Annuaire de l'Université de Sofia "St. Kliment Ohridski", Faculté de Physique, 97, 2004

МОТИВИРАНЕ НА УЧЕНИЦИТЕ ЗА ИЗУЧАВАНЕ НА ЕНТРОПИЯ В КУРС "ТОПЛИННИ ЯВЛЕНИЯ И ПРОЦЕСИ" ЗА ЗИП ПО ФИЗИКА В 11 КЛАС

ВЕСЕЛИНА ДИМИТРОВА, ВЕСЕЛА ДИМОВА

Катедра "Методика на обучението по физика"

Веселина Димитрова, Весела Димова. МОТИВИРАНЕ НА УЧЕНИЦИТЕ ЗА ИЗУЧАВАНЕ НА ЕНТРОПИЯ В КУРС "ТОПЛИННИ ЯВЛЕНИЯ И ПРОЦЕСИ" ЗА ЗИП ПО ФИЗИКА В 11 КЛАС

В статията е представен един дидактически проблем, свързан с мотивиране на учениците за изучаване на физичната величина ентропия в 11 клас. Разработен е нов курс за ЗИП по физика в 11 клас: "Топлинни явления и процеси". Представена е програмата на курса, която съдържа 17 теми. Проследяват се четирите етапа на изучаване на ентропията в този курс. Едно занятие от учебната програма на курса относно първия от тези етапи е описано по-подробно. В това занятие учениците осъществяват междупредметни връзки физика – изкуство, като използват картината на Леонардо да Винчи "Тайната вечеря".

Vesselina Dimitrova, Vessela Dimova. MOTIVATING THE STUDENTS TO LEARN THE ENTROPY IN A COURSE "HEATING PHENOMENA AND PROCESSES" FOR PHYSICS COMPULSORY TRAINING IN THE 11^{th} GRADE

In this study, we propose a didactic problem, associated with motivating the students to learn the physics quantity entropy in the 11^{th} grade. We have elaborated a new physics course for compulsory training in the 11^{th} grade on a topic "Heating phenomena and processes". The programme of the course, which consists 17 thems, is presented. The four stages of the learning the entropy in this course are followed. The lesson of the course's syllabus concerned the first of these stages is described in details. In this lesson, the students realize intersubject links: physics–art, using the picture of Leonardo da Vinchy "The Last Supper".

Keywords: entropy, heating phenomena, heating processes, physics education.
PACS number: 01.40.Ej

1. ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременното образование се наблюдава разминаване между емоционалния свят на подрастващите, интересите им към природата в етапа на бурното им развитие, от една страна, и, от друга, силно теоретизираното учебно съдържание по естественонаучните дисциплини, което рядко разисква мирогледни въпроси, макар че потенциално ги предполага.

Така постепенно у учениците и сред обществеността се утвърждава представата за физиката като елитарна наука, отдалечена от хуманната същност на човека, безучастна към неговите ценности и непосредствени прояви, лишена от очарование и въображение. Митът за недостъпната и суха наука ограничава мотивацията и снижава интереса към физиката. Това положение в обучението по природонаучните дисциплини е отражение на един дългогодишен период на разделяне на "двете култури", за което предупреждава Ч. П. Сноу [1].

През Античността рационалното и емоционалното начало при изучаването на природата вървят ръка за ръка. През Възраждането на преден план излиза изкуството, и по-специално изобразителното изкуство. То за епохата на Ренесанса е това, което за Средновековието е религията, а за Новото време е науката.

Раждането на естествознанието през XVII в. се съпровожда с все по-задълбочаващо се раздалечаване на научното от художественото познание, отделят се нравствените въпроси от т. нар. чисто научно познание. Европейската цивилизация от Новото време насам отрежда все по-централно място на научното мислене в духовния свят на личността, което предизвиква съответната реакция от страна на традиционните сфери на ценностното съзнание [2]. Пригожин и Стенжер подчертават, че тази реакция е особено бурна в превратни моменти на социално-икономическото развитие и при промените в стила на научното мислене. Това са моменти, когато се актуализират с ново съдържание основните теми за взаимоотношенията между науката и другите форми на цялостното съзнание при изграждане на човешката личност – тези за отношението наука–човек, за мястото на научното мислене при формирането на личността [2].

