

Гончаров А. И., Никулин Ю. А.

Всероссийская дистанционная олимпиада по компьютерной физике

Дается информация о Всероссийской дистанционной олимпиаде по компьютерной физике, приводятся условия задач Второй олимпиады, анализируются достоинства предлагаемой формы проведения олимпиад.

Введение

Физический факультет Алтайского государственного университета (ФФ АГУ) в 1996 выступил с идеей проведения Всероссийской дистанционной (заочной) олимпиады по компьютерной физике. Сегодня состоялись уже две олимпиады. В данной работе обобщается опыт, накопленный при их проведении.

1. Организационные принципы и регламент олимпиады

В олимпиаде участвуют студенты 1–6 курсов университетов, технических, педагогических и других вузов России. Задания рассчитаны на студентов вузов (факультетов), в программу которых входят общая и теоретическая физика, высшая математика, численные методы и программирование.

Участникам предлагаются задачи по физике, при решении которых целесообразно использование ЭВМ. Для выполнения задания отводится четыре дня.

Режим работы участников в ходе выполнения заданий — свободный; разрешается использовать литературу и пакеты программ. Контроль за работой участников не производится. Число участников от каждого вуза не ограничивается.

Задание олимпиады доводилось до участников, подавших предварительные заявки, по электронной почте. Задания рассылались заблаговременно, с таким расчетом, чтобы они пришли в ночь, предшествующую олимпиаде. Кроме этого, перед началом второй олимпиады ее информационная поддержка была организована на WWW-сервере физического факультета АГУ (<http://www-phys.dcn-asu.ru>). В частности, на сервере была размещена предварительная информация об олимпиаде, информация о предыдущей олимпиаде; в момент официального начала стали доступны задачи олимпиады, а после ее окончания были опубликованы их решения и итоги олимпиады. Заметим, что получить

задание олимпиады с сервера и принять в ней участие мог любой желающий (не обязательно подавший предварительную заявку).

2. Правила проверки и оценки работ и подведения итогов

Подводятся итоги личного и командного первенства. Работы проверяются в зашифрованном виде. Шифровку работ производит Мандатная комиссия. Жюри рассматривает все материалы, содержащиеся в работе. Основным критерием при оценке работы является правильный численный результат. Расшифровка работ производится после проставления баллов и подведения итогов личного первенства.

Приняты следующие правила проведения командного первенства. Число баллов, которое получает команда вуза за некоторую задачу, равно наибольшему числу баллов, полученных кем-либо из студентов вуза за эту задачу. В дипломах, которые получают вузы-победители, указываются имена минимального числа студентов, сформировавших результат вуза. Данный способ подведения итогов призван усилить конкуренцию между студентами одного вуза.

3. Задачи олимпиады

Задача 98-1

Диск радиусом $R = 5$ см из однородного материала вращается вокруг своей оси, находясь на горизонтальной поверхности также из однородного материала. Коэффициент трения скольжения k материала диска о материал поверхности зависит от скорости: $k(v) = 0,3 \cdot \exp[-(v/100)^2]$ (v — в см/с). В начальный момент времени $t = 0$ угловая скорость вращения диска была равна $\omega(0) = 10$ рад/с. Найти время $T_{\text{ост}}$ до остановки диска. Допустимая относительная ошибка расчета 1%.

Ответ: Время до остановки диска $T_{\text{ост}} = 0,1340$ с.

Задача 98-2

Напряжение U на выходе некоторого прибора является периодической функцией времени. Его значения были записаны через каждые 0,4 с (см. таблицу). Требуется восстановить $U(t)$ с таким же числом значащих цифр, что и в таблице, в следующие моменты времени:

- 1) $t = 0,1$ с; 2) $t = 1,0$ с; 3) $t = 1,4$ с;
4) $t = 2,2$ с; 5) $t = 2,3$ с; 6) $t = 3,0$ с;

t	U	t	U
0,0	0,00000	0,4	-1,90813
0,8	2,26309	1,2	9,59632
1,6	11,7169	2,0	6,06218
2,4	-0,640786	2,8	-1,48354
3,2	1,48354	3,6	0,640786
4,0	-6,06218	4,4	-11,7169
4,8	-9,59632	5,2	-2,26309
5,6	1,90813	6,0	0,00000

Ответ: $U(0,1) = -8,13386 \cdot 10^{-1}$; $U(1,0) = 6,06218$; $U(1,4) = 1,17169 \cdot 10^1$; $U(2,2) = 2,26309$; $U(2,3) = 6,38829 \cdot 10^{-1}$; $U(3,0) = 0,0$.

Задача 98-3

Нерелятивистская квантовая частица оказалась в «потенциальной яме». Поведение частицы описывается уравнением Шредингера

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} + (E - V(x))\varphi = 0$$

- Пусть потенциальная энергия частицы описывается формулой $V = [|x|]^3$ ($| \ |$ — модуль, $[\]$ — целая часть числа). Найдите первые 10 энергетических уровней.
- Укажите какую-нибудь форму ямы, в которой первые пять энергетических уровней будут относиться друг к другу как 1:2:3:4:5.

Ответ:

- 0,669; 2,36; 4,50; 7,08; 10,1; 12,7; 15,0; 18,3; 22,3; 26,4.
- $V = 1 + x^2$.

Задача 98-4

В результате ядерного взрыва в начальный момент времени образовалось 10^{10} ядер радионуклида ^{117}Ag . В результате последовательных β -распадов образуются следующие нуклиды («массовая цепочка»):

Номер нуклида в цепочке	Наименование нуклида	Период полураспада, мин
1	^{117}Ag	1,22
2	^{117m}Cd	204
3	^{117m}In	116,4
4	^{117}In	44
5	^{117m}Sn	20160
6	^{117}Sn	стабилен

Бета-распад некоторых нуклидов может происходить несколькими способами; вероятность того, что в результате распада ядра i -го нуклида образуется ядро j -го нуклида, называется коэффициентом ветвления K_{ij} . Для рассматриваемой цепочки $K_{12} = K_{45} = K_{56} = 1$, $K_{23} = 0,01$, $K_{24} = 0,99$, $K_{34} = 0,43$, $K_{36} = 0,57$, остальные $K_{ij} = 0$.

Требуется найти среднее число ядер каждого нуклида в момент $t = 300$ мин. Допустимая относительная ошибка расчета 1%.

Ответ: $N_1 = 9,4674 \cdot 10^{-65}$, $N_2 = 3,6301 \cdot 10^9$, $N_3 = 2,5735 \cdot 10^7$, $N_4 = 9,6765 \cdot 10^8$, $N_5 = 5,3289 \cdot 10^9$, $N_6 = 4,7642 \cdot 10^7$.

Задача 98-5

Блок, содержащий делящийся под действием нейтронов ^{235}U , имеет форму шара радиусом 15 см. Под действием космических лучей в геометрическом центре блока рождается нейтрон. Рассчитать среднее количество энергии, выделившееся в блоке под действием развившегося нейтронного каскада, если в одном акте деления ядра ^{235}U выделяется 200 МэВ. Энергией, вынесенной вторичными нейтронами из блока, пренебречь.

Расчеты провести с использованием следующей модели нейтронного каскада.

- Нейтроны испытывают в веществе два вида взаимодействий: захват ядрами примесей (вероятность этого процесса 0,3) и деление ядер урана (вероятность 0,7).
- Пробег нейтрона между взаимодействиями распределен по экспоненциальному закону со средним значением, равным 10 см и не зависящем от энергии.
- При делении ядра возникает 2 (вероятность 0,5) либо 3 (вероятность 0,5) вторичных нейтрона, вылетающих изотропно. Нейтрон, вызвавший деление, считать поглотившимся.

Ответ: Расчет показал, что коэффициент размножения нейтронов > 1 ; при появлении первичного нейтрона в центре блока с вероятностью примерно $P = 0,16$ начинается лавинообразная цепная реакция. Поэтому исходных данных, приведенных в условии задачи, недостаточно для ее решения (например, не задано число атомов урана-235 в образце). При разумном задании недостающих условий задача становится слишком сложной.

В простейшей нефизичной модели, в которой

1. образец не разрушается даже при очень больших температурах и перепадах давления,
2. разделившееся ядро не теряет своих свойств (т.е. готово к повторному делению)

среднее значение выделившейся энергии равно бесконечности.

Задача 97-1

На плоскую границу полубесконечной среды (вещества) падает из вакуума поток элементарных частиц перпендикулярно к поверхности среды. При столкновении с атомом среды частица с вероятностью 0,1 поглощается, а с вероятностью 0,9 рассеивается изотропно (т.е. равновероятно в любом направлении трехмерного пространства). Найти долю частиц, которые выйдут обратно из вещества. Относительная ошибка расчета менее 0,01.

Ответ: $D = 0,415 \pm 0,005$

Задача 97-2

Материальная точка, подвешенная на нити длиной $L = 1$ м, совершает колебания с угловой частотой $\omega = 3$ рад/с в одной плоскости. Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с². Найти амплитуду колебаний (в радианах) с относительной ошибкой менее 0,01.

Ответ: амплитуда $A = 0,818 \pm 0,001$ рад.

Задача 97-3

По проволоке, имеющей форму циклоиды $X(q) = q + \sin q$, $Y(q) = 1 - \cos q$ ($q \in [-\pi, +\pi]$; X, Y - в метрах; ось Y направлена вертикально вверх) из точки $[-\pi, 2]$ без начальной скорости начинает скользить бусинка. Коэффициент трения $f = 0,1$, ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с². Найти координаты X_1, Y_1 бусинки после ее остановки и время движения t_1 . Относительная ошибка расчета менее 0,001.

Ответ: $X_1 = -0,2692$ м, $Y_1 = 0,009073$ м, $t = 7,986$ с.

4. Некоторые итоги олимпиады

Мы считаем, что дистанционная форма проведения олимпиады, а также ее регламент, разработанный специально для условий заочной формы участия студентов в ней, имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными предметными олимпиадами студентов. Условия, в которых находятся студенты во время участия в дистанционной олимпиаде, достаточно хорошо моделируют процесс реального научного поиска. Студент должен сам выбрать адекватный инструмент (самостоятельно написанная программа, готовый программный пакет) и метод (численное решение “в лоб”, аналитическое преобразование с целью максимального упрощения задачи и т.д.) для решения поставленной задачи, быть может, методом проб и ошибок. Над студентом не довлеет сильная ограниченность времени (4–5 ч), отведенного на решение задач, страх забыть какую-нибудь важную формулу и т.п. Несколько дней, выделяемых участникам на решение задач — вполне достаточный срок для тщательного обдумывания поставленных проблем и даже для самостоятельного изучения еще не пройденных ими вопросов. Вместе с тем, этот срок заставляет студента тщательно планировать свое время в течение участия в олимпиаде, т.к. ему необходимо выполнять свои повседневные обязанности (например, посещать занятия) и при этом хочется хорошо выступить на олимпиаде.

По сравнению с первой олимпиадой интерес ко второй вырос чрезвычайно — количество участников увеличилось почти в 10 раз, количество вузов, принявших участие в олимпиаде, — более чем в 10 раз. Обращения к серверу олимпиады зарегистрированы не только из вузов-участников, но и из научно-исследовательских организаций, школ.

Выводы

1. Проведение дистанционных олимпиад представляется весьма перспективным и полезным делом, особенно в связи с активным вхождением российских вузов в сеть INTERNET.

2. Важную роль в эффективности таких олимпиад имеет оперативная информационная поддержка, которая может быть осуществлена с помощью Web-сервера.