

## Лабораторная работа № 8-9

### Обработка экспериментальных данных

**Цель работы:** закрепить навыки работы с данными в различных приложениях и научиться оформлять отчет в виде научной статьи. Кроме того, целью работы является сформировать понимание того, как оформляются рисунки к научным статьям и научиться оформлять текст по шаблону, как это происходит для научных журналов.

#### Оглавление

Часть 1: лабораторная работа №8 .....	1
Задание 1 .....	4
Варианты заданий: .....	6
Задание 2 .....	6
Задание 3 .....	9
Часть 2: лабораторная работа №9 .....	10
Задание 1 .....	10
Задание 2 .....	10
Требования к отчету .....	16
Литература .....	16

### Часть 1: лабораторная работа №8

В данной части лабораторной работы будет проведено исследование поля напряжений вблизи стенки краевых дислокаций.

#### Теоретическая часть

**Дислокация** — линейный дефект или нарушение кристаллической решётки твёрдого тела. Наличие дислокаций существенно влияет на механические и другие физические свойства твердого тела. Выделяют два основных типа дислокаций: краевые и винтовые. В данной работе будет исследована краевая дислокация, показанная на рис. 1.

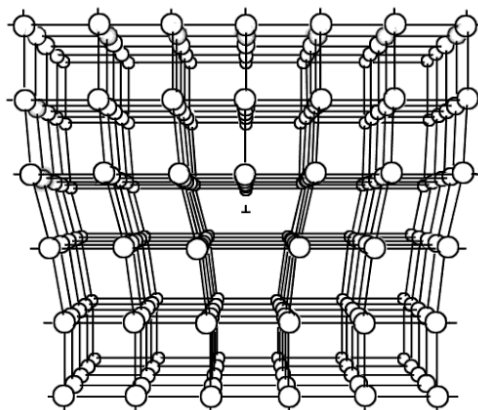
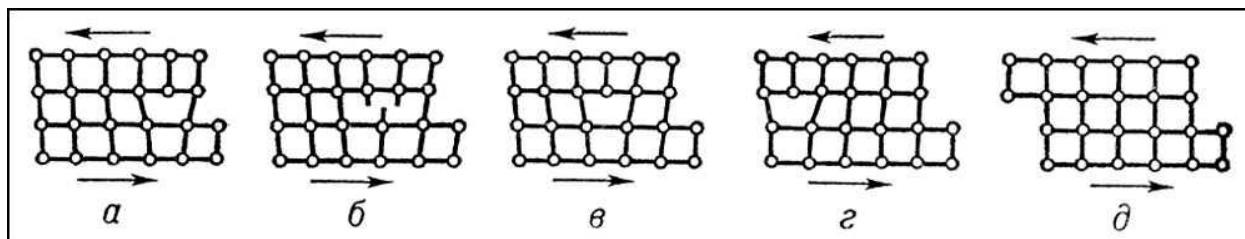


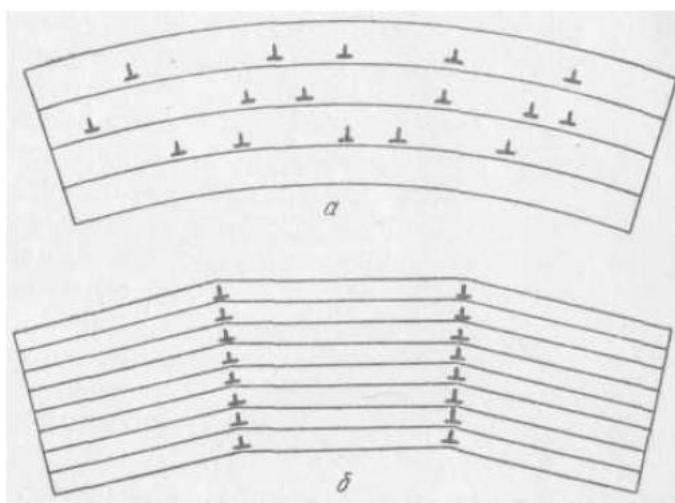
Рис. 1. Краевая дислокация

Такая дислокация представляет собой экстраплоскость, которая обрывается в некоторой области кристалла. Движение дислокаций играет ключевую роль в пластической деформации металлов. Краевая дислокация возникает при сдвиге в кристалле, как показано на рис. 2.



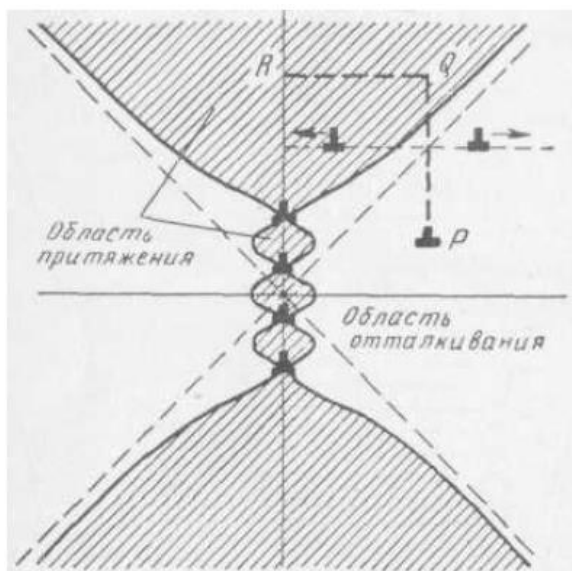
**Рис. 2.** Сдвиг в кристалле с зарождением дислокации: *а* – первый момент сдвига, когда появилась дислокация; *б* – момент когда дислокация перемещается, с одного узла к другому; *в-г* – смещение дислокации к краю кристалла; *д* – выход дислокации с противоположного края кристалла с появлением ступеньки

Малоугловые границы — стенки дислокаций возникают при росте кристаллов из расплава. Образование стенок дислокаций, приводящее к подразделению кристалла на субзерна — полигоны (многоугольники), называют полигонизацией. Если, например, до отжига в изогнутом кристалле дислокации были хаотично распределены по плоскостям скольжения (рис. 3, а), то в результате отжига при полигонизации они выстраиваются одна над другой в вертикальные стенки (рис. 3, б).



**Рис. 3.** Схема полигонизации: *а* — хаотичное расположение краевых дислокаций в изогнутом кристалле; *б* — стенка из дислокаций после полигонизации.

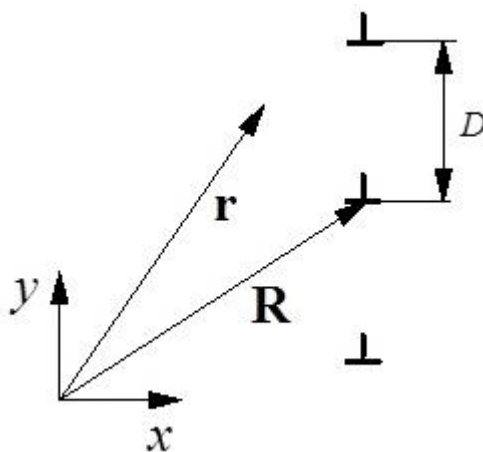
Такие малоугловые границы (или стенки дислокаций) упруго взаимодействуют с отдельными дислокациями. На рис. 4 показан один из возможных вариантов такого взаимодействия: дислокации того же знака, что и дислокации в стенке, отталкиваются от стенки в незаштрихованной области и притягиваются к ней в заштрихованных областях.



