

# XIII Международный турнир «Компьютерная физика»

Международный интеллект-клуб «Глюон» вновь собирал одаренных школьников и талантливых студентов на свой турнир «Компьютерная физика». Цель турнира – поддержка талантливой молодежи, проявившей интерес к фундаментальной науке и новым информационным технологиям. Задача организаторов турнира – создание временных творческих коллективов для решения современных научных проблем. В такие коллективы входят школьники, учителя, студенты, аспиранты, ученые. Традиционно, турнир проводится в два тура – заочный и очный.

Заочный тур XIII Турнира «Компьютерная физика» начался в сентябре 2008 года рассылкой задания по заявкам в лицеи, школы и гимназии. (Задание заочного тура было опубликовано также в журнале «Квант» №4 за 2008 год, что значительно увеличило число команд-участниц турнира.) Шесть лучших команд были приглашены на финал – очный тур соревнований.

Очный тур XIII Турнира был проведен с 1 по 8 февраля 2009 года в городе Протвино на базе Института физики высоких энергий при участии и поддержке МГУ им. М.В.Ломоносова, фонда «Династия», компаний «Кирилл и Мефодий», «Физикон», «1С», журналов «Квант» и «Физика в школе» и Издательского дома «Первое сентября». Оргкомитет турнира выражает благодарность всем названным организациям за помощь в проведении турнира и поддержку одаренных школьников и талантливых студентов.

По итогам двух туров абсолютным победителем XIII Турнира стала команда Медико-технического лицея города Самара, получившая переходящий приз «Хрустальный глобус» и диплом I степени. Дипломом I степени и памятными знаками была награждена также команда лицея 1511 при Московском инженерно-физическом институте. Дипломы II степени получили команды Классического лицея 1 города Ростов-на-Дону и ФМЛ 1580 при Московском государственном техническом университете им. Н.Э.Баумана, а дипломы III степени – команды Самарского международного аэрокосмического лицея и лицея 51 города Тольятти. Участникам соревнований было вручено множество призов от спонсоров и организаторов турнира.

В рамках турнира был проведен конкурс компьютерного творчества, а также конкурс «Виртуальная физическая лаборатория» (разработанный компанией «Физикон»).

Международный интеллект-клуб (МИК) «Глюон» приглашает региональные центры, гимназии и школы, работающие с одаренными детьми, принять участие в XIV Турнире «Компьютерная физика» в январе–феврале 2010 года.

Заявки на участие присылайте по адресу: 115522 Москва, Пролетарский пр., д.15/2, МИК «Глюон»

Телефон: (495)517-8014, факс: (495)396-8227

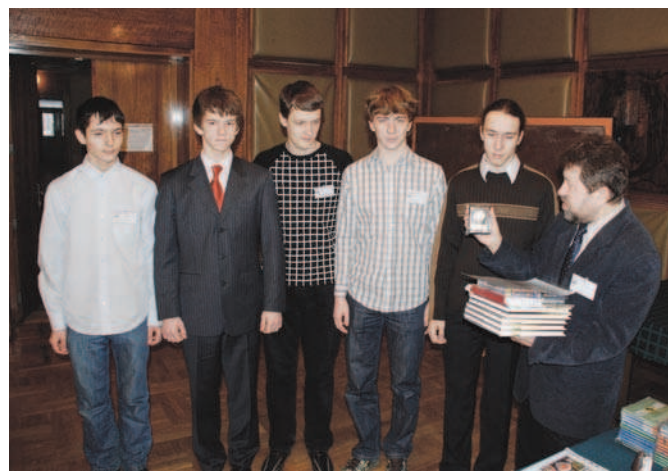
E-mail: gluon@yandex.ru

Сайт для информации: www.gluon.ru

Ниже приводится заочное задание XIV Турнира «Компьютерная физика».

## ЗАОЧНЫЙ ТУР «ПЛАНЕТНАЯ СИСТЕМА»

Процесс образования планетных систем является одним из центральных в астрофизике. По современным представлениям, планетная система вокруг звезды формируется из газо-



Команда-победительница XIII Турнира «Компьютерная физика»

пылевого облака. Сложные механические и термодинамические процессы, обусловленные действием гравитационных сил, соударениями между собой пылевых частиц и образующихся из них тел, а также взаимодействием тел и пыли с газом, приводят к образованию больших и малых планет и их размещению на стационарных орбитах. Так же могут образоваться спутники планет, пылевые кольцевые скопления и другие компоненты звездно-планетной системы.

Рассмотрим формирование планетной системы из облака малых одинаковых шарообразных тел радиусом  $r = 1$  м, находящихся в поле тяготения центрального шарообразного тела радиусом  $R = 10^3$  м. Будем считать, что движение тел происходит в одной плоскости, плотности малых и большого тел одинаковы и равны  $\rho = 5500$  кг/м<sup>3</sup>, радиус рассматриваемой области  $L = 10^9$  м. Первоначальное расположение малых тел – равномерное по плоскости, их концентрация равна  $n = 10^{-4}$  м<sup>-2</sup>. Облако малых тел в начальный момент времени вращается как единое тело с угловой скоростью  $\omega = 4 \cdot 10^{-8}$  рад/с.

Малые тела взаимодействуют между собой и с центральным массивным телом гравитационными силами. Поскольку тела сферические, для расчета сил притяжения можно воспользоваться выражением

$$F = G \frac{m_1 m_2}{l^2},$$

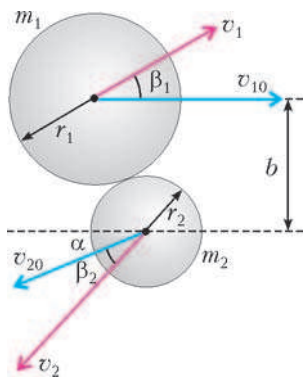
где  $G$  – гравитационная постоянная,  $m_1$  и  $m_2$  – массы взаимодействующих тел,  $l$  – расстояние между центрами этих тел. В процессе движения тела могут испытывать попарные упругие и неупругие столкновения. При упругих столкновениях сохраняются суммарный импульс и суммарная кинетическая энергия взаимодействующих тел, при неупругих – только суммарный импульс, а сами тела «слипаются» в единое целое. В нашей задаче будем считать, что при неупругих соударениях сферических тел образуются также сферические тела.

Взаимное расположение двух сферических тел в момент соударения показано на рисунке, где  $\vec{v}_{10}$  и  $\vec{v}_{20}$  – скорости тел

до соударения,  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$  – после соударения. Направление начальной скорости второго тела относительно направления начальной скорости первого тела характеризуется углом  $\alpha$ , а направления конечных скоростей тел относительно начальных – углами  $\beta_1$  и  $\beta_2$ . Расстояние  $b$  между направлением скорости первого тела и центром второго тела в момент соударения называется прицельным параметром.

Траекторию  $j$ -й движущейся частицы можно рассчитать, воспользовавшись уравнением движения

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \sum_{i=1, i \neq j}^N \vec{F}_i,$$



где  $\vec{r}$  – радиус-вектор частицы,  $N$  – число тел в системе,  $\vec{F}_i$  – сила, действующая на рассматриваемую частицу со стороны  $i$ -го тела, причем индекс « $i$ » относится ко всем остальным телам системы. Численное решение дифференциальных уравнений второго порядка – это сложная процедура, однако можно одно уравнение второго

порядка свести к двум уравнениям первого порядка. Запишем эти уравнения для одной из проекций:

$$m v'_x = \sum F_{ix}, \quad x' = v_x,$$

где  $v$  – скорость частицы,  $x$  – координата частицы. Конечно-

разностная схема для численного решения этой системы уравнений проще, чем для исходного уравнения. Например, конечно-разностная производная от скорости по времени вычисляется как  $v' = (v - v_0)/\Delta t$ , где  $v_0$  – скорость частицы в некоторый момент времени  $t_0$ ,  $v$  – скорость частицы через малый интервал времени  $\Delta t$ . Для координаты конечно-разностная производная строится аналогично.

### Задание

1. Исследуйте, формируются ли кольцеобразные скопления мелких частиц в случае, когда в системе все соударения мелких частиц с центральным массивным телом и друг с другом абсолютно упругие.

2. Исследуйте, формируются ли стационарные орбиты образовавшихся крупных частиц-планет в случае, когда в системе существуют только неупругие столкновения.

3. Исследуйте, формируются ли стационарные орбиты образовавшихся крупных частиц-планет в случае, когда в системе существуют как упругие, так и неупругие столкновения. Неупругие столкновения происходят между мелкими частицами, мелкими частицами и телами, образующимися из них, а также между образующимися телами, если в момент соударения прицельный параметр  $b$  не превосходит трети радиуса меньшего тела и угол  $\alpha$  между скоростями до соударения меньше  $45^\circ$ . Остальные соударения – абсолютно упругие.

Публикацию подготовили  
В.Альминдеров, А.Кравцов

# Всероссийская студенческая олимпиада по физике

С 12 по 14 ноября 2008 года в Московском государственном техническом университете (МГТУ) им. Н.Э.Баумана проходила очередная всероссийская физическая олимпиада среди студентов технических вузов.

По результатам олимпиады, в командном зачете первое место заняла команда Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (СПбГПУ), набравшая 151 балл, второе место заняла команда МГТУ им. Н.Э.Баумана (109 баллов), третье место – команда Балтийского государственного технического университета (БГТУ) «Военмех» им. Д.Ф.Устинова (101 балл).

В личном зачете первое место завоевал Ярослав Бельтюков (СПбГПУ), второе место завоевал Павел Мостовых (БГТУ), третье место – Максим Пестременко (СПбГПУ).

### ЗАДАЧИ ОЛИМПИАДЫ

1. Три жука находятся в вершинах равнобедренного прямоугольного треугольника  $ABC$  с катетом  $a$ . Первый жук ползет вдоль гипотенузы из точки  $A$  к точке  $B$ , второй жук с такой же скоростью ползет из точки  $B$  перпендикулярно стороне  $AB$  в сторону точки  $C$ . Определите, с какой скоростью ползет третий жук и какой путь он преодолеет до встречи, если он движется таким образом, что треугольник, соединяющий жуков, все время подобен исходному.

2. Орбитальная околоземная станция массой  $m$  находится на низкой круговой орбите. Определите, на какой угол повернется плоскость орбиты, если включить двигатель,

сила тяги которого перпендикулярна скорости и равна  $mg$ , на время, равное  $1/(4\sqrt{2})$  периода обращения станции вокруг Земли, таким образом, что скорость станции не изменяется.

3. Гвоздь диаметром  $d$  вбит в доску на глубину  $l$ . Сила трения между гвоздем и доской пропорциональна длине забитой части гвоздя, ее максимальное значение равно  $f = kl$ . Определите работу по вытягиванию гвоздя из доски клещами, если сила, приложенная к доске со стороны гвоздя, ограничена величиной  $F < f$ .

4. Невесомый цилиндр радиусом  $R$  лежит на горизонтальной поверхности и неподвижно закреплен на ней. На цилиндр положили доску длиной  $l = 2\sqrt{3}R$  таким образом, что ее центр тяжести совпадает с точкой касания доски с цилиндром. Определите ускорение доски, если между доской, цилиндром и поверхностью отсутствует трение.

5. Аксиально симметричный сосуд высотой  $H$  и максимальным диаметром  $D$  доверху наполнен водой и плотно закрыт крышкой. Сосуд вращается вокруг вертикальной оси симметрии таким образом, что давление воды на стенки сосуда во всех точках одинаково. Определите объем воды в сосуде.

6. Тепловая машина работает с одним молем одноатомного газа по циклу, состоящему из двух изохор и двух адиабат. Температура нагревателя  $T_1$ , температура охладителя  $T_2$ . Определите максимальную работу, которая может быть выполнена в данном цикле.

7. В однородном магнитном поле с вертикально ориенти-