

Список использованной литературы:

- 1 Incropera F.P., DeWitt D.P., Bergman T.L., Lavine A.S. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. – Wiley, 2006. – 999 p.
- 2 Bird R.B., Stewart W.E., Lightfoot, E.N. *Transport Phenomena*. – New York: John Wiley & Sons, 2007. – 905 p.
- 3 Рыжков И.И. *Термодиффузия в смесях: уравнения, симметрии, решения и их устойчивость*. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2013. – 201 с.
- 4 Lyubimova T., Zubova N. *Onset and nonlinear regimes of convection of binary fluid with negative separation ratio in square cavity heated from above // International Journal of Heat and Mass Transfer*. – 2017. – Vol. 106. – P. 1134–1143.
- 5 Руев Г.А., Федоров А.В., Фомин В.М. *Описание аномальной неустойчивости Рэлея – Тейлора на основе модели динамики трехскоростной трехтемпературной смеси // ПМТФ*. – 2009. – Т. 50, №1. – С. 58-67.
- 6 Косов В.Н., Селезнев В.Д. *Аномальное возникновение свободной гравитационной конвекции в изотермических тройных газовых смесях*. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 149 с.
- 7 Косов В.Н., Селезнев В.Д., Жаврин Ю.И. *Эффект разделения компонентов при изотермическом смешении тройных газовых систем в условиях свободной конвекции // Журн. техн. физики*. – 1997. – Т. 67, № 10. – С. 139-140.
- 8 Дильман В.В., Липатов Д.А., Лотхов В.А., Каминский В.А. *Возникновение неустойчивости при нестационарном испарении бинарных растворов в инертный газ // Теоретические основы химической технологии*. – 2005. – Т. 39, № 6. – С. 600-606.
- 9 Косов В.Н., Жаврин Ю.И. *Коэффициенты диффузии некоторых бинарных и трехкомпонентных газовых смесей, содержащих фреон-12 // Теплофизические свойства веществ и материалов*. – М.: Издательство стандартов, 1989. – Вып. 28. – С. 112-122.
- 10 Kossov V., Krasikov S., Fedorenko O. *Diffusion and convective instability in multicomponent gas mixtures at different pressures // The European Physical Journal. Special Topics*. – 2017. – Vol. 226, No. 6. – P. 1177-1187.
- 11 Косов В.Н., Кульжанов Д.У., Жаврин Ю.И., Красиков С.А., Федоренко О.В. *Особенности разделения углеводородных изотермических газовых смесей при конвективной диффузии / Под ред. чл.- корр. НАН РК, проф. В.Н. Косова*. – Алматы: MV-Принт, 2014. – 144 с.
- 12 Гериуни Г.З., Жуховицкий Е.М. *Конвективная устойчивость несжимаемой жидкости*. – М.: Наука, 1972. – 392 с.
- 13 Nield D.A., Bejan A. *Convection in Porous Media*. – New York: Springer, 2006. – 654 p.
- 14 Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. *SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике*. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008. – 1040 с.
- 15 Косов В.Н., Красиков С.А., Федоренко О.В. *Численное моделирование возникновения конвективных течений при квазистационарном смешении в бинарных газовых смесях при различных углах наклона диффузионного канала // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки*. – 2018. – № 2. – С. 134-142.

МРНТИ 30.17.35
УДК 533.15:536.25

DOI: <https://doi.org/10.51889/2020-1.1728-7901.40>

В.Н. Косов¹, В. Мукамеденкызы², О.В. Федоренко², М. Тукен¹

¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан,

²Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики при
Казахском национальном университете имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

ИЗОКОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ В ТРОЙНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ ПРИ НАЛИЧИИ ОСОБЫХ РЕЖИМОВ ДИФФУЗИОННОГО СМЕШЕНИЯ

Аннотация

Исследованы особенности образования конвективных течений, возникающих в трехкомпонентных газовых смесях при наличии особых режимов диффузионного смешения. В качестве характеристик конвективных течений рассматривается изменение во времени изоконцентрационных линий тяжелого компонента смеси и средней кинетической энергии. Для расчета характеристик конвективных течений, возникающих в вертикальном цилиндрическом канале, использована численная модель, основанная на схеме расщепления по физическим параметрам. Показано, что в трехкомпонентных газовых смесях, где проявляются особые диффузионные режимы, возможно возникновение немонотонных распределений концентраций компонентов и кинетической энергии. Определены время потери устойчивости механического равновесия смеси и время развитых конвективных течений.