**Рис. 4.** Области притяжения (заштрихованы) и отталкивания краевых дислокаций стенкой из четырех дислокаций.

Если дислокация находится в точке  $P$ , то она переползанием может попасть в область притяжения (путь  $PQ$ ) и затем скольжением пристроиться к стенке, продолжив ее (путь  $QR$ ). Малоугловая граница притягивает к себе точечные дефекты, в том числе и примесные атомы, вследствие упругого взаимодействия с ними дислокаций, составляющих границу. Это притяжение, как вытекает из сказанного выше, реализуется в зоне, простирающейся всего на несколько межатомных расстояний от границы. Примесные атмосферы тормозят миграцию малоугловых границ, стабилизируя субструктуру [1].

Известно выражение для полей напряжений, возникающих вблизи стенки краевых дислокаций в изотропном теле в условиях плоского напряженного состояния [2]. Положение стенки относительно некоторой декартовой системы координат  $x, y$  охарактеризуем радиус-вектором  $\mathbf{R}=(R_x, R_y)$  любой ее дислокации, при этом предполагается, что стенка параллельна оси  $y$  (см. рис. 5).



**Рис. 5.** Стенка краевых дислокаций.

Компоненты тензора напряжений в точке с радиус-вектором  $\mathbf{r}=(r_x, r_y)$  будут определены следующим образом:

$$\sigma_{xy} = \sigma_0 2\pi X [\cosh(2\pi X) \cos(2\pi Y) - 1], \quad (1)$$

$$\sigma_{xx} = -\sigma_0 \sin(2\pi Y) [\cosh(2\pi X) - \cos(2\pi Y) + 2\pi X \sinh(2\pi X)], \quad (2)$$

$$\sigma_{yy} = -\sigma_0 \sin(2\pi Y) [\cosh(2\pi X) - \cos(2\pi Y) - 2\pi X \sinh(2\pi X)], \quad (3)$$

где

$$\sigma_0 = \frac{Gb}{2D(1 - \nu)[\cosh(2\pi X) - \cos(2\pi Y)]^2}, \quad (4)$$

где, в свою очередь, переменные  $D$  – расстояние между дислокациями в стенке,  $b$  – модуль вектора Бюргерса,  $X=(r_x - R_x)/D$ ,  $Y=(r_y - R_y)/D$ ,  $\nu$  – коэффициент Пуассона.

### Практическая часть

Как видно из уравнений (1)-(3), компоненты тензора напряжений убывают экспоненциально с удалением от стенки дислокаций. Зависимость полей напряжений, созданных дислокационной стенкой, от безразмерных координат  $X$ ,  $Y$ , посчитанных по формулам (1)-(3), показано на рис. 6. Левая колонка представляет изменения компонент тензора напряжений как функции расстояния до стенки  $X$  при (а)  $Y=0.1$ , (б)  $Y=0.5$ , правая колонка представляет изменения компонент тензора напряжений как функции расстояния до стенки  $Y$  при (а)  $X=0.1$ , (б)  $X=1$ . Параметры  $D = 1$  нм;  $b = 0.5$  нм;  $G = 20$  ГПа,  $\nu = 0.35$ .

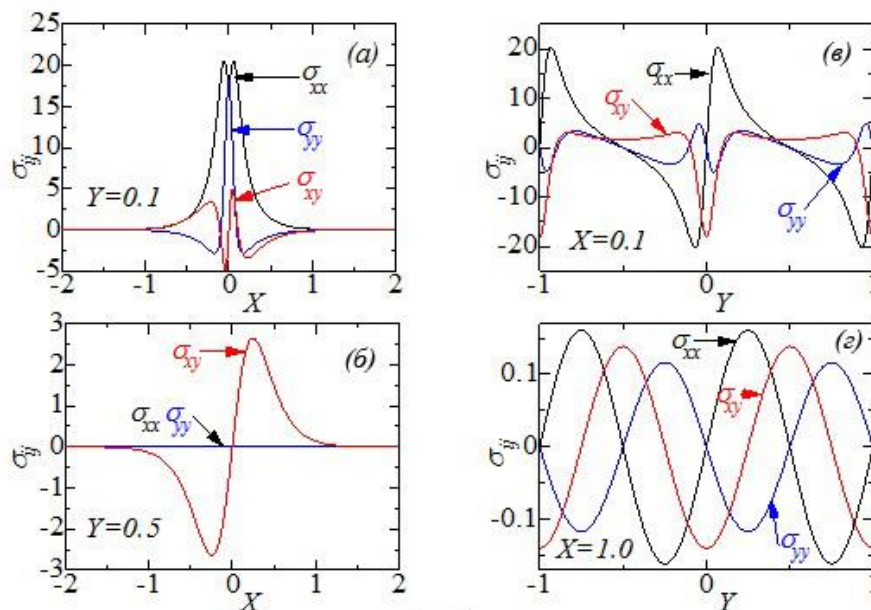


Рис. 6. Напряжения от стенки краевых дислокаций при разных условиях

**Задание 1:** построить аналогичные зависимости напряжения от расстояния до стенки дислокации по вариантам, используя программу SciLab.

- 1) Задаем все постоянные:  $D$ ,  $\nu$ ,  $G$ ,  $b$  (по вариантам)
- 2) Задаем диапазон в котором будет изменяться координата  $x$  и  $y$ , то есть задаем два массива

```
--> x=[-2:0.1:2];
```

```
--> y=[-1:0.1:1];
```

- 3) Задаем 4 постоянные величины для которых будем производить расчет

```
--> Y1=0.1;           --> X1=0.1;

--> Y2=0.5;           и   --> X2=1;
```

- 4) Для расчета применим цикл **For**, который позволит перебрать все значения  $x$  или  $y$  для заданных переменных --> `for i=1:length(x)` - данная команда задает интервал выполнения цикла **for** для всех переменных  $i$  от 1 до величины последнего значения массива  $x$ . Аналогично будем использовать цикл для  $j$  от 1 до последнего значения массива  $y$ .
- 5) Далее вычислим  $\sigma_0$  по формуле (4). Сначала будем исследовать напряжения при смещении точки вдоль оси  $x$  при заданном значении  $Y1$ .

```
--> for i=1:length(x)
> sigma_0=(G*b)/(2*D*(1-nu)*((cosh(2*pi*x(i))-cos(2*pi*Y1)).^2));
> A=-sigma_0*sin(2*pi*Y1);
> CoCo(i)=cosh(2*pi*x(i))*cos(2*pi*Y1);
> CoCo2(i)=cosh(2*pi*x(i))-cos(2*pi*Y1);
> s_xy(i)=sigma_0*2*pi*x(i)*(CoCo(i)-1);
> s_xx(i)=A*(CoCo2(i)+2*pi*x(i)*sinh(2*pi*x(i)));
> s_yy(i)=A*(CoCo2(i)-2*pi*x(i)*sinh(2*pi*x(i)));
> end
```

Для простоты выражения (1-3) были разделены на переменные **CoCo**, **CoCo2** и **A**.

