

*Альминдеров Владимир Васильевич
Поповичева Ольга Борисовна*

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ТУРНИР "КОМПЬЮТЕРНАЯ ФИЗИКА"

Международный Интеллект-Клуб "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. Основная задача - стимулировать интерес к фундаментальным наукам в эпоху всеобщей компьютеризации, углубить физические и математические знания школьников, активизировать творческие способности. 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 и понимание сложных динамических процессов.

Предлагаемые на Турнире задачи по компьютерной физике предполагается решать с помощью численного моделирования на компьютере. Для участия в Турнире "Компьютерная физика" приглашаются команды школьников (5 человек), обладающих знаниями физики и навыками программирования на IBM PC.

Турнир "Компьютерная физика" проводится в 2 тура в виде интеллекту-

ального соревнования между командами. 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 новое задание очного тура. На выполнение его дается 24 часа и через сутки происходит защита. Все выступления оцениваются жюри.

1-й Международный Турнир "Компьютерная физика" был проведен с 11 по 13 апреля 1996 года в городе Зеленоград Московской области. В этом пилотном проекте Международного Интеллект-Клуба "Глюон" впервые приняли участие три команды: лицея № 1511 при МИФИ, школы № 23 Днепропетровска и физ.-тех. школы ИАТЭ Обнинска. В заочном туре призерами стала команда физ.-тех. школы ИАТЭ Обнинска, в очном - лицея № 1511 при МИФИ.

2-й Международный Турнир "Компьютерная физика" был проведен с 25 по 30 января 1998 года в городе 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 Российс-

кой Федерации, делегации Белоруссии, Грузии, Македонии и Греции. Лучшие команды были приглашены на финал.

Абсолютным победителем турнира стала команда лицея № 1511 при МИФИ (МИФИ-2), диплом первой степени получила команда лицея № 1511 при МИФИ (МИФИ-1), 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, ко-

торые вдохновили ребят на изучение основ строения материи, показали уникальный Серпуховской ускоритель протонов и рассказали о современных экспериментах. В день отдыха состоялась обзорная экскурсия по историческим местам Серпухова с посещением Кремля, Высотского монастыря и знаменитой картинной галереи.

Турнир показал актуальность этого нового интересного вида интеллектуального соревнования, который объединяет все современные технологии образования.

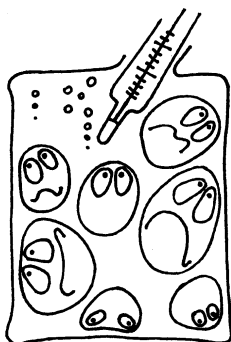
1-Й МЕЖДУНАРОДНЫЙ ТУРНИР "КОМПЬЮТЕРНАЯ ФИЗИКА"

11 - 13 АПРЕЛЯ 1996 ГОДА

ЗАДАНИЯ ЗАОЧНОГО ТУРА

«ДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ В МИКРОМИРЕ»

Моделью газа может служить совокупность взаимодействующих частиц, движение которых описывается уравнениями классической механики. Простейшей моделью одномерного газа является совокупность частиц, движущихся вдоль одной прямой между вертикальными стенками.

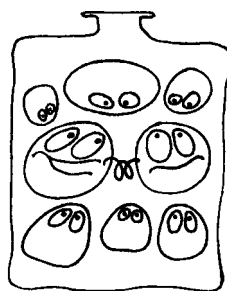


1. «Одноатомный газ»

Провести исследование динамики поведения ансамбля из N частиц ($N=2,3,4...$) при различных начальных условиях. Определить зависимость от времени кинетических энергий частиц и их средние во времени значения. Вычислить функцию распределения частиц по энергиям, усредненную по времени. Рассчитать давление газа на стенки и получить уравнение состояния газа (связь между давлением, плотностью и температурой). Как будут изменяться результаты для газа из частиц двух сортов различной массы?

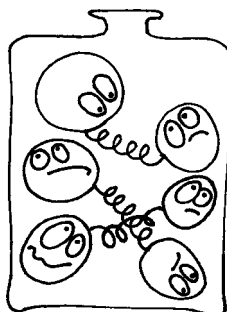
Предположить, что столкновения друг с другом и со стенками абсолютно

упругие, стенки бесконечно тяжелые, размеры частиц много меньше расстояния до стенок.



