

Riyaziyyat və mexanika

UOT 51

A.D.Zamanov¹, Ə.B.Məmmədov², İ.N.İsmayılov³
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti^{1,3}
Bakı Dövlət Universiteti²
a_zamanov@mail.ru

RIYAZIYYAT VƏ TƏBİƏTŞÜNASLIĞIN QARŞILIQLI ƏLAQƏSİNİN ƏSAS KONTURLARI MƏNTİQİ-QNOSEOLOJİ TƏDQIQATLARDA

Açar sözlər: Elm, riyaziyyat, fizika, sinergetika, kimya, Semiramida, saros, kvazar, pulsar, Tusi, Burbaki, Kepler, Kopernik, Çebişev

Məqalədə riyaziyyat və təbiətşünaslığın qarşılıqlı əlaqəsini formalaşdıran və bu əlaqənin konkret obrazlarını yaradan əsas cəhətlər məntiqi-qnoseoloji baxımdan tədqiq edilmişdir. Həmçinin riyaziyyatın insan həyatı üçün idraki əhəmiyyəti göstərilmiş, təhsilin bütün pillələrində və səviyyələrində riyaziyyatın tədrisinin keyfiyyətinin yüksəldilməsinin vacibliyi önə çəkilmişdir.

А.Д.Заманов, А.Б.Маммадов, И.Н.Исмаилов

ОСНОВНЫЕ КОНТУРЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАТЕМАТИКИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ В ЛОГИКО-ГНОСЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Ключевые слова: наука, математика, физика, синергетика, химия, Семирамида, сарос, квазар, пульсар, Туси, Бурбаки, Кеплер, Коперник, Чебышев

В статье исследованы основные особенности, формирующие взаимосвязь между математикой и естествознанием и создающие конкретные образы этого отношения в логико-гносеологическом аспекте. Было подчеркнуто познавательное значение математики для жизни человека, также важность повышения качества преподавания математики во всех ступенях и уровнях образования.

A.D.Zamanov, A.B.Mammadov, I.N.Ismayilov

THE MAIN CONTOURS OF THE INTERACTION OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCE IN LOGICAL AND EPISTEMOLOGICAL RESEARCHES

Keywords: *science, mathematics, physics, synergetics, chemistry, Semiramida, saros, quasar, pulsar, Tusi, Bourbaki, Kepler, Copernicus, Chebyshev*

In this article researched the main features that form the relationship between mathematics and natural sciences and create specific images of this relationship in the logical and epistemological aspect. The cognitive importance of mathematics for human life was emphasized, also the importance of improving the quality of teaching mathematics at all stages and levels of education.

Dünyanın dərk edilməsi prosesi özünün ən yüksək və təmərküzləşmiş ifadəsini elmdə tapır. Elm insan fəaliyyətinin tarixən qərarlaşmış, dünyanın dərk olunmasına, onun praktiki dəyişdirilməsinə yönəldilmiş formasıdır. Elmin səciyyəvi cəhətlərindən biri onun predmet və hadisələri hissi-əyani obrazla deyil, elmi abstraksiyalarla əks etdirməsidir.

Hazırda elmin panoramasında təbiət, cəmiyyət və insan ruhunun müxtəlif çalarlarını, bu fenomenlərin qanun səviyyəsinə yüksələn əlaqə və münasibətlərini elmlərin diferensiasiyası və inteqrasiyası dalğalarında öyrənen 15000-ə yaxın müxtəlif bilik sahəsi fəaliyyət göstərməkdədir. Müasir cəmiyyətin mənəvi həyat tərzində kristallaşmış belə bilik sahələrindən biri də riyaziyyatdır. Tarixin dərinliklərində yaranıb, əsrləri arxada qoyaraq zamanəmizədək gəlib çatan və öz mənəvi dəyərlərini gündən-günə artıraraq nəzəri təfəkkürdə xüsusi status qazanan riyaziyyatın müasir cəmiyyət və sosial həyat üçün praktiki əhəmiyyətini dəyərləndirmək olduqca çətinidir.