Ключевые слова: диффузия, концентрация, плотность, смеси, квазистационарное смешение.

Аңдатпа

**ЕРЕКШЕ РЕЖИМДЕР БАЙҚАЛАТЫН ҮШ КОМПОНЕТТІ ГАЗ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ
КОМПОНЕТТЕРДІҢ ИЗОКОНЦЕНТРАЦИЯЛЫҚ ТАРАЛУЫ**

V.N. Kossov¹, V. Mukamedenkyzy², O.V. Fedorenko², M. Tuken¹

¹Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан,

²ал-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университетінің эксперименттік және теориялық физика ғылыми зерттеу институты, Алматы, Қазақстан

Диффузиялық араласудың арнайы режимдері байқалатын үш компонентті газ қоспаларында пайда болатын конвективті ағындардың пайда болу ерекшеліктері зерттелді. Конвективті ағындардың сипаттамалары ретінде қоспаның ауыр компонентінің изоконцентрациялық сызықтарының уақыттық өзгеруі және орташа кинетикалық энергия қарастырылды. Вертикаль цилиндрлік каналда пайда болатын конвективті ағындардың сипаттамаларын есептеу үшін физикалық параметрлердегі бөлу схемасына негізделген сандық модель қолданылды. Ерекше диффузиялық режимдер пайда болатын үш компонентті газ қоспаларында компоненттер концентрациясының және кинетикалық энергияның монотонды емес таралуы мүмкін болатындығы көрсетілді. Қоспаның механикалық тепе-теңдігінің тұрақтылығын жоғалту уақыты және дамыған конвективті ағындар уақыты анықталады.

Түйін сөздер: диффузия, концентрация, тығыздық, қоспалар, квазистационарлы араласу.

Abstract

**ISOCONCENTRATION DISTRIBUTIONS OF COMPONENTS IN TERNARY GAS MIXTURES IN THE
PRESENCE OF SPECIAL DIFFUSION MIXING MODES**

V.N. Kossov¹, V. Mukamedenkyzy², O.V. Fedorenko², M. Tuken¹

¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan,

²Institute of Experimental and Theoretical Physics at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

The features of the formation of convective flows arising in three-component gas mixtures in the presence of special diffusion mixing regimes are investigated. The time variation of the isoconcentration lines of the heavy component of the mixture and the average kinetic energy are considered as characteristics of convective flows. A numerical model based on the splitting scheme in physical parameters is used to calculate the characteristics of convective flows arising in a vertical cylindrical channel. It is shown that nonmonotonic distributions of component concentrations and kinetic energy can occur in ternary gas mixtures, where special diffusion regimes are manifested. The time of stability loss of the mechanical equilibrium of the mixture and the time of developed convective flows are determined.

Keywords: diffusion, concentration, density, mixtures, quasi-stationary mixing.

Введение

Изучение изотермической диффузии в многокомпонентных газовых смесях при различных давлениях [1] и составах [2] показало возможность появления концентрационной гравитационной конвекции, которая значительно интенсифицирует суммарный массоперенос.

Возникновение концентрационной конвекции связано с проявлением неустойчивости механического равновесия смеси и может быть описано по аналогии с представлениями, которые реализуются в тепловых задачах Рэлея [3]. Приведенный в [4,5] аналитический анализ на устойчивость изотермических тройных газовых смесей показал, что за счет различия в диффузионных способностях компонентов в системах возможно возникновение областей с нарастающими гидродинамическими возмущениями, в которых при определенных условиях реализуются структурированные конвективные течения.

Вместе с тем исследования, проведенные в [6-8] показали, что многокомпонентная диффузия в газах является весьма сложным процессом, описание которого не решено до настоящего времени. Характерные для многокомпонентного диффузионного смешения эффекты (диффузионный барьер, диффузионный «завор», реверсивная диффузия, осмотическая диффузия) показывают многофакторность переноса и возможность синергетического взаимодействия между диффундирующими компонентами, которое не учитывалось в тепловых задачах Рэлея [3]. Поэтому для многокомпонентных газовых систем, где проявляются перечисленные выше особые режимы диффузионного смешения [6-8] анализ на изотермическую устойчивость, разработанный в [4,5], может привести к существенному расхождению между опытными и расчетными данными, определяющими смену режимов «диффузия – конвекция».

