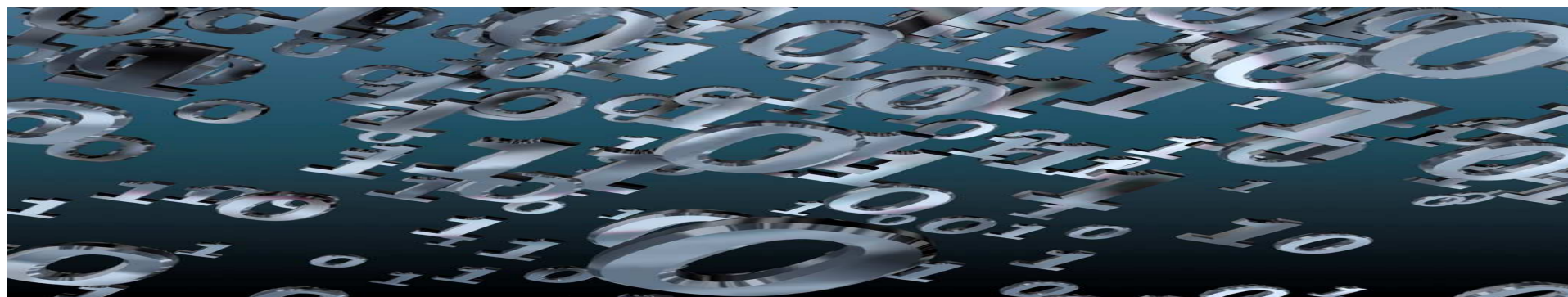


Визуализация физических  
процессов  
на платформе OEM-2011 stereo.

*А. С. Куркорова, С. И Куркоров,  
Н. П. Попова*

*Научно-производственное предприятие МедиаСкан,  
Республика Беларусь*



# Понятие аппаратно-программной платформы расширяется

- Желание абстрагироваться от технических деталей и сосредоточиться специфике задачи привело к бурному росту, в том числе и узко прикладных языков программирования. Характерной чертой, которых является их жесткая привязка к аппаратно-программной платформе (АПП). Таким образом, целесообразно определить аппаратно-программную платформу как связку: аппаратура-ОС-среда выполнения.

# Трудности в создании реальных систем или в проведении вычислительного эксперимента

- Завышенные требования к производительности ЭВМ
- Ограничения в объеме обрабатываемых данных
- Низкая скорость обработки данных
- Отсутствие механизмов обеспечивающих защиту обрабатываемой информации
- Трудности при переходе с одной платформы на другую, более производительную и безопасную

# Преимущества и недостатки специализированного инструментария физико-математических наук

- Преимущества:
  - Удобство и простота использования
  - Готовые решения
  - Нарботанные методики для преподавания
  - Быстрые в разработке решения для прикладной сферы не требующей защиты информации и высокой надёжности кода
- Недостатки:
  - Высокая стоимость
  - Готовые решения – не новые решения
  - Узкоспециализированные языки программирования
  - Генераторы исполняемого кода дают медленный и плохо читаемый код

Инструментарий удобен в сфере образования, на самом раннем этапе подготовки к проведению вычислительного эксперимента и при создания реальных систем. Высокая его стоимость сужает область использования.

# Выбор аппаратно-программной платформы для компьютерных реализаций математических моделей

- Одним из решением задачи оптимизации время/деньги – интеграция подходов и АПП на самом раннем этапе подготовки к проведению вычислительного эксперимента и при создания реальных систем. Своеобразным "программным клеем" целесообразно использовать язык программирования Ada. Реализацией идеи интеграции является расширяемая платформа OEM-2011 for Windows разработанная на языке программирования Ada.

# Обоснование выбора языка программирования отвечающий требованиям реализаций математических моделей

Требования	C#	Java	C/C++	Ada
Применение в различных аппаратно-программных платформах в текущий момент времени	+	+	+	+
Принят ISO стандарт языка программирования	-	-	+	+
Развитие языка должно происходить в рамках стандартизации и обеспечиваться инструментальными средствами разработки для всех версий стандартов языка	-	-	-	+
Интеграция с современными технологиями ИТ	-	-	-	+
Язык программирования должен быть перспективным в будущем	-	-	-	+

