תרגול מס' 5: IO (קלט-פלט)

זרמי קלט וזרמי פלט (Input & Output Streams),
קוראים וכותבים,
והשימוש בהם לצורך עבודה עם קבצים

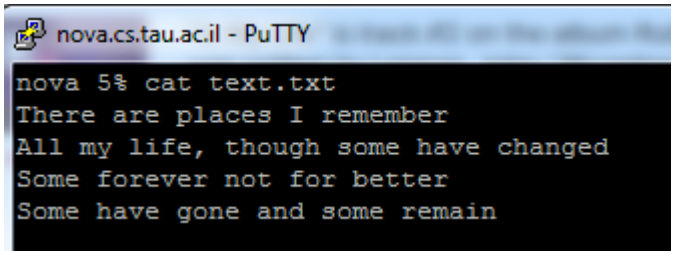
Input/Output in Java

- פעולות קלט-פלט הן רכיב מרכזי בכל שפת תכנות, והן מאפשרות לתוכנית לקבל (קלט) או לשלוח (פלט) נתונים מ\אל משאב חיצוני.
- אפשרויות **פלט** בהם נתקלנו עד עתה:
  - הדפסה למסך באמצעות זרם הפלט הסטנדרטי System.*out*
- אפשרויות **קלט** בהם נתקלנו עד עתה:
  - קבלת ארגומנטים בשורת הפקודה (ניתנים בעת הרצת התוכנית).
  - קריאת נתונים המוקלדים ע"י המשתמש במסך הקונסול באמצעות זרם הקלט הסטנדרטי System.*in* (תוך שימוש ב-Scanner).
  - קריאת נתונים מקובץ טקסט (תוך שימוש ב-Scanner).
- היום נלמד מהם למעשה זרמי קלט\פלט, ונכיר מחלקות המאפשרות ביצוע פעולות קלט-פלט ברמות שונות של תחכום.

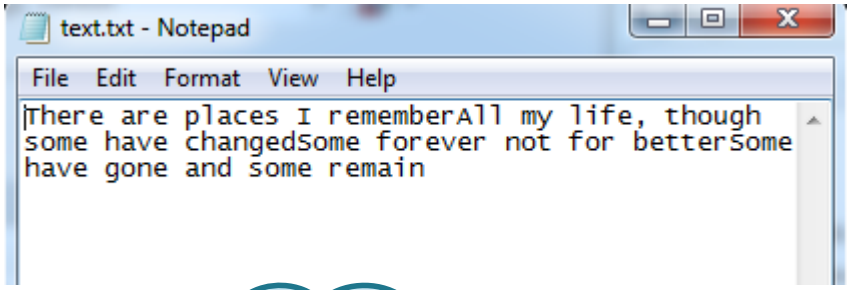
המשימה

- במערכות הפעלה שונות נעשה שימוש בתווי בקרה שונים עבור ירידת שורה (newline):
  - ב-UNIX/Linux – \n (Line Feed)
  - ב-Windows - \r\n (Carriage Return + Line Feed)
- יכולות להתעורר בעיות...

Linux:



windows:



דוגמא לקובץ שנכתב ב linux ונפתח ב windows

- נרצה לכתוב תכנית לתיקון קבצי טקסט
  - בדוגמא – תיקון מ-UNIX ל-Windows

תכנון פתרון

- ארגומנטים: קובץ קלט וקובץ פלט
- קריאה מקובץ הקלט
  - כבר ראינו דוגמא עם Scanner, היום נראה דרכים אחרות
- החלפת ירידת השורה
- יצירת קובץ הפלט
- כתיבת הפלט
- לא בהכרח בסדר הזה...

