtlarına da YAZILMALIDIR. Çözüm dosyaları «*SolX.xlsx*» olarak adlandırılmalı, burada X çözülen maddenin adıdır ve o maddenin klasörüne kaydedilmelidir. Yanlış klasörlere kaydedilen çözüm dosyaları kontrol edilmeyecektir. Dolayısıyla, C4 öğesini çözüyorsanız, «C4» klasöründe bir «*SolC4.xlsx*» dosyası oluşturmalısınız.

«*example.xlsx*» dosyası ölçümlerin kaydedilmesi için bir şablondur. Ölçülen tüm veriler bu şablona göre tasarlanmalıdır. Yanlış biçimlendirme durumunda dosyalar değerlendirmeye alınmayacaktır! Ölçüm dosyaları «*MesX.xlsx*» olarak adlandırılmalı ve bu öğenin klasörüne kaydedilmelidir. Ölçüm dosyaları orijinal ölçümler dışında hiçbir şey içermemelidir: stabiltron numarası (sadece rakam), stabiltronun daldırıldığı su sıcaklığı T , ölçümler U_0 ve U_r . Şablona göre tasarlanmamış veya gereksiz veri içeren tüm ölçüm dosyaları değerlendirmeye alınmayacaktır!!!! Bu nedenle, C4 maddesini çözerseniz, «*example.xlsx*» dosyasını kopyalamanız ve «C4» klasöründe «*MesC4.xlsx*» olarak yeniden adlandırmanız gerekir.

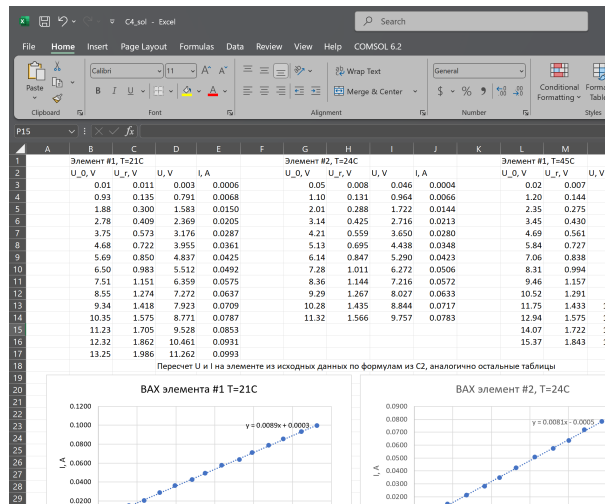
Aşakda tamamlanan ölçeg faýlynyň we aşakda dogry formatlanan çözgüt faýlynyň mysaly.

Asyl ölçegleriň dogry saklanandygyny barlamak üçin «*check.bat*» faýlyny işledip bilersiňiz. Executionerine ýetirilenden soň, bu faýl size konsolda aşakdaky setirleri bermeli:



Diode #	1 Diode #			2 Diode #			3 Diode #							
T, °C	21, T, °C			24, T, °C			45, T, °C			86, T, °C				
U _a , V	U _v , V	I _a , A	U _a , V	U _v , V	I _a , A	U _a , V	U _v , V	I _a , A	U _a , V	U _v , V	I _a , A	U _a , V	U _v , V	I _a , A
0.01	0.011	0.05	0.008	0.02	0.007	2.67	0.286							
0.93	0.135	1.10	0.131	1.20	0.144	4.00	0.424							
1.88	0.300	2.01	0.288	2.35	0.275	5.30	0.573							
2.78	0.409	3.14	0.425	3.45	0.430	6.67	0.725							
3.75	0.573	4.21	0.559	4.69	0.561	7.96	0.863							
4.68	0.722	5.13	0.695	5.84	0.727	9.27	0.991							
5.69	0.850	6.14	0.847	7.06	0.838	10.77	1.131							
6.50	0.983	7.28	1.011	8.31	0.994	12.01	1.294							
7.51	1.151	8.36	1.144	9.46	1.157	13.40	1.430							
8.55	1.274	9.29	1.267	10.52	1.291	14.62	1.566							
9.34	1.418	10.26	1.435	11.75	1.433	15.99	1.703							
10.35	1.575	11.32	1.566	12.94	1.575	17.43	1.860							
11.23	1.705			14.07	1.722	18.71	2.004							
12.32	1.862			15.37	1.843									
13.25	1.986													

Surat 5. Başlangıç maglumatlar bilen doldurylan tablisanyň mysaly.