# Расширяемая платформа OEM-2011 for Windows

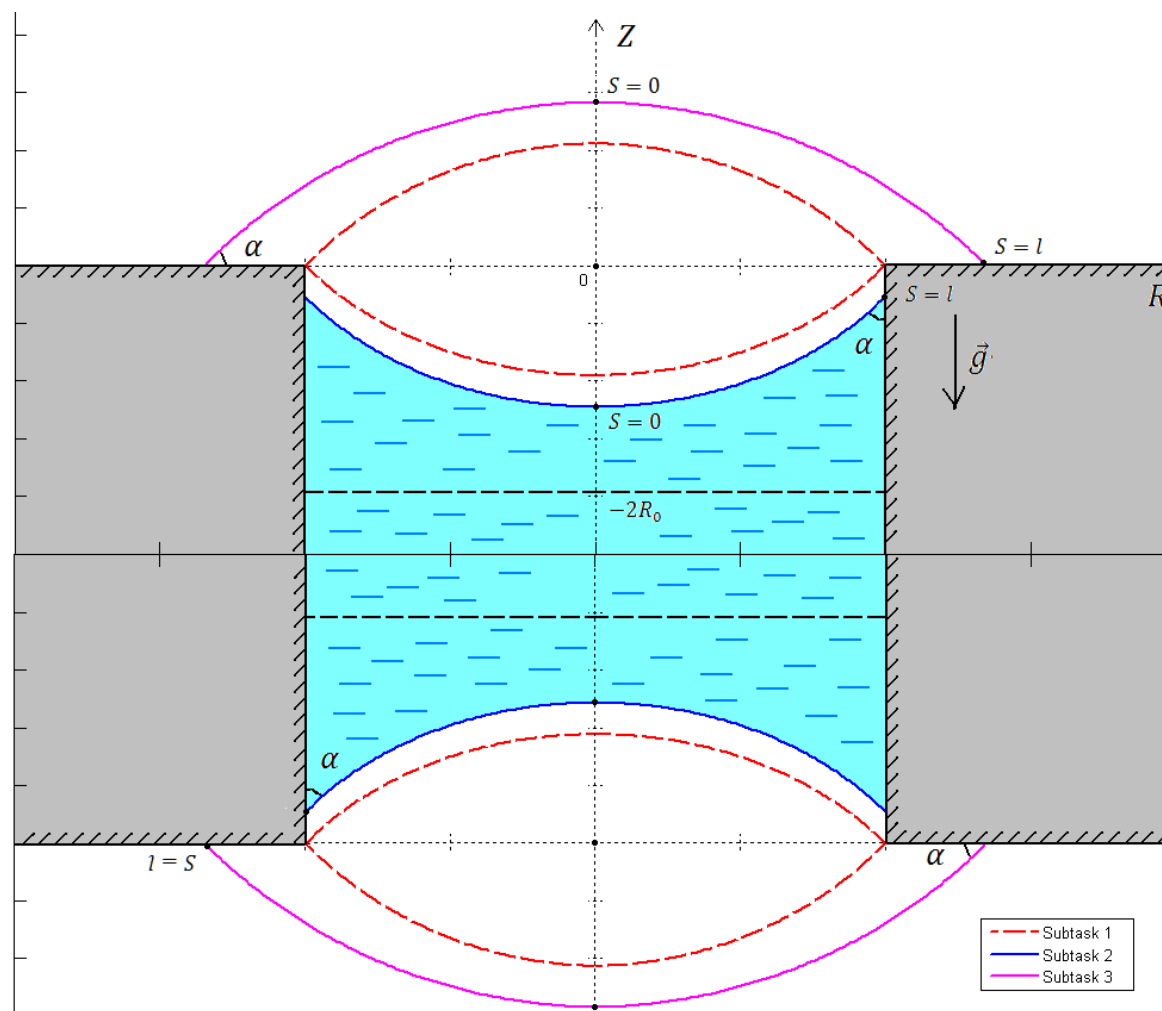
- OEM-2011 for Windows – совокупность взаимоувязанных пакетов языка Ada. OEM-2011 встраивается в графическую интерактивную систему разработки программ (IDE) - GPS фирмы AdaCore. В результате получаем среду разработки и отладки программ. Отлаженное ПО исполняется на "естественном" программном интерфейсе (API) Win32, может использовать бинарные модули COM и динамические библиотеки DLL, вызывать подсистемы и сам инструментарий например такой как Matlab. Позволяет создавать распределенные графические 2D/3D и консольные/серверные приложения в том числе производить "облачные" вычисления (SaaS), взаимодействовать в реальном времени с лабораторным оборудованием или с АСУТП, использовать возможности научного программного инструментария без ущерба производительности системе, создания интерактивных 3D-stereo тренажеров и АРМ-ов дистанционного управления в реальном времени критическими объектами

Пример использования

**ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ  
КАПИЛЛЯРНОЙ ГИДРОСТАТИКИ  
О РАВНОВЕСНЫХ ФОРМАХ  
ЖИДКОСТИ, ВЫДАВЛИВАЕМОЙ  
ИЗ КАПИЛЛЯРА**