נושאים נוספים

- בתרגול היום נזכיר את שני הנושאים הבאים בקצרה, ונפרט עליהם בשבועות הבאים:
  - היררכיית מחלקות ה-IO ב-Java
  - טיפול בשגיאות זמן ריצה (נפוצות במיוחד בעבודה עם IO)

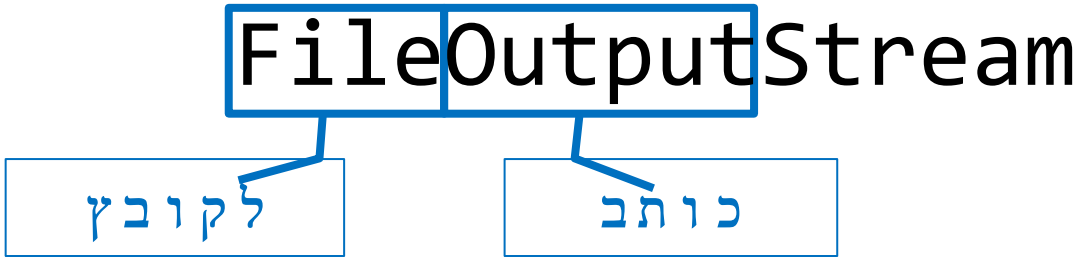
קלט ופלט בג'אווה

- משאבי מידע: קבצים, console, רשת, זיכרון, DB, תכניות אחרות...
- התכנית שלנו צריכה לדעת איך לתרגם את הביטים לעצמים \ טיפוסים פרימיטיביים ובחזרה

http://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/io/index.html

זרמים (Streams)

- קבוצה של טיפוסים שיודעים לקרוא ולכתוב ממשאבים בצורה סדרתית
  - קוראים \ כותבים בתים (**bytes**)
  - הזרימה היא תמיד חד-כיוונית
  - Input Streams – לקריאה
  - Output Streams – לכתיבה
- לדוגמא



שימוש אופייני בזרמי קלט ופלט

- כל הזרמים נפתחים עם יצירתם
  - FileOutputStream – אפילו יוצר קובץ חדש
  - פתיחת זרם יכולה לגרום לזריקת חריג (Exception).
- יש לסגור את הזרמים בגמר השימוש כדי לאפשר שחרור משאבים.
- שימוש סטנדרטי (פסאודו קוד):

כתיבת נתונים לזרם פלט

```
Open output stream
While has data to write
      write unit

Close stream
```

קריאת נתונים מזרם קלט

```
Open input stream
While can read
      read unit
      do something
Close stream
```

דוגמאות לזרמים שימושיים

שימוש	זרמים
קריאה\כתיבה של **בתים** **מקבצים** (Bytes)	FileInputStream FileOutputStream
קריאה\כתיבה של **בתים** תוך שימוש ב**מאגר מובנה**	BufferedInputStream BufferedOutputStream
קריאה\כתיבה של **תווים** מ**קבצים**:	FileReader, FileWriter
קריאה\כתיבה של **טיפוסים** **פרימיטיביים ומחרוזות** (בדומה ל-Scanner):	DataInputStream DataOutputStream

https://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/io/

FileInputStream

- שיטות שונות לקריאה:
  - המתודה read():
    - קוראת byte אחד בכל פעם.
    - מחזירה ערך מטיפוס int שמכיל את ה byte הנקרא. במידה והגענו לסוף הזרם, חוזר הערך -1.
  - המתודה read(byte[] b) :
    - קוראת מספר byte כגודל המערך ומכניסה אותם לתוכו.
    - מחזירה ערך מטיפוס int אשר מציין את מספר הבתים שנקראו. במידה והגענו לסוף הזרם, חוזר הערך -1.