В первой строке цикла рассчитаем  $\sigma_0$  по формуле (4).

Введем переменную **A**, которая является первой частью выражения в формуле (1).

Введем переменные **CoCo** и **CoCo2**, которые затем будут использованы в расчете и являются частью выражения в формулах (2) и (3).

Рассчитаем напряжения при постоянной  $Y1$  и переменном  $x(i)$ .

Дополнительные переменные являются лишь вспомогательными и весь расчет можно проводить без них, сразу вводя выражения (1)-(3) целиком. Данные переменные вводятся лишь для упрощения.

**Внимание!** Названия переменных **CoCo**, **CoCo2**, **A**, **s\_xx**, **s\_yy**, **s\_xy**, **sigma\_0** – задаются произвольно пользователем! Задайте свои собственные названия переменных. Переменные **b**, **D**, **nu**, **X1**, **X2**, **Y1**, **Y2**, **x[i]**, **y[i]** – имеют заданные обозначения.

Аналогичные циклы нужно создать для  $x[i]$  и  $Y2$ ;  $y[i]$  и  $X1$ ;  $y[i]$  и  $X2$ . Всего 4 цикла в программе. В отчете представить скрин экрана с расчетами. Будьте внимательны при задании переменных. В итоге у вас должно быть 4 массива, содержащих напряжения  $\sigma_{xy}$ ; 4 массива, содержащих напряжения  $\sigma_{xx}$  и 4 массива, содержащих напряжения  $\sigma_{yy}$ , которые необходимы для построения графиков.

**Пример** расчета при изменяющемся значении  $y[j]$  и постоянном  $X1$ :

```
--> for j=1:length(y)
> v04=(G*b)/(2*D*(1-nu)*((cosh(2*pi*X1)-cos(2*pi*y(j))).^2));
> U4(j)=(-v04)*sin(2*pi*y(j));
> q4(j)=cosh(2*pi*X1)*cos(2*pi*y(j));
> a4(j)=cosh(2*pi*X1)-cos(2*pi*y(j));
> xy4(j)=v04*2*pi*X1*(q4(j)-1);
> xx4(j)=U4(j)*(a4(j)+2*pi*X1*sinh(2*pi*X1));
> yy4(j)=U4(j)*(a4(j)-2*pi*X1*sinh(2*pi*X1));
> end
```

Здесь переменные обозначены по-другому:  $\sigma_0$  как  $v04$ ; первая часть выражения в формуле (1) как  $U4(j)$ ; части выражений (2) и (3) как  $q4$  и  $a4$ , а сами компоненты напряжений  $xu4$ ;  $xx4$ ;  $yu4$ .

### Варианты заданий:

Для четных вариантов  $D = 1$ ; для нечетных вариантов  $D = 2$ . Для всех вариантов  $\mu = 0.35$ .

Вариант	$b$ , нм	$G$ , ГПа
1	0.3	20
2	0.35	20.4
3	0.28	22
4	0.31	31
5	0.315	33
6	0.286	22.7
7	0.231	22.1
8	0.265	18
9	0.3	30
10	0.313	23
11	0.216	27.5
12	0.27	31.3
13	0.283	28
14	0.317	29.5
15	0.214	34
16	0.21	20.5
17	0.275	26
18	0.5	25.6
19	0.4	19
20	0.45	17.8

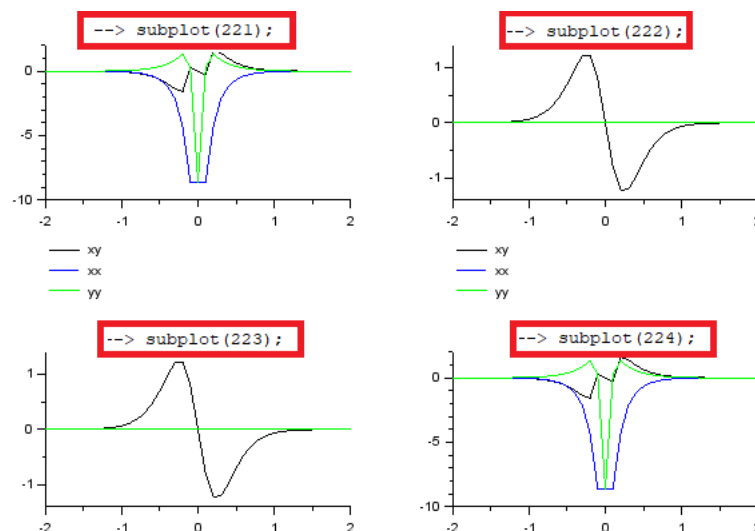
**Задание 2:** Построить графики зависимости, как в примере на рис. 6.

После выполнения задания 1 у вас есть два массива -  $x[i]$  и  $y[i]$ , а также массивы напряжений, например,  $s\_xx1$ ;  $s\_xx2$ ;  $s\_xx3$ ;  $s\_xx4$ , где содержатся напряжения  $\sigma_{xx}$  для разных значений  $X$  и  $Y$ . Всего у вас должно быть 12 массивов с разными напряжениями.

- 1) Создадим четырехпанельный рисунок в SciLab и прорисуем каждый из четырех панелей рисунка отдельно.

Для этого существует функция `subplot(22N)`, где  $N$  – это номер рисунка по порядку

Пример:



