Международный турнир «Компьютерная физика»

Международный интеллект-клуб (МИК) «Глюон» в рамках своей программы «Новые информационные технологии и интеллектуально одаренные дети» проводит международный турнир «Компьютерная физика». Цель турнира – привлечение школьников к научному творчеству через активное внедрение новых компьютерных технологий в физическое образование. Использование возможностей современных компьютерных систем позволяет расширить спектр исследовательских проблем и выйти за узкие рамки аналитически решаемых задач. Моделирование физических процессов в реальном времени помогает глубже понять реальные физические явления, сформировать образы для понимания сложных динамических процессов.

Предлагаемые на турнире «Компьютерная физика» задачи предполагается решать с помощью численного моделирования на компьютере. Для участия в турнире приглашаются команды школьников, обладающих знаниями физики и навыками программирования на IBM PC. Турнир проводится в виде соревнования между командами и проходит в два тура – заочный и очный. Заочное задание рассылается по компьютерным сетям за месяц до встречи. Лучшие команды приглашаются на финал, где происходит представление и защита результатов выполнения задания. Каждой команде предлагается выступить с докладом, который оппонируется и рецензируется другими командами. После подведения итогов заочного тура объявляется задание очного тура. На его выполнение дается 24 часа, и через сутки проходит защита. Все выступления оцениваются жюри.

Международный интеллект-клуб «Глюон» приглашает все заинтересованные школы, лицеи и компьютерные центры принять участие в международном турнире «Компьютерная физика».

Заявки присылайте по адресу:
115522 Россия, Москва, Пролетарский пр., д.15/6, корп.2, МИК «Глюон».

Факс: (095) 324-8479, (095) 396-8227; e-mail: olga@mics.msu.su.

А теперь расскажем немного о втором международном турнире «Компьютерная физика», который был проведен с 25 по 30 января 1998 года в г.Протвино Московской области. Активную поддержку оказал Государственный научный центр Российской Федерации «Институт физики высоких энергий». Заявки на участие в турнире подали 32 команды из различных городов и областей России, а также представители Белоруссии, Грузии, Македонии и Греции.

Абсолютным победителем турнира стала команда лицея 1511 при Московском инженерно-физическом институте (команда МИФИ-2), диплом первой степени получила команда МИФИ-1 этого же лицея, диплом второй степени – школа-комплекс «Царицыно» 548, третьей степени – Протвинский лицей 1.

Один из дней турнира был посвящен встрече с научными сотрудниками Института физики высоких энергий, которые показали уникальный ускоритель протонов и рассказали о современных экспериментах по изучению основ строения материи. В день отдыха состоялась обзорная экскурсия по историческим местам г.Серпухова с посещением Кремля, Высотского монастыря и знаменитой картинной галереи.

Заочный тур

Задание. Физический мир и виртуальная реальность

В соответствии с законом всемирного тяготения Ньютона, сферически-симметричное тело массой m создает гравитационный ньютонов потенциал

$$\varphi = -G\frac{m}{r},$$

где G – гравитационная постоянная, r – расстояние от тела (r > R, где R – размер тела). Строение Вселенной в значительной степени определяется силами гравитационного взаимодействия, определяемыми ньютоновым потенциалом.

Как была бы устроена Солнечная система, если бы гравитационное взаимодействие описывалось неньютоновым потенциалом вида

$$\varphi = -G\frac{mR^{n-1}}{r^n},$$

где n – любое?

1) Рассмотрите движение планеты. 2) Рассмотрите движение кометы (эллиптическую траекторию с большим эксцентриситетом). 3) Рассмотрите движение астероида (гиперболическую траекторию).

Предлагаемая задача включает в себя известную задачу Кеплера о движении тела в поле, описываемом ньютоновым потенциалом. Известно, что в этом случае траекторией движения является одна из кривых второго порядка: эллипс, гипербола или парабола в зависимости от значения полной энергии E. В частности, возможно движение по круговой орбите, при этом скорость тела связана с радиусом орбиты соотношением $v = \sqrt{Gm/r}$. Очевидно, что круговая орбита существует при любом значении n, а полная энергии системы определяется выражением

$$E = \frac{mv^2}{2}\left(1 - \frac{2}{n}\right).$$

Случай $n = 1$ соответствует задаче Кеплера, поэтому интересно исследовать изменения траектории движения при отклонении величины n от единицы. При незначительном отклонении наблюдаются прецессирующие эллиптические орбиты. По мере увеличения n характеристики орбит меняются, в частности – наблюдается резкое изменение удаления планеты со временем. Однако в случае $n < 2$ полная энергия движения отрицательна, и траектория движения финитна. Точка $n = 2$ – критическая точка. При $n > 2$ значение E положительно. Это означает, что круговые орбиты в области $n > 2$ оказываются неустойчивыми, и небольшое отклонение орбиты от круговой приводит к уходу тела от притягивающего центра на бесконечно большое расстояние.

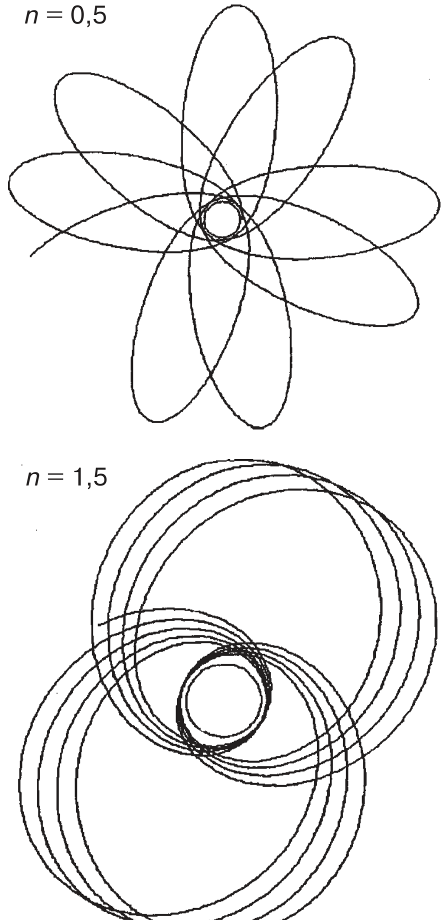

Рис. 1

Наиболее полное решение задания заочного тура было представлено командой Протвинского лицея 1 в составе: В.Евдокимов, К.Саломатин, А.Казаков, Д.Алехин, А.Хныкин, Ю.Астахов, Д.Лабин (руководитель – С.Астахов). Результаты расчетов, полученные этой командой для траекторий планет при $n = 0{,}5$ и $n = 1{,}5$, представлены на рисунке 1.

Проведенное исследование позволяет сделать интересные выводы о возможном устройстве Солнечной системы, если бы гравитационное взаимодействие описывалось неньютоновым потенциалом. При $n > 2$ устойчивого движения планет вокруг Солнца не существовало бы – планеты упали бы на Солнце или улетели на бесконечность. Даже при небольшом отклонении скорости от указанного значения расстояние до Солнца было бы резкой функцией времени. В результате поток лучистой энергии на поверхность планеты сильно изменялся бы во времени, что сделало бы жизнь нереальной.

Очный тур

Задание. Задача Улама

Известно, что в системе с большим числом степеней свободы движение отдельной частицы носит случайный (стохастический) характер. Примером является броуновское движение частицы. Однако оказывается, что случайные движения могут наблюдаться и в системе с малым числом степеней свободы. Такое движение происходит, в частности, под действием периодического возмущения. Пример – движение частицы в сосуде с дрожащими стенками.

Рассмотрим движение шарика между двумя вертикальными бесконечно тяжелыми стенками, одна из которых колеблется по гармоническому закону

$$x = a\sin\omega t$$

с частотой ω и амплитудой a. В начальный момент времени (t = 0) расстояние между стенками равно L, скорость шарика v. Начальное направление движения и положение шарика произвольны. Характер движения шарика между стенками определяется величиной изменения фазы $\varphi = \omega t_n$ от столкновения к столкновению, где t_n — момент n-го столкновения.

Опишите характер движения, проанализировав изменение фазы $\Delta\varphi$ от столкновения к столкновению. Исследуйте зависимость энергии шарика от времени. Предположите L = 1 см, a = 0,1 см и a = 0,5 см.

1) Исследуйте движение в диапазоне $v = 10^5 - 10^9$ см/с при постоянной частоте $\omega = 10^7$ c^{-1}. Опишите полученные результаты. 2) Исследуйте движение в диапазоне $\omega = 10^5 - 10^9$ c^{-1} при постоянной скорости $v = 10^7$ см/с. Опишите полученные результаты. 3) Исследуйте возможную зависимость от начального положения шарика и направления движения.

Традиционно считается, что движение одной частицы определено (детерминировано). Но в общем случае это не так. Если есть нелинейный гармонический осциллятор, то под действием вынуждающей периодической силы в зависимости от соотношения параметров в системе может наступать хаос.

При $a \ll L$ области регулярного и стохастического движений определяются изменением фазы от столкновения к столкновению, т.е. величиной

$$\Delta\varphi = \varphi_{n+1} - \varphi_n = 2L\omega/v_n,$$

где v_n — скорость шарика в момент n-го столкновения. Изменение скорости шарика определяется соотношением

$$v_{n+1} = v_n + 2v_c \cos\omega t,$$

где $v_c = a\omega$ — скорость стенки. Если $\Delta\varphi$ изменяется плавно, движение носит регулярный характер. Если $\Delta\varphi$ изменяется от столкновения к столкновению сильно (на величину порядка π), в системе начинается хаос.

Части 1 и 2 задания посвящены поиску режимов регулярного и стохастического движений. Перестройка между ними идет через понижение v или увеличение ω. Возможная зависимость от начального положения шарика, исследовать которую предложено в части 3, может наступать только в режиме стохастического движения.

Наиболее полное решение задания очного тура было представлено командой МИФИ-2 лицея 1511 в составе: А.Бадиков, М.Чмыхов, А.Анисимов, А.Ветошников, С.Хныкин.

Результаты расчетов, полученные этой командой для режимов регулярного и хаотичного движений, представлены на рисунке 2. Кривая *1* описывает энергию шарика (в процентах от заданной), кривая *2* – изменение фазы со временем, *3* – положение подвижной стенки и *4* – положение шарика.

В.Альминдеров, О.Поповичева

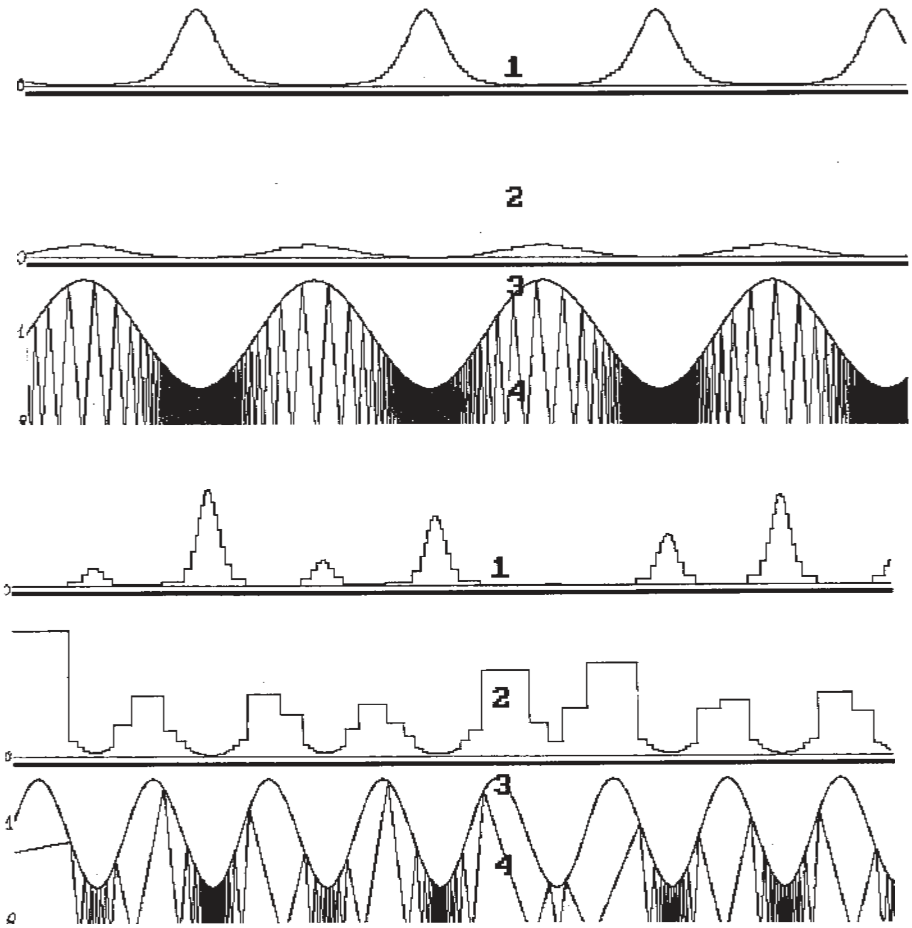

Рис. 2