מתודות שימושיות נוספות:

https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/io/FileInputStream.html#read()

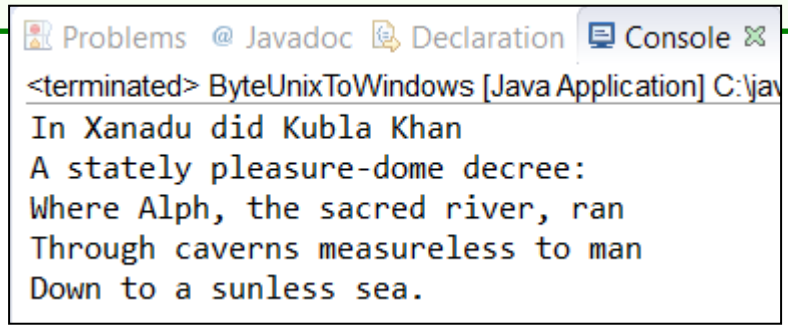
דוגמא 1 – שימוש ב- File IO Streams

```
public class ByteUnixToWindows {

    public static void main(String[] args) throws IOException {
        File fromFile = new File(args[0]);
        FileInputStream fis = new FileInputStream(fromFile);
        int readByte;
        while ((readByte = fis.read()) != -1) {
            System.out.write(readByte);
        }
        System.out.println();

        fis.close();
    }
}
```

ארגומנט: המסלול לקובץ

קוראים byte בכל פעם.
המתודה read מחזירה
את ה byte שהיא קראה,
כשמגיעים לסוף הקלט
חוזר הערך 1-.

כרגע רק כותבים ל-console,
לא תיקנו את הבעיה!



הפתרון לא יעיל!

- נרצה לקרוא הרבה בתים **בבת אחת**
- נוסיף כתיבה לקובץ תוך שימוש ב-FileOutputStream
  - נקבל כארגומנט שני את המסלול לקובץ הפלט

דוגמא 2 – מערך בתים

```
public class ByteArrayUnixToWindows {

    public static void main(String[] args) throws IOException {
        File fromFile = new File(args[0]);
        FileInputStream fis = new FileInputStream(fromFile);

        File toFile = new File(args[1]);
        FileOutputStream fos = new FileOutputStream(toFile);

        byte[] readBytes = new byte[1000];
        int numRead;
        while ((numRead = fis.read(readBytes)) != -1) {
          fos.write(readBytes, 0, numRead);
        }

        fis.close();
        fos.close();
    }
}
```

numRead שווה למס' הבתים שקראנו בפועל, לכן זה גם מס' הבתים שנכתוב

כן: כותבים לקובץ
עדין לא: מתקנים את newline

עבודה עם טקסט

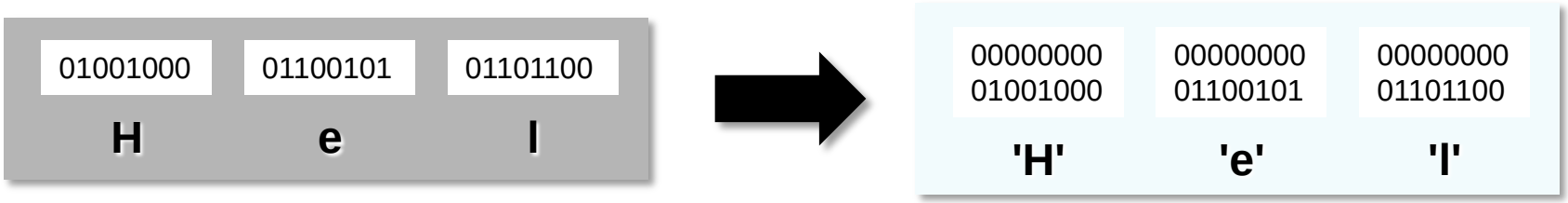
- הקלט והפלט שלנו הם קבצי טקסט
- תיקון newline עם bytes – אפשרי, אבל לא נוח!
- היינו רוצים לעבוד עם **מחרוזות ו-characters**

Reader & Writer

- מחלקות שקוראות וכותבות רצפים של **characters** ממשאבים.
- לדוגמא: FileReader, FileWriter
- **בעיה פוטנציאלית:**
  - Characters בג'אווה הם עם קידוד מסויים (UTF-16)
  - מה אם לקבצים שלנו יש קידוד אחר?

והפתרון...

