

Семерня О.М.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ УЧЕНИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ
В ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ**

В статье описаны технологические аспекты формирования ученических диалогизмов при изучении физики. Основные приемы: решения задач парадоксов и софизмов, реклама знаний, исследовательские проекты.

Ключевые слова: ученические компетенции, диалогизмы, учебно-познавательные задания эталонного характера.

Semernya O.M.

**TECHNOLOGICAL ASPECTS OF FORMING STUDENT'S JURISDICTIONS IN STUDIES OF
PHYSICS**

In the articles described technological aspects of forming of student's dialogs are from physics. Basic receptions: decisions of tasks of paradoxes and sophisms, advertising of knowledges, research projects

Key words: student's jurisdictions, dialogs, educational-cognitive tasks of standard character.

УДК 371.214.41:533.6.013(045)

Сліпухіна І.А., Максимов С.Л.

**МОЖЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ГІДРО- ТА АЕРОДИНАМІКИ
В КЛАСАХ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОГО ПРОФІЛЮ**

Розглянуто деякі питання з фізики польоту, які можуть бути змістовим блоком курсу фізики профільних класів середньої загальноосвітньої школи, ліцеїв технічного профілю тощо в межах варіативної складової навчальної програми.

Ключові слова: аеродинаміка, гідродинаміка, підіймальна сила крила, реактивний рух.

Постановка проблеми. Програма профільного рівня курсу фізики 10-го класу одинадцятирічної школи включає в себе основні розділи механіки – кінематику, динаміку, закони збереження, коливання і хвилі [1]. Наповнення змісту навчального матеріалу деякими цікавими питаннями прикладного характеру, пов'язаними, наприклад, з особливостями будови і руху транспортних засобів, і повітряних зокрема, може суттєво оптимізувати навчальний процес, демонструючи класичні засади конструкцій літальних апаратів, сучасні реалії цієї галузі техніки, перспективи розвитку з урахуванням принципових обмежень, що накладає на них фундаментальна наука.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Вивчення та аналіз змісту сучасних вітчизняних підручників з фізики профільного [2] та академічного [3] рівнів, досвід проведення факультативних занять і спецкурсів в класах фізико-математичного профілю загальноосвітніх шкіл №90 та №17, ліцею “Поділ”, аерокосмічного ліцею НАУ міста Києва наводить на думку про можливість розгляду на заняттях деяких питань аеро- та гідродинаміки, які логічно можуть бути вбудовані в навчальний процес. Цікаві задачі, питання і приклади цієї тематики є в методичних роботах і підручниках загальної фізики для вищої школи Пастушенка С.М. [4], Поліщука А.П. [5], Соловйова [6]. Третьякова І.Г. та інших.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Цікавим і доволі складним було і залишається питання методично обґрунтованого відбору вище вказаного матеріалу, ретельної підготовки і раціональної побудови уроку, метою якого в сучасних умовах є, окрім набуття знань, умінь і навичок, розвиток особистості, здатної до креативного, творчого мислення.

Мета статті – демонстрація можливих елементів навчального матеріалу фізики в 10-му класі профільного рівня, взаємозв'язку принципів фундаментальності і професійної спрямованості цього курсу фізики, що розвиває науково-технічне мислення, загальнонауковий світогляд, дає усвідомлення важливості вивчення фундаментальних законів природи тощо.

Виклад основного матеріалу дослідження. **Підймальна сила крила і сила лобового опору.** Крило літального апарату являє собою *аеродинамічний профіль*¹ – форму тіла, за якої стає можливою поява підймальної сили, більшої за значенням за силу лобового опору [7: 37]. Максимальна відстань між крайніми точками профілю – b називається хордою профілю. Найбільша висота профілю – c називається товщиною профілю, а її відстань від передньої точки – координатою максимальної товщини (рис.1). Лінію, точки якої рівновіддалені від верхньої і нижньої твірних профілю – l називають середньою лінією профілю. Її максимальна відстань від хорди – f називається кривизною профілю, а відстань від передньої точки – координатою максимальної кривизни. Носик профілю утворений деякою кривою лінією, мінімальний радіус якої позначають – r , – це радіус округлення носика профілю [8: 13]. Оскільки якісно треба порівнювати різні профілі різних розмірів, домовилися всі вказані величини вимірювати відносно хорди профілю. Досить часто при цьому навіть опускають слово “відносна”. Просто, якщо товщина профілю вказана в %, то всім зрозуміло, що це відношення реальної товщини до величини хорди профілю.

