# РАСЧЁТ ОЖИДАЕМОГО ЭФФЕКТА В БОРЕКСИНО ОТ ВЗРЫВА ГОЛУБОГО СВЕРХГИГАНТА С ПЕРЕХОДОМ В ГИБРИДНУЮ ЗВЕЗДУ

Чуева Е.А.

Научный руководитель:

Литвинович Е.А.

### Введение

• **Цель работы**: оценка числа событий обратного бетараспада в нейтринном детекторе Борексино от взрыва голубого сверхгиганта массой 50 солнечных с переходом в гибридную звезду.

Гибридная звезда — звезда, часть материи которой представляет собой кварк-глюонную плазму.

# Выбранная модель

Quark deconfinement as a supernova explosion engine for massive blue supergiant stars / T. Fischer [et al.] // Nature Astron. – 2018.

- Звезда-предшественница голубой сверхгигант массой 50 M<sub>o</sub>
- Моделирование: (1) коллапс и отскок ядра $\rightarrow$  (2) аккреция материи на протонейтронную звезду $\rightarrow$  (3) переход в гибридную звезду (барионная масса 2.092  $\rm M_{\odot}$ , ядро из кварковой материи 1.82  $\rm M_{\odot}$ )
- Если бы не был рассмотрен переход в гибридную звезду, то сформировалась бы чёрная дыра (после этапа (2))

### Предоставленные данные

- Предоставленные авторами статьи спектры нейтрино и антинейтрино записаны в ~1000 текстовых файлов
- Каждый текстовый файл содержит спектры электронных, мюонных и тау нейтрино и антинейтрино для энергий от 0.5 МэВ до 300 МэВ для определённого времени