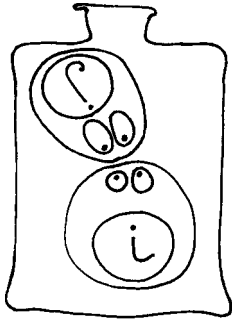
2. «Газ из атомов и двухатомных молекул»

Простейшей моделью двухатомной молекулы являются две связанные частицы, подобно двум шарикам, соединенным пружиной. Рассмотреть одномерный газ, состоящий из ансамбля атомов с примесью двухатомных молекул при различных начальных условиях. Исследовать динамику во времени поступательной энергии атомов и молекул и колебательную энергию молекул.



3. «Молекулярный двухатомный газ»

Рассмотреть одномерный газ, состоящий из ансамбля двухатомных молекул при различных начальных условиях. Исследовать динамику во времени поступательной энергии молекул и колебательную энергию молекул.



4. «Реальный атомный газ»

В реальном газе взаимодействие между частицами описывается потенциалом вида $V(x_i - x_j)$, где x_i, x_j - координаты частиц с номерами i, j .

$$V(x_i - x_j) = K \left[\left(\frac{a}{(x_i - x_j)} \right)^{12} - \left(\frac{a}{(x_i - x_j)} \right)^6 \right].$$

Получить уравнение состояния реального газа, для которого

$K = 480k_B$, k_B - константа Больцмана,

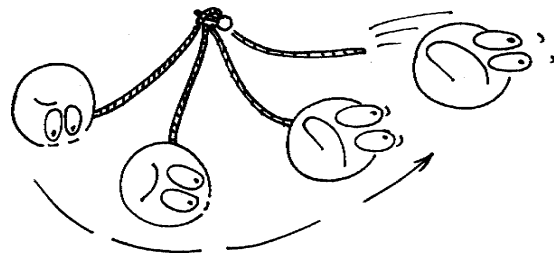
равная $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К, $a = 3,04 \cdot 10^{-10}$ м.

Моделирование в пунктах 1-3 можно проводить либо используя параметры, характерные для атомов и молекул (ха-

рактерная частота колебаний в молекулах равна 10^{-13} сек⁻¹), либо для макроскопических частиц с соответствующими массами и жесткостью пружины.

ЗАДАНИЕ ОЧНОГО ТУРА

Математический маятник совершает колебания в вертикальной плоскости. Определить зависимость периода колебаний маятника от начальных условий (угла отклонения и начальной скорости).



2-Й МЕЖДУНАРОДНЫЙ ТУРНИР "КОМПЬЮТЕРНАЯ ФИЗИКА"

25 - 30 января 1998 года

ЗАДАНИЕ ЗАОЧНОГО ТУРА "ФИЗИЧЕСКИЙ МИР И ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ"

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

$$\phi = -G \frac{m}{r^2}, \quad (1.1)$$

где G - гравитационная постоянная, r - удаление 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:

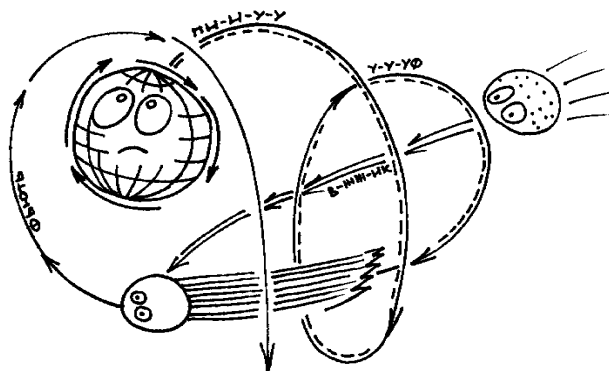
$$\phi = -G \frac{mR^{n-1}}{r^{n+1}}, \quad (1.2)$$

где n - любое.

1) Рассмотреть движение планеты.

2) Рассмотреть движение кометы (эллиптическую траекторию с большим эксцентриситетом).

3) Рассмотреть движение астероида (гиперболическую траекторию).



ОБСУЖДЕНИЕ ЗАДАНИЯ ЗАОЧНОГО ТУРА

Предлагаемая задача в частном случае включает известную задачу Кеплера о движении тела в потенциале вида (1.1). 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

$$V = \sqrt{\frac{Gm}{r}} \quad (1.3)$$

Очевидно, что круговая орбита существует при любом значении n . Полная энергия системы E определяется формулой

$$E = \frac{mV^2}{2} \left(1 - \frac{2}{n} \right) \quad (1.4)$$

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. Наблюдается резкое изменение удаления планеты со временем.