Riyaziyyat ağıl və zəka elmidir. Bu elm o mənada ağıl elmidir ki, onun bütün anlayış və metodları, qanun və kateqoriyaları öz başlanğıcını insan praktikasından, bəşəri fəaliyyətin çoxəsrlik təcrübəsindən götürərək real proses və hadisələri yüksək dərəcədə abstrakt riyazi kəmiyyətlər və terminlərdə əks etdirir [8,s.3-4]. Təsadüfi deyildir ki, riyaziyyatın metod və qanunları (teoremləri, lemmaları və s.) son nəticədə insan təfəkkürünün əsasını təşkil edən və insan təcrübəsinin kvintensesiyası rolunda çıxış edən formal və dialektik məntiq üzərində aparılan əməliyyatlara müncər edilir [1,s.9-16]. Riyaziyyatın böyük üstünlüklərindən biri də onun yalnız özünü təmsil etməyib, digər elmlərin də mahiyyətinə nüfuz etməsindən, onları riyaziləşdirərək bir növ öz "bətənlərində"riyazi metod və üsulları daşımadaşdır. Bu kontekstdə müasir elmi idrakın inkişaf dialektikasını səciyyələndirən ən mühüm proseslərdən biri

təbiətşünaslıq və sosial elmlərin bir çox sahələrinin “riyaziləşməsidir”. Riyaziləşmə dedikdə, ümumi halda riyazi metodların digər bilik sahələrinə nüfuz etməsi, riyaziyyatın başqa elmlər ilə qarşılıqlı təsiri başa düşülür. Bu prosesin təsiri ilə biliyin təbiətşünaslıq, texniki, iqtisadi və sosial sahələrə tətbiqi getdikcə daha çox riyaziləşir. Riyaziyyat yarandığı gündən bəşəriyyətin mənəvi həyatında böyük yaradıcı qüvvə olmuş və bu gün də belə qüvvə olaraq qalmaqdadır. Tarixən böyük zəka sahibləri riyaziyyatın məhz bu əzəmətli qüvvəsini dərk etdiklərindən onun metodlarının gücünü həmişə yüksək qiymətləndirmiş, riyaziyyatçıların bütün cəhd və təşəbbüslərini cəmiyyətin sosial problemlərinin rəşional həllinə doğru istiqamətləndirməyə çalışmışlar

Bu gün təbiətşünaslığın müxtəlif sahələrinə riyaziyyatın nüfuz etməsi təkzibolunmaz faktdır. Bununla belə, riyaziyyatın təbii-elmi tədqiqatlara cəlb edilməsi, heç də həmişə səlis baş vermədiyi kimi, bu cəlbətmədən alınan nəticələr də hər vaxt hadisələrin rəal gedişatının dəqiq təsvirini yaratmır. Hadisənin bioloji, yaxud geoloji təbiətli olmasından asılı olmayaraq onun riyazi təsvirinin daim dəqiqləşməyə və təkmilləşməyə ehtiyacı olmuşdur. Riyazi idrakda yaranan bu vəziyyət isə təsadüfi olmayıb, belə bir səbəblə bağlanmışdır ki, elmi idrak sahəsində baş verən hər yeni kəşf təbiətin və onun ayrı-ayrı proseslərinin qanunauyğunluqlarının dərkində yalnız aralıq bir mərhələ, yeni bir pillədir.