The color of the	t - bounce = 0.366786178645995E-01 s						
0.5000000000000E+00   0.1377365465879İE+00   0.58640255116482E-02   0.10370796524975E-02   0.19788577909114E-02   0.18245401897896E-02     0.66032720329298E+00   0.18190237719806E+00   0.595988491119063E-02   0.9498874339034E-03   0.16624004630792E-02   0.15241513947714E-02     0.1516952051242E+01   0.31726104054924E+00   0.63301189804079E-02   0.10742263973495E-02   0.16583207512866E-02   0.15170909353077E-02     0.15209913476912E+01   0.4189919123940E+00   0.67323511398950E-02   0.1140007905040E-02   0.15896191532560E-02   0.1472562055708E-02     0.25087039257075E+01   0.73077603834655E+00   0.717069269793E-02   0.1349706415333E-02   0.15896191532560E-02   0.1422019228666F-02     0.35034368843427E+01   0.96510259526981E+00   0.75179741409333E-02   0.1847051417447E-02   0.13652778973998E-02   0.1268379359340E-02     0.1683729239566E+01   0.12745669952506E+01   0.59980237777237E-02   0.187214982432E-02   0.1732874991396E-02   0.1508327591157669E-03     0.14074734846095E+02   0.2236088628593E+01   0.22360856686E-02   0.939997739058E-03   0.4986373232E-02   0.498640809652340E-03   0.62375791157669E-03     0.1858780099843918E+02	E	dE	<ve></ve>	<veb></veb>	<vx></vx>	<vxb></vxb>	
0.66032720329298E+00	[MeV]	[MeV]	[]	[]	[]	[]	
0.87206403081746E+00   0.24023017601508E+00   0.59478156850688E-02   0.10096531103240E-02   0.16647342553824E-02   0.15170039530772E-02     0.11516952051242E+01   0.31726104054924E+00   0.63301189804079E-02   0.10742263973495E-02   0.16583207512866E-02   0.15170039530772E-02     0.20087039257075E+01   0.55334388368543E+00   0.71176902697939E-02   0.13432364524762E-02   0.15896191532560E-02   0.14220192286667E-02     0.35034368843427E+01   0.796763834655E+00   0.75179741409333E-02   0.1487601417447E-02   0.15627798739E-02   0.1336920575414E-02     0.46268293595030E+01   0.12745669952506E+01   0.71602559332948E-02   0.18786095645E-02   0.136874991396E-02   0.15033983980E-02     0.86697829223056E+01   0.1283625187668E+01   0.59980237777237E-02   0.18478093774450E-02   0.1732874991396E-02   0.150739139499196E-02   0.150739139499196E-02   0.150739139499196E-02   0.150739139499196E-02   0.150739139499196E-02   0.15072910394398E-02   0.12168397366948E-02   0.1520791394398E-02   0.12168397366948E-02   0.1520791394398E-02   0.1216839736948E-02   0.168779439E-02   0.1126869139396691E-02   0.1126869139396691E-02   0.112745669952560E+02   0.172669952560E+02   0.18478	0.50000000000000E+00	0.13773654658701E+00	0.58640255116482E-02	0.10370796524975E-02	0.19788577909114E-02	0.18245401897896E-02	
0.11516952051242E+01	0.66032720329298E+00	0.18190237719806E+00	0.55988491119063E-02	0.94989743539034E-03	0.16624004630792E-02	0.15241513947714E-02	
0.15209913476912E+01	0.87206403081746E+00	0.24023017601508E+00	0.59478156850688E-02	0.10096531103240E-02	0.16647342553824E-02	0.15170039530772E-02	
0.20087039257075E+01 0.55334388368543E+00 0.71176902697939E-02 0.12340706415333E-02 0.15896191532560E-02 0.14220192286667E-02 0.26528036910122E+01 0.73077603834655E+00 0.74213885364054E-02 0.14323264524762E-02 0.15027910394398E-02 0.13396920575414E-02 0.35034368843427E+01 0.96510259526981E+00 0.75179741409333E-02 0.16847051417447E-02 0.13652177897439E-02 0.12168397366948E-02 0.61104425821490E+01 0.16832625187668E+01 0.59980237777237E-02 0.18478093774450E-02 0.93640809652340E-03 0.80697829223056E+01 0.22230080628503E+01 0.39497963249286E-02 0.15072214932432E-02 0.67823010896091E-03 0.62375791157669E-03 0.14074734846095E+02 0.38772107436580E+01 0.5998023777608-02 0.94339907739050E-03 0.43134082080398E-03 0.40723639098681E-03 0.14074734846095E+02 0.51204554538743E+01 0.7924798736608E-04 0.10826667677322E-03 0.92843725728126E-04 0.967778548855784E-04 0.32419609271285E+02 0.67623520588863E+01 0.60517725754521E-05 0.14956910679665E-04 0.26241813701636E-04 0.29793313765636TE-05 0.42815099843918E+02 0.1576336883162E+02 0.57165024906058E-09 0.2243561686199E-08 0.41679306787129E-07 0.65014084300250E-07 0.74675017099479E+02 0.2570957943216E+02 0.56165497905795E-12 0.76444790669321E-11 0.50076991165787E-13 0.31789823970554E-11 0.17200571827208E+03 0.47382947256026E+02 -0.10656972760870E-14 -0.14837059253212E-14 0.50076991165787E-13 0.31789823970554E-11	0.11516952051242E+01	0.31726104054924E+00	0.63301189804079E-02	0.10742263973495E-02	0.16583207512866E-02	0.15013081300180E-02	