След настъпилата гигантска метаморфоза на науката и бурното търсене на различни стилове в изкуството днес се наблюдава тенденция към осъществяване на конструктивен диалог между научното и художественото отражение на действителността, към интегриране на различни направления в единния творчески процес, към вариативност и многостранност на използваните методи и подходи при решаване на социалните и общочовешки проблеми. Необходимостта от ново единство в човешкото познание все по-ясно се осъзнава от учени, художествени дейци, общественици, които са изправени пред новите предизвикателства на нашия век – установяването на нова хармония между технизираното общество и природната среда. В тази връзка Пригожин и Стенжер посочват, че всеки елемент от духовната култура, който проявава стремеж към безусловно доминиране над останалите и с това подчинява свободното човешко развитие, се превръща в агент на дехуманизация. Културата губи хуманистичния си характер, когато човешката духовност започне да се определя от една доминанта, била тя естетическа, рационална, религиозна или политическа, която подчинява безусловно всички останали [2]. Едва ли някога в европейската духовна традиция се е поставял така безкомпромисно и тотално въпросът за съвместяване на науката с останалите сфери на човешката дейност. От хуманна гледна точка това е важно, за да се гарантира хармоничната цялост на човешката личност, еволюционната потребност от развитие на творчеството, реализираща се чрез дейността.

Науката е неделим елемент от духовната култура на човечеството. Тя също има своето очарование, на нея не е чужд идеалът за прекрасното. "Красотата на природата се отразява в красотата на науката за природата", казва Хайзенберг [1, 15]. И точно тези естетически, по-общо казано хуманни ценности на научното знание трябва да се разкриват по-активно, особено пред аудитория от млади хора. "Възприемането на красотата на науката трябва да се възпитава" (Я. Зелдович).

Осъзнаването на тясната взаимосвързаност и зависимост между развитието на училището и успехите на цивилизацията извежда образованието сред приоритетните човешки дейности. То става проблем номер едно в много държави по света. Не случайно още през 1989 г. Комисията по образованието към Европейската общност излиза с препоръка за изменение на образователните системи в съответните страни.

2. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПРОБЛЕМА

Според Л. Тарасов е необходимо преподаването по естествените предмети да се насочи към прилагане на интегрално-хуманитарния подход, който се основава ва два нови принципа.

1. Фундаменталност на вероятностните закони – с които се цели да се формира вариативно и вероятностно мислене у учениците, да не се ограничава мисълта им в рамките на еднозначните причинно-следствени връзки, да се развиват творческите им способности.

2. Принцип на симетрия – разкриване на симетрията не само в геометрията, а и във физиката, химията, биологията и др. Изтъкване на динамиката на симетрията и асиметрията, запазването и изменението, общото и единичното. С това се цели в представите на учениците да се формира съвременната научна картина на света като един "симетричен свят, изграден върху вероятности" [4].

На посочените изисквания към съвременния учебно-възпитателен процес се стреми да отговори предлаганата учебна програма на курс за задължително избираема подготовка (ЗИП) или свободно избираема подготовка (СИП) по физика в 11 клас на тема "Топлинни явления и процеси". Тя е насочена към разширяване и задълбочаване на знанията на учениците за топлинните явления, усвояване на методологични знания, изграждане на умения за самостоятелно добиване на знания, развитие на творческите им способности.

Дидактическите цели, формулирани в рамковата програма на курса, основно са насочени към:

1. Усвояване от учениците на система физични знания за топлинните явления и процеси чрез системно-структурния и историческия подходи.