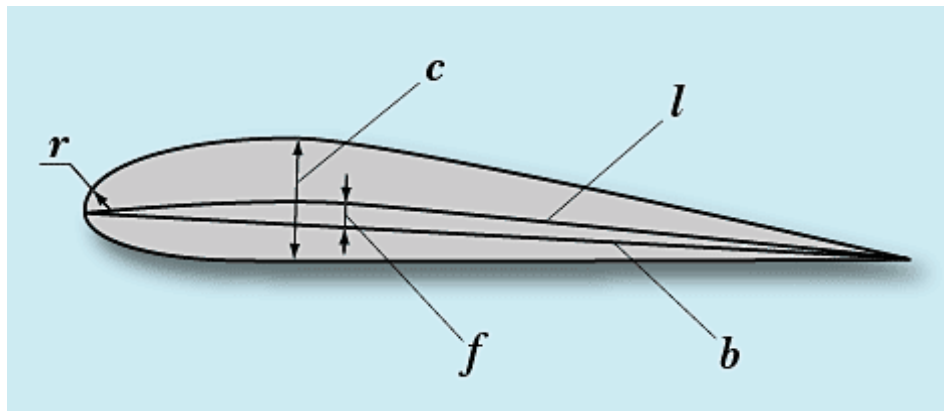


Рис. 1.

Для крила, яке має площу поверхні S і рухається зі швидкістю v в повітрі, що має густину ρ , підймальна сила F_l визначається виразом:

$$F_l = \frac{1}{2} S C_l \rho v^2 \quad (1), \text{ де } C_l - \text{ коефіцієнт підймальної сили фрагмента}$$

аеродинамічного профілю [9: 193].

Значення величини C_l залежить від кута атаки α [10: 173] – кута між хордою профілю і незбуреними лініями течії. Там, де лінії течії зближуються, швидкість потоку зростає, а абсолютний тиск падає. І навпаки, де вони стають рідшими, швидкість течії зменшується, а тиск зростає (рис. 2). Звідси випливає, що в різних точках профілю повітря тисне на крило з різною силою.

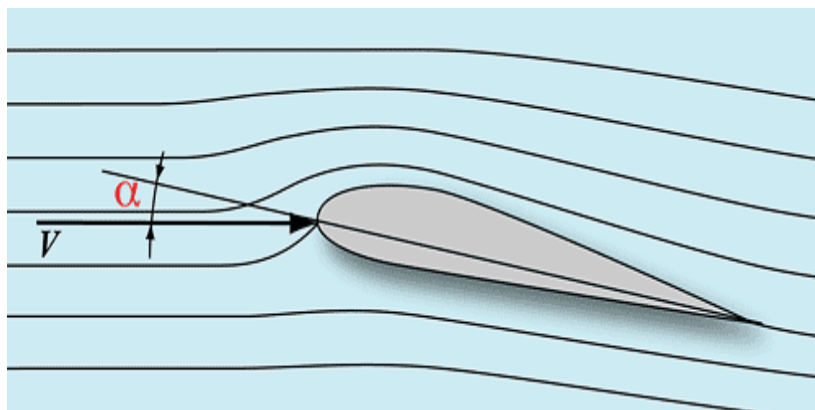


Рис. 2.

Різницю між місцевим тиском на поверхню профілю і

¹ Тут маємо приклад застосування ефекту Бернуллі для випадку, коли середовище є в'язким і стисливим.

тиском повітря в незбуреному потоці можна уявити у вигляді стрілок, перпендикулярних до контуру профілю так, що напрям і довжина стрілок пропорційна цій різниці. Тоді картина розподілу тиску за профілем виглядатиме так, як це показано на рис. 3.