0.26528036910122E+01 0.73077603834655E+00 0.74213885364054E-02 0.14323264524762E-02 0.15027910394398E-02 0.13396920575414E-02 0.35034368843427E+01 0.96510259526981E+00 0.75179741409333E-02 0.16847051417447E-02 0.13652177897439E-02 0.12168397366948E-02 0.46268293595030E+01 0.12745669952506E+01 0.71602559332948E-02 0.18762148566945E-02 0.11732874991396E-02 0.10503239863980E-02 0.61104425821490E+01 0.16832625187668E+01 0.59980237777237E-02 0.18478093774450E-02 0.936408090652340E-03 0.84669540356231E-03 0.30697829223056E+01 0.222300800628503E+01 0.39497963249286E-02 0.15072214932432E-02 0.67823010896091E-03 0.62375791157669E-03 0.10657394376535E+02 0.29358253940794E+01 0.594831619285760E-03 0.40964340600126E-03 0.43134082080398E-03 0.40723639098681E-03 0.14074734846095E+02 0.51204554538743E+01 0.594431619285760E-03 0.40964340660126E-03 0.22825487808799E-03 0.22825487808799E-04 0.228254878089843918E-02 0.228254878089843918E-02 0.2282548780898489848098299E-09 0.2282548780899843918E-02 0.228254878089843918E-02 0.228254878089843918E-03 0.228254878089843918E-03 0.228254878	0.15209913476912E+01	0.41899219123940E+00	0.67323511398950E-02	0.11400079050401E-02	0.16370735123847E-02	0.14725562055708E-02	
0.35034368843427E+01 0.96510259526981E+00 0.75179741409333E-02 0.16847051417447E-02 0.13652177897439E-02 0.12168397366948E-02 0.46268293595030E+01 0.12745669952506E+01 0.71602559332948E-02 0.18762148566945E-02 0.11732874991396E-02 0.10503239863980E-02 0.611044258214996E+01 0.16832625187668E+01 0.59980237777237E-02 0.18478093774450E-02 0.93640809652340E-03 0.84669540356231E-03 0.80697829223056E+01 0.22230080628503E+01 0.39497963249286E-02 0.1507221493243ZE-02 0.67823010896091E-03 0.62375791157669E-03 0.14074734846095E+02 0.38772107436580E+01 0.50431619285760E-03 0.4964340660126E-03 0.22825487808799E-03 0.40723639098681E-03 0.14074734846095E+02 0.51204554538743E+01 0.79247987366045E-04 0.10826667677322E-03 0.92843725728126E-04 0.96778548855784E-04 0.24548140005146E+02 0.67623520588863E+01 0.60517725754521E-05 0.14956910679665E-04 0.26241813701636E-04 0.29793313765367E-04 0.32419609271285E+02 0.89307300454538E+01 0.24432016366801E-06 0.97545199300277E-06 0.46691393700609E-05 0.59541739546228E-05 0.42815099843918E+02 0.11794407988558E+02 0.10831028277249E-07 0.41475056071067E-07 0.50624423257999E-06 0.73776248502801E-06 0.98619890394309E+02 0.227167126255402E+02 0.20893784009620E-10 0.1306104435808E-09 0.44065213639032E-08 0.60008388916780E-08 0.98619890394309E+02 0.27167126255402E+02 0.56165497905795E-12 0.76444790669321E-11 0.43318461462531E-09 0.61727670028819E-10 0.17200571827208E+03 0.47382947256026E+02 -0.10656972760870E-14 -0.14837059253212E-14 0.50076991165787E-13 0.31789823970554E-11	0.20087039257075E+01	0.55334388368543E+00	0.71176902697939E-02	0.12340706415333E-02	0.15896191532560E-02	0.14220192286667E-02	
0.46268293595030E+01	0.26528036910122E+01	0.73077603834655E+00	0.74213885364054E-02	0.14323264524762E-02	0.15027910394398E-02	0.13396920575414E-02	