Elmi idrak prosesində yaranan bu situasiyada subyekt qarşısına belə bir sual qoyur: bu halda nəzəriyyənin riyazi cəhətdən formalaşdırılmasının akseoloji dəyəri nə ola bilər? Cavab belə səslənir: bu fayda, hər şeydən əvvəl, ondadır ki, nəzəriyyənin formalaşdırılması onun əsas müddəalarından məntiqi yolla çoxsaylı nəticələr çıxarmağa əsas verir. Doğrudur, nəzəriyyənin başlıca şərtlərini yoxlamağa həmişə rəal imkan olmasa da, elmi müşahidələr yaxud rəşional təşkil olunmuş eksperimentlər nəzəriyyədən çıxarılan nəticələri yoxlamağa imkan yaradır. Bu nəticələrin təcrübi yoxlanılması isə tədqiqatçıya nəzəriyyənin başlanğıc şərtlərinin həqiqilik dərəcəsi haqqında müəyyən fikir yürütməyə və bu sonuncu isə ona hadisələrin gələcək halını qabaqgörənliklə söyləməyə əsas verir. Bu baxımdan elm tarixində baş vermiş maraqlı bir faktı xatırlatmaq yerinə düşər: XIX əsrin əvvəllərində fransız alimi Augustin-Jean Fresnel (1788-1827) işığın difraksiyasını onun dalğa təbiəti ilə izah etməyi təklif etdikdə Paris Elmlər Akademiyasının növbəti iclasında digər bir fransız riyaziyyatçısı, fiziki François Arago (1786-1853) işığın dalğa nəzəriyyəsinin nəticələrindən biri haqqında məlumat verir. Məlum olur ki, xüsusi qoyulmuş təcrübə Aragonun nəticələrini təsdiqləyirdi. Beləliklə, əvvəllər fizikada kimsəyə məlum olmayan bir təbiət hadisəsi riyazi cəhətdən hesablanmışdı. Hazırda elmə məlum olan belə hadisələrin sayı yüzlərdir. Bütün bunlar göstərir ki, əgər təbii-elmi nəzəriyyənin riyazi formalaşdırılması təcrübə ilə, müşahidələr ilə, gerçəkliklə uzlaşmayan nəticələrə gətirib çıxarırsa, bu halda onun

sistemləşdirilməsi faydalı ola bilməz.

Riyaziyyatın insan həyatı üçün idraki əhəmiyyəti ölçüyəgəlməz dərəcədə böyükdür. Bu əhəmiyyət özünün ən qabarıq ifadəsini riyaziyyatı bir elm kimi öz “qınından” çıxararaq fizikaya tətbiq etmiş və bununla da nəzəri fikir tarixində təbiət elmlərinin riyaziləşdirilməsi prosesinə başlanğıc vermiş dahi fizik və böyük mütəfəkkir Qalileo Qalileyin (1564-1624) dilində belə səsləndirilmişdir: “Fəlsəfə hamı və hər kəs üçün açıq olan möhtəşəm bir kitabda yazılmışdır, burada söhbət təbiətdən gedir, bu kitabın yazıldığı dili və işarələri onu ancaq başa düşə bilən insanlar oxuya bilər. Bu kitab riyaziyyat dilində yazılmışdır, onun işarələri isə riyazi düsturlardır” [15, s.301-340].

Elmin və texnikanın tarixi inkişafı Qalileyin bu müdrik sözlərinin həqiqiliyini inandırıcılıqla təsdiqləmişdir. Doğrudan da müasir dövrdə fizika, kimya və texniki elmlərin nailiyyətlərinin bir hissəsi idrak obyektlərinin keyfiyyət tərəfləri ilə bağlı olsa da, digər hissəsi kəmiyyət qanunauyğunluqlarının diqqətli axtarıları ilə, daha doğrusu riyaziyyat ilə bağlıdır.

Bu məqalədə başlıca məqsəd riyaziyyat ilə təbiətşünaslığı bir araya gətirən, onların qarşılıqlı əlaqəsini formalaşdıran və bu əlaqənin konkret obrazlarını yaradan əsas cəhətləri açıqlamaqdır. Bu məqsədə aparan yol isə labüdən riyaziyyatın predmetindən keçdiyi üçün bu predmetə qısaca da olsa nəzər salmağı məqsədəuyğun hesab edirik [4, s.29-44].