В связи с этим для более корректного описания параметров характеризующих смену кинетических режимов необходимо применять численные подходы [9], моделирующие сложный массоперенос, которые показали хорошее согласие между вычислительным экспериментом и опытными данными по диффузионному смешению газов [10,11].

В данной работе приведены результаты численного исследования изоконцентрационных распределений компонентов при диффузии в вертикальном канале для тройной смеси гелий – фреон-12 – аргон. Особенностью данной смеси является проявление особого режима смешения – диффузионного «затвора» компонента с наибольшим молекулярным весом в системе [6]. При различных временах смешения проанализированы распределения концентраций компонентов и кинетической энергии. Оценивается время смешения, при котором исследуемая система теряет механическое равновесие.

Математическая модель

Макроскопическое движение изотермической тройной газовой смеси описывается общей системой уравнений гидродинамики, которая включает в себя записанные в приближении Буссинеска уравнения Навье-Стокса, сохранения числа частиц смеси и компонентов. Принимая во внимание условие независимой диффузии, при которой для газовой смеси $\sum_{i=1}^3 \vec{j}_i = 0$; $\sum_{i=1}^3 c_i = 1$, эта система уравнений имеет следующий вид [4,5]:

$$\rho \left[\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u} \nabla \vec{u}) \right] = -\nabla p + \eta \nabla^2 \vec{u} + \left(\frac{\eta}{3} + \xi \right) \nabla \operatorname{div} \vec{u} + \rho \vec{g},$$

$$\frac{\partial n}{\partial t} + \operatorname{div}(n \vec{v}) = 0, \quad \frac{\partial c_i}{\partial t} + \vec{v} \nabla c_i = -\operatorname{div} \vec{j}_i, \quad (1)$$

$$\vec{j}_1 = -(D_{11}^* \nabla c_1 + D_{12}^* \nabla c_2),$$

$$\vec{j}_2 = -(D_{21}^* \nabla c_1 + D_{22}^* \nabla c_2).$$

Здесь \vec{u} – вектор среднемассовой скорости; \vec{v} – вектор среднечисловой скорости; ρ – плотность; p – давление; η и ξ – коэффициенты сдвиговой и объемной вязкости; \vec{g} – вектор ускорения свободного падения; n – числовая плотность; t – время; c_i – концентрация i -го компонента; \vec{j}_i – вектор плотности диффузионного потока i -го компонента; D_{ij}^* – практические коэффициенты диффузии.

Система уравнений (1) дополняется уравнением состояния среды

$$\rho = \rho(c_1, c_2, p), \quad T = \text{const} \quad (2)$$

Упростим систему уравнений (1) и (2) используя метод малых возмущений [3], в котором предполагается, что концентрацию i -го компонента c_i и давление p можно представить в виде суперпозиции постоянных средних значений $\langle c_i \rangle$, $\langle p \rangle$, принимаемых в качестве начала отсчета и малых возмущений c_i' , p' следующим образом:

$$c_i = \langle c_i \rangle + c_i', \quad p = \langle p \rangle + p'.$$

Возмущения c_i' , p' малы и обусловленные ими отклонения плотности c' от среднего значения $c_0 = c(\langle c_i \rangle, \langle p \rangle)$ малы по сравнению с c_0 , а также считая, что различия в возмущенных значениях скоростей не существенны [12], систему уравнений (1) возможно свести к возмущенным уравнениям (штрихи опущены) следующего вида:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u} \nabla) \vec{u} &= -\frac{1}{\rho_0} \nabla p + \nu \nabla^2 \vec{u} + g(\beta_1 c_1 + \beta_2 c_2) \vec{\gamma}, \\ \frac{\partial c_1}{\partial t} + \vec{u} \nabla c_1 &= D_{11}^* \nabla^2 c_1 + D_{12}^* \nabla^2 c_2, \\ \frac{\partial c_2}{\partial t} + \vec{u} \nabla c_2 &= D_{21}^* \nabla^2 c_1 + D_{22}^* \nabla^2 c_2, \\ \operatorname{div} \vec{u} &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

В системе уравнений (3) $\nu = \eta/\rho$ – кинематическая вязкость смеси, β_i – изотермический аналог коэффициента теплового расширения, $\vec{\gamma}$ – единичный вектор.