0.61104425821490E+01 0.16832625187668E+01 0.59980237777237E-02 0.18478093774450E-02 0.93640809652340E-03 0.84669540356231E-03 0.80697829223056E+01 0.22230080628503E+01 0.39497963249286E-02 0.15072214932432E-02 0.67823010896091E-03 0.62375791157669E-03 0.10657394376535E+02 0.29358253940794E+01 0.17912588365668E-02 0.94339907739050E-03 0.43134082080398E-03 0.40723639098681E-03 0.14074734846095E+02 0.38772107436580E+01 0.50431619285760E-03 0.40964340660126E-03 0.22825487808799E-03 0.22427317898350E-03 0.18587860596025E+02 0.51204554538743E+01 0.79247987366045E-04 0.10826667677322E-03 0.92843725728126E-04 0.96778548855784E-04 0.24548140005146E+02 0.67623520588863E+01 0.60517725754521E-05 0.14956910679665E-04 0.26241813701636E-04 0.29793313765367E-04 0.32419609271285E+02 0.89307300454538E+01 0.24432016366801E-06 0.97545199300277E-06 0.46691393700609E-05 0.59541739546228E-05 0.42815099843918E+02 0.11794407988558E+02 0.10831028277249E-07 0.4147506071067E-07 0.50624423257999E-06 0.73776248502801E-06 0.56543950277289E+02 0.2570957943216E+02 0.20893784009620E-10 0.13960104435808E-09 0.40055123639032E-08 0.60008388916780E-08 0.98619890394309E+02 0.27167126255402E+02 0.56165497905795E-12 0.76444790669321E-11 0.43318461462531E-09 0.61727670028819E-10 0.17200571827208E+03 0.47382947256026E+02 0.10656972760870E-14 -0.14837059253212E-14 0.50076991165787E-13 0.31789823970554E-11	0.35034368843427E+01	0.96510259526981E+00	0.75179741409333E-02	0.16847051417447E-02	0.13652177897439E-02	0.12168397366948E-02	
0.80697829223056E+01 0.22230080628503E+01 0.39497963249286E-02 0.15072214932432E-02 0.67823010896091E-03 0.62375791157669E-03   0.10657394376535E+02 0.29358253940794E+01 0.17912588365668E-02 0.94339907739050E-03 0.43134082080398E-03 0.40723639098681E-03   0.14074734846095E+02 0.38772107436580E+01 0.50431619285760E-03 0.40964340660126E-03 0.22825487808799E-03 0.22427317898350E-03   0.18587860596025E+02 0.51204554538743E+01 0.79247987366045E-04 0.10826667677322E-03 0.92843725728126E-04 0.96778548855784E-04   0.32419609271285E+02 0.67623520588863E+01 0.60517725754521E-05 0.14956910679665E-04 0.26241813701636E-04 0.29793313765367E-04   0.42815099843918E+02 0.11794407988558E+02 0.10831028277249E-07 0.41475056071067E-07 0.50624423257999E-06 0.73776248502801E-06   0.56543950277289E+02 0.2570957943216E+02 0.20893784009620E-10 0.13960104435808E-09 0.40055123639032E-08 0.60008388916780E-08   0.98619890394309E+02 0.27167126255402E+02 0.56165497905795E-12 0.76444790669321E-11 0.43318461462531E-09 0.62803272643530E-09   0.17200571827208E+03 0.47382947256026E+02 -0.10656972760870E-14 -0.14837059253212E-14	0.46268293595030E+01	0.12745669952506E+01	0.71602559332948E-02	0.18762148566945E-02	0.11732874991396E-02	0.10503239863980E-02	
0.10657394376535E+02 0.29358253940794E+01 0.17912588365668E-02 0.94339907739050E-03 0.43134082080398E-03 0.40723639098681E-03 0.14074734846095E+02 0.38772107436580E+01 0.50431619285760E-03 0.40964340660126E-03 0.22825487808799E-03 0.22427317898350E-03 0.18587860596025E+02 0.51204554538743E+01 0.79247987366045E-04 0.10826667677322E-03 0.92843725728126E-04 0.96778548855784E-04 0.24548140005146E+02 0.67623520588863E+01 0.60517725754521E-05 0.14956910679665E-04 0.26241813701636E-04 0.29793313765367E-04 0.32419609271285E+02 0.89307300454538E+01 0.24432016366801E-06 0.97545199300277E-06 0.46691393700609E-05 0.59541739546228E-05 0.42815099843918E+02 0.11794407988558E+02 0.10831028277249E-07 0.41475056071067E-07 0.50624423257999E-06 0.73776248502801E-06 0.56543950277289E+02 0.15576336883162E+02 0.57165024906058E-09 0.22043561686199E-08 0.41679306787129E-07 0.65014084300250E-07 0.74675017099479E+02 0.20570957943216E+02 0.20893784009620E-10 0.13960104435808E-09 0.40055123639032E-08 0.60008388916780E-08 0.13024279282627E+03 0.35878385003474E+02 0.37400079075401E-13 0.43084449630733E-12 0.44662278623499E-10 0.61727670028819E-10 0.17200571827208E+03 0.47382947256026E+02 -0.10656972760870E-14 -0.14837059253212E-14 0.50076991165787E-13 0.31789823970554E-11	0.61104425821490E+01	0.16832625187668E+01	0.59980237777237E-02	0.18478093774450E-02	0.93640809652340E-03	0.84669540356231E-03	