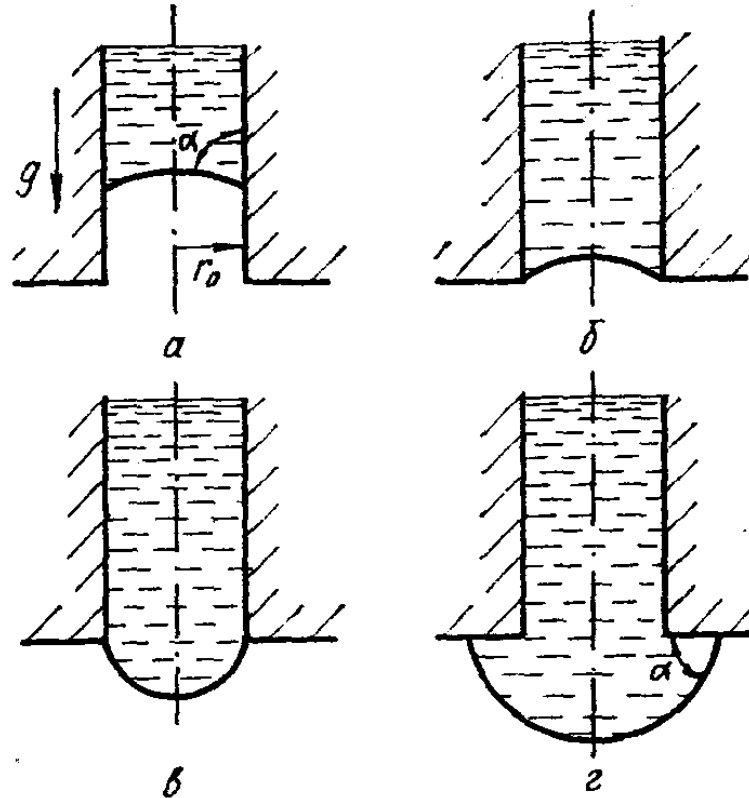
# ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ



25.05.2011

Курсовая работа – Киркорова Л.С. - 5 курс, 6 группа

# ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ



# ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ (МАТЕМАТИЧЕСКАЯ)

- Форма линии меридиана описывается параметрическими функциями  $R(Z)$  и  $Z(S)$ . И для поверхности капли имеем уравнения:

$$\begin{cases} R'' = -Z' F, Z'' = R' F, 0 \leq S \leq l \\ F = -\Phi \frac{\rho g}{\sigma} Z - \frac{Z'}{R} + \text{const} \end{cases}$$

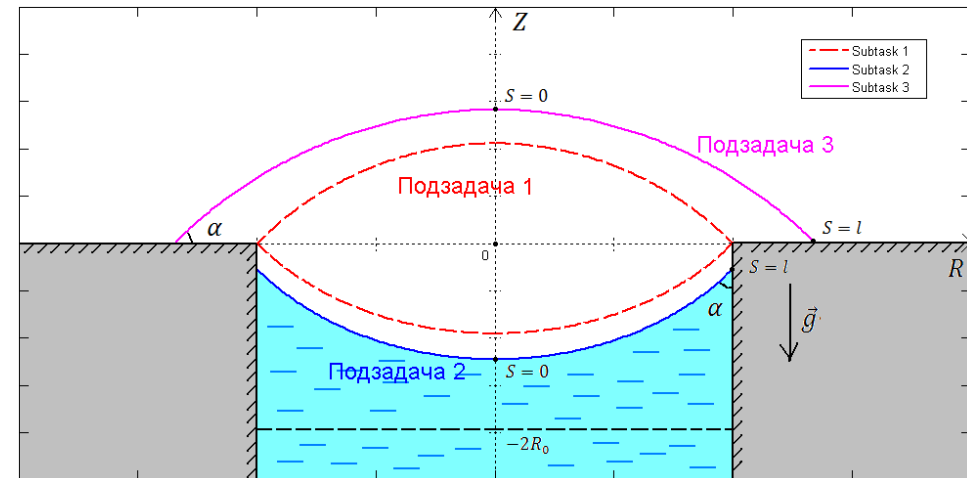
Где  $\Phi = 1$  или  $\Phi = -1$

$S$  – длина дуги неизвестной линии меридиана  
меняется от  $0$  до  $l$ .