2. Усвояване от учениците на система методологични знания, която включва някои основни методи на емпиричното и теоретичното ниво на познание във физиката, методологични принципи на физиката (за симетрия, за запазване, за причинност, за допълнителност, за единна физична картина на света и др.), някои закономерности в историческото развитие на физиката.

3. Развитие на познавателни умения у учениците и умения да прилагат усвоените физични и методологични знания при решаването на различен вид проблеми.

4. Развитие на умения у учениците да разкриват различни аспекти на отношението “хаос–ред” във физиката и в други области на човешката култура.

5. Развитие на творчески способности у учениците чрез разглеждане на актуални проблеми с философски, социален и екологичен характер в живота, свързани с изучаваните въпроси в курса, и предлагане на възможни начини за тяхното разрешаване.

Учебната програма на курса “Топлинни явления и процеси” [5] включва следните основни теми:

1. Натурфилософски школи в античността.

2. Физичната теория като система от физични и методологични знания.

3. Динамични и статистически теории във физиката.

4. Проблемът “хаос–ред”.

5. Ентропията като мярка за молекулния хаос.

6. Методът на моделирането при изучаването на топлинните процеси в газове.

7. Физични величини, характеризиращи молекулите и тяхното движение.

8. Строеж и свойства на веществото в трите му агрегатни състояния.

9. Топлинни процеси при газовете.

10. Енергетичният подход към топлинните явления.

11. Фазови преходи.

12. Ентропията като мярка за необратимостта на топлинните процеси.

13. Ентропията в методологически и философски аспект.

14. Процеси на пренос.

15. Топлинните процеси в природата.

16. Лабораторен практикум.

17. Учебна конференция на тема “Термодинамика и молекулно-кинетична теория – физични теории за топлинните явления”.

Темите в курса дават възможност да се приложи проблемният подход, историческият подход и системно-структурният подход, да се използва методиката за формиране на обобщени знания и умения, както и да се реализират междупредметни връзки на физиката с другите природни науки, с математиката, с историята и методологията на физиката, с литературата, с изкуството, с философията и др.[5].

В програмата и в съответното учебно съдържание е включено изучаването на основните методи на научното познание: наблюдение, експеримент, сравнение, аналогия, анализ и синтез, моделиране, идеализация, мислен експеримент и др. Широко са застъпени и методологичните принципи на физиката: за единство, за симетрия, за запазване и за допълнителност. Те се разглеждат във връзка с основните идеи на натурфилософските школи през Античността – идеята за единство на света, за единен принцип и закон в природата; за взаимнодопълващите се противоположности; за хармония и красота в природата; за хармонично съчетаване на елементите в дадена цялост; идеята за симетрия, за движение и изменение и др.

Съществено място в системата знания за топлинните явления и процеси, която трябва да усвоят учениците в гимназиалния етап, заемат понятието *ентропия* и вторият принцип на термодинамиката (ТД).

Ентропията е физична величина, количествена характеристика на телата, участващи в топлинните явления и процеси – исторически първите явления, които класическата механика през XVIII.в. не можа да обясни.

Ентропията е важна характеристика на термодинамичната система (ТДС), която свързва процес, описван с величината *количество топлина* и състояние на системата, описвано с величината *температура*.

Ентропията е свързана с посоката на топлинните процеси, като "допуска" протичането им към състояние с по-голям хаос.

Ентропията е мярка за *молекулния* хаос в системата и е свързана с вероятностната същност на законите, описващи поведението на система от голям брой частици.

Ентропията и вторият принцип на ТД имат важно философско и методологично значение, те са част от общочовешката култура.

3. ФОРМИРАНЕ И РАЗВИТИЕ НА ПОНЯТИЕТО ЕНТРОПИЯ

Изучаването на понятието ентропия в курса "Топлинни явления и процеси" в ЗИП по физика в 11 клас се реализира последователно в четири етапа [6, 7]. Накратко ще характеризираме същността на всеки един от етапите.