Riyaziyyat müasir cəmiyyətin maddi və mənəvi həyatında mühüm yer tutan mükəmməl bilik sahəsidir. Yaxşı məlumdur ki, hər birimizin uşaqlıq illərində ümumtəhsil sisteminin tərkib hissəsi kimi mənimsədiyimiz riyazi biliklər sonrakı fəaliyyətimizin ixtiyari növündə bizim üçün zəruri amilə çevrilir. Doğrudan da bir anlığa təsəvvür edək ki, hər birimiz elementar riyazi blikdən məhrum olmuşuq, görəsən bu halda nə baş verərdi: Riyazi hesablamalar bizi hər addımda müşayət etdiyindən hadisənin bu cür cərəyan etməsi sosial həyatda əsl ictimai fəlakət yaradardı. Digər tərəfdən riyazi hesablamalardan istifadə etmədən fiziki, kimyəvi, texniki, iqtisadi qanunauyğunluqları ən sadə formada belə formulə etmək mümkünsüz olardı. Bu kontekstdə riyaziyyat müasir elmlərin sanki dilinə çevrilmişdir. Təbiət hadisələrinin və texniki proseslərin yalnız keyfiyyət baxımından deyil, həmçinin kəmiyyət baxımından da öyrənilməsi riyazi metod və vasitələrdən ən geniş spektrdə istifadə edilməsini zəruri edir. Məhz bu proses bir elm olaraq riyaziyyatın tərəqqisinə gətirib çıxaran mühüm amillərdən biri olmuşdur. Digər tərəfdən riyaziyyatın özəl inkişafı da digər elmlərin öz tədqiqat predmetlərinin mahiyyətinə dərindən nüfuz etməsinə və bununla da özlərinin idraki üfüqlərinin sərhədlərini xeyli genişləndirməsinə imkan yaradır.

Klassik ənənəyə görə riyaziyyat gerçək dünyanın kəmiyyət münasibətlərini və fəza formalarını öyrənən fundamental elmdir. Riyaziyyatın tədqiqat predmetini insanlar tərəfindən uydurulmuş obyektlər təşkil etmir, onun

bazisi ətraf aləmin predmet və hadisələrinin öyrənilməsi gedişində yaradılan və gerçəkliyin mühüm xassə və tərəflərini əks etdirən termin və anlayışlar üzərində yüksəlir. Əgər belə bir fikir sərgiləsək ki, riyaziyyatın ən aktual və kəskin problemlərindən birini onun gerçəkliyə münasibəti təşkil edir, yəqin ki, bu müddəə heç də metafora olmaz. Bu münasibətlə Nicolas Burbaki adı altında çıxış edən məşhur fransız riyaziyyatçılarının proqram məqaləsində belə bir fikir özünə yer almışdır ki, riyaziyyatın əsas problemi eksperimental dünya ilə riyaziyyatın qarşılıqlı əlaqəsini öyrənməkdir [3]. Məhz buna görə problemin fəlsəfi mövqeyi riyaziyyatın taleyində kəskin dönüşlərin baş verdiyi, bu elmin adət edilmiş təsəvvür və prinsiplərinin iflasa uğradığı və yeni ideya, konsepsiya və nəzəriyyələrin meydana çıxdığı dövrlərdə mühüm metodoloji və evristik əhəmiyyət kəsb edir.

Riyazi idrakı digər elmlərin metodlarından fərqləndirən bir sıra özəl xüsusiyyətlər vardır [11, s.30-40]. Belə səciyyəvi cəhətlərdən biri riyaziyyatı müəyyən çoxluğa daxil olan predmet və hadisələrin bir sıra xassələrindən sərfnəzər edərək onların yalnız məkan və zaman formalarına və kəmiyyət münasibətlərinə aid olan xassələrini öyrənməsidir. Məhz buna görə hər hansı real hadisəni yalnız riyazi üsullarla öyrənilib tamamlamaq mümkün deyildir. Proses və hadisələrin bir sıra xassələrini sərfnəzər edən riyaziyyat predmetlərin öyrənilməsində özünün konkretliyindən itirsə də, əvəzində ümumiləşdirmə xassəsini qazanır.