- בד"כ Java פותרת את הבעיה בעצמה!
  - קידוד ברירת מחדל מוגדר עבור מערכת ההפעלה
  - Java מתרגמת אותו ל-characters שלה



- לעתים ניתן להגדיר מה הקידוד הדרוש

```
new InputStreamReader(is, Charset.forName("UTF-8"));
```

Reader & Writer – דוגמא 3

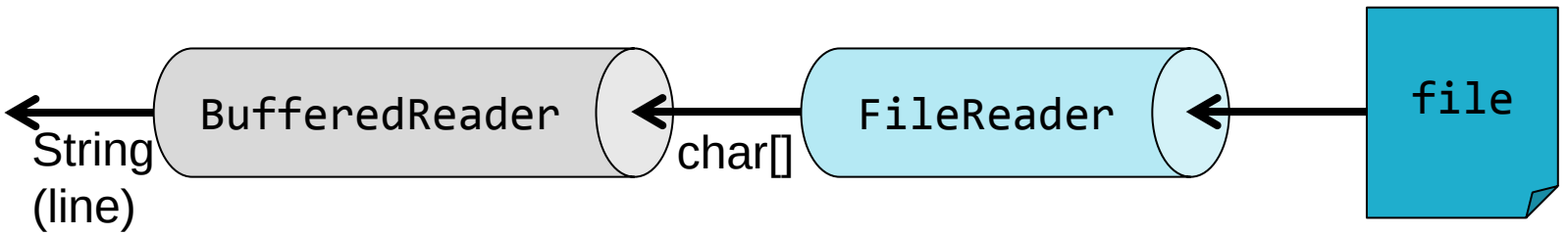
```
public class CharacterUnixToWindows {

    public static void main(String[] args) throws IOException {
        File fromFile = new File(args[0]);
        FileReader fReader = new FileReader(fromFile);

        File toFile = new File(args[1]);
        FileWriter fWriter = new FileWriter(toFile);

        char[] charRead = new char[1000];
        int numRead;
        while ((numRead = fReader.read(charRead)) != -1) {
            String string = new String(charRead, 0, numRead);
            String windowsString = string.replaceAll("\n", "\r\n");
            fWriter.write(windowsString);
        }

        fReader.close();
        fWriter.close();
    }
}
```

הפתרון לא היה עובד בהמרה הפוכה (windows ל linux)! למה?

Stream Wrappers

- קיימים זרמים אשר "עוטפים" זרמים אחרים ומוסיפים להם פונקציונליות
  - לדוגמא, רוצים לקרוא מקובץ (FileReader) אבל שורה בכל פעם (BufferedReader)
  - כשניצור את הקורא השני, נעביר לו את הראשון כארגומנט.

```
new BufferedReader(new FileReader(file))
```



איך זה עובד?

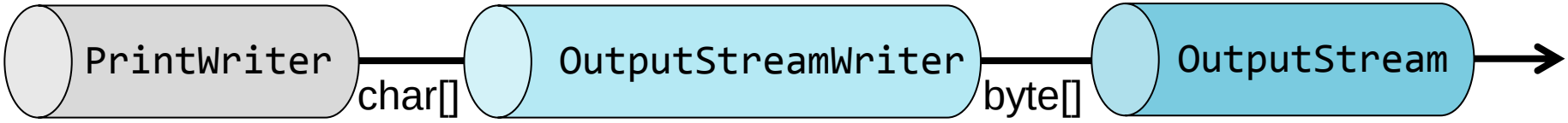
- אנחנו נעבוד עם הזרם העוטף החיצוני ביותר (BufferedReader בדוגמא)
  - נשלח לו מהקוד בקשות קריאה או כתיבה
- כל זרם עוטף מחליט מתי לשלוח בקשת קריאה\כתיבה לזרם הנעטף על-ידו
  - ומבצע עיבוד על המידע לפני שהוא מעביר אותו הלאה
- עלינו רק לדאוג לחבר את הזרמים בצורה נכונה