Етап 1. Мотивиране на необходимостта от въвеждане на количествена мярка за хаотичното състояние на ТДС във връзка с античната идея *"хаос–ред"*.

Философската идея за хармония в природата, изразена чрез отношението хаос–ред, част–цяло, симетрия–асиметрия, се проследява в натурфилософските школи през Античността, в изкуството през Възраждането, в учението на Кеплер и Галилей за движението на небесните тела и в съвременното естествознание. Забелязва се постепенно изместване на погледа на изследователя от идеалните форми, от точните закони, от абсолютната симетрия при разкриването на наложения сякаш от самата природа идеал за съвършенство (*леко* отклонение от *абсолютния* център, леко нарушена симетрия) и насочване към откриването на закономерности в хаоса.

По-задълбочено се разглеждат идеите, изразени чрез златното сечение. В учението на Питагор това сечение е една от *правилните пропорции*. В творчеството на Леонардо да Винчи то е своеобразен естетически критерий, мярка за *допустимите отклонения* от абсолютно симетричните образи в дадена картина. Тези отклонения не нарушават хармонията в цялата картина и създават усещане за "действена" красота. Използването на историческия подход и тясната връзка между геометрия и изкуство стимулират творческите изяви на учениците и тяхната познавателна дейност.

Етап 2. Разкриване на същността на понятието *ентропия*.

Тук се въвеждат понятията: термодинамично равновесие, макросъстояние и вероятност за дадено макросъстояние. Разглеждат се подходящи примери за определяне на понятието *вероятност*, използва се мислен експеримент, въвежда се понятието *средна стойност на дадена микровеличина* и др. Ентропията на този етап се въвежда като мярка за молекулния хаос в една термодинамична система, намираща се в дадено макросъстояние, чрез закона на Болцман. Разглежда се връзката между нарастването на ентропията и посоката на протичане на процесите, както и проблемът за необратимост на топлинните процеси.

Етап 3. Развитие на понятието *ентропия*.

В този етап понятието се развива и се разкриват връзките му с други термодинамични величини. Има възможност широко да се използва историческият подход. Проследява се развитието на идеите на Карно за превръщане на топлината в работа, разработването на термодинамичния метод на цикличните процеси от Клапейрон и етапите на формулиране на втория принцип на термодинамиката от Клаузиус – *топлинна аксиома, принцип за еквивалентност на превръщанията, закон за нарастване на ентропията*. Освен това се разглежда теоремата на Карно за максималния коефициент на полезно действие (КПД) и като следствие от нея - наличието на най-ниска температура в природата. Принос за разбирането на същността и значението на ентропията има поетапното разглеждане на процеса на въвеждане на това понятие от Клаузиус. Той сам обосновава избора на термина *ентропия*, който има гръцки произход и означава *превръщане*. Клаузиус пише: "Думата *ентропия* умишлено избрах близо до думата *енергия*, тъй като и двете величини, които съответстват на тези две думи, са толкова близки по смисъл, че според мен изискват еднородно обозначаване. Освен това, по аналогия с енергията, тук величината ентропия се разглежда като функция на състоянието на ТДС и се обосновава запазването на стойността ѝ при кръгови процеси." Знанията за понятието *ентропия* се прилагат към процесите в цикъла на Карно и към необратимите процеси в природата.

Етап 4. Развиване на понятието ентропия чрез разкриване на някои негови методологични и философски аспекти.

На този етап се разглеждат: проблемът за еднопосочност на времето, хипотезата *за топлинната смърт* на Вселената, *флуктуационната хипотеза* на Болцман за еволюцията на Вселената, представата за живия организъм от гладна точка на термодинамиката, някои въпроси от управлението на сложни системи и др. Посочените проблеми предполагат съществено използване на интердисциплинарния подход на този етап и връзките на физиката с биологията, историята, кибернетиката, философията и др. Съществено се използва самостоятелната работа на учениците за активизиране на тяхната познавателна дейност при подготовката им за учебни семинари и конференция. При провеждането на дискусии съществено внимание трябва да се обърне на областта на приложимост на физичните закони и теории, в частност, на термодинамиката като физична теория.

Систематизирането и обобщаването на знанията за ентропия се осъществява и в заключителния етап на курса – учебната конференция. В нея се очертава ролята, значението и мястото на това понятие при изграждането на физичните теории за топлинните движения. Тук вниманието на учениците е насочено към сравняване на основните величини *енергия* и *ентропия* и свързаните с тях принципи на термодинамиката. Разкрива се ролята на понятието ентропия при изясняване на асиметрията на прехода *работа–топлина* и *топлина–работа* и се подчертава значението на ентропията като структурен елемент на феноменологичната теория за топлинните явления – термодинамиката.

За нас интерес представлява първият етап от изучаването на понятието *ентропия* – мотивиращият, който ще разгледаме по-подробно. Той се реализира при изучаване на тема 4 от програмата: Проблемът "хаос–ред". Учебното занятие има за цел да мотивира учениците за изучаване на новата физична величина ентропия и за развивитие на техните творчески способности в учебно-познавателната им дейност.

4. ПРОБЛЕМЪТ "ХАОС–РЕД" В ЕДНО ЗАНЯТИЕ ОТ ЗИП ПО ФИЗИКА

В предходните занятия от курса "Топлинни явления и процеси" са разгледани древногръцките натурфилософски школи и са формулирани основните идеи, които предстои да се свържат с някои съвременни представи на физиката и методологията на физиката. Разкрити са структурните елементи на физичната теория като система от знания за определена област природни явления, както и основните разлики между динамичните и статистически теории във физиката. При това изследване посочените примери са от областта на механичното и топлинното движение. Актуализирани са основните знания от термодинамиката (ТД) и молекулно-кинетичната теория (МКТ) като физични теории за топлинните явления.

При провеждане на учебното занятие се използва следния примерен план:

Тема: Проблемът "хаос–ред".

I. Проблемът "хаос–ред" през Античността.

1. Идеята за хармония и единство на света.

II. Проблемът "хаос–ред" през Възраждането.

1. Епохата на италианския Ренесанс – движещи мотиви и идеали.

2. Леонардо да Винчи.

2.1. Творчески гений и изследовател.

2.2. Мистериозният шедьовър "Тайната вечеря".

- Златното сечение.
- Златната спирала.
- Леонардова планета.

III. Проблемът "хаос–ред" в естествознанието.

IV. Проблемът "хаос–ред" в съвременната физика.

В началото на занятието чрез беседа се актуализират знанията на учениците от методологията на физиката, изучени в предходните две теми. Обръща се внимание на методологичните принципи – за единство, симетрия, запазване и допълнителност. Посочват се античните идеи, имащи отношение към изброените методологични принципи. Извежда се основната сред тях, която се явява източник на вдъхновение за изследователите (творци през всички времена – идеята за хармония и красота.

За да се проследи проявата на този естетически критерий в познавателните концепции и различните стилове в изкуството през съответните епохи, се използва античната представа за красота: правилното (т.е. логически непротиворечиво) съгласуване на частите една с друга и с цялото. Идеята за откриване на красивата пропорция е свързана със стремежа към хармонично съчетаване на противоположностите: красиво–грозно, симетрия–асиметрия, хаос–ред и др. Тази идея е първоизточник и на системно-структурния подход в съвременната наука. Хронологичното проследяване на античната идея в различни сфери на човешката дейност през хилядолетията разкрива плодотворността на Питагор-Платоновия стил на мислене, съдържащ цялата програма на точното естествознание, а също съчетаващ в единство рационалното и емоционалното начало.

Като се използват доклади на ученици, фотоси, снимки, се очертават основните идеи, движещите мотиви, главните форми на изразяване на творческия гений през епохата на италианския Ренесанс. Представят се отделни моменти от биографията и творческите търсения на един от най-ярките представители на тази епоха – Леонардо да Винчи (1452–1519). Неговите възгледи за изкуството, революционни за своето време, се разкриват най-ярко в шедьовъра му "Тайната вечеря". За да се достигне до идейния замисъл на фреската, учениците се насочват към разглеждане на нейната геометрия, разкрита от знаменития български художник Цветан Цеков-Карандаш. По този начин става ясна Леонардовата интерпретация на проблема за отношението между красивото и грозното, между хаоса и реда, между частите и цялото.

Структуропораждащ елемент в Леонардовата интерпретация на проблема *хаос–ред* в "Тайната вечеря" представлява *магическата пропорция* – нов център, действен елемент, който съотнася отделните части една спрямо друга така, както се отнася едната (по-голямата) част към цялото. Това е *златното сечение*. То изразява същността на възроденото единство между изменението и покоя, между симетрията и асиметрията. То е свързано с идеала за красивото, представено не чрез абсолютно симетрични образи и форми, а чрез *лекото отклонение* от абсолютното, от идеалния център. Това хармонично съотношение е отлично намерен отговор на стремежа на свободния творчески гений да изрази античния порив за красота, за съчетаване на частите и цялото, за съвършеното подреждане на елементите в универсума. То обуславя двузначността на емоционалното въздействие на Леонардовата творба: симетрията внушава спокойствие, сигурност, строг ред и закон, а асиметрията – вълнение и динамика, волност и игра.

Преди да престъпят към откриване на особени точки и пропорции в картината, учениците решават следната задача за златното сечение: Да се раздели една отсечка с дължина a на две части ($a - x$ и x) така, че отношението на цялата дължина a към дължината на по-голямата част от отсечката x да бъде равно на отношението на по-голямата част x към по-малката част ($a - x$).

Задачата се решава първо алгебрично, при което се получава, че стойността на златното сечение е 0,618... (при $a = 1$). Вижда се, че стойността на златното сечение е много близка до 0,5, което съответства на случая за абсолютната симетрия. Лекото отклонение от абсолютната симетрия е свързано със специално търсен похват, който художникът изплозва. То определя, според Леонардо да Винчи, критичната точка, отвъд която красотата се губи, а асиметрията клони към необратимо нарушение на хармонията в картината.

Задачата се решава и геометрично. Начертава се правоъгълен триъгълник с катети a и $0{,}5a$ и се нанася точката на *златното сечение*. Чертае се и *златен правоъгълник* със страни a и x. След това безкрайната дроб се представя чрез лицата на редица от вписани един в друг *златни правоъгълници*, т. е. малката страна x на даден правоъгълник представлява голяма страна за следващия правоъгълник, получен чрез "отрязване" на квадрат със страна x от първия правоъгълник

Като се използва последователно поредица от *златни правоъгълници*, в които се начертават четвърт окръжности с изменящи се центрове и нарастващи радиуси, се построява *златна спирала*. По-точно, спиралата е начертана върху конус с ъгъл 60°, като при разгъването си върху двумерната плоскост на картината се представя чрез два сегмента. Първият сегмент на спиралата може да се начертае по описания по-горе начин. А вторият сегмент се получава като симетричен образ на първия сегмент чрез ротация с център т. O и ъгъл π. С помощта на *златната спирала* се постига многозначност на пространството и времето в "Тайната вечеря", като по този начин тя пресъздава новите представи за пространство и време през Възраждането. По-нататък те се разглеждат в контекста на концепцията за пространство-време, която в класическата механика добива абсолютен смисъл, а в съвременната физика – относителен и многовариантен.

Идейният замисъл на Леонардовата "Тайна вечеря" се разкрива и при стереометричното разглеждане на творбата, главна фигура в която представлява петото Платоново тяло – *додекаедърът*, символизиращ хармонията и съвършенството на Вселената.

Така геометрията на картината помага да се разкрие дълбокият идеен заряд и изразителната сила на Леонардовата "Тайна вечеря", като разстоянията между възлови точки върху стенописа са измерени с точност до четвъртия знак след десетичната запетия.

Цялата многоплановост на художествения замисъл в тази прекрасна творба на Леонардо се разгръща пред наблюдателя посредством т. нар. от Карандаш *Леонардова планета*, главен елемент в която е *златното сечение*. Това е *пространство*, заключено между точния център (съответстващ на абсолютната симетрия) и *лекото отклонение* (точката на златното сечение). Това *пространство* изразява Леонардовата интерпретация на идеала за красота: когато елементите на дадена цялост образуват помежду си отношения, които принадлежат на тази област, тогава цялото се възприема като красиво. Следователно *златното сечение* е своеобразен количествен критерий за отношението *красиво–грозно*.

Леонардовата планета е аналог на равновесната област на изменения в една ТДС. Центърът на *Леонардовата планета* съответства на равновесното устойчиво състояние на системата, а *златното сечение* – на бифуркационната точка (критичния праг), отвъд която случайните микроизменения в системата се оказват съществени и я "извеждат" от равновесието. Следователно *Леонардовата планета* е аналог на областта на приложимост на равновесната термодинамика. Освен това *Леонардовата златна спирала* е илюстрация на естествената еволюция на всяка затворена ТДС, която посредством поредица от равновесни състояния се стреми към устойчиво равновесно състояние. Естествените процеси в затворена система са съпроводени с преход към състояние, характеризиращо се с по-голям хаос.

При топлинните явления съществени се оказват знанията за хаоса на микроравнище, който гарантира реда (равновесното състояние) на системата. Затова във физиката се въвежда количествена характеристика на степента на безредие (хаос) в ТДС, която указва посоката на протичане на естествените природни процеси, т. е. обратимостта или необратимостта на природните процеси. Тази характеристика е физичната величина *ентропия*.

За да се мотивират учениците да изучават новото физично понятие *ентропия*, ние предлагаме в заключителния етап на учебното занятие да се използва най-вече аналогията между *златното сечение* и *ентропията*, а от тук и аналогията между *Леонардовата планета* в Миланския шедьовър "Тайната вечеря” и равновесната термодинамика.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С цел систематизиране и обобщаване на физичните знания на учениците при изучаване на курса “Топлинни явления и процеси” в ЗИП по физика в 11 клас могат да се очертаят следните три направления:

1. Развитие на представите за топлинното движение в природата чрез историческия подход.

2. Систематизиране на знанията за топлинните явления и процеси чрез системно-структурния подход (с помощта на структурните елементи на физична теория, в случая на ТД и МКТ).

3. Разкриване значението на *ентропията* и принципите на термодинамиката в методологичнен аспект, както и във връзка с философските категории (пространство, време, материя и нейните форми на движение и др.) и с някои от методологичните принципи на физиката (принцип за симетрия, за запазване, за причинност, за допълнителност, за физична картина на света).

ЛИТЕРАТУРА

1. Сноу, Ч. Двете култури и още веднъж за двете култури, С., Отечествен фронт, 1983.
2. Пригожин, И., И.Стенжер. Новата връзка, метаморфоза на науката, С., Наука и изкуство, 1989.
3. Гейзенберг, В. *Вопросы философии*, **12**, 1979, 49.
4. Тарасов, Л. *Физика в школе*, **4**, 1989, 32.
5. Димитрова, В., В. Димова. *Физика*, **1**, 2001, 20.
6. Димова, В. Сборник доклади от XXIX национална конференция по въпроси на обучението по физика, Смолян, 2001, 111.
7. Димова, В. Сборник научни трудове, Природни науки – физика, Шумен, Унив.изд.“Епископ Константин Преславски”, 2003, 201.

Веселина Димитрова
Софийски университет “Св. Климент Охридски”
Физически факултет
Катедра “Методика на обучението по физика”
Бул. “Джеймс Баучър” 5
1164 София, България
E-mail: veselina@phys.uni-sofia.bg

Постъпила април 2004