Для того, чтобы было удобнее отрисовывать рисунки введем некоторое количество новых переменных. Рассмотрим построение 1-го графика subplot(221):

```
--> for i=1:length(x)
> sigma_0=(G*b)/(2*D*(1-nu)*((cosh(2*pi*x(i))-cos(2*pi*Y1)).^2));
> A=-sigma_0*sin(2*pi*Y1);
> CoCo(i)=cosh(2*pi*x(i))*cos(2*pi*Y1);
> CoCo2(i)=cosh(2*pi*x(i))-cos(2*pi*Y1);
> s_xyl(i)=sigma_0*2*pi*x(i)*(CoCo(i)-1);
> s_xxl(i)=A*(CoCo2(i)+2*pi*x(i)*sinh(2*pi*x(i)));
> s_yyl(i)=A*(CoCo2(i)-2*pi*x(i)*sinh(2*pi*x(i)));
> end

--> SXY1=s_xyl';

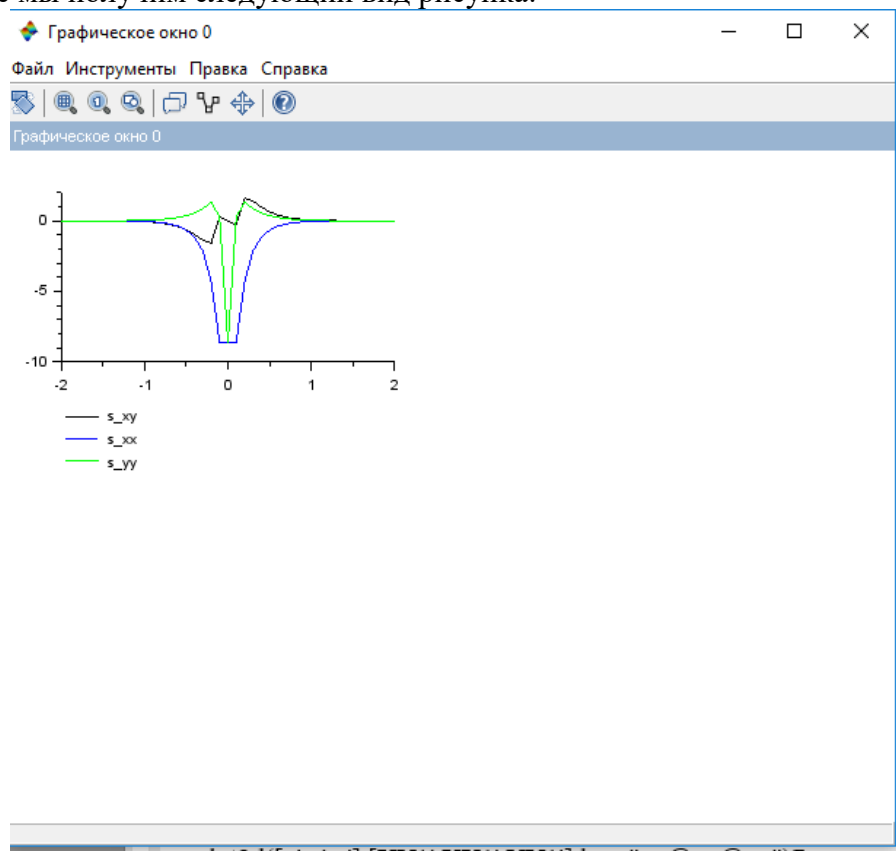
--> SXX1=s_xxl';

--> SY1=s_yyl';

--> subplot(221);

--> plot2d(x',[SXY1',SXX1',SY1'],leg="s_xy@s_xx@s_yy")
```

В результате мы получим следующий вид рисунка:



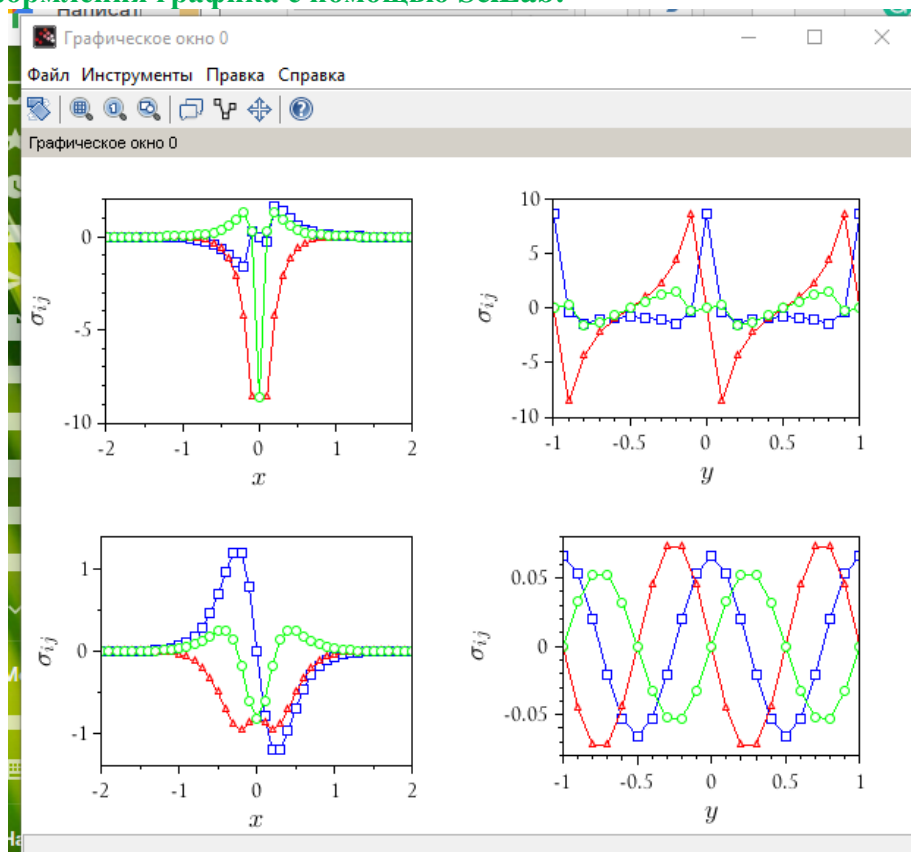
Аналогичным образом необходимо построить остальные три графика.

**Внимание!** В примере показан простейший вариант оформления. Итоговый график должен быть оформлен по всем правилам. Оформить график вы можете как с помощью SciLab, так и с помощью SciDavis или PIXLR на ваше усмотрение (можно использовать любую удобную для вас программу, помимо названных, даже Paint). Процесс выполнения представить скринами экрана в ключевые моменты. Пример оформления приведен ниже. Требования к графику: шрифт только Times New Roman или Courier; размер шрифта такой, чтобы было хорошо видно цифры по осям; напряжения с одинаковыми индексами xx, yy,

ху обозначаются одинаковым типом линий. Цвета и символы могут быть любые, линии могут быть со значками или без. Все переменные обозначены курсивом, все цифры обычным прямым шрифтом.

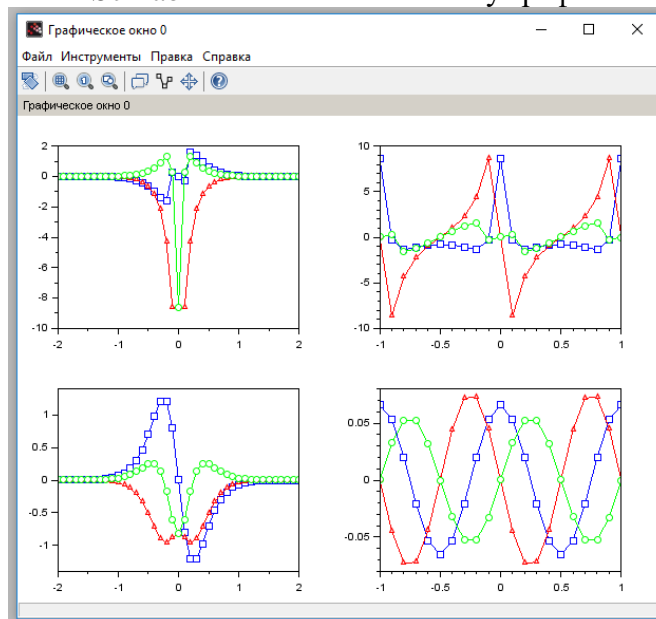
**Внимание!** Все указанные выше действия могут быть реализованы с помощью других команд. Поэтому вы можете не повторять в точности показанные команды. Однако итоговый результат должен выглядеть правильно.