# Алгоритм решения

## 1. Постановка задачи (для подзадачи 1 здесь)

$$\left\{ \begin{array}{l} z'' = r'(f + C), \quad r'' = -z'(f + C); 0 < s < L \\ f = Bo z - \frac{z'}{r} \\ r(0) = 0, r'(0) = 1, z'(0) = 0 \\ r(L) = 1, z(L) = 0, r'(L) = \sin A, z'(L) = \cos A \\ C = 2 \cos A - 2Bo \int_0^L z r r' ds \end{array} \right.$$



$$\alpha \leq A \leq \frac{\pi}{2} + \alpha \quad \text{соответствует} \quad U_1 \leq U \leq U_2$$

# Алгоритм решения

## 2. Обезразмеривание переменных

$$\bar{s} = \frac{S}{l} = \frac{s}{L}; \quad r = \frac{R}{l} = \frac{r}{L}; \quad z = \frac{Z}{l} = \frac{z}{L}.$$

## 3. Расчетная модель

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{z}'' = \bar{r}'(\bar{f} + \bar{C}), \quad \bar{r}'' = -\bar{z}'(\bar{f} + \bar{C}); \quad 0 < \bar{s} < 1 \\ \bar{f} = BoL^2 \bar{z} - \frac{\bar{z}'}{\bar{r}} \\ \bar{r}(0) = 0, \bar{r}'(0) = 1, \bar{z}'(0) = 0 \\ \bar{z}(1) = 0, \bar{r}'(1) = \sin A, \bar{z}'(1) = \cos A \\ L = \frac{1}{\bar{r}(1)} \\ C = 2L \cos A - 2BoL^4 \int_0^1 \bar{z} \bar{r} \bar{r}' d\bar{s} \end{array} \right. .$$
$$U = 2\pi \left( 1 + L^3 \int_0^1 \bar{z} \bar{r} \bar{r}' d\bar{s} \right) = 2\pi \left( 1 - \frac{1}{2} \int_0^L \bar{z}' \bar{r}^2 d\bar{s} \right).$$

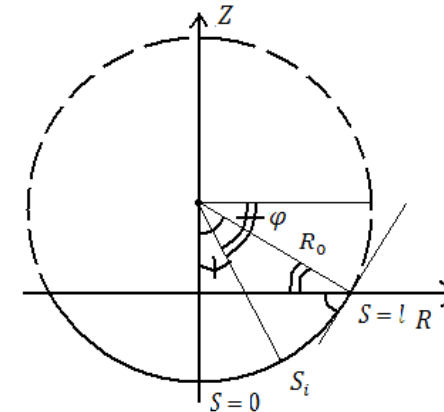
# Алгоритм решения

4. *Нахождение аналитического решения для начального значения итераций и получение численного решения задачи.*
5. *Пересчет  $r = \bar{r}L, z = \bar{z}L$  для получения решения в размерном виде.*
6. *Визуализация решения*

# АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПРИ $V_0=0$

Аналитическое решение:

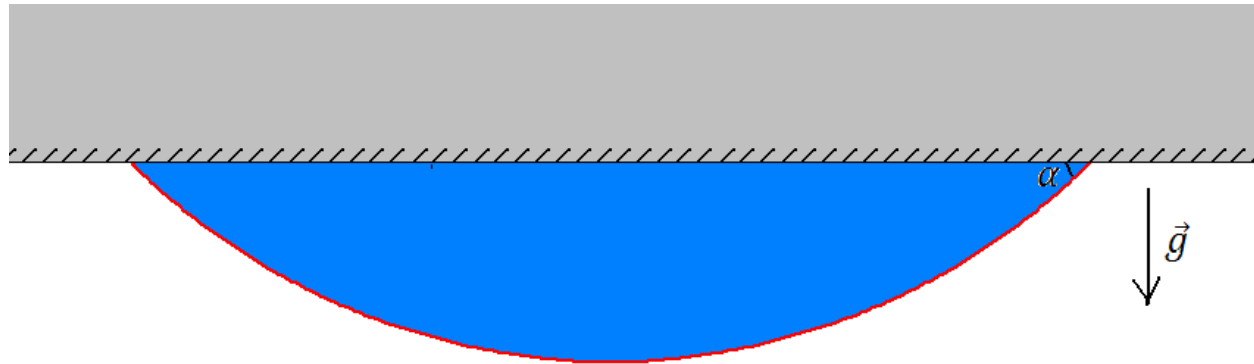
$$\begin{cases} R(S) = R_0 \sin \frac{S\alpha}{l}, 0 \leq S \leq l \\ Z(S) = R_0 \cos \alpha - R_0 \cos \frac{S\alpha}{l} \end{cases}$$



В безразмерном виде при  $R = rl, Z = zl, S = sl$  :

$$\begin{cases} r(s) = \frac{1}{\alpha} \sin(s\alpha), 0 \leq s \leq 1 \\ z(s) = \frac{1}{\alpha} [\cos \alpha - \cos(s\alpha)] \end{cases}$$

# ЗАДАЧА ОБ ОТРЫВЕ КАПЛИ



Тестовая задача, чтобы проверить работоспособность алгоритма.



# АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

1. По точному аналитическому решению  $r_i^0, z_i^0$

2. Считаем значения  $L^m, C^m, f_0^m, f_N^m, f_i^m, i = \overline{1, N}$

$$F_i^m = f_i^m + C^m$$

3. Методом прогонки  $r_i^{m+1}, z_i^{m+1}$

4. Проверка сходимости итераций:

$r_i^{m+1} < 0, z_i^{m+1} > 0$  , то расходятся. Если расходятся, то число Бонда превышает критическое. Остановка. Если нет – шаг 5.

# АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

## 5. Проверка сходимости итераций

$$\begin{cases} \frac{\max_i |z_i^{m+1} - z_i^m|}{\tau} \leq \varepsilon \\ \frac{\max_i |r_i^{m+1} - r_i^m|}{\tau} \leq \varepsilon \end{cases}$$

Если верно, то нашли решение  $r_i^{m+1}, z_i^{m+1}$

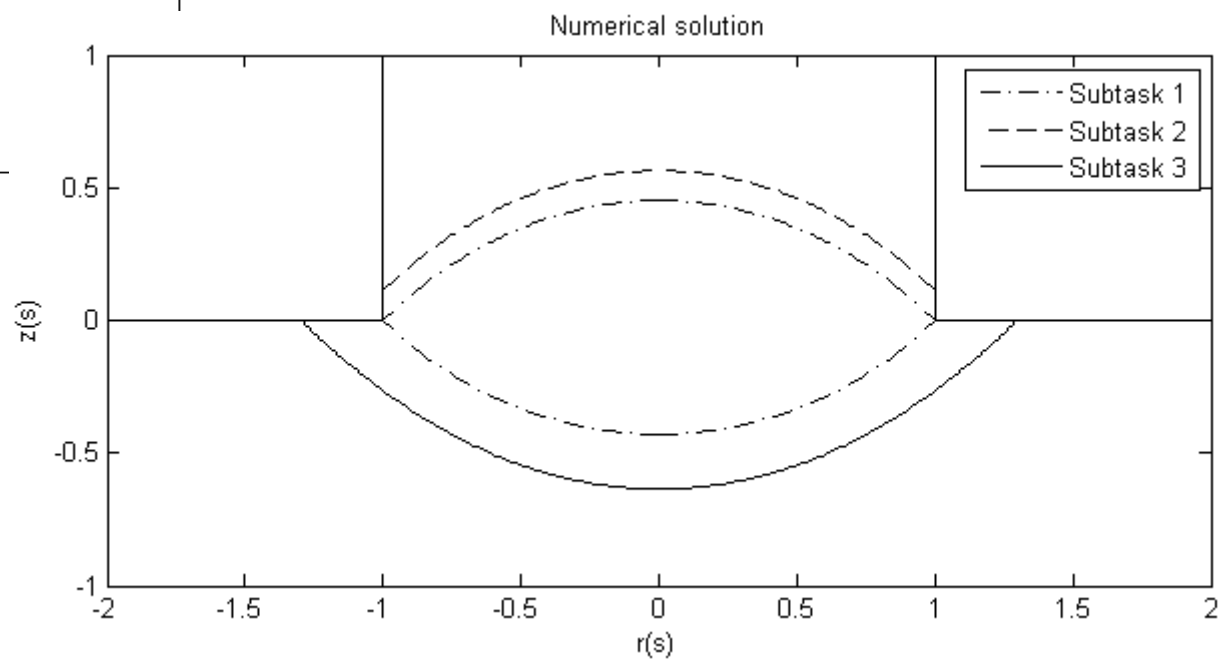
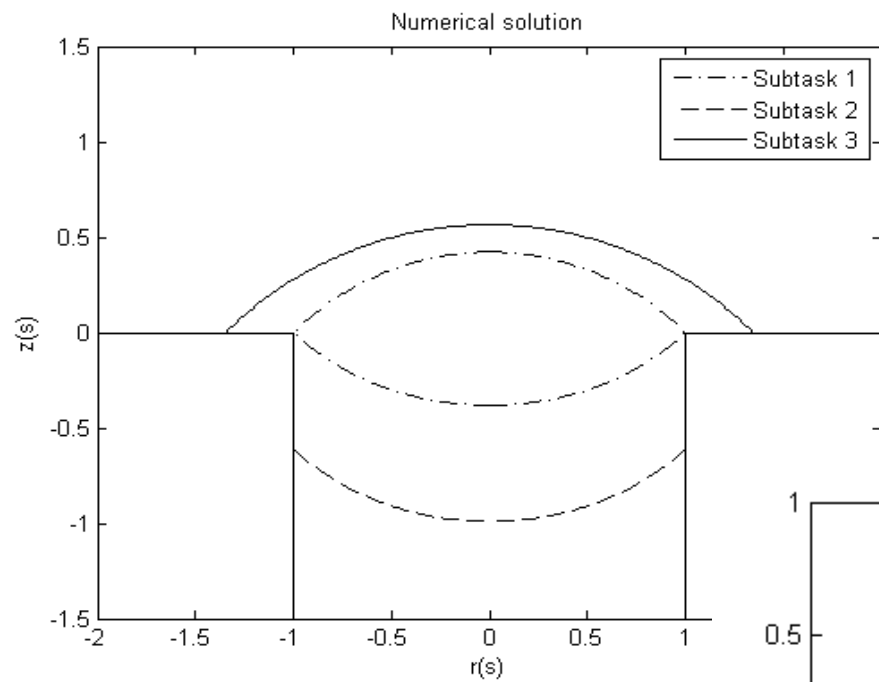
Иначе – следующая итерация.