Тут добре видно, що на нижній твірній профілю є надлишковий тиск – підпір повітря. На верхній, – навпаки, створюється розрідження. Причому воно більше там, де вища швидкість обтікання. Цікавим є те, що величина розрідження на верхній поверхні у декілька разів перевищує підпір на нижній. Векторна сума всіх цих стрілок і створює аеродинамічну силу R , з якою повітря діє на рухоме крило (рис. 4).

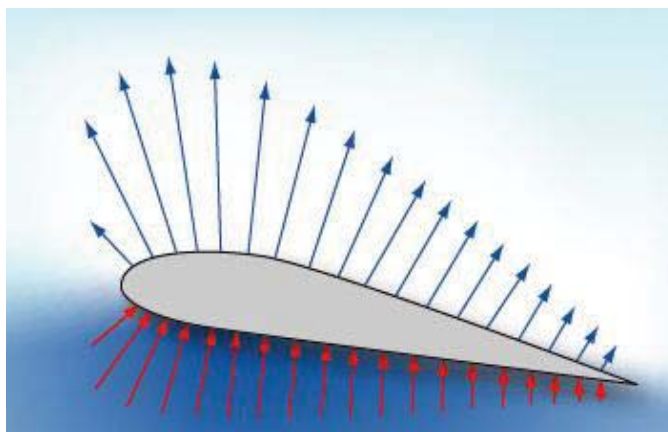


Рис. 3.

Розклавши цю силу на вертикальну Y і горизонтальну X компоненти, ми отримаємо підймальну силу крила і силу його лобового опору. З картини розподілу тиску видно, що лева частка підймальної сили утворюється не з підпору на нижній твірній профілю, а з розрідження на верхній, що спростовує вельми поширену помилку початкуючих моделістів.

Точка прикладення сили R залежить від характеру розподілу тиску по поверхні профілю. При зміні кута атаки, розподіл тиску теж змінюватиметься. Разом із ним мінятиметься і векторна сума всіх сил за абсолютною величиною, напрямом і точці прикладання. До речі, останню називають *центром тиску* (ц.т.).

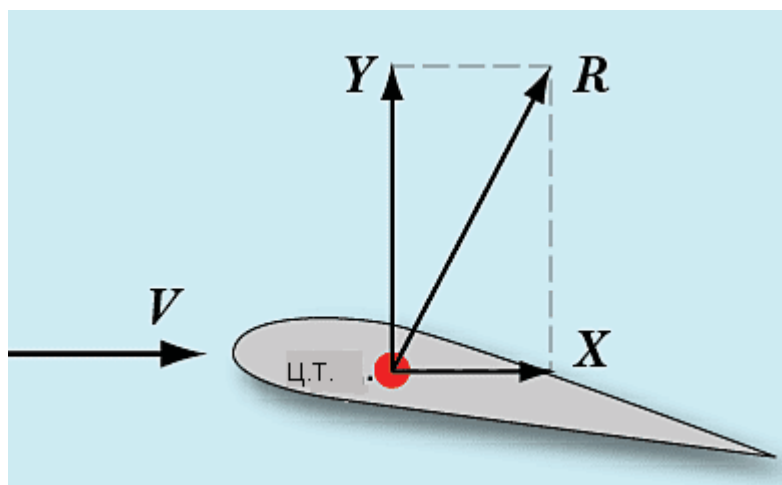


Рис. 4.

Розрідження на верхній частині профілю можна не лише виміряти приладами, але і за певних умов побачити на власні очі. Як відомо, при різкому розширенні повітря, волога, що міститься в ньому, може миттєво конденсуватися в краплини води. Хто бував на авіашоу, міг бачити, як під час різкого маневрування літака, з верхньої поверхні крила зриваються цівки білої пелени. Це і є водяна пара, що сконденсувалася при розрідженні² в дрібні крапельки води, які дуже швидко випаровуються і знову стають невидимими.