### Пример оформления графика с помощью SciLab:



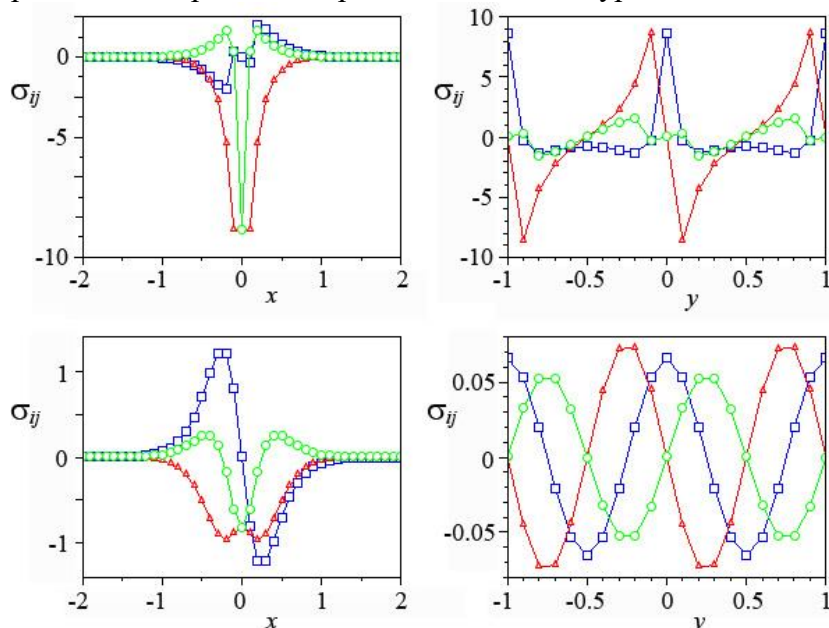
### Пример оформления с помощью PIXLR

Из SciLab можно взять заготовку графика:





А в программе для обработки картинок сделать аккуратные подписи по осям:



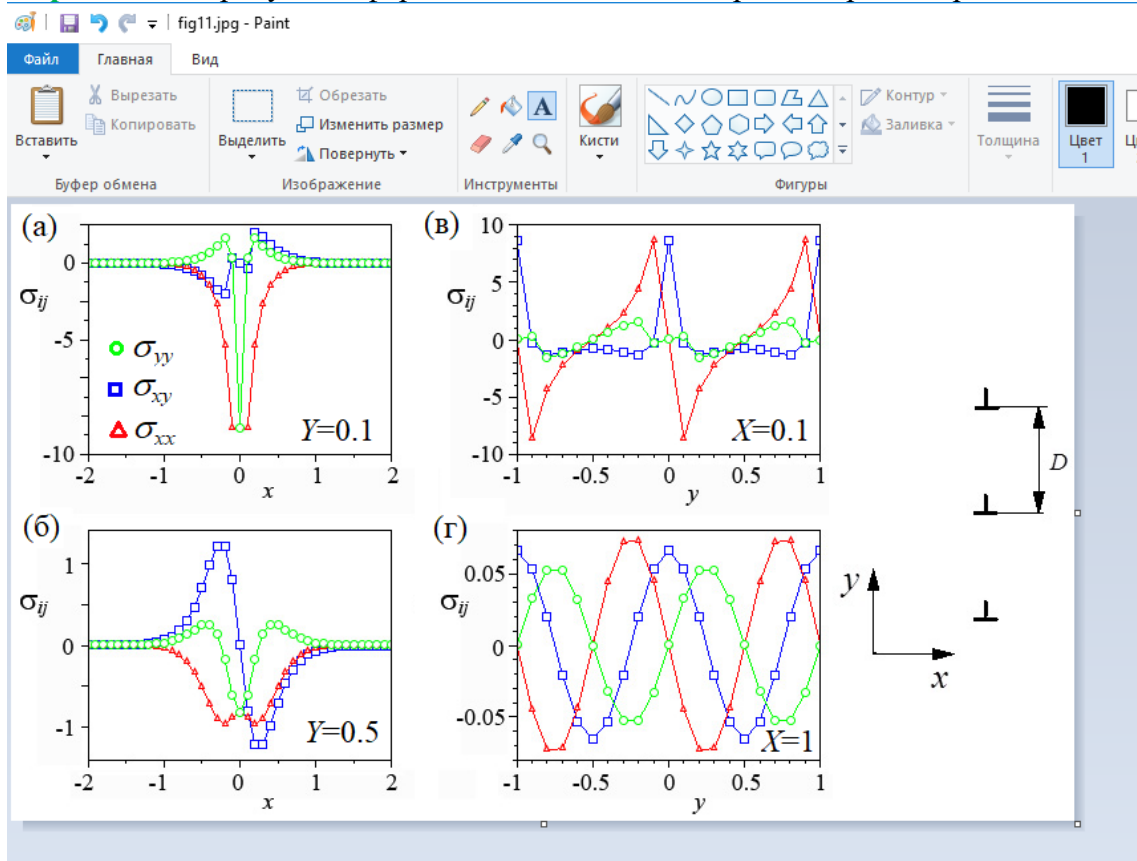
**Задание 3:** работа с программой для обработки рисунков (например, PIXLR, Photoshop, Paint).

Далее в программе для обработки рисунков необходимо добавить легенду (т.е. что означает каждая линия), добавить при каких значениях  $X$  и  $Y$  были получены графики, а также усложнить рисунок, добавив схему стенки дислокаций.

Легенду можно расположить в любом свободном месте графика.

Также необходимо добавить обозначения панелей графика – (а), (б), (а) и (г). Такие обозначения можно расположить в любом свободном месте графика.