6. Далее находим критическое значение числа Бонда методом дихотомии, несколько раз решая данную задачу п.1-5

# ВЫЧИСЛЕНИЕ ЧИСЛА БОНДА

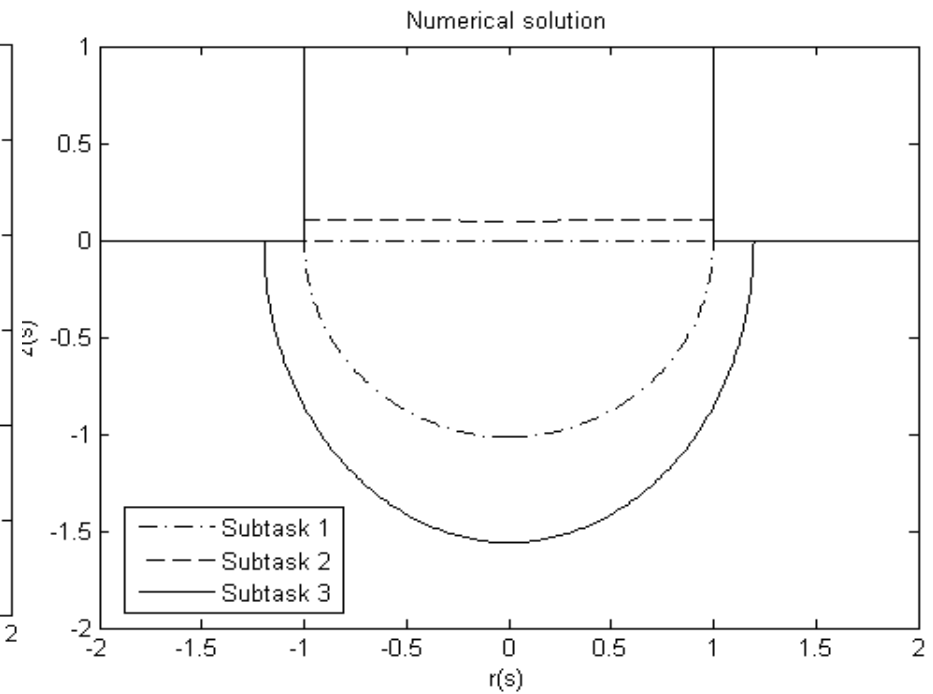
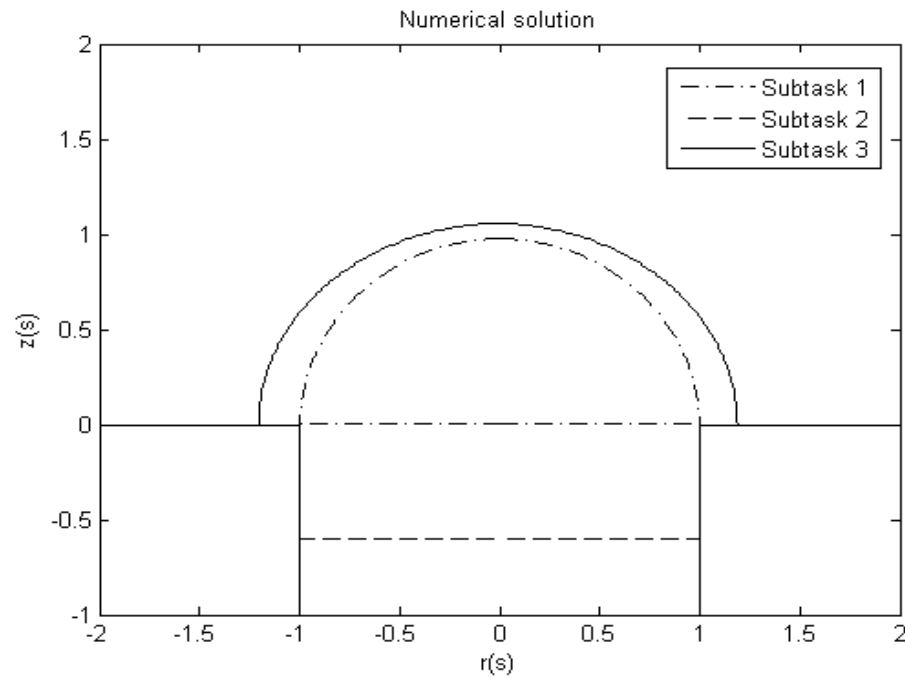
Угол смачивания	Число Бонда (расчетное)	Число Бонда (аналитич.)	Ч. Бонда (для капилляра)
$\frac{\pi}{4}$	4.995	<b>4.988</b>	4.563
$\frac{\pi}{2} = 1.5708$	2.268	<b>2.265</b>	2.254
$\frac{3\pi}{4}$	0.575	<b>0.579</b>	0.626
1.523	2.407	<b>2.407</b>	2.391

# НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

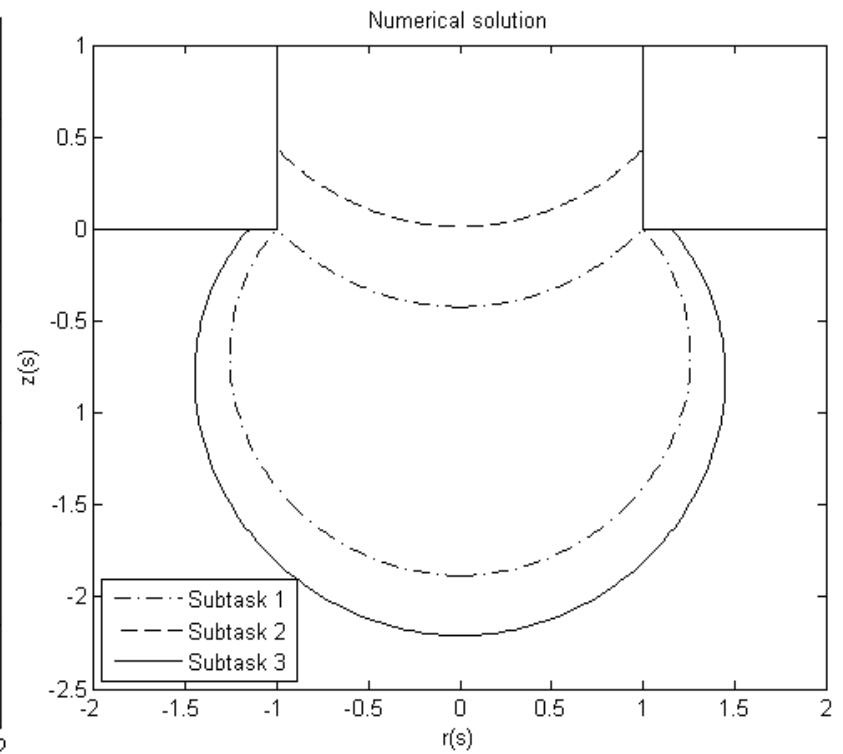
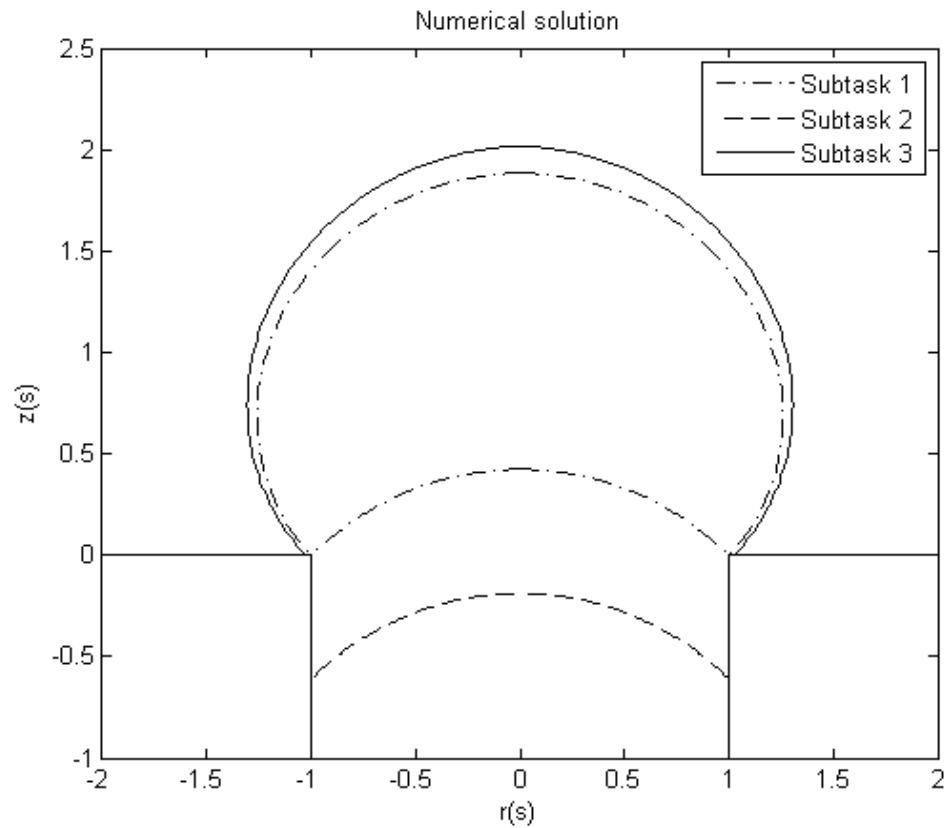