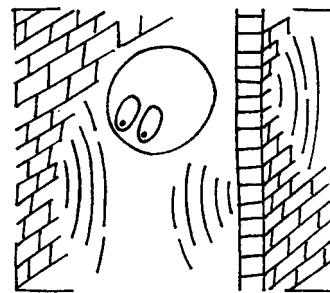
Однако в случае $n < 2$ полная энергия движения отрицательна и траектория движения финитна. Точка $n=2$ - критическая точка. При $n > 2$ значение E положительно. Это означает, что круговые орбиты в области $n > 2$ оказываются неустойчивыми. Небольшое отклонение параметров орбиты от круговой приводит к уходу тела от притягивающего центра на бесконечно большое расстояние.

Наиболее полное решение задачи заочного тура было представлено командой Протвинского лица № 1 в составе В. Евдокимова, К. Саломатина, А. Казакова, Д. Алехина, А. Хныкина, Ю. Астахова, Д. Лабина. Руководитель: Сергей Астахов.

Проведенное исследование позволяет нам 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. Они бы упали на Солнце или улетели на бесконечность. Даже при небольшом отклонении скорости от значения, определяемого по (1.3), 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.

ЗАДАНИЕ ОЧНОГО ТУРНИРА ЗАДАЧА УЛАМА

Известно, что в системе с большим числом степеней свободы движение отдельной частицы



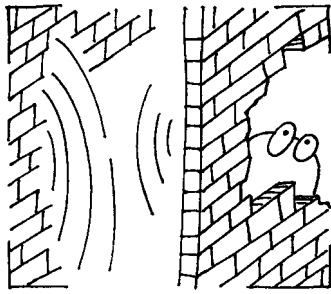
носит случайный (стохастический) характер. Примером является броуновское движение частицы. Однако оказывается, что случайное стохастическое движение может наблюдаться и в системе с малым числом степеней свободы. Такое движение происходит под действием периодического возмущения, как, например, движение частицы в сосуде с дрожащими стенками.

Рассмотрим движение шарика между двумя вертикальными бесконечно тяжелыми стенками, одна из которых колеблется по гармоническому закону с частотой ω и амплитудой a :

$$x = a \sin \omega t \quad (2.1)$$

В начальный момент времени ($t=0$) расстояние между стенками равно L , скорость шарика V . Начальное направление и положение шарика произвольны.

Характер движения шарика между



стенками определяется величиной изменения фазы от столкновения к столкновению, где фаза $\varphi = \omega t_n$ и t_n - момент n -го столкновения.

Описать характер движения, проанализировав изменение фазы $\Delta\varphi_n$ от столкновения к столкновению. Исследовать зависимость энергии шарика от времени. Предположить $L=1$ см, $a=0.1$ см и 0.5 см.

- 1) Исследовать движение в диапазоне $V=10^5 \div 10^9$ см/с при постоянной частоте $\omega=10^7$ с⁻¹. Описать полученные результаты.
- 2) Исследовать движение в диапазоне $\omega=10^5 \div 10^9$ с⁻¹ при постоянной скорости $V=10^7$ см/с. Описать полученные результаты.
- 3) Исследовать возможную зависимость от начального положения шарика и направления движения.

ОБСУЖДЕНИЕ ЗАДАНИЯ ОЧНОГО ТУРА

Традиционно считается, что движение одной частицы 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 движения определяются изменением фазы от столкновения к столкновению

$$\Delta\varphi = \varphi_{n+1} - \varphi_n = 2L\omega/V_n \quad (2.2)$$

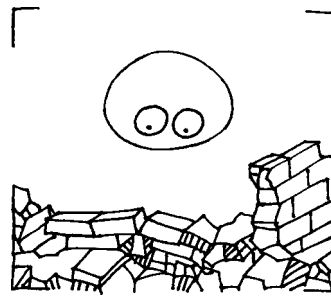
где V_n - скорость шарика в момент n -го столкновения. Изменение скорости шарика в t_{n+1} момент времени определяется

$$V_{n+1} = V_n + 2V_c \cos\omega t, \quad (2.3)$$

где V_c - скорость стенки. Используя условие (2.1), имеем: $V_c = a\omega$.

Если $\Delta\varphi$ в (2.2) изменяется плавно, движение носит регулярный характер.

Если $\Delta\varphi$ изменяется от столкновения к столкновению сильно (на величину $\approx \pi$), 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 3), может наступать только в режиме стохастического движения.

Наиболее полное решение задачи заочного тура было представлено командой лица № 1511 при МИФИ (МИФИ-2) в составе: А. Бадиков, М. Чмыхов, А. Анисимов, А. Ветошников, С. Хныкин.

Альминдеров Владимир Васильевич,
президент МИК "Глюон".
Поповичева Ольга Борисовна,
МИК "Глюон".

НАШИ АВТОРЫ