До якоїсь певної межі збільшення α призводить до збільшення C_l , а, отже, до збільшення підймальної сили. При горизонтальному польоті підймальна сила повинна урівноважувати силу тяжіння літального апарату згідно з першим законом Ньютона. Якщо швидкість зменшується, то, згідно з рівнянням (1), підймальна сила теж зменшувалась, якби не змінювалось значення C_l . Для збереження сталого значення підймальної сили потрібно збільшувати кут атаки α , а для цього пілот повинен злегка підняти носову частину літального апарату.

² Тут доречно буде пригадати поняття адіабатичного процесу для ідеального газу.

Чи залежить характер обтікання від розмірів профілю і фактичної швидкості руху крила відносно повітря? Так, і дуже сильно. Пов'язано це з фізичними властивостями повітря, головними з яких є *пружність*, *густина* (щільність) і *в'язкість*.

Пружність (ще говорять, стисливість) важлива лише при швидкостях руху, порівняних із швидкістю звуку.

Густина повітря є головною причиною виникнення підйімальної сили крила. Вже на наступному малюнку видно, що напрями ліній обтікання повітря до крила і після нього дещо не збігаються. Тобто крило скошує потік повітря вниз. Оскільки потік має певну масу, то за законом збереження імпульсу на крило діє сила R . Звідси випливає проста залежність, чим повітря щільніше, тим за інших рівних умов більшою буде підймальна сила. На великій висоті щільність повітря знижується. І, наприклад, один і той же літак взимку зможе виконати петлю меншого радіусу, ніж влітку.

В'язкість повітря, – словосполучення незвичне. В'язкість автомобільного масла – це зрозуміло, а повітря? Проте, повітря теж володіє певною в'язкістю. Причому причини і механізм її виникнення такі ж, як і в автомобільного масла, лише величина набагато менша. Шари повітря рухаються один відносно одного з тертям. Дуже малим, але не нульовим. У картині обтікання крила в'язкість призводить до того, що в самій поверхні профілю на кордоні між твердою поверхнею і потоком повітря виникає тоненький шар повітря, наче приєднаний до крила і рухомий разом з крилом. Його так і називають – пограничний шар. Поведінка цього шару сильно залежить від розмірів профілю і швидкості його обтікання повітрям. Для того, щоб оцінювати міру впливу в'язкості повітря на характер обтікання крила за різних умов придумали коефіцієнт, рівний добутку хорди крила l (у метрах) на швидкість його руху відносно повітря v (у метрах в секунду), по діленому на в'язкість η повітря. Називається цей коефіцієнт числом Рейнольдса на честь англійського фізика і

позначається так: Re . Отже, $Re = \frac{l \cdot v}{\eta}$. Перевірка розмірностей показує, що Re –

безрозмірна величина³.

За невеликих швидкостей, наприклад, 6 м/с для авіамоделей, картина обтікання крила матиме вигляд, зображений на рис. 5.

Тут цікаво звернути увагу учнів на точку B . До неї рух повітря в пограничному шарі плавний, без перемішування

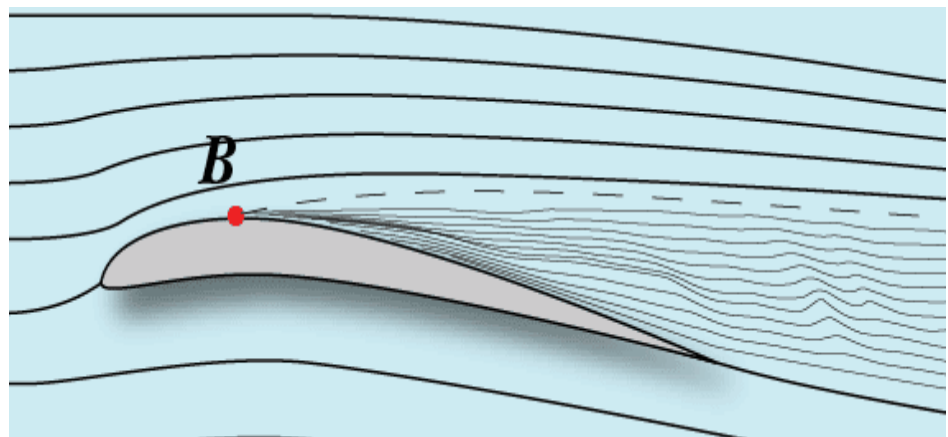


Рис. 5.