**Пример** итогового рисунка, оформленного с помощью простого редактора Paint:



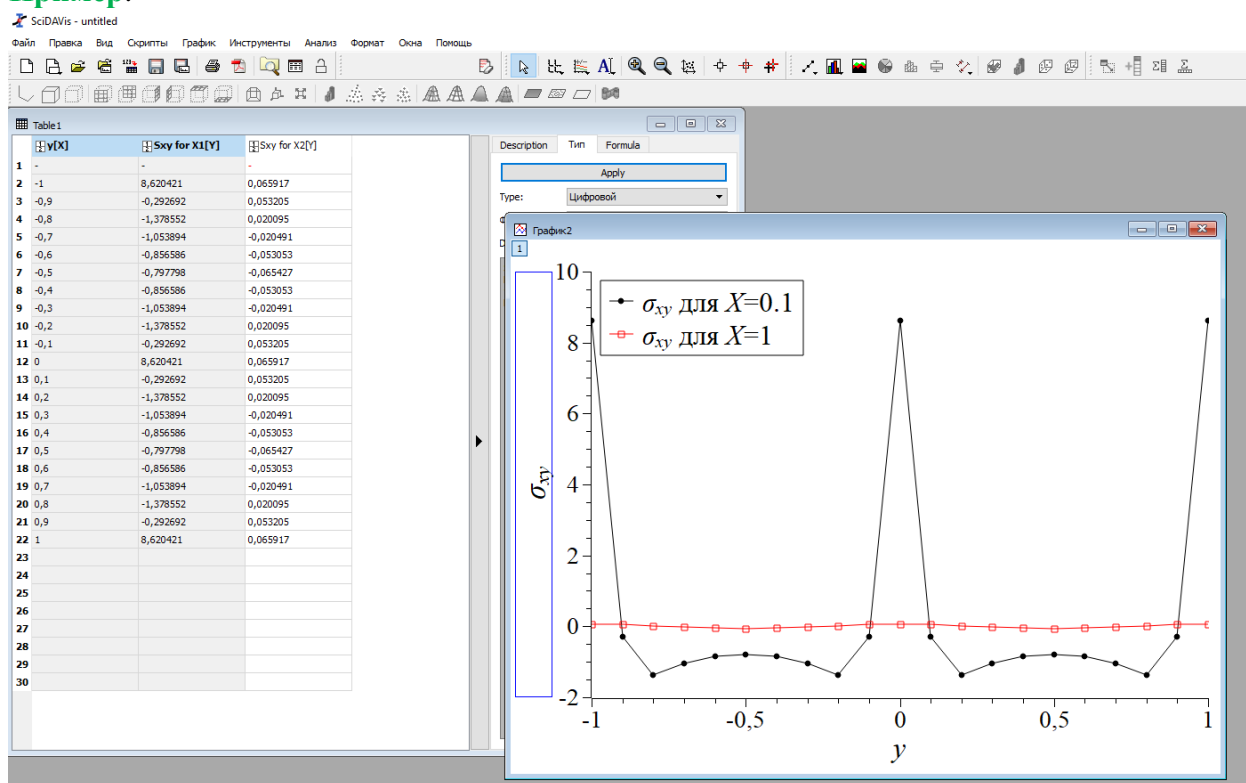
В результате вы получите стандартное оформление графика для научной статьи. Правила по оформлению разных научных журналов могут отличаться, например, обозначения панелей на графике может быть оформлено курсивом. Однако в целом, подобное оформление является общепринятым. Помните, что главное в оформлении графика – это аккуратность. Рисунок должен быть сохранен в формате с хорошим разрешением и иметь высокое качество.

## Часть 2: лабораторная работа №9

### Задание 1:

С помощью программы SciDAVis сравните два графика для разных параметров. Четные варианты сравнивают графики для двух разных  $X$ , а нечетные варианты – для разных  $Y$ . Для этого необходимо выбрать два разных напряжения, например,  $\sigma_{xy}$  при  $X1$  и при  $X2$ . Варианты с 1 по 7 сравнивают компоненты  $\sigma_{xy}$ , варианты с 8 по 14 сравнивают компоненты  $\sigma_{xx}$  и варианты с 15 по 20 сравнивают  $\sigma_{yy}$ .

### Пример:



В отчете представить скрин экрана, а также сохранить график, который будет использоваться в следующем задании. График оформляется аккуратно. Цвета и тип линии можно выбрать любые.

### Задание 2:

В данной части лабораторной работы необходимо оформить текст по шаблону научной статьи.

Для примера возьмем известный научный журнал – Физика твердого тела (ФТТ). Зайдите на сайт журнала и ознакомьтесь с правилами для авторов так, как будто вы собираетесь отправить в данный журнал научную статью.



Журналы ▾ Поиск Войти

**"Физика твердого тела"**

- Описание журнала
- Редакционная коллегия
- Статистика

**Авторам**


- Правила оформления публикаций

**Вышедшие номера**

- 2021
- 2020
- 2019
- 2018
- 2017
- 2016
- 2015
- 2014

Home » Физика твердого тела

Физика твердого тела



Журнал "Физика Твердого Тела" основан в 1959 году А.Ф.Иоффе, который и был первым главным редактором журнала.

Журнал самого широкого тематического профиля публикует результаты экспериментальных и теоретических исследований во всех областях физики твердого тела, включая оптику, акустику, электронные и колебательные спектры, фазовые переходы, сегнетоэлектрики, магнетизм, сверхпроводимость, механические свойства. Предметом исследований публикуемых статей и заказных обзоров являются металлы, диэлектрики, полупроводники, твердотельные системы низкой размерности, тонкие пленки.

Периодичность выхода выпусков ФТТ в свет - ежемесячно.

ISSN: 0367-3294

Учредителями являются:

[Российская академия наук](#)  
[Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе Российской академии наук](#)

По соглашению с учредителями журнала издателем лицензионной переводной англоязычной версии является компания "Плеядес Паблишинг, Лтд". Распространение англоязычной версии журнала проводится компанией Springer. Выпуски журнала на русском и английском языках выходят в свет одновременно.

Издается ФТИ им. А.Ф.Иоффе.

[In English](#)

### Рассмотрим пункты требований:

- 1) Ключевыми словами для данной темы будут: дислокация, моделирование, поле напряжений, поскольку мы изучали именно **дислокации**, делали это с помощью **модельного** расчета и получили значения **напряжений** вблизи стенки дислокаций.
- 2) В разделе Благодарность обычно указывают людей, которые помогали в данном исследовании, но не стали соавторами. Например, давали советы, помогали в использовании какого-либо оборудования, участвовали в дискуссии и тд.
- 3) Раздел «Финансирование работы» заполнять не нужно. В этом разделе авторы обычно благодарят гранты или другие источники финансирования при поддержке которых была проведена работа.
- 4) Раздел «Соблюдение этических стандартов» не заполняем.
- 5) В конце статьи помещаем раздел Конфликт интересов. Этот раздел показывает, что авторы не имеют конфликта интересов с другими авторами в данной области.
- 6) Раздел «Информация о вкладе авторов» не заполняем. Здесь обычно описывается кто из авторов какую часть научной работы выполнял. Поскольку у нас единственный автор этот раздел не нужен.
- 7) Дополнительных материалов нет
- 8) Все необходимые данные дублируем на английском языке. Журнал ФТТ является переводным, поэтому авторы должны сами представить английский вариант своей фамилии и названия для того, чтобы после публикации на русском языке переводчик не переводил эту часть работы. Кроме того, авторский перевод именно названия и собственной фамилии будет более правильным. В случае отправки статьи эти данные заполняются на странице журнала. В данном случае перевод необходимо просто представить на отдельном листе.

journals.ioffe.ru/journals/rules/1

Описание журнала  
Редакционная коллегия  
Статистика

**Авторам**  
**Правила оформления публикаций**

Вышедшие номера  
2021  
2020  
2019  
2018  
2017  
2016  
2015  
2014  
2013  
2012  
2011  
2010  
2009  
2008  
2007  
2006  
2005  
2004

**Уважаемые авторы!**  
Информируем Вас о новых требованиях к предоставляемым статьям. Новые обязательные пункты:

1. После аннотации на русском языке нужно указать ключевые слова на русском языке (четыре-пять).
2. В конце статьи помещается раздел «Благодарности» (при необходимости).
3. Далее следует раздел «Финансирование работы», в котором указываются источники финансирования (гранты, совместные проекты и т.п.). Пожалуйста, не используйте в этом разделе сокращенные названия институтов и спонсирующих организаций.
4. В том случае, если проводились опыты с участием животных или людей, в статью следует включить раздел «Соблюдение этических стандартов». Подробнее см. <http://pleiades.online/ru/authors/guidelines/ethics-statements/>.
5. В конце статьи помещается раздел «Конфликт интересов: авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов». Если конфликт интересов возможен, то необходимо пояснение; см. <http://pleiades.online/ru/authors/guidelines/ethics-statements/>.
6. Возможен раздел «Информация о вкладе авторов» (по желанию указывается, кто и что делал).
7. Авторы также могут предоставить дополнительные материалы (неформатные таблицы, цветные иллюстрации, видеоролики, презентации и пр.). В настоящее время размещение дополнительных материалов возможно только в электронной версии англоязычных журналов (подробнее см. <http://pleiades.online/ru/authors/guidelines/prepare-electronic-version/supplementary-materials/>).
8. Необходимо предоставление полных метаданных представляемой статьи на английском языке: названия, имен авторов, афiliation, аннотации, ключевых слов, источников финансирования (если есть). Заполнение метаданных на английском языке происходит на странице статьи, адрес которой присылается по контактному e-mail для авторской корректуры.

Напоминаем Вам, что представлять в редколлегию статью нужно в бумажном виде (только один экземпляр; рисунки и таблицы на отдельных листах) и в электронном формате (doc или pdf). Наиболее удобным для редакционной работы и набора статьи является электронный файл, который содержит встроенные рисунки и таблицы в тех местах текста, к которым они относятся.

[Правила оформления публикаций \(в формате PDF\)](#)  
[Лицензионный договор \(в формате Word\)](#)  
[Договор о передаче авторского права \(в формате Word\)](#)

[Information in English](#)

## Откройте правила для авторов в формате PDF

### Краткие пояснения:

- В правилах для авторов указано достаточно много пунктов, например, что необходимо заполнить Лицензионный договор и Договор о передаче авторского права. Ознакомьтесь с данными страницами, однако заполнять их не нужно. Эти документы подтверждают, что вы согласны передать журналу все права на публикацию вашей научной статьи в случае, если она будет принята журналом.
- Акт экспертизы также не оформляем. Это документ, который подтверждает, что вы не публикуете секретные сведения. В ИПСМ РАН данный акт оформляется на каждую научную статью и является обязательным к оформлению. Специальная комиссия рассматривает текст статьи и делает заключение о возможности опубликования, т.е. подтверждает, что данные не являются секретными.
- Попробуйте выбрать подходящую рубрику. Для этого можете посмотреть статьи, опубликованные в журнале по теме – дислокации. Для этого в журнале есть **Поиск**.
- Пункт «Статья подписывается всеми авторами с указанием фамилии, имени, отчества, домашнего адреса, места работы, номеров телефонов и e-mail.» пропустить.

### Правила для авторов журнала «Физика твердого тела»

Журнал печатает оригинальные статьи, а также обзоры по различным направлениям физики твердого тела. Основные рубрики журнала:

1. Металлы.
2. Сверхпроводимость.
3. Полупроводники.
4. Диэлектрики.
5. Магнетизм.
6. Сегнетоэлектричество.
7. Механические свойства, физика прочности и пластичность.
8. Примесные центры.
9. Оптические свойства.
10. Динамика решеток.
11. Фазовые переходы.
12. Системы низкой размерности.
13. Физика поверхности, тонкие пленки.
14. Полимеры.
15. Жидкие кристаллы.
16. Атомные кластеры.
17. Фуллерены.
18. Графены.
19. Тепловые свойства.

• К рассмотрению принимаются статьи на русском и английском языках.

• К материалам статьи в обязательном порядке прилагаются два договора:

1. **Лицензионный договор** на право использования научного произведения в журнале «Физика твердого тела», подписанный одним (ответственным) автором.
2. **Договор с компанией «Pleiades Publishing, Ltd.»**, заполненный и подписанный всеми авторами, включая иностранных.

(Заполняются и подписываются обе стороны договора: левая — по-русски, правая — латиницей).

Также необходим акт экспертизы.

Договоры и акт экспертизы направляются по адресу: Larissa.Morozova@gmail.com

• В редакцию по адресу: ioffe@mail.ioffe.ru направляются электронные версии статей в MS Word, TeX и PDF

Детально ознакомьтесь с правилами и оформите статью по шаблону, как описано в правилах.

В качестве примера статьи можно рассмотреть данную работу: <http://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/49112>. Так статья будет выглядеть после того, как ее опубликуют в журнале. При отправке автору не нужно оформлять все аналогичным образом — это будет делать издательство. Автор оформляет свою работу так, как описано в правилах.

В статье должно быть 4 раздела — Введение, Модель, Результаты и обсуждение и Заключение. Также должен быть список литературы и аннотация.

В **аннотации** дается краткое описание что было сделано в данной работе — это краткое представление научной статьи. Читатель, изучив аннотацию, может сделать вывод интересно ли ему будет читать данную статью. По правилам журнала аннотация должна составлять 30 строк, однако в данной работе достаточно двух-трех предложений, как в примере.

В разделе **Введение** кратко опишите что такое дислокации, дислокационные стенки и что вы будете рассчитывать в данной работе. Текст найдите в интернете, не дублируйте текст из примера ниже.

В разделе **Модель** опишите какую именно программу вы использовали для каких целей. А также опишите с помощью каких формул был сделан расчет (формулы 1-4). Текст можно взять из Методических указаний. Укажите параметры для формул, которые были использованы.

В разделе **Результаты и обсуждение** поместите ваш рисунок из первой части лабораторной работы и опишите, что на нем представлено. Затем туда же поместите второй рисунок, где сравниваются два напряжения и опишите, что вы получили в результате сравнения двух графиков. На сколько они отличаются?

В разделе **Заключение** опишите что было сделано в данной работе.

В разделе **Литература** должно быть не менее 5 пунктов. Это не должны быть ссылки на интернет ресурсы, а только на книги или научные статьи. Однако если вы ссылаетесь на конкретную программу, использованную в работе, то рекомендуется в списке привести, например, сайт разработчика. В тексте ссылки приводятся в квадратных скобках. Город в котором была издана книга, если это Москва, обозначается одной буквой – М. Если это другой город, то название пишут полностью. Сокращение применяется только для Москвы (так сложилось исторически).

По требованиям журнала все рисунки приводятся на отдельных листах, также, как и подписанные подписи. Формулы вставить с помощью редактора формул.

**Пример:**

Раздел 07

Поле напряжений вблизи дислокационной стенки

фамилия И.О.

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Е-mail: [adlog@mail.ru](mailto:adlog@mail.ru)

**Аннотация.** Дислокации являются важным объектом исследований в физике твердого тела. Поле напряжений вблизи стенки дислокаций меняется неравномерно и сильно зависит от расстояния до стенки дислокаций. В данной работе рассчитаны напряжения, возникающие вблизи стенки дислокаций.

**Ключевые слова:** дислокация, моделирование, поле напряжений.

**1. Введение**

Дислокация — линейный дефект или нарушение кристаллической решетки твердого тела. Наличие дислокаций существенно влияет на механические и другие физические свойства твердого тела. Выделяют два основных типа дислокаций: краевые и винтовые. В данной работе будет исследована краевая дислокация. Такая дислокация представляет собой **экстремальность**, которая обрывается в некоторой области кристалла. Движение дислокаций играет ключевую роль в пластической деформации металлов. Краевая дислокация возникает при сдвиге в кристалле.

**Малоугловая** границы — стенки дислокаций возникают при росте кристаллов из расплава. Образование стенок дислокаций, приводящее к подразделению кристалла на **субзерна** — полигоны (многоугольники), называют **полигонизацией**. Если, например, до отжига в изогнутом кристалле дислокации были хаотично распределены по плоскостям скольжения, то в результате отжига при **полигонизации** они выстраиваются одна над другой в вертикальные стенки. Такие **малоугловые** границы (или стенки дислокаций) упруго взаимодействуют с отдельными дислокациями.

**Малоугловая** граница притягивает к себе точечные дефекты, в том числе и примесные атомы, вследствие упругого взаимодействия с ними дислокаций, составляющих границу. Это притяжение, как вытекает из сказанного выше, реализуется в зоне, простирающейся всего из нескольких межатомных расстояний от границы. Примесные атмосферы тормозят миграцию **малоугловых** границ, стабилизируя субструктуру [1].

**2. Модель**

Для выполнения данной работы были использованы следующие программные комплексы ....

Расчеты проводились согласно выражению для полей напряжений, возникающих вблизи стенки краевых дислокаций в изотропном теле в условиях плоского напряженного состояния [2]. Положение стенки относительно некоторой декартовой системы координат  $x, y$  охарактеризуем радиус-вектором  $R=(R_x, R_y)$  любой ее дислокации, при этом предполагается, что стенка параллельна оси  $y$ .

Компоненты тензора напряжений в точке с радиус-вектором  $r=(r_x, r_y)$  будут определены следующим образом:

$$\sigma_{xy} = \sigma_0 2\pi X [\cosh(2\pi X) \cos(2\pi Y) - 1], \tag{1}$$
$$\sigma_{xx} = -\sigma_0 \sin(2\pi Y) [\cosh(2\pi X) - \cos(2\pi Y) + 2\pi X \sinh(2\pi X)], \tag{2}$$
$$\sigma_{yy} = -\sigma_0 \sin(2\pi Y) [\cosh(2\pi X) - \cos(2\pi Y) - 2\pi X \sinh(2\pi X)], \tag{3}$$

где

$$\sigma_0 = \frac{Gb}{2D(1-\nu)[\cosh(2\pi X) - \cos(2\pi Y)]^2}, \tag{4}$$

где, в свою очередь, переменные  $D$  – расстояние между дислокациями в стенке,  $b$  – модуль вектора Бюргерса,  $X=(r_x - R_x)/D$ ,  $Y=(r_y - R_y)/D$ ,  $\nu$  – коэффициент Пуассона.

В работе были использованы следующие параметры: ...



### 3. Результаты и обсуждение

На рисунке 2 показано изменение компонент напряжений в зависимости от расстояния до стенки дислокации. Опишите, что вы видите на рисунке, например, как отличаются компоненты напряжений в зависимости от того меняется  $x$  или  $y$  для разных параметров  $X$  и  $Y$ .

На рисунке 3 показано ... Из рисунка видно, что ...]

### 4. Заключение

В данной работе было рассчитано ... Работа позволила освоить ...

### Благодарности

Автор выражает благодарность соседу по комнате, который помог с выполнением данной лабораторной работы.

### Конфликт интересов

Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

### Список литературы

- [1] И.И. Новиков Дефекты кристаллического строения металлов. Металлургия, М. (1975). 208 с.
- [2] Дж. Хирш, И. Лоте. Теория дислокаций. Атомиздат, М. (1972). 600 с.

Рисунки

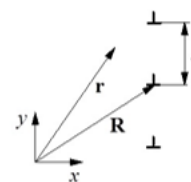


Рисунок 1

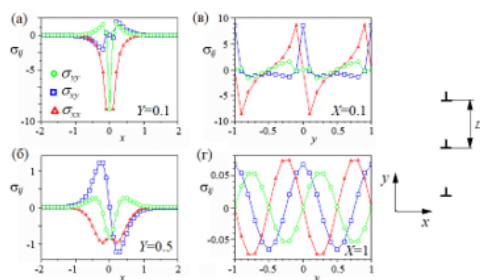


Рисунок 2

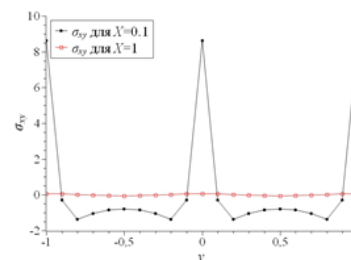


Рисунок 3

<p style="text-align: center;"><b>Подрисовочные подписи</b></p> <p>Рисунок 1. Стенка краевых дислокаций.</p> <p>Рисунок 2. Изменение компонент напряжений в зависимости от расстояния до стенки дислокаций.</p> <p>Рисунок 3. Напряжение ... как функция расстояния до стенки дислокаций.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Сведения на английском:</b></p> <p style="text-align: center;">Stress distribution near the dislocation wall</p> <p style="text-align: center;">Author</p> <p style="text-align: center;">University</p> <p><b>Abstract.</b> Dislocations are an important research object in solid state physics. The stress near the dislocation wall varies <b>nonuniformly</b> and strongly depends on the distance to the dislocation wall. In this work, the stresses arising near the dislocation wall are calculated.</p>
---	---

### Требования к отчету

В отчете (в формате PDF) необходимо представить скрины экрана, сделанные в процессе выполнения работы, а также код, который использовался в SciLab. Код скопировать из рабочего окна так, чтобы потом можно было скопировать его из отчета и проверить работоспособность, запустив команды в SciLab.

Сделать скрины **всех** использованных программ, в которых шла работа с графиками.

Приложить второй файл с расширением .doc – файл со статьей, оформленный по правилам редакции. Скринь экрана со статьей (как в примере) не нужны.

### Литература:

- [1] Дефекты кристаллического строения металлов. Новиков И. И. Изд-во «Металлургия», 1975. 208 с.
- [2] Дж. Хирт, И. Лоте. Теория дислокаций. Атомиздат. 1972, 600 с.