Surat 6. Dogry aformirlenen çözüdiniň mysaly.

```

Error_1: Extra files in the root directory!
Error_2: File example copy.xlsx not in item directory!
Error_2: File example.xlsx not in item directory!
Error_2: File MesD5.xlsx not in item directory!
Error_2: File Sold5.xlsx not in item directory!
Error_5: Solution file B1_sol.xlsx is not correctly named!

Name: Name Surname

Found data files:
- MesB2.xlsx File path: Name Surname/B2/MesB2.xlsx
  - Diode #1, T=21°C
  - Diode #2, T=24°C
  - Diode #1, T=45°C
  - Diode #2, T=86°C
- MesC4.xlsx File path: Name Surname/C4/MesC4.xlsx
  - Diode #1, T=21°C
  - Diode #2, T=24°C
  - Diode #1, T=45°C
  - Diode #2, T=86°C
- MesD3.xlsx File path: Name Surname/D3/MesD3.xlsx
  - Diode #1, T=0°C
  - Diode #1, T=12°C
  - Diode #1, T=24°C
  - Diode #1, T=40°C
  - Diode #1, T=52°C

Found solution files:
- SolB1.xlsx File path: Name Surname/B1/SolB1.xlsx
- SolB2.xlsx File path: Name Surname/B2/SolB2.xlsx
- SolC4.xlsx File path: Name Surname/C4/SolC4.xlsx
- SolD3.xlsx File path: Name Surname/D3/SolD3.xlsx
  
```

Surat 7. Konsolyň çykyşyna mysal.



Bir faýl garaşylýan ýalňyşlyklardan ýa-da konsol ýalňyşlyklaryndan haýsydyr birini öndürýän bolsa, bu ähli faýllaryň dizaýn talaplaryna laýyk gelmeýändigini we düzedilmelidigini aňladýar. Faýl haýsydyr bir seriýany öndürmeýän bolsa, bu hem ýazylmandygyny we dogry ýatda saklanmandygyny aňladýar!

Göni ölçeglere geçeliň.

Ölçeğiň tertibi.

Klasörü adınız ve soyadınızla yeniden adlandırın! - Şablonu (taşımayın!) ölçeçeğiniz ögenin klasörüne kopyalayın. «MesX.xlsx» olarak yeniden adlandırın. - «MesX.xlsx» dosyasındaki dolu hücrelerin hiçbirini değiştirmeden ve sadece boş hücreleri duruma göre doldurarak, gerekli ölçümleri U_0 , U_r , T alın ve dosyaya girin. - Bir «SolX.xlsx» dosyası oluşturun ve gerekli verileri içine kopyalayın, ardından bunlarla gerekli yeniden hesaplamayı yapın, hem tabloda hem de cevap kağıtlarında eylemlerinizi hakkında yorumlar bırakın! - Gerekli grafikleri «Report.docx» dosyasına, bu öge ve dengeleyici için grafiğiniz için verilen hücreye kaydedin.

- C4** Oda sıcaklığında 0 mA ile 100 mA arasındaki akım aralığında yayınlanan tüm stabilizatörlerin WAH'lerini alın. WAH'ler en az 15 nokta içermeli ve akım aralığını eşit olarak kapsamaludur. WAH grafiklerini çizin ve grafikleri «Report.docx» içine yapıştırın. Bu ögenin sonucu, orijinal ölçümleri ve sadece onları içeren bir «MesC4.xlsx» dosyası, gerekli yeniden hesaplamaların yapılacağı bir «SolC4.xlsx» dosyası, buna yorumlar ve WAH'lerin grafikleri ve ayrıca «Report.docx» içine kaydedilen grafiklerin görüntüleri olmalıdır. **None**

Belirli bir U_s arıza geriliminden başlayarak diyotun WAH'sinin karakteristik şeklini değiştirdiğini fark etmek zor değildir. Bunun nedeni baskın bozulma mekanizmasının değişmesidir.

- C5** Teorik kısmı kullanarak, hangi stabilitronlarda hangi bozulma mekanizmasının geçerli olduğunu belirleyin. Bozulma mekanizması değişim voltajını U_{s0} tahmin edin. Elde ettiğiniz sonuçları cevap kağıdına yazınız. **None**

İlki bilen tuneliň böwsülmegine seredeliň:

- C6** Bölüm B'de önerilen formülü kullanarak, tünelleme arıza mekanizmasına sahip (yani en düşük açılma gerilimine sahip) diyot için elde edilen bağımlılığı doğrusallaştırın. Doğrusallaştırılmış grafiği çizin ve «Rapor.docx» içine yapıştırın. Verilen sabit tablosundaki sabitleri kullanarak, pn -geçişinin d genişliğini belirleyin ve cevap kağıdınıza kaydedin. Not: Elektron ve deliğin etkin kütleleri oda sıcaklığında ve ideal koşullarda verilmiştir, gerçekte bu değerler koşulun sonundaki tablodaki verilerden çok farklı olabilir. Bu maddeyi çözmek için yaptığınız çalışmanın sonucu «SolC6.xlsx» tablosu ve «Report.docx» dosyasına aktarılan grafiklerin görüntüleri olmalıdır. **None**