пришарових струменів.

Така течія називається

ламінарною. У ній практично немає маленьких повітряних вихорів, що перемішують повітря з сусідніх шарів. У точці B починається утворення пришарових вихорів, що перемішують повітря з сусідніх шарів. Така течія називається *турбулентною*. Із збільшенням кута атаки, коефіцієнт підйімальної сили зростає майже пропорційно. При цьому підпір на нижню твірну профілю зростає не сильно, а розрідження на верхній твірній зростає в рази. Якщо уважно поглянути на розподіл тиску по верху профілю, можна помітити великий перепад тиску із задньої половини профілю на передню, тобто перепад направлений назустріч потоку обтікання. Поки він не дуже великий, швидкісний натиск оточуючого повітря справляється з ним. Але, починаючи з

³ Для суцільного середовища, що рухається трубою, потік стає турбулентним при числах $Re > 2500$.

деякого кута атаки, цей перепад стає причиною виникнення зворотного потоку повітря уздовж другої половини верхньої твірної профілю. У точці *B* відбувається відрив пограничного шару від поверхні крила. За точкою відриву виникає вихрове обтікання з лініями зворотного струму (рис.6). Відбувається зрив потоку і утворюється вихор (турбулентність) [7: 284]⁴.

Якщо кут атаки стає надто великим, то повітряний потік за крилом стає турбулентним і відбувається різка втрата підйімальної сили. Крило завалюється.

Якщо тіло зазнає дії ламінарної течії, то сила лобового опору F_D (сила опору суцільного середовища) визначається рівнянням, яке називається

законом Стокса: $F_D = 6\pi\eta rv$, де r – радіус сферичного тіла, що рухається. Отже, $F_D \propto v$ [10: 172].

При швидкостях, більших за деяке критичне значення, коли потік стає турбулентним, сила лобового опору F_D починає залежати від змін імпульсу середовища, а не від його в'язкості. Тому сила лобового опору залежить від густини середовища ρ . Для сфери радіуса r : $F_D = Br^2v^2\rho$, де B – деяке число, що пов'язане з числом Рейнольдса. Отже, в даному випадку $F_D \propto v^2$ [10: 172]. Таким чином, транспортні засоби прагнуть при можливості робити “обтічними” для підвищення критичної швидкості і зменшення сили лобового опору.

Початок руху літального апарату. Щоб просунутися вперед, літальний апарат викидає назад масу газу таким чином, щоб відповідно до третього закону Ньютона на нього діяла сила, рівна за величиною силі витікання продуктів згоряння і направлена вперед [7: 55]. Наведемо два способи створення зворотного потоку газу:

1. Реактивний двигун. Попереду повітря засмоктується великим вентилятором і викидається позаду двигуна. Продукти згоряння палива також викидаються з великою швидкістю в напрямку, протилежному до напрямку руху.

2. Повітряний гвинт приводиться в рух валом реактивного або поршневого двигуна. Лопаті двигуна нахилено таким чином, щоб при його обертанні повітря виштовхувалося назад.

Як приклад, зв'язок поняття “імпульс” з другим законом Ньютона, на уроці можна розглянути таку задачу.

Задача. Двигун ракети викидає за секунду 100 кг газів, що рухаються (відносно ракети) зі швидкістю 200 м/с. Знайти значення сили тяги ракети.

Розв'язок. Згідно з третім законом Ньютона, сила, яка рухає ракету вперед, дорівнює за значенням протилежно направленій силі, яка викидає гази – продукти згоряння. Згідно з другим законом Ньютона, ця сила \vec{F} дорівнює імпульсу, який набуває газ за секунду. Тому вона може бути знайдена як $F = \frac{mv - tu}{t} = 20000 \text{ Н}$, де $m=100\text{кг}$, $t=1\text{с}$, $u=0$ (початкова швидкість газів), $v=200 \text{ м/с}$.