Riyaziyyatın ikinci səciyyəvi cəhəti onun iştirakı ilə qazanılan nəticələrin əldə edilməsi üsulu ilə bağlıdır. Əgər fizika, kimya, biologiya elmlərində biliklər müşahidənin, eksperimentin iştirakı ilə alınarsa, riyazi biliklərin alınması üçün artıq belə empirik tədqiqat metodları yetərli sayılmır. Belə ki, biz müxtəlif düzbucaqlı üçbucaqlar üçün ölçmə üsulunu katetlərin kvadratları cəminin hipotenuzun kvadratına bərabər olduğunu yoxlaya bilsək də, alınan nəticələr hələ məşhur Pifaqor teoreminin isbatı olmayacaqdır. Belə yoxlamalar Pifaqor teoreminin isbatı üçün deyil, yalnız riyazi qanunauyğunluqların yoxlanılması üçün yetərli sayıla bilər. Riyaziyyatda hər hansı bir nəticə yalnız o zaman həqiqət sayılır ki, o məntiqi üsullarla müəyyən təriflərdən, aksiomlardan, həqiqiliyi sübut edilmiş teoremlərdən çıxarılmış olsun. Riyaziyyat yalnız o halda mühüm idraki əhəmiyyət kəsb edir ki, o öyrəndiyi hadisələrin kəmiyyət münasibətlərinin və məkan formalarının inkişaf dinamikasını kifayət qədər dəqiq və adekvat əks etdirir.

Müasir fizikanın, sinergetikanın, kimyanın, iqtisadiyyatın, texnikanın bir çox sahələrinin inkişafında riyaziyyatın rolu xüsusilə böyükdür. Müasir fizikanın inkişafında riyaziyyat yalnız hesablama texnologiyası deyil, həm də mikroobyektlərin xassə və qanunauyğunluqlarını bütün dolğunluğu ilə dərk etməyə imkan verən kəsərli vasitədir. Riyaziyyatın fizikada olduğu qədər olmasa da, lakin artan bir ölçüdə biologiyada, təbabətdə, geologiyada,

lingvistikada tətbiqi getdikcə genişlənən yer almaqdadır. Elm və texnika inkişaf etdikcə daha çox aydın olur ki, riyaziyyatın sosial elmlərin inkişafı üçün də əhəmiyyəti böyük, gələcək perspektivləri güclüdür. Burada elektron hesablama maşınlarının fəaliyyətində riyazi statistikanın və riyazi modelləşdirmənin də sürətlə artan rolunu xatırlatmaq yerinə düşərdi.

Riyazi nəzəriyyələrin məzmununa obyektiv yanaşılması belə bir fikrə də yol açır ki, bu fikir formaları təbiətin tədqiqinin dəyərli vasitələrindən biri olmaqla yanaşı daxili gözəlliyə, harmoniyaya, hətta qədim yunan filosoflarını belə heyrətə gətirmiş ecazkar nizama da malikdir. Fikrimizin həqiqiliyinə şəhadət verə biləcək nümunə kimi riyaziyyatda estetik zövq mənbəyi olan Teylor sırasını, Furiye sırasını və s. göstərə bilərik.

Tarixin dərinliklərində qədim Babilstanda və Misirdə yaranmış riyaziyyat zəmanəmizə gəlib çatanadək uzun, mürəkkəb və ziddiyyətli bir yol keçmişdir. Min illər ərzində riyaziyyatın xarakterində, predmetində, məzmununda, fundamental ideyalarında, şərh üslubunda ciddi dəyişikliklər baş vermiş və bu elm cilalanaq böyük təfəkkür tərzinə, dərin ağıl, paradoks və intuisiyalarla zəngin zəka elminə çevrilmişdir. Bu dəyişikliklər sayəsində riyaziyyat düz xətt parçası və sadə ədədlər haqqında təsəvvürlərdən abstrakt məkan, çoxluq, operator, determinantlar nəzəriyyəsi, diferensial, inteqral, qeyri-səlis çoxluqlar, fazzi ədədi və s. kimi yüksək dərəcəli elmi təsəvvürlərə gəlib çatmışdır [16, s.245-250]. İnsan təfəkkürünün inkişafı üçün səciyyəvi olan təkamül və mürəkkəbləşmə yolu keçən riyaziyyat sadə sayma üsulundan təkrarsız predmetə və spesifik tədqiqat metodlarına malik abstrakt elmə və hazırda dünyanın müxtəlif sahələrini öyrənən elmlər içərisində ən perspektivli bilik sahələrindən birinə çevrilmişdir. Hazırda riyaziyyatın tətbiq sahələri geniş, hadisələrin kəmiyyət münasibətlərini öyrənmək imkanları hüdudsuzdur. XX əsrin ortalarından hesablama vasitələrinin xarakterini və imkanlarını əhəmiyyətli dərəcədə dəyişən növbəti addımlar sayəsində insan saniyə ərzində yüz, min, hətta yüz minlərlə riyazi və məntiqi əməliyyatları həyata keçirən cihazlar yaratmışdır. Bəşər mədəniyyətinin erkən çağlarında hesablamalar aparmaq üçün istifadə olunan çox bəsit üsullar texnikanın ağılasığmaz inkişafı sayəsində elektron hesablama maşınları ilə əvəz edilmişdir.