Обезразмерим уравнения (3) относительно заданных масштабных единиц: длины – $x_1^* = \frac{x}{H}$, $x_2^* = \frac{z}{H}$, времени – $\tau = t\nu/H^2$, скорости – $u_1^* = uH/D_{22}^*$, $u_2^* = wH/D_{22}^*$, давления – $p^* = p \frac{H^2}{\rho_0 \nu D_{22}^*}$, концентрации i -го компонента $c_1^* = c_1/A_1 H$, $c_2^* = c_2/A_2 H$.

Критериальными параметрами подобия являются: $P_{ii} = \frac{\nu}{D_{ii}^*}$ – диффузионное число Прандтля, $Ra_1 = \frac{g\beta_1 A_1 H^4}{D_{22}^* \nu}$, $Ra_2 = \frac{g\beta_2 A_2 H^4}{D_{22}^* \nu}$ – парциальное число Рэлея, $A_1 = c_1/d$, $A_2 = c_2/d$.

Как следует из опытных данных [12], смешение осуществляется в случае когда смесь из двух компонентов с максимальным и минимальным молекулярным весом (фреон-12 и гелий) находится в верхней части канала, а газ с промежуточным значением молекулярного веса (аргон) в нижней части канала.

По аналогии с [10,11] для решения задачи будут приняты следующие упрощения. Рассматривается двумерная область цилиндрического сечения $H \times d$ в декартовой системе координат (x, y) , где H – длина высоты цилиндрического канала, а $d = 2r$ – диаметр. Для регистрации изоконцентрационных линий, характеризующих возникновение и развитие конвекции, достаточно рассматривать часть данной области ($H/d \gg 1$), где происходит диффузия компонентов пренебрегая остальными областями двумерной области. Для численного решения системы уравнений (3) используется схема расщепления по физическим параметрам. Пространственные производные аппроксимируются на равномерной прямоугольной сетке с числом узлов 64×64 .

Производные по времени аппроксимируются разностями вперед с первым порядком. Как и в [10,11] будем считать, что на первом этапе перенос количества движения осуществляется только за счет диффузионных механизмов и концентрационной гравитационной конвекции. Промежуточное поле скорости находится методом пятиточечной прогонки [9,13] с четвертым порядком точности по пространству и третьим порядком точности по времени с использованием явной схемы Адамса-Башфорта для конвективных членов и неявной схемы Кранка-Николсона для диффузионных членов:

$$\frac{\bar{u}^* - \bar{u}^n}{\tau} = -\bar{u}^n \nabla \bar{u}^* + \Delta \bar{u}^* + \tau_{1i} Ra_i C_i + Ra_2 C_2. \quad (4)$$

На втором этапе, по найденному промежуточному полю скорости, восстанавливается поле давления. Промежуточное поле скорости находится при использовании метода дробных шагов.

На каждом этапе метода дробных шагов используется метод прогонки для нахождения этапных значений промежуточного поля скорости [9,13,14]:

$$\Delta p = \frac{\nabla \bar{u}^*}{\tau}. \quad (5)$$

Третий этап предполагает, что перенос осуществляется только за счет градиента давления, где пересчитывается окончательное поле скоростей:

$$\frac{\partial \bar{u}_1}{\partial x_1} + \frac{\partial \bar{u}_2}{\partial x_2} = \frac{1}{\tau} \left(\frac{\partial^2 p}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial x_2^2} \right). \quad (6)$$

Наконец на последнем, четвертом этапе вычисляется концентрация компонентов смеси на основе метода пятиточечной прогонки с использованием схемы Адамса-Башфорта с учетом найденных полей скоростей:

$$\frac{\bar{C}_1^{n+1} - \bar{C}_1^n}{\tau} = -(\bar{u}^{n+1} \nabla) \bar{C}_1^* + \frac{1}{Pr_{11}} \Delta \bar{C}_1^* + \frac{1}{Pr_{12}} \Delta \bar{C}_2^*, \quad (7)$$

$$\frac{\bar{C}_2^{n+1} - \bar{C}_2^n}{\tau} = -(\bar{u}^{n+1} \nabla) \bar{C}_2^* + \frac{1}{Pr_{21}} \Delta \bar{C}_1^* + \frac{1}{Pr_{22}} \Delta \bar{C}_2^*. \quad (8)$$

Результаты численного моделирования

На рисунке 1(а-г) представлены численные результаты, характеризующие диффузионное и конвективное смешение для системы 0,65He+0,35R₁₂- Ar при давлении $p=0,5$ МПа и температуре $T=298,0$ К в различные моменты времени. Анализ результатов численного исследования показывает, что искривление изоконцентрационных линий существенным образом возрастает с течением времени и приводит к возникновению сложного структурированного течения, который интенсифицирует суммарный массоперенос, отмеченный в [12].

Наличие сложной динамики суммарного массопереноса подтверждается и результатами, приведенными на рисунке 2. Расчеты, приведенные на рисунке 2 показывают, что на начальной стадии возникают течения с малыми скоростями и малыми средними кинетическими энергиями. Затем развитие более интенсивных течений приводит к существенному искривлению изоконцентрационных линий и увеличению скорости переноса и средней кинетической энергии.

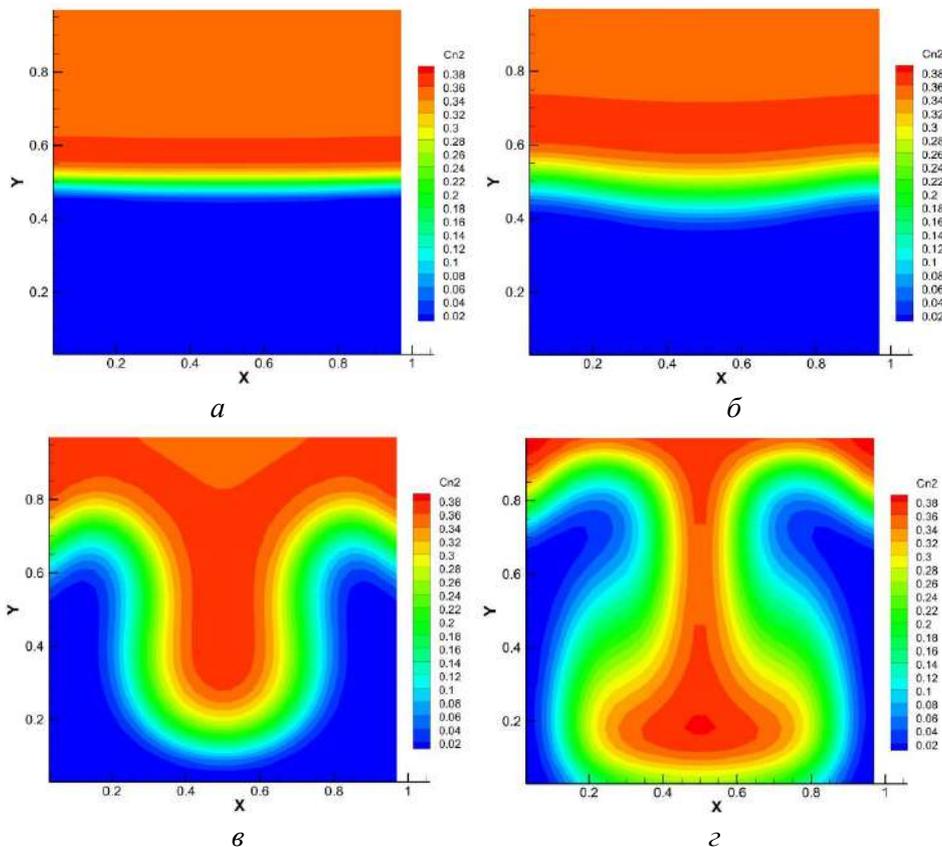


Рисунок 1. Динамика изменения концентрации фреона-12 по времени при $p=0,5$ МПа, $T=298,0$ К, $L=165 \cdot 10^{-3}$ м, $r=3 \cdot 10^{-3}$ м: а) $t=4,6$ с; б) $t=8,78$ с; в) $t=18,8$ с; г) $t=20,7$ с

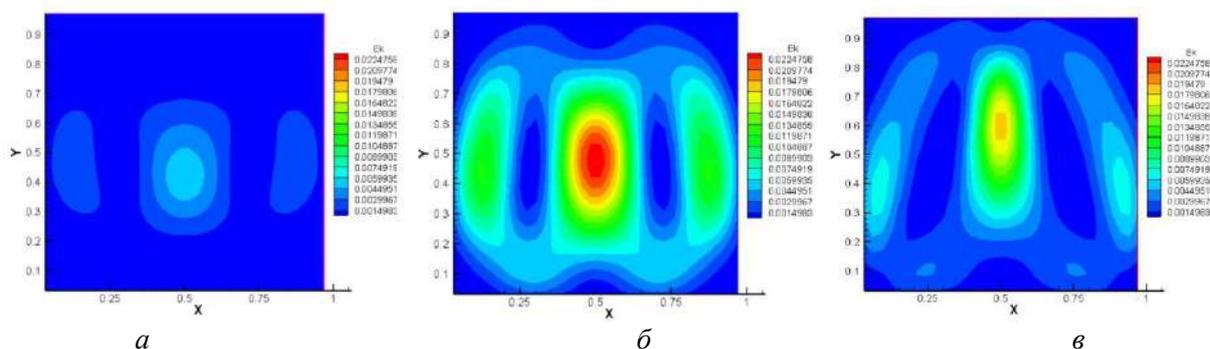


Рисунок 2. Распределение кинетической энергии для системы $0,65\text{He}+0,35\text{R}_{12}-\text{Ar}$ при $p=0,5\text{МПа}$, $T = 298,0\text{ К}$, $L = 165 \cdot 10^{-3}\text{ м}$, $r = 3 \cdot 10^{-3}\text{ м}$:
а) $t = 12,5\text{ с}$; б) $t = 18,8\text{ с}$; в) $t = 20,7\text{ с}$

Время потери устойчивости механического равновесия смеси для данной системы может быть связано с началом искривления изоконцентрационных линий и составляет несколько секунд, что соизмеримо с опытными данными, приведенными в [12]. Формирование структурированных конвективных течений происходит несколько позднее. Причем в ядре конвективного формирования происходит накопление компонента с наибольшим молекулярным весом, что является причиной его отрыва и дальнейшего движения в поле силы тяжести. Затем при определенных значениях скорости и за счет большой диффузионной подвижности гелия происходит размывание конвективного формирования.

Закключение

Таким образом, результаты расчетов показывают, что используемая модель и метод расчета позволяют определить параметры смены режимов «диффузия – концентрационная конвекция», получить надежные данные по концентрационным полям на границе смены кинетических режимов смешения.

Несмотря на приведенные допущения по полученным распределениям концентраций компонентов и кинетической энергии можно судить о разнообразии режимов переноса, где проявляются особые режимы смешения.

Работа выполнена в рамках проекта №AP05130986 «Особые режимы и возникновение пространственно-временных конвективных формирований при диффузии в многокомпонентных газовых смесях» Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Список использованной литературы:

- 1 Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Федоренко О.В., Акжолова А.А. Некоторые особенности изотермического многокомпонентного массопереноса при конвективной неустойчивости газовой смеси // Теоретические основы химической технологии. – 2016. – Т. 50, №2. – С. 177-183.
- 2 Косов В.Н., Кульжанов Д.У., Жаврин Ю.И., Федоренко О.В. Влияние концентрации компонентов смеси на возникновении конвективных режимов смешения при диффузии в тройных газовых смесях // Журнал физической химии. – 2017. – Т. 91, №6. – С. 931-936.
- 3 Джозеф Д. Устойчивость движений жидкости, пер. с англ. – М.: Мир, 1981.– 639 с.
- 4 Kosov V.N., Fedorenko O.V., Zhavrin Yu.I., Mukamedenkyzy V. Instability of mechanical equilibrium during diffusion in a three-component gas mixture in a vertical cylinder with a circular cross section // Technical Physics. – 2014. – Vol. 59, No. 4. – P. 482-486.
- 5 Kossov V., Krasikov S., Fedorenko O. Diffusion and convective instability in multicomponent gas mixtures at different pressures // European Physical Journal. Special Topics. –2017. – Vol. 226, No. 6. – P. 1177-1187.
- 6 Селезнев В.Д., Смирнов В.Г. Диффузия трехкомпонентной смеси газов в системе двух колб // Журнал технической физики. – 1981. – Т. 51, № 4. – С. 975-980.
- 7 Каминский В.А. Особые режимы трехкомпонентной диффузии в газах // Журнал физической химии. – 2011. – Т. 85. No. 12. – С. 2359-2364.
- 8 Каминский В.А. Расчет диффузионных потоков и распределение концентраций для трехкомпонентной диффузии // Журнал физической химии. – 2011. – Т. 85, No. 11. – С. 2127-2130.

9 Полежаев В.И., Бунэ А.В, Верезуб Н.А. и др. Математическое моделирование конвективного теплообмена на основе уравнений Навье-Стокса. – М.: Наука, 1987. – 274 с.

10 Косов В.Н., Жакебаев Д.Б., Федоренко О.В. Численный анализ конвективных движений, возникающих при изотермической диффузии в вертикальных каналах в трехкомпонентных газовых смесях // Известия НАН РК. Серия физ.-мат. – 2017. – Т. 315, Выпуск 5. – С. 134-142.

11 Kossov V., Fedorenko O., Zhakebayev D. Features of multicomponent mass transferring as mixtures containing hydrocarbon components // Chemical Engineering and Technology. – 2019. – Vol. 42, No. 4. – P. 896-902.

12 Косов В.Н., Селезнев В.Д. Аномальное возникновение свободной гравитационной конвекции в изотермических тройных газовых смесях. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 149 с.

13 Kim J., Moin P. Application of a fractional-step method to incompressible Navier-Stokes equations // Journal of Computational Physics. – 1985. – Vol. 59. – P. 308-323.

14 Abdibekova A.U., Zhakebayev D.B, Zhumagulov B.T. The Decay of MHD turbulence depending on the conducting properties of environment // Magnetohydrodynamics. – 2014. – Vol. 50, No. 2. – P. 121-138.

МРНТИ 29.01.45
УДК 53(07.07)(063)

DOI: <https://doi.org/10.51889/2020-1.1728-7901.41>

М.Р. Кушербаева¹

¹*Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

ФИЗИКАЛЫҚ БІЛІМНІҢ ҚОЛДАНБАЛЫ БАҒЫТЫ

Аңдатпа

Мақалада жаңартылған білім беру жүйесіне сәйкес төменгі басқыш оқушыларының физика пәнінен алған теориялық білімдерін күнделікті өмірде пайдалану жолдары-нақты мысалдар арқылы талқыланды. Оқушылар негізгі мектеп физика курсына өтілетін тақырыптарды жаңа мазмұнда теориялық және практикалық тұрғыдан жоғары деңгейде ұғынулары қажет. Атап айтқанда, болашақта физика мамандығын таңдаған оқушылар қазірден бастап Блум таксономиясы бойынша алған білімдерін практикада қолдана алуы міндетті болып табылады. Сондықтан, математика мен физика пәндерінің қолданбалы бағытына орта мектептерде ерекше көңіл бөлу керек.

Ұсынылып отырған мақалада негізгі мектепте физикалық құбылыстарды күнделікті өмірде кездесетін мысалдар арқылы түсіндіріп, олардың шешу жолдары қарастырылған. Сондай-ақ, оқушы білімін бағалаудың жаңа формасы-жиынтық бағалаудың нәтижесі туралы баяндалады.

Түйін сөздер: жаңартылған білім беру жүйесі, шығармашылық ойлау қабілеті, физикалық құбылыстар, жиынтық бағалау.

Аннотация

М.Р. Кушербаева¹

¹*Казахский национальный педагогический университет имени Абая г. Алматы, Казахстан*

ПРИКЛАДНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ

В статье обсуждаются теоретические знания по физике младших школьников в соответствии с обновленной системой образования, путем изучения конкретных примеров использования их в повседневной жизни человека. Учащиеся должны на высоком теоретическом и практическом уровне осмыслить те темы, которые будут проводиться в основной школьной курсе физики. В частности те учащиеся, которые выбравшие в будущем техническую специальность уже сейчас обязаны применять на практике физические знания по таксономии Блума. Поэтому необходимо уделить особое внимание прикладному направлению математики и физики в средних школах.

Предлагаемая статья содержит обзор физических явлений в основной школе на примерах, которые можно встретит в повседневной жизни и рассматривается пути их решения. А также описывает новую форму оценивание знаний учащихся-результат суммативного оценивание.

Ключевые слова: обновленная система образования, творческое мышление, физические явления, суммативное оценивание.