Ne yazık ki, daha önce de belirtildiği gibi, bir deliğin ve bir elektronun etkin kütleleri, sıcaklık da dahil olmak üzere birçok faktöre çok güçlü bir şekilde bağlıdır. Sıcaklığa bağımlılık, yük taşıyıcılarının konsantrasyonunun sıcaklığa bağlı olmasından kaynaklanır, böylece yarı iletken içindeki elektron gazı farklı sıcaklıklarda farklı davranır ve bu da etkin kütlelerin değişimine yansır. Aşağıdaki paragraflarda etkin kütlelerin sıcaklığa bağımlılığını elde etmeye çalışacağız.

Munuň için tuneliň zener diodynyň häzirki naprýaženiýe häsiýetiniň temperatura baglydygyna peýdalanýarys.

- C7** Oda sıcaklığı dışındaki 4 sıcaklıkta, C6 maddesini uyguladığınız stabilizatörün WAH bağımlılığını okuyun. 0 ila 100 mA akım aralığında ölçümler yapın. WAH'ler de en az 15 nokta içermeli ve akım aralığını eşit olarak kapsamaludur. Bu maddeyi çözmek için yaptığınız çalışmanın sonucu «MesC7.xlsx» «SolC7.xlsx» dosyaları olmalı ve BAC grafikleri «Rapor.docx» dosyasına aktarılmalıdır. **None**



C8 Önceki paragrafta elde edilen bağımlılıkları doğrusallaştırın ve her sıcaklık için indirgenmiş kütle elde edin ve «Report.docx»’daki tabloya girin. Etkin indirgenmiş kütle m_r sıcaklığa bağımlılığını çizin ve «Rapor.docx»’a girin. Tüm doğrusallaştırılmış grafikler de buna aktarılmalıdır. Dikkat! pn -geçişinin d genişliği sıcaklığa bağlı değildir! Bu maddeyi çözme çalışmanızın sonucu «SolC8.xlsx» dosyaları, «Report.docx»’a aktarılmış WAH grafikleri ve «Report.docx»’da doldurulmuş bir tablo olmalıdır. **None**

İndi göçün zener diodlarına seredeliñ.

Not. Problemin bundan sonraki tüm noktalarında, stabilizasyon gerilimi yerine, WAH grafiğindeki kırılma noktasındaki gerilim olan U_B kırılma gerilimini inceleyeceğiz.

C9 En büyük kırılma gerilimi U_s olan çığ dengeleyici için λ serbest yol uzunluğunu bulun. A2 noktasını, tablodaki sabitleri ve C6 noktasında elde ettiğiniz pn -kavşak genişliği d değerini kullanın (C6 noktasını yapmadıysanız, burada ve aşağıda $d = 10 \text{ nm}$ alın). Bu maddenin sonucu cevap kağıdımızdaki çözüm olmalıdır. **None**

Tünel stabilizatörleri için çığ kırılma gerilimi de sıcaklığa bağlıdır. Bu gerçeği kullanarak, bir yarı iletkendeki elektron serbest yol uzunluğunun λ sıcaklığa bağımlılığını bulabiliriz.

C10 Aynı stabilatronu kullanarak, diğer 8 sıcaklık için, bükülme civarındaki stabilatronun BAC’sini alın. Her bir BAC en az 5 nokta içermeli ve bunlar kırılma noktasının yakınında bulunmalıdır. Bu noktayı çözme çalışmanızın sonucu «MesC10.xlsx» «SolC10.xlsx» dosyaları ve «Rapor.docx» dosyasına aktarılan VAC grafikleri olmalıdır. **None**

C11 Her sıcaklık için U_B kırılma gerilimlerini bulun ve bunları «Report.docx» içindeki tabloya girin (oda sıcaklığındaki kırılma gerilimi dahil). Elektronun serbest yol uzunluğunu λ bulun ve aynı tabloya girin. Sıcaklığa karşı serbest yol uzunluğunu çizin ve ayrıca «Rapor.docx»’a girin. Bu maddeyi çözmek için yaptığımız çalışmanın sonucu «SolC11.xlsx» dosyaları, «Report.docx»’a aktarılmış VAC grafikleri ve «Report.docx»’da doldurulmuş bir tablo olmalıdır. **None**

Hemişeliklerin tablisasy.

Hemişelik	San bahasy
\hbar	$1,055 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ $6,582 \cdot 10^{-16} \text{ eV} \cdot \text{s}$
m_e	$9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
e	$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$
E_G	$1,12 \text{ eV}$
m_p^*	$0,56 \cdot m_e$
m_n^*	$1,06 \cdot m_e$