⁴ У цьому ж розділі енциклопедії описано цікавий дослід з димовими кільцями, запропонований і багаторазово демонстрований Р.Вудом. Створення і використання такої установки на занятті може бути частиною теми роботи в рамках МАНу.

Цікаві приклади задач для розрахунку або використання вище вказаних характеристик наведено в [9: 194].

Гвинтокрили. До засобів повітряного транспорту також відносяться гелікоптери (гвинтокрили). Лопаті несучого гвинта гвинтокрила являють собою аеродинамічні профілі. Внаслідок їх руху створюються повітряні потоки, необхідні для виникнення підйімальної сили. Лопаті шарнірно закріплено на втулці несучого гвинта і можуть рухатися вгору і вниз. Також є важливий механізм для регулювання кута атаки. За допомогою підняття і опускання лопатей при їх обертанні, площа несучого гвинта може бути нахилена. При цьому створюється горизонтальна складова сили, необхідна для руху вперед, назад або вбік.

На двигун, який створює обертальний момент несучого гвинта, діє момент, рівний за величиною, але протилежний за напрямом. Рульовий гвинт урівноважує цей момент і запобігає обертанню гвинтокрила навколо своєї осі [8: 39].

Не можна також оминати лабораторний практикум і демонстраційний експеримент. У курс можна включити такі класичні лабораторні роботи (або їх елементи), як “Дослідження сили лобового опору в повітрі” [11: 109], “Дослідження сил, що діють на крило літака” [11: 114], “Дослідження коефіцієнта динамічної в’язкості рідин методом Стокса” [11: 116] тощо.

Висновки. Запропоновані авторами тематичні елементи – це тільки деяка частина того досить широкого кола фізико-технічних питань, які можуть бути розглянуті на заняттях, в процесі самостійного вивчення і пошуку учнями. Наразі дуже важливим є розгляд історичного аспекту розвитку авіації, який нерозривно пов’язаний з іменами наших славетних співвітчизників: від С.П.Корольова, І.І.Сікорського до Л.Каденюка. Вчителі, маючи за мету охопити пошуковою діяльністю значну частину класу, можуть організувати роботу над певними проектами авіаційної тематики в невеликих групах, спонукаючи тим самим до набуття навичок самостійної творчої діяльності. Практика викладання аеродинаміки знову і знову доводить: романтика підкорення повітряного простору і швидкостей є потужним мотиваційним чинником при вивченні механіки в середній школі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. 10–12 класів. Профільний рівень // <http://www.mon.gov.ua/main.php?query=education/average/prog12>. – 19с.
2. Фізика: Підручник для 10 класу загальноосвітніх навчальних закладів (профільний рівень) /Т.М.Засекіна, М.В.Головко. – К.: Педагогічна думка, 2010. – 304 с.
3. Фізика. 10 клас. Академічний рівень. Підручник для загальноосвітн. навч. закл./ В.Г.Бар’яхтар, Ф.Я.Божинова. – Харків: Вд-во “Ранок”, 2010. – 256 с.
4. Пастушенко С.М. Загальна фізика. Механіка: Навчальний посібник. – К.: НАУ, 2002. – 284 с.
5. Фізика. Модуль 1. Механіка: Навч. посіб./ А.Г.Бовтрук та ін.; За заг. ред. проф. А.П.Поліщука. – 3-тє вид., стереотип. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 176 с.
6. Соловйов А.М. Фізичні основи механіки. Лекції професора Соловйова з фізики. – К.: КМУЦА, 1999. – 92 с.
7. Фізика в діаграмах / Стивен Попл; пер. с англ. В.В.Стратнович. – М.: Астрель: АСТ, 2006. – 160 с.
8. В.Васильков. Несущие крылья http://www.rcdesign.ru/articles/avia/wings_profile.
9. Загальний курс фізики: Навч.посібник для студентів вищих техн. і пед. закладів освіти/ І.М.Кучерук, І.Т.Горбачук, П.П.Луцик; За ред. І.М.Кучерука. – К.: Техніка, 1999. – 364 с.
10. Энциклопедический словарь юного физика / Сост. В.А.Чуянов. – М.: Педагогика, 1984. – 352 с.
11. Загальна фізика: Лабораторний практикум: Навч. посібник / В.М.Барановський, П.В.Бережний, І.Т.Горбачук та ін.; За заг. ред. І.Т.Горбачука. – К.: Вища шк., 1992. – 509 с.