0.14074734846095E+02 0.38772107436580E+01 0.50431619285760E-03 0.40964340660126E-03 0.22825487808799E-03 0.22427317898350E-03   0.18587860596025E+02 0.51204554538743E+01 0.79247987366045E-04 0.10826667677322E-03 0.92843725728126E-04 0.96778548855784E-04   0.24548140005146E+02 0.67623520588863E+01 0.60517725754521E-05 0.14956910679665E-04 0.26241813701636E-04 0.29793313765367E-04   0.32419609271285E+02 0.89307300454538E+01 0.24432016366801E-06 0.97545199300277E-06 0.46691393700609E-05 0.59541739546228E-05   0.42815099843918E+02 0.11794407988558E+02 0.10831028277249E-07 0.41475056071067E-07 0.50624423257999E-06 0.73776248502801E-06   0.56543950277289E+02 0.15576336883162E+02 0.57165024906058E-09 0.22043561686199E-08 0.41679306787129E-07 0.65014084300250E-07   0.74675017099479E+02 0.20570957943216E+02 0.20893784009620E-10 0.13960104435808E-09 0.40055123639032E-08 0.60008388916780E-08   0.98619890394309E+02 0.27167126255402E+02 0.56165497905795E-12 0.76444790669321E-11 0.43318461462531E-09 0.61727670028819E-10   0.17200571827208E+03 0.47382947256026E+02 -0.10656972760870E-14 -0.14837059253212E-14	0.80697829223056E+01	0.22230080628503E+01	0.39497963249286E-02	0.15072214932432E-02	0.67823010896091E-03	0.62375791157669E-03	
0.18587860596025E+02	0.10657394376535E+02	0.29358253940794E+01	0.17912588365668E-02	0.94339907739050E-03	0.43134082080398E-03	0.40723639098681E-03	
0.24548140005146E+02 0.67623520588863E+01 0.60517725754521E-05 0.14956910679665E-04 0.26241813701636E-04 0.29793313765367E-04   0.32419609271285E+02 0.89307300454538E+01 0.24432016366801E-06 0.97545199300277E-06 0.46691393700609E-05 0.59541739546228E-05   0.42815099843918E+02 0.11794407988558E+02 0.10831028277249E-07 0.41475056071067E-07 0.50624423257999E-06 0.73776248502801E-06   0.56543950277289E+02 0.15576336883162E+02 0.57165024906058E-09 0.22043561686199E-08 0.41679306787129E-07 0.65014084300250E-07   0.74675017099479E+02 0.20570957943216E+02 0.20893784009620E-10 0.13960104435808E-09 0.40055123639032E-08 0.60008388916780E-08   0.98619890394309E+02 0.27167126255402E+02 0.56165497905795E-12 0.76444790669321E-11 0.43318461462531E-09 0.62803272643530E-09   0.13024279282627E+03 0.35878385003474E+02 0.37400079075401E-13 0.43084449630733E-12 0.44662278623499E-10 0.61727670028819E-10   0.17200571827208E+03 0.47382947256026E+02 -0.10656972760870E-14 -0.14837059253212E-14 0.50076991165787E-13 0.31789823970554E-11	0.14074734846095E+02	0.38772107436580E+01	0.50431619285760E-03	0.40964340660126E-03	0.22825487808799E-03	0.22427317898350E-03	
0.32419609271285E+02 0.89307300454538E+01 0.24432016366801E-06 0.97545199300277E-06 0.46691393700609E-05 0.59541739546228E-05   0.42815099843918E+02 0.11794407988558E+02 0.10831028277249E-07 0.41475056071067E-07 0.50624423257999E-06 0.73776248502801E-06   0.56543950277289E+02 0.15576336883162E+02 0.57165024906058E-09 0.22043561686199E-08 0.41679306787129E-07 0.65014084300250E-07   0.74675017099479E+02 0.20570957943216E+02 0.20893784009620E-10 0.13960104435808E-09 0.40055123639032E-08 0.60008388916780E-08   0.98619890394309E+02 0.27167126255402E+02 0.56165497905795E-12 0.76444790669321E-11 0.43318461462531E-09 0.62803272643530E-09   0.13024279282627E+03 0.35878385003474E+02 0.37400079075401E-13 0.43084449630733E-12 0.44662278623499E-10 0.61727670028819E-10   0.17200571827208E+03 0.47382947256026E+02 -0.10656972760870E-14 -0.14837059253212E-14 0.50076991165787E-13 0.31789823970554E-11	0.18587860596025E+02	0.51204554538743E+01	0.79247987366045E-04	0.10826667677322E-03	0.92843725728126E-04	0.96778548855784E-04	
0.42815099843918E+02 0.11794407988558E+02 0.10831028277249E-07 0.41475056071067E-07 0.50624423257999E-06 0.73776248502801E-06   0.56543950277289E+02 0.15576336883162E+02 0.57165024906058E-09 0.22043561686199E-08 0.41679306787129E-07 0.65014084300250E-07   0.74675017099479E+02 0.20570957943216E+02 0.20893784009620E-10 0.13960104435808E-09 0.40055123639032E-08 0.60008388916780E-08   0.98619890394309E+02 0.27167126255402E+02 0.56165497905795E-12 0.76444790669321E-11 0.43318461462531E-09 0.62803272643530E-09   0.13024279282627E+03 0.35878385003474E+02 0.37400079075401E-13 0.43084449630733E-12 0.44662278623499E-10 0.61727670028819E-10   0.17200571827208E+03 0.47382947256026E+02 -0.10656972760870E-14 -0.14837059253212E-14 0.50076991165787E-13 0.31789823970554E-11	0.24548140005146E+02	0.67623520588863E+01	0.60517725754521E-05	0.14956910679665E-04	0.26241813701636E-04	0.29793313765367E-04	
0.56543950277289E+02 0.15576336883162E+02 0.57165024906058E-09 0.22043561686199E-08 0.41679306787129E-07 0.65014084300250E-07   0.74675017099479E+02 0.20570957943216E+02 0.20893784009620E-10 0.13960104435808E-09 0.40055123639032E-08 0.60008388916780E-08   0.98619890394309E+02 0.27167126255402E+02 0.56165497905795E-12 0.76444790669321E-11 0.43318461462531E-09 0.62803272643530E-09   0.13024279282627E+03 0.35878385003474E+02 0.37400079075401E-13 0.43084449630733E-12 0.44662278623499E-10 0.61727670028819E-10   0.17200571827208E+03 0.47382947256026E+02 -0.10656972760870E-14 -0.14837059253212E-14 0.50076991165787E-13 0.31789823970554E-11	0.32419609271285E+02	0.89307300454538E+01	0.24432016366801E-06	0.97545199300277E-06	0.46691393700609E-05	0.59541739546228E-05	
0.74675017099479E+02 0.20570957943216E+02 0.20893784009620E-10 0.13960104435808E-09 0.40055123639032E-08 0.60008388916780E-08 0.98619890394309E+02 0.27167126255402E+02 0.56165497905795E-12 0.76444790669321E-11 0.43318461462531E-09 0.62803272643530E-09 0.13024279282627E+03 0.35878385003474E+02 0.37400079075401E-13 0.43084449630733E-12 0.44662278623499E-10 0.61727670028819E-10 0.17200571827208E+03 0.47382947256026E+02 -0.10656972760870E-14 -0.14837059253212E-14 0.50076991165787E-13 0.31789823970554E-11	0.42815099843918E+02	0.11794407988558E+02	0.10831028277249E-07	0.41475056071067E-07	0.50624423257999E-06	0.73776248502801E-06	
0.98619890394309E+02 0.27167126255402E+02 0.56165497905795E-12 0.76444790669321E-11 0.43318461462531E-09 0.62803272643530E-09 0.13024279282627E+03 0.35878385003474E+02 0.37400079075401E-13 0.43084449630733E-12 0.44662278623499E-10 0.61727670028819E-10 0.17200571827208E+03 0.47382947256026E+02 -0.10656972760870E-14 -0.14837059253212E-14 0.50076991165787E-13 0.31789823970554E-11	0.56543950277289E+02	0.15576336883162E+02	0.57165024906058E-09	0.22043561686199E-08	0.41679306787129E-07	0.65014084300250E-07	
0.13024279282627E+03	0.74675017099479E+02	0.20570957943216E+02	0.20893784009620E-10	0.13960104435808E-09	0.40055123639032E-08	0.60008388916780E-08	
0.17200571827208E+03  0.47382947256026E+02 -0.10656972760870E-14 -0.14837059253212E-14  0.50076991165787E-13  0.31789823970554E-11	0.98619890394309E+02	0.27167126255402E+02	0.56165497905795E-12	0.76444790669321E-11	0.43318461462531E-09	0.62803272643530E-09	
	0.13024279282627E+03	0.35878385003474E+02	0.37400079075401E-13	0.43084449630733E-12	0.44662278623499E-10	0.61727670028819E-10	
0.22716010979400F+03 0.62576498090701F+02 -0.13847407522379F-17 0.28215113445272F-14 0.11576290766698F-11 0.16052647443570F-11	0.17200571827208E+03	0.47382947256026E+02	-0.10656972760870E-14	-0.14837059253212E-14	0.50076991165787E-13	0.31789823970554E-11	
0.115/015/015/015/015/015/015/015/015/015/	0.22716010979400E+03	0.62576498090701E+02	-0.13847407522379E-17	0.28215113445272E-14	0.11576290766698E-11	0.16052647443570E-11	
0.300000000000E+03 0.82641927952203E+02 0.76048113820585E-20 0.19232287926564E-15 0.11633888319988E-11 0.67438489460282E-12	0.3000000000000E+03	0.82641927952203E+02	0.76048113820585E-20	0.19232287926564E-15	0.11633888319988E-11	0.67438489460282E-12	

Рисунок 1. Вид текстового файла

# Отличие между вспышкой сверхновой (рис.2) и переходом в гибридную звезду (рис.3)

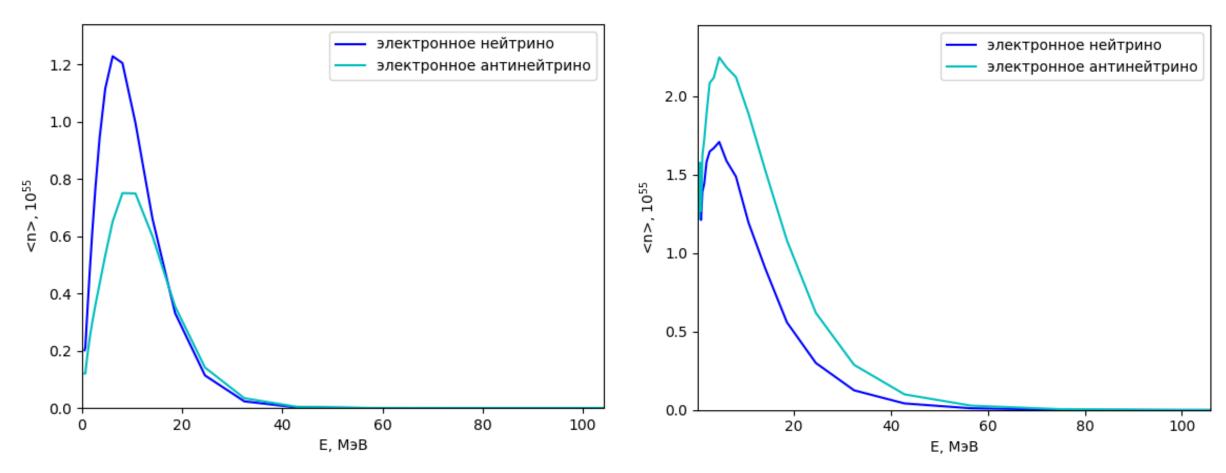


Рисунок 2. Преобладание электронного нейтрино. Рисунок 3. Преобладание электронного антинейтрино.

# Расчёт событий в Борексино (1)

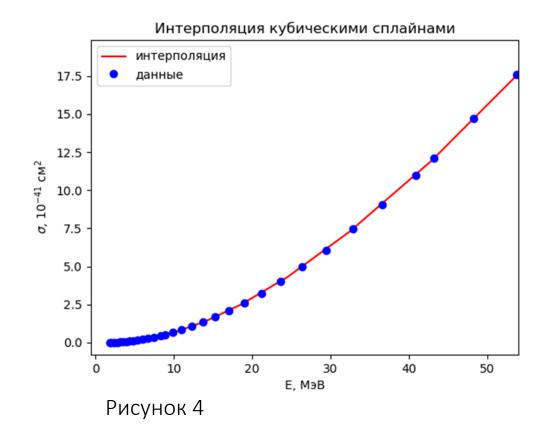
• Регистрация антинейтрино происходит по реакции обратного бета распада (ОБР):

$$p + \overline{\nu}_{\rm e} \longrightarrow e^+ + n$$
  $E_{\rm thres} = 1.806 \text{ M} \circ B.$ 

Для анализа предоставленных спектров написана программа, выполняющая следующие функции:

1) подсчёт значений сечений ОБР для заданных энергий (на основе табличных данных из А. Strumia, F. Vissani, Phys. Let. В 564, (2003) 42)

Графический результат работы модуля 1 программы представлен на рис.4



# Расчёт событий в Борексино (2)

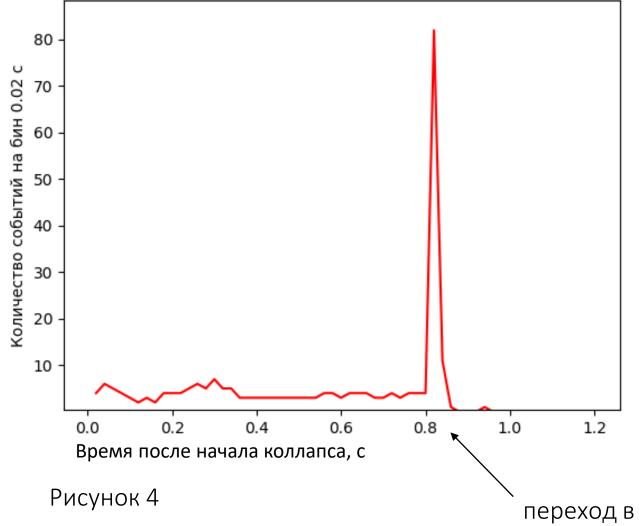
2) чтение данных из текстовых файлов, отбор регистрируемого спектра и расчёт числа событий от ОБР в детекторе Борексино по формуле:

$$N = N_p \int_{E_{\text{thres}}}^{50} dE_{\nu} \frac{d\Phi}{dE_{\nu}} \sigma(E_{\nu})$$

Выбранные параметры: масса сцинтиллятора Борексино 300 т, расстояние до звезды — 10 кпк, количество мишеней-протонов (на 1 тонну):  $N_p = (6.007 \pm 0.001) \cdot 10^{28}$  Верхний предел интегрирования связан с ухудшением разрешения детектора

- 3) запись полученного значения в специально созданный для этого текстовый файл
- 4) суммирование всех событий из текстового файла из пункта 3 и вывод полученного значения с погрешностью
- 5) построение гистограммы для числа событий в детекторе с биннингом в 0.02 с

## Результаты



Число событий обратного бетараспада в детекторе Борексино от взрыва голубого сверхгиганта с переходом в гибридную звезду:

$$N = 258 \pm 36$$
.

переход в гибридную звезду

#### Заключение

- Проведен анализ эмиссионных спектров нейтрино от взрыва голубого сверхгиганта в модели с переходом в гибридную звезду.
- Рассчитано ожидаемое число взаимодействий электронных антинейтрино от такой сверхновой по реакции обратного бета-распада в Борексино.
- В последующем планируется учесть осцилляции нейтрино и другие каналы регистрации.