25.05.2011

# НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ



# НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ



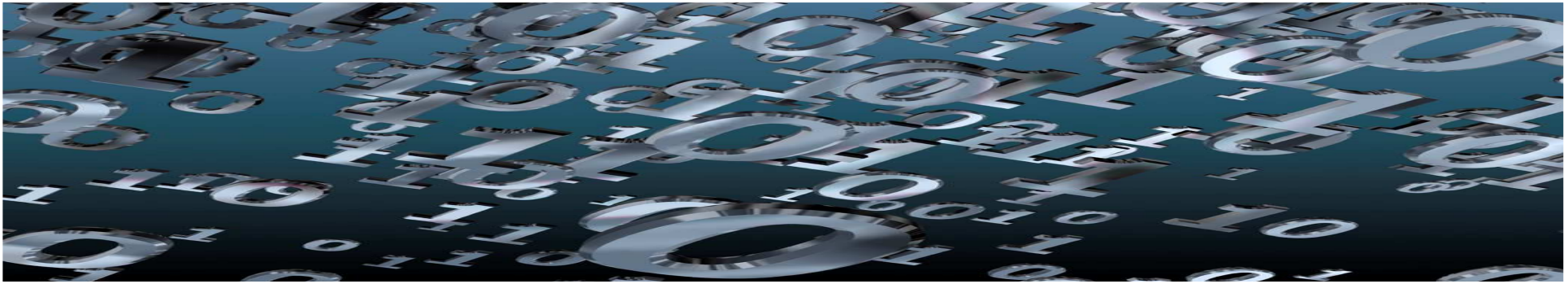
# Выводы по результатам и направления дальнейших исследований

- Показано, что итерационно-разностный метод может быть эффективно реализован на языке Ada. Разработанный комплекс программ создает базу для обучения и создания методик изучения итерационно-разностного метода решения нелинейных дифференциальных уравнений, в том числе и для дистанционного обучения студентов.
- В дальнейшем можно использовать OEM-2011 stereo и для визуализации полученных результатов в графическом режиме 3D stereo. Окончательная версия OEM-2011 stereo будет доступна после сентября 2011 года.

# ЛИТЕРАТУРА

- Мышкис, А.Д. Методы решения гидромеханики для условий невесомости / А.Д. Мышкис, В.Г. Бабский, М.Ю. Жуков, Н.Д. Копачевский, Л.А. Слобожанин, А.Д. Тюнцов. – Киев: Наукова думка, 1992.
- Мышкис, А.Д. Гидромеханика невесомости / А.Д. Мышкис, В.Г. Бабский, Н.Д. Копачевский, Л.А. Слобожанин, А.Д. Тюнцов. – М.: Наука, 1976.
- Polevikov V. K. Methods for numerical modeling of two-dimensional capillary surfaces // Computational Methods in Applied Mathematics. – 2004. — Vol. 4, № 1. — P. 66-93.
- Киркорова Л.С. Численное решение задачи капиллярной гидростатики о равновесных формах жидкости, выдавливаемой из капилляра. Дипломная работа, Минск, 2010 г., БГУ.
- Киркоров С. И., Киркорова Л. С. Параллельные алгоритмы математических моделей: исследование локальности и применение языка Ada. Ж-л: ВІСНИК Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, №863 Серія: Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління, Випуск 12, стр. 129-142, Харків, 2009.
- Ada 95 Language Reference Manual ANSI/ISO 8652.1995-std: [Electronic resource]. – <http://www.adapower.com/rm95/index.html>.





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