Слипухина И.А., Максимов С.Л.

ВОЗМОЖНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРО- И АЭРОДИНАМИКИ В КЛАССАХ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Рассмотрены некоторые вопросы физики полёта, которые могут быть содержательным блоком курса физики профильных классов средней образовательной

школы, лицеев технического профиля и т.п. в рамках вариативной составляющей учебной программы.

Ключевые слова: аэродинамика, гидродинамика, подъемная сила крыла, реактивное движение.

Slipukhina I.A., Maksimov S.L.

ABILITIES OF STUDYING THE ELEMENTS OF HYDRO- AND AERODYNAMICS IN CLASSES OF PHYSICAL AND MATHEMATICAL DIRECTION

In this paper there are considered some issues, concerning physics of flight, which can be the meaning unit of physics course study in specialized classes of the secondary school, technical lycees, etc in the frames of variant educational program.

Key word: Aerodynamics, hydrodynamics, aircraft wing lift, reactive motion.

УДК 37+852 (07)

Ткаченко І.А.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ФІЗИЧНИХ І АСТРОНОМІЧНИХ ПОНЯТЬ В СИСТЕМІ АСТРОФІЗИЧНИХ ЗНАНЬ

Автор досліджує проблему взаємозв'язку елементів фізичних і астрономічних понять, що мають цілісний, системний характер у формуванні уявлень про сучасну природничо-наукову картину світу.

Ключові слова: астрономія, фізика, поняття, уявлення.

Фізика і астрономія є фундаментальними науками, які вивчають загальні закономірності перебігу природних явищ, закладають основи наукового світогляду та основ системи знань про методи й результати вивчення законів руху, фізичної природи, еволюції небесних тіл та Всесвіту в цілому.

Постановка проблеми. Взаємозв'язок астрономії та фізики першочергово визначається тим, що астрономія містить у собі весь діапазон понять сучасної фізики й повною мірою спирається на її закони. Справедливість суджень фізичних теорій у формуванні єдиної природничо-наукової картини світу блискуче справджується за допомогою сучасних астрономічних досліджень. Конкретизація знань про фізичні теорії і окремі теоретичні положення сучасної фізики на астрономічному матеріалі (і навпаки), а також обґрунтування даних сучасної космології на основі фундаментальних фізичних теорій є переконливою ілюстрацією взаємозв'язку емпіричних і теоретичних методів (і рівнів) пізнання та сучасних тенденцій цього взаємозв'язку. Інтегрований поглиблений розгляд явищ, процесів і закономірностей природи, аналіз функціонування універсальних законів паралельно в курсах різних дисциплін дає більш глибоке усвідомлення цілісної картини світу, дозволяє відійти від схоластичних уявлень про фундаментальні закономірності. Не випадково, що основні завдання фізичної і астрономічної освіти (як шкільної, так і вузівської) в сукупності освітніх, виховних і розвивальних цілей мають єдину мету. Серед яких першочерговим завданням є “формування в учнів системи фізичного знання на основі сучасних фізичних теорій (наукових фактів, понять, теоретичних моделей, законів, принципів) і розвиток у них здатності застосовувати набуті знання в пізнавальній практиці; формування основ системи знань про небесні світила, про закони їхнього руху, будови і розвитку, а також про будову і розвиток Всесвіту в цілому; висвітлення ролі астрономії у пізнанні фундаментальних законів природи, використання яких є основою науково-технічного прогресу та вирішення глобальних проблем людства, у формуванні сучасної природничо-наукової картини світу” [4].

Аналіз основних досліджень. Проблемою формування фізичних понять, зокрема поняття фізичної величини присвячені роботи О.І. Бугайова, Р.Ю. Волковиського,