Müasir elmin müstəqil və aparıcı sahələrindən sayılan riyaziyyatın digər elmlər qarşısında nümayiş etdirdiyi üstünlüklərdən biri də müasir elmlərin əksəriyyətinin riyazi metodlardan, üsullardan istifadə etmədən keçinə bilməməsidir. Hazırda riyaziyyatdan bəhrələnən və özlərinin elmi nəticələrini riyazi düsturlar şəklində formalaşdıran elmlərin spektri olduqca genişdir. Bu məqalədə başlıca məqsədimiz müasir təbiətşünaslıq üçün riyaziyyatın evristik əhəmiyyətini nəzərə almaqla onun təbiət elmləri ilə qarşılıqlı əlaqəsinin konturlarını araşdırmaqdır. Bu baxımdan riyaziyyat ilə təbiətşünaslıq arasında formalaşan ilk qarşılıqlı əlaqə riyaziyyat ilə mexanika elmi arasında baş

vermişdir. Tarixilik prinsipini rəhbər tutaraq riyaziyyat ilə təbiətşünaslığın qarşılıqlı əlaqəsini mexanikanın timsalında şərh etmək yerinə düşər.

Mexanika ən qədim təbiətşünas elmlərindən biridir. Bu elm hərəkətin ən sadə formasını-böyük kütləli cisimlərin trayektoriyalı yerdəyişmə hərəkətinin qanunauyğunluqlarını öyrənir. Bəşəriyyət mexaniki hərəkətlə bağlı hadisələrlə öz mövcudluğunun ilk günlərindən rastlaşmışdır: cisimlərin suda üzməsi, onların ling vasitəsilə yerdəyişməsi, cisimlərin tarazlıq şərti və s. belə mexaniki hadisələrdəndir. Qədim Misirdə inşa edilmiş ehramlar, Babil hökmdarı II Novuxodnosorun öz qadını üçün inşa etdirdiyi məşhur SEMİRAMİDA, asma bağları, ovçuluq məqsədi ilə bumeranqı kəşf etmiş qədim Avstraliya ixtiraçılarının mexaniki hərəkətin başa düşülməsində nümayiş etdirdikləri həssaslıq böyük elmi və texniki tərəqqiyə yol açmış müasirlərimizi hələ də heyrətləndirməkdədir. Uzaq keçmişlərdə meydana çıxan problemlər öz həllini yalnız uzun və məşəqqətli axtarışlardan sonra tapa bilmişdir. Toplanan təcrübənin praktiki qaydalar əsasında nəsil-dən- nəsle ötürülərək bilik sisteminə, o cümlədən mexanika elminə çevrilməsi üçün bəşəriyyətə min illərlə vaxt lazım olmuşdur. Bunu isə ilk növbədə cisimlərin tarazlıq halını öyrənən və nisbətən daha zəngin biliklərə malik olan statikada etmək mümkün olmuşdur. Mexanikanın bölmələrindən olan statikanın əsasları və mexanikanın riyazi şərