

При необходимости ввод исправленных значений величин (или выполнение условий) происходит без перезагрузки программы.

В заключение следует отметить, что использование в самостоятельной работе студентов предложенного способа позволяет в полной мере задействовать такую важную составляющую, как самоконтроль, а это важно для овладения знаниями. Указанный подход может использоваться

при изучении прикладных аспектов различных технических дисциплин, имеющих схожую с рассмотренной логическую структуру.

Литература

1. Андреенков А.А. Критический диаметр тепловой изоляции: учебно-метод. пособие. М.: МГТУ «МАМИ», 2011. 32 с.
2. Андреенков А.А. Решение внутренней задачи теплообмена с помощью критериальных уравнений: учеб-

но-метод. пособие. М.: МГТУ «МАМИ», 2011. 41 с.

3. Громкова М.Т. Педагогика высшей школы: учеб. пособие. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. 447 с.

4. Громкова М.Т. Подготовка преподавателей к реализации электронного обучения // Инновации в образовании. 2009. № 9. С. 47–64.

5. Фокин Ю.Г. Теория и технология обучения: деятельный подход: учеб. пособие. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 240 с.

УДК 372.853; 531.14; 531.52; 53.072; 001.891.57

О.Г. Ревинская, Н.С. Кравченко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Методика экспериментального изучения на компьютере свободного падения сферического тела в вязкой среде

Указания о характере влияния сопротивления среды на динамику движущегося в ней тела часто встречаются в различных физических задачах. При этом в школьном курсе физики рассматривают только движение, при котором сопротивление среды не учитывается. В этом случае свободное падение тела в поле силы тяжести вблизи поверхности Земли является равноускоренным. В вузовском курсе общей физики рассматривается также случай, когда сила сопротивления среды практически компенсирует силу тяжести при свободном падении тела в этой среде. В этом случае движение тела происходит с постоянной скоростью. Однако оба эти случая редко наблюдаются в природе и технике. Традиционная методика изучения физики не уделя-

В статье предложена модернизация методики экспериментального изучения влияния сопротивления вязкой среды на динамику свободного падения тела сферической формы. Влияние сопротивления среды на характер движения тела оценивается по количеству ненулевых (рассчитанных по экспериментальным данным с помощью метода наименьших квадратов) слагаемых в разложении уравнения движения тела в ряд по времени. На основании предложенной методики исследования разработана лабораторная работа по изучению на компьютере модели свободного падения сферического тела в вязкой среде для курса общей физики.

Ключевые слова: равномерное движение, равноускоренное движение, сопротивление среды, физическая модель, компьютерная лабораторная работа.

In article modernization of methods of experimental studying of influence of resistance of the viscous environment on dynamics of a free fall of a body of a spherical form is offered. The influence of environment resistance on the character of the body movement measured by the number of non-zero (calculated from experimental data using the smallest squares method) terms in the decomposition of the body motion equation in a series of time. On the basis of the offered methods of research laboratory work on studying on the computer of model of a free fall of a spherical body in the viscous environment is developed for a course of the general physics.

Key words: uniform motion, uniformly accelerated motion, resistance of environment, physical model, computer laboratory work.

ет должного внимания развитию у обучаемых навыков определения характера движения тела (как правило, характер движения констатируется поставленной задачей). Это связано с тем, что при традиционном определении характера движения необходимо знать скорость и ускорение тела в различные моменты времени, а они, чаще всего, могут быть вычислены только приблизительно. То есть если тело движется неравномерно, то определение характера движения выполняется на основе сравнительного анализа большого количества неточных данных. Такой подход не позволяет сформулировать четкие критерии для определения характера движения. Поэтому задачи по определению характера движения, как правило, не встречаются ни в школьном курсе физики, ни в курсе общей физики вузов. Для практического и эффективного введения в учебный процесс таких задач необходимо сформулировать небольшое количество однозначных критериев, позволяющих на основе небольшого количества расчетов отнести реально наблюдаемое движение к определенному типу. Такие критерии можно сформулировать на основе традиционно рассматриваемой в курсе общей физики модели свободного падения сферического тела в вязкой среде.

ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Традиционно при изучении влияния сопротивления среды на динамику движения тела в ней рассматривают следующую физическую модель: падение тела сферической формы без начальной скорости с некоторой высоты в среде с плотностью ρ и вязкостью η . При движении с малыми скоростями (движение начинается из состояния покоя) движение обтекающих тело слоев вязкой среды можно считать ламинарным, а силу сопротивления среды \vec{F}_C пропорциональной скорости \vec{v} движения тела. Для тела сферической формы (радиуса R) эта сила может быть записана в виде $\vec{F}_C = -6\pi R\eta\vec{v}$.

Кроме силы сопротивления среды на тело массой $m = \rho_T V$ действует также сила тяжести $m\vec{g}$ и выталкивающая сила Архимеда $\vec{F}_A = -V\rho\vec{g}$ (где $V = 4\pi R^3 / 3$ – объем, ρ_T – плотность тела). Тогда, согласно второму закону Ньютона движение тела в инерциальной системе отсчета описывается [8, с. 140–143] дифференциальным уравнением $m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{g} + \vec{F}_A + \vec{F}_C$, которое в скалярном виде можно представить как

$$\frac{dv}{dt} + \frac{9\eta}{2\rho_T R^2} v = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_T}\right) g.$$

Решение этого уравнения для движения без начальной скорости ($v(0) = 0$) можно выразить следующим образом:

$$x(t) = Ut - U\tau(1 - e^{-t/\tau}), \quad v(t) = U(1 - e^{-t/\tau}), \\ a(t) = g_{\text{ж}} e^{-t/\tau},$$

где

$$\tau = \frac{2\rho_T R^2}{9\eta} = \frac{m^{2/3}}{3\eta} \left(\frac{\rho_T}{6\pi^2}\right)^{1/3}, \quad U = g_{\text{ж}} \tau, \quad g_{\text{ж}} = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_T}\right) g.$$

Ускорение $a(t)$ тела в начальный момент времени равно $g_{\text{ж}}$ и со временем уменьшается. Величину τ , зависящую от вязкости η среды и массы m тела и имеющую размерность времени, можно интерпретировать как период установления – время, за которое ускорение тела уменьшается в e раз. Через некоторое количество периодов установления ускорение a тела можно считать равным нулю (так как $e^{-t/\tau} \rightarrow 0$), а скорость v – постоянной и равной U . Такое (равномерное) движение называют установившимся. Период установления τ показывает, как быстро движение тела в вязкой среде становится установившимся. Движение будет равномерным, если период установления много меньше длительности эксперимента. Однако эксперимент может закончиться раньше, чем движение тела станет установившимся. Тогда движение тела в таком эксперименте считается ускоренным (движение с переменным ускорением). Если за время эксперимента ускорение тела изменилось незначительно (период установления много больше длительности эксперимента, $e^{-t/\tau}$ практически не отличается от единицы), ускорение тела считается постоянным, а движение тела равноускоренным.

Таким образом, традиционный подход к определению характера движения опирается на сравнение значений ускорения тела в различные моменты времени в течение всего эксперимента. Для реализации такого подхода необходимо знать не столько зависимость координаты тела от времени (которая легко может быть получена из эксперимента), сколько скорость и, главным образом, ускорение тела, сравнивая их значения в различные моменты времени. Однако такой подход требует анализа большого количества расчетных данных и является весьма трудоемким. Остается открытым вопрос, насколько одинаковыми должны быть значения ускорения в разные моменты времени, чтобы движение тела можно было считать равноускоренным (равномерным), особенно если ускорение вычисляется приближенно, как изменение скорости: $a \approx \Delta v / \Delta t$, а скорость – как изменение координаты: $v \approx \Delta x / \Delta t$. В результате формулируемые на основе данного подхода критерии, в соответствии с которыми движение свободно падающего тела следует отнести к одному из трех типов движения (равноускоренное, равномерное или движение с переменным ускорением), остаются весьма нечеткими. Поэтому данный подход не получил распространения в лабораторных практикумах по физике, в которых, как правило, характер движения не исследуется, а считается известным заранее.

Так как при определенных значениях периода установления τ уравнение движения $x(t) = Ut - U\tau(1 - e^{-t/\tau})$ легко сводится к уравнениям равноускоренного или равномерного движения, то именно это уравнение следует считать общим выражением зависимости координаты свободно падающего тела от времени и использовать для выделения искомым критериев для определения характера движения тела. Поскольку движение тела в вязкой среде не сразу становится равномерным, характер движения зависит от отношения длительности эксперимента, в котором наблюдается движение, к периоду установления. Тогда в общем выражении зависимости координаты тела от времени экспоненту $e^{-t/\tau}$ можно разложить в ряд по безразмерной величине t/τ :

$$e^{-t/\tau} = 1 - \frac{t}{\tau} + \frac{t^2}{2!\tau^2} - \frac{t^3}{3!\tau^3} + \dots$$

и записать уравнение движения тела в виде

$$\begin{aligned} x(t) &= Ut - U\tau(1 - e^{-t/\tau}) = \frac{Ut^2}{2\tau} - \frac{Ut^3}{3!\tau^2} + \frac{Ut^4}{4!\tau^3} - \dots = \\ &= g_{\text{ж}} \frac{t^2}{2} - \frac{g_{\text{ж}} t^3}{\tau 3!} + \frac{g_{\text{ж}} t^4}{\tau^2 4!} - \dots \end{aligned}$$

Такая запись уравнения движения позволяет явно выделить его отличие от равноускоренного.

Вклад каждого из неквадратичных по времени слагаемых в разложение уравнения движения в ряд (по отношению к предыдущему слагаемому) можно вычислить следующим образом: $\delta_1 = \frac{g_{\text{ж}} t^3}{3! \tau} \cdot \frac{2}{g_{\text{ж}} t^2} = \frac{t}{3\tau}$, $\delta_2 = t/(4\tau)$, $\delta_3 = t/(5\tau)$ и т.д. Из полученных выражений следует, что вклад каждого неквадратичного по времени слагаемого уменьшается с увеличением периода установления τ , а $\delta_1 > \delta_2 > \delta_3 \dots$ в один и тот же момент времени.

На основе полученного разложения можно провести следующий анализ влияния сопротивления среды на характер движения свободно падающего в ней тела. Если сопротивление среды пренебрежимо мало, период установления $\tau \approx 1/\eta$ стремится к бесконечности (много больше длительности эксперимента), в разложении все слагаемые, кроме первого, обращаются в ноль, а уравнение движения зависит от времени квадратично, как при равноускоренном движении: $x(t) \approx \frac{g_{\text{ж}} t^2}{2}$. Если период установления соизмерим с длительностью эксперимента, то в разложении отличными от нуля останутся несколько первых слагаемых, например три. Тогда уравнение движения будет описываться неквадратичной зависимостью от времени, а ускорение, с которым движется тело, будет непостоянным (уменьшается со временем): $x(t) \approx g_{\text{ж}} \frac{t^2}{2} - \frac{g_{\text{ж}} t^3}{\tau 3!} + \frac{g_{\text{ж}} t^4}{\tau^2 4!}$, $a(t) \approx g_{\text{ж}} - \frac{g_{\text{ж}} t}{\tau} + \frac{g_{\text{ж}} t^2}{\tau^2 2}$.

Если период установления мал, разложение экспоненты в ряд в уравнении движения должно содержать бесконечное количество слагаемых, а экспонента стремиться к нулю: $x(t) \approx Ut - U\tau$ – наблюдается равномерное движение практически с самого начала движения.

Таким образом, влияние сопротивления среды можно оценить по количеству ненулевых слагаемых в разложении уравнения движения тела в ряд по времени. Следует отметить, что предложенный способ не требует вычисления значений скорости и ускорения тела в различные моменты времени, а опирается только на зависимость от времени координаты свободно падающего тела.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассмотренный нами способ анализа характера движения позволяет сформулировать задачу для экспериментального исследования свободного падения тела в средах с различной вязкостью: по имеющейся экспериментальной зависимости координаты тела от времени восстановить аналитический вид уравнения движения в виде ряда по положительным степеням t , определить количество отличных от нуля членов ряда, на основании чего сделать вывод о влиянии сопротивления среды на характер прямолинейного движения (определить характер движения).

Для восстановления аналитической зависимости $x(t)$ можно использовать метод наименьших квадратов [1, с. 134–147; 3, с. 48–68], для применения которого необходимо иметь набор значений координат тела $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$, зафиксированных в соответствующие моменты времени $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$. Если уравнение движения искать в виде

$$x = g_{\text{ж}} \frac{t^2}{2} + \alpha_1 \frac{t^3}{3!} + \alpha_2 \frac{t^4}{4!},$$

то коэффициенты α_1 и α_2 по методу наименьших квадратов рассчитываются следующим образом:

$$\alpha_2 = \frac{Y_1 S_2 - Y_2 S_1}{S_2^2 - S_3 S_1}, \quad \alpha_1 = \frac{Y_1}{S_1} - \alpha_2 \frac{S_2}{S_1},$$

где $S_1 = \frac{1}{(3!)^2 n} \sum_{k=1}^n t_k^6$, $S_2 = \frac{1}{12^2 n} \sum_{k=1}^n t_k^7$, $S_3 = \frac{1}{(4!)^2 n} \sum_{k=1}^n t_k^8$,

$Y_1 = \frac{1}{3! n} \sum_{k=1}^n \Delta_k t_k^3$, $Y_2 = \frac{1}{4! n} \sum_{k=1}^n \Delta_k t_k^4$, а вспомогательная

величина $\Delta_k = x_k - g_{\text{ж}} t_k^2 / 2$ характеризует отличие движения от равноускоренного в некоторый фиксированный момент времени t_k .

Тогда вклад каждого из неквадратичных по времени слагаемых по отношению к предыдущему на основе экспериментальных данных можно рассчитать следующим образом: $\delta_1 = \alpha_1 t / (3g_{\text{ж}})$, $\delta_2 = \alpha_2 t / (4\alpha_1)$.

Если в результате расчетов для свободного падения некоторого сферического тела в вязкой среде вклад слагаемых, содержащих α_1 и α_2 , окажется много меньше, чем $g_* t^2/2$ ($\delta_1 \ll 1$, $\delta_2 \ll 1$ в любой момент времени), то движение можно считать равноускоренным, а влияние среды – пренебрежимо малым. Если все три слагаемых вносят сопоставимый (по модулю) вклад в уравнение движения ($\delta_1 > 0,1$, $\delta_2 > 0,1$), количество слагаемых, выбранное для записи зависимости $x(t)$, следует считать недостаточным, а влияние сопротивления среды – значительным. В этом случае среди исходных данных можно выбрать группу значений (в конце движения), которым соответствует движение с постоянной скоростью $v_k \approx (x_{k+1} - x_k)/(t_{k+1} - t_k) = \text{const}$. Тогда на этом участке пути движение является равномерным, а уравнение движения можно записать в виде $x = x_0 + Ut$, где

$$U = \frac{Y_1 S_1 - Y_2}{S_1^2 - S_2}, \quad x_0 = Y_1 - US_1, \quad S_1 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N t_k, \quad S_2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N t_k^2,$$

$$Y_1 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k, \quad Y_2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k t_k$$

также определяются по методу наименьших квадратов (N – количество значений x_k , t_k , принадлежащих участку пути, на котором движение происходит с постоянной скоростью).

Остальным значениям δ_1 и δ_2 соответствует движение с переменным ускорением.

Сравнивая аналитический вид уравнения движения, полученный на основе экспериментальных данных, с теоретическим разложением уравнения движения в ряд по времени, можно показать, что значения коэффициентов α_1 и α_2 зависят от массы тела и вязкости среды (через τ): $\alpha_1 = -g_*/\tau$, $\alpha_2 = g_*/\tau^2$. Это позволяет рассчитать период установления для изучаемого движения.

Для свободного падения тел с небольшой высоты в средах с различной вязкостью характерным является определенный тип прямолинейного движения. В этих условиях для различных сред задачу исследования можно конкретизировать. При изучении свободного падения тел в газах можно изучить, при какой массе тел сопротивлением данной среды можно пренебречь, а при какой нельзя. Для этого достаточно уравнение движения представить в виде $x = g_* t^2/2 + \alpha t^3/3!$ ($\alpha = Y/S$, где $S = \frac{1}{(3!)^2 n} \sum_{k=1}^n t_k^6$, $Y = \frac{1}{3!n} \sum_{k=1}^n \Delta_k t_k^3$) для тел разной массы, падающих в одном и том же газе. Если вклад слагаемого, содержащего коэффициент α , мал по модулю ($\delta = |\alpha t/(3g_*)| \ll 1$ в любой момент времени), влиянием сопротивления среды можно пренебречь, а движение тела считать равноускоренным.

При изучении свободного падения тел в жидкостях с большой вязкостью можно исследовать, для тел какой массы движение быстрее становится рав-

номерным: $x = x_0 + Ut$. Из значений коэффициентов U и x_0 , рассчитанных как было показано выше, по методу наименьших квадратов, с учетом того, что $x_0 = -Ut$, для тел разной массы можно определить период установления τ и сравнить его с длительностью эксперимента.

В жидкостях со средней вязкостью движение происходит с переменным ускорением в течение всего эксперимента. Поэтому в курсе общей физики можно изучить, например, для тел какой массы в записи уравнения движения можно ограничиться тремя слагаемыми, а для каких необходимо использовать большее количество слагаемых. Если вклад последнего слагаемого в уравнении движения вида $x = g_* t^2/2 + \alpha_1 t^3/3! + \alpha_2 t^4/4!$ много меньше предыдущих ($\delta_1 \ll 1$ в любой момент времени), то выбранного количества слагаемых достаточно для описания зависимости $x(t)$, наблюдающейся в эксперименте.

Во всех исследованиях (в средах с различной вязкостью) по отличным от нуля числовым коэффициентам x_0 , U (или α , α_1 , α_2 , соответственно), можно рассчитать период установления τ и сравнить его с длительностью эксперимента. Этот анализ позволит лучше понять, например, в каких средах и при какой массе тел добиться установившегося (равномерного) движения в учебной лаборатории возможно, а для каких нет.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Описанная выше задача экспериментального исследования была предложена авторами [6] студентам Национального исследовательского Томского политехнического университета (ТПУ) в лабораторной работе «Движение тела в вязкой среде». В этой работе студенты изучают свободное падение сферического тела в вязкой среде на разработанной авторами компьютерной модели, которая воспроизводит ламинарный характер обтекания тела в средах с большими, малыми и средними вязкостями. В работе (рис. 1) с помощью встроенного секундомера фиксируется время прохождения сферическим телом датчиков, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга вдоль всего пути движения тела. Расстояние между датчиками можно изменять.

Полученные в работе данные ($x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ и $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$) позволяют записать аналитический вид уравнения движения с числовыми коэффициентами, рассчитанными по методу наименьших квадратов описанными выше способами, отнести движения тела к определенному типу, а также провести анализ влияния сопротивления среды на характер движения тела. Количество датчиков, используемых в работе для получения исходных данных, достаточно велико (10–15), так как в большинстве опытов тело движется с переменным ускорением. Поэтому для вычисления числовых коэффициентов, входящих в уравнение

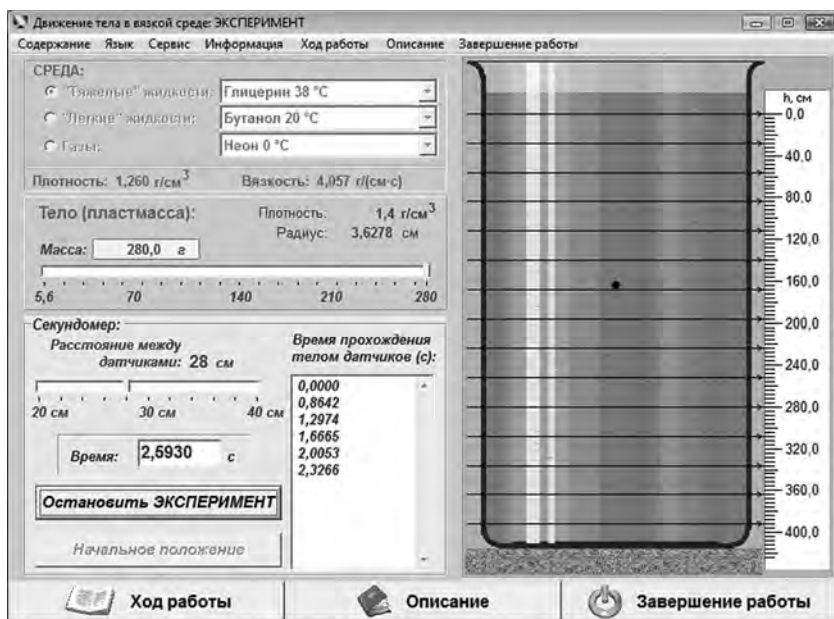


Рис. 1. Компьютерная лабораторная работа «Движение тела в вязкой среде»

движения, студентам рекомендуется использовать электронные таблицы, например MS Excel [2, с. 57–82]. Исследования выполняют в средах различной вязкости для тел различной массы. Для каждого опыта вычисляют период установления и сравнивают его значение с длительностью эксперимента.

На рис. 2 приведены некоторые примеры полученных при выполнении работы графических и аналитических зависимостей. В случае (а) движение сферического тела массой 210 г радиусом 3,3 см в глицерине при 38 °С становится равномерным спустя 2–3 с после начала движения ($\tau = 0,82$ с). В случае (б) неквадратичная зависимость от времени координаты тела массой 16 мг радиусом 0,14 см в воздухе при 21,6 °С пренебрежимо мала (в конце движения $\delta = 0,9\%$), движение можно считать равноускоренным (период установления почти в 36 раз больше длительности эксперимента). В случае (в) видно, что

при движении тела массой 0,12 г радиусом 0,27 см в анилине при 50 °С слагаемые, содержащие третью и четвертую степени t , дают существенный вклад в уравнение движения: к концу эксперимента $\delta_1 = 64,2\%$, $\delta_2 = 30,9\%$ (период установления в 2 раза меньше длительности эксперимента).

Так как на период установления, а следовательно, и на характер движения влияет не только вязкость среды, но и масса тела, то в работе аналогичные исследования проводятся для сферических тел с различными массами. В жидкостях, обладающих большой вязкостью, изучают свободное падение тел с массами от 0,5 до 280 г; в жидкостях, обладающих средней вязкостью, – от 0,02 до 3 г; в газах, обладающих малой вязкостью, – от 0,2 до 30 мг. Диапазон изменения массы тела подобран так, чтобы при выполнении работы студенты могли наблюдать существенные отличия параметров уравнения движения для тел разной массы и сделать обоснованные выводы о влиянии сопротивления среды на характер движения. Так, например, из проведенных в работе расчетов студенты видят, что при свободном падении в газах легких тел (~0,2 мг) кубической зависимостью от времени в уравнении движения пренебречь нельзя (в конце движения $\delta > 10\%$), а для тяжелых (более 10 мг, как на рис. 2, б) – можно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предложенная авторами модернизация методики исследования свободного падения сферического тела в вязкой среде позволяет на основе единого подхода проводить экспериментальные исследования (например, в виде вычислитель-

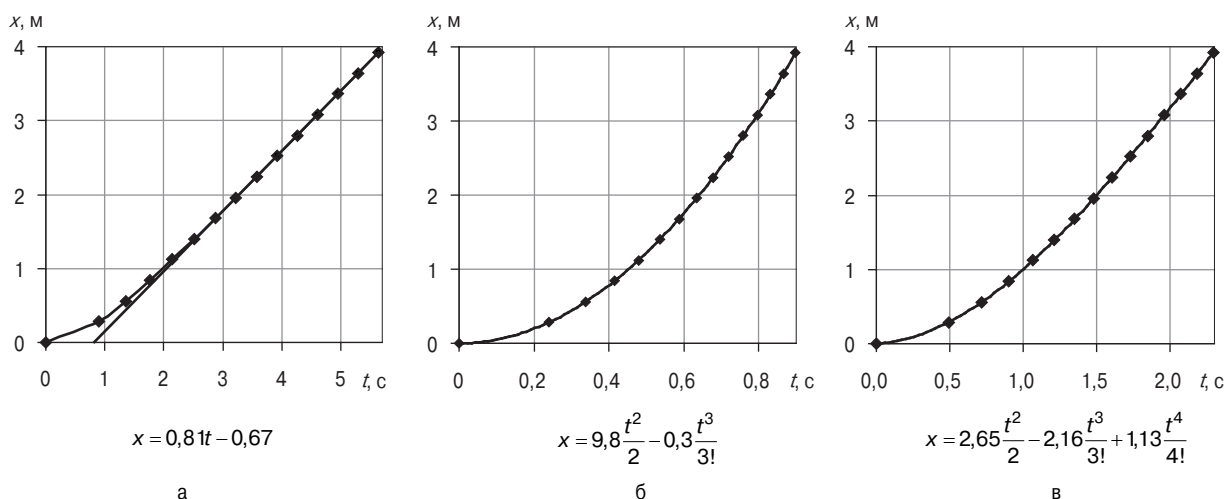


Рис. 2. Зависимости координаты тела от времени при движении в среде с большой (а), малой (б) и средней (в) вязкостью

ного эксперимента в курсе общей физики) не только равноускоренного и равномерного движения, но и движения с переменным ускорением. Для обоснованного заключения о характере движения свободно падающего тела студентам предлагается рассчитать значения всего двух числовых безразмерных параметров, опираясь только на зависимость от времени координаты тела. Выделение четких числовых критериев позволило сократить количество расчетов, необходимых для определения характера движения свободно падающего тела. Вычисления скорости и ускорения тела в различные моменты времени могут быть использованы для подтверждения корректности полученных студентами результатов.

Выполнение разработанной авторами компьютерной лабораторной работы позволяет студентам подробно изучить влияние сопротивления среды на свободное падение тел различной массы, а также познакомиться с одним из широко распространенных в физических исследованиях вычислительным методом – методом наименьших квадратов. Модернизированная при проектировании данной лабораторной работы методика исследований раскрывает перспективы постановки аналогичной [5] натурной лабораторной работы, которая в комплексе с описанной выше компьютерной работой позволит студентам применить на практике полученные ими теоретические знания, а также навыки использования компьютера для обработки экспериментальных данных.

Описанная в статье компьютерная лабораторная работа входит в комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере [4, 7], который разрабатывается на ка-

федре теоретической и экспериментальной физики ТПУ с 2002 г. В настоящее время комплекс включает 27 лабораторных работ по различным разделам курса общей физики.

Литература

1. *Заварыкин В.М., Житомирский В.Г., Лапчик М.П.* Численные методы. М.: Просвещение, 1990. 176 с.
2. *Кравченко Н.С., Ревинская О.Г.* Методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей в учебном лабораторном практикуме. Томск: Изд-во ТПУ, 2011. 86 с.
3. *Ревинская О.Г.* Введение в практикум по вычислительной математике. Интерполяция и аппроксимация. Решение нелинейных уравнений и их систем. Численное интегрирование и дифференцирование. Томск: Изд-во НТЛ, 2012. 236 с.
4. *Ревинская О.Г., Кравченко Н.С.* Изучение моделей физических процессов и явлений на компьютере. Лабораторный практикум // Международный журнал экспериментального образования. 2011. № 9. С. 55–56.
5. *Ревинская О.Г., Кравченко Н.С.* Концепция развития лабораторного практикума по общей физике на основе дидактической модели научных экспериментальных исследований // Инновации в образовании. 2014. № 1. С. 93–106.
6. *Ревинская О.Г., Кравченко Н.С.* Лабораторная работа для изучения модели движения сферического тела в вязкой среде на компьютере // Учебная физика. 2009. № 2. С. 43–48.
7. *Ревинская О.Г., Стародубцев В.А.* Эмпирическое изучение теоретических моделей в физическом образовании // Открытое образование. 2006. № 5. С. 12–21.
8. *Стрелков С.П.* Механика. М.: Наука, 1975. 560 с.

УДК 378.147.227

О.М. Батраева, И.В. Бимурзина,
Международный институт Дальневосточного государственного
технического рыбохозяйственного университета

Роль мультимедийных презентаций в формировании профессионально- коммуникативного общения иностранных студентов технического вуза (из опыта работы)

В последнее время в педагогике получило развитие направление, задачей которого является технологизация образовательного процесса. При этом речь идет

не просто о том, чтобы на занятиях преподаватели применяли активные методы обучения, разработанные другими авторами, но и широко использовали в своей ра-

боте интерактивные технологии с собственным материалом.

Поясним, что в контексте темы настоящей статьи интерактивные технологии обучения мы опреде-