דוגמא נוספת – Stream Wrappers

- רוצים להדפיס לOutputStream נתון.
  - OutputStreamWriter מאפשר לנו לעטוף Stream ב-Writer (וגם לבחור את הקידוד, כפי שראינו עם InputStreamReader)
  - PrintWriter מאפשר הדפסה בדומה ל-System.out

```
new PrintWriter(new OutputStreamWriter(givenOutputStream))
```

תומך במתודות printf ו-format



דוגמא 4 – Buffered

```
public class BufferedUnixToWindows {

    public static void main(String[] args) throws IOException {
        File fromFile = new File(args[0]);
        BufferedReader bufferedReader = new BufferedReader(new
            FileReader(fromFile));

        File toFile = new File(args[1]);
        BufferedWriter bufferedWriter = new BufferedWriter(new
            FileWriter(toFile));

        String line;
        while ((line = bufferedReader.readLine()) != null) {
            bufferedWriter.write(line + "\r\n");
        }
        bufferedReader.close();
        bufferedWriter.close();
    }
}
```

בכתיבה נוסיף את ירידת השורה הרצויה

close() סוגר גם את כל הזרמים הנעטפים

סיכום הטכניקות שהוצגו בדוגמאות 1-4

דוגמא	מחלקות IO רלבנטיות	תיאור
1	`FileInputStream`	קריאה של **בית** בודד מקובץ. הבית מוחזר כ-int המאחסן מספר בטווח 0-255 או 1- במקרה של הגעה לסוף הקובץ. כתיבה של בתים לזרם הפלט הסטנדרטי (למסך).
2	`FileInputStream` `FileOutputStream`	קריאה של הרבה **בתים** בבת אחת לתוך מערך מסוג byte[] (שמשמש כמעין מאגר ידני המשפר ביצועים בהשוואה לקריאה של בית בודד בכל פעם). כתיבה של מערך בתים לקובץ.
3	`FileReader` `FileWriter`	קריאה של הרבה **תווים** בבת אחת לתוך מערך מסוג char[]. הקידוד מבתים לתווים נעשה אוטומטית ע"י ה-Reader. המרה ממערך תווים למחרוזת, עיבודה, וכתיבתה לקובץ (המרה ממחרוזת לבתים נעשית ע"י ה-Writer).
4	`BufferedReader` `BufferedWriter`	קריאה של תווים תוך שימוש **במאגר מובנה** המשפר ביצועים. קריאה של שורות טקסט (זיהוי \n) מהקובץ כ**מחרוזות** איתן קל לעבוד.

בחירת זרם לפי סוג הקובץ

סוג הקובץ	סוג הזרם (כתיבה)
קובץ טקסט קצר	new FileReader(fileName)
קובץ טקסט ארוך	new BufferedReader(new FileReader(fileName))
קובץ בינארי קצר	new FileInputStream(fileName)
קובץ בינארי ארוך	new BufferedInputStream(new FileInputStream(fileName))

סוג הקובץ	סוג הזרם (קריא)
קובץ טקסט קצר	new FileWriter(fileName)
קובץ טקסט ארוך	new BufferedWriter(new FileWriter(fileName))
קובץ בינארי קצר	new FileOutputStream(fileName)
קובץ בינארי ארוך	new BufferedOutputStream(new FileOutputStream(fileName))

איפה נכנס ה Scanner לתמונה?

- בתרגול שעבר ראינו דוגמת שימוש ב Scanner לקריאה מקבצי טקסט.
- מה עדיף – Scanner או FileReader יחד עם BufferedReader?
  - ל Scanner יש Buffer, אבל הוא קטן יותר מה Buffer של ה BufferedReader. גודל ה Buffer הוא רלוונטי כשאשר נעבור עם קבצים גדולים ונרצה לחסוך גישות לדיסק.
  - Scanner מאפשר פעולות עיבוד מתוחכמות על קובץ הטקסט אותו אנו קוראים. בעוד שה BufferedReader מחזיר מחרוזות בלבד, ה Scanner יכול לחץ טיפוסים פרימיטיביים כמו int, boolean וכו'. שימושי כאשר אנחנו רוצים לבצע המרות תוך כדי הקריאה מהקובץ.

אבל... אין דרך פשוטה יותר?

- קריאה וכתיבה לקבצים הן פעולות סטנדרטיות
  - **דיון**: אולי צריך BufferedFileReader ו- BufferedFileWriter?
- היינו רוצים לקרוא את כל הקובץ בפקודה אחת

- החל מ-Java SE 7.0 יש דרך לעשות זאת!

המחלקה java.nio.file.Files

- http://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/index.html?java/nio/file/Files.html
- מכילה שירותים שימושיים לעבודה עם קבצים
- עובדת עם עצמים מסוג java.nio.file.Path שמתאימים למסלולי קבצים (בדומה ל-java.io.File).
- המחלקה המשלימה java.nio.file.Paths מכילה שירותים שימושיים עבור מסלולי קבצים.
  - Paths.get("examples","example.txt") יחזיר אובייקט מסוג Path שמתאים למסלול הקובץ היחסי examples/example.txt

המחלקה Files - דוגמאות

- **copy** – העתקת קבצים
  - ובדומה **move**, **delete**
- **isDirectory**, **isReadable**, **isWritable**, **isExecutable**, **exists** – מחזירות פרטים שונים לגבי ה-Path
- **readAllBytes** – קריאת כל הקובץ בבת אחת.
  - אין צורך לפתוח ולסגור זרמים
  - מתאים רק לקבצים קטנים יחסית!

דוגמא 5 – שימוש במחלקה Files

```
public class FilesUnixToWindows {

    public static void main(String[] args) throws IOException {
        String fromFile = args[0];
        String toFile = args[1];

        byte[] allBytes = Files.readAllBytes(Paths.get(fromFile));
        String string = new String(allBytes);
        String windowsString = string.replaceAll("\n", "\r\n");
        Files.write(Paths.get(toFile), windowsString.getBytes());
    }
}
```

לסיכום

- ראינו דרכים שונות לעבודה עם קלט ופלט
  - זרמים, קוראים וכותבים, Scanner, Files
  - בעיקר עבודה עם קבצים, אבל לא רק!
- נשתמש בהם לפי הצורך
  - האם יש צורך בעוד זרמים?
  - שיקולי יעילות ומודולריות לעומת נוחות

טבלת זרמים שימושיים – בתים

Input streams		Output streams	
FileInputStream	קריאה מקובץ	**FileOutputStream**	כתיבה לקובץ
BufferedInputStream	(עוטף) קריאה יותר יעילה דרך buffer	BufferedOutputStream	(עוטף) כנ"ל לכתיבה
DataInputStream	(עוטף) קריאת טיפוסים פרימיטיביים	DataOutputStream	(עוטף) כנ"ל לכתיבה
PushbackInputStream	(עוטף) מאפשר "החזרה" של חלק מהבתים ל-Stream הנעטף		
SequenceInputStream	עוטף רצף של Streams: קורא מאחד, אח"כ מהשני וכו'		

טבלת זרמים שימושיים - תווים

Readers		Writers	
FileReader	קריאה מקובץ	**FileWriter**	כתיבה לקובץ
StringReader	קריאה ממחרוזת	StringWriter	כנ"ל לכתיבה
BufferedReader	(עוטף) קריאה יותר יעילה דרך buffer, מאפשר קריאת שורה	**BufferedWriter**	(עוטף) כנ"ל לכתיבה
InputStreamReader	עוטף Stream. מאפשר בחירת קידוד	OutputStreamWriter	כנ"ל לכתיבה
		PrintWriter	(עוטף) פעולות הדפסה שונות (למשל println)
LineNumberReader	(עוטף) מאפשר לדעת כמה שורות קראנו ע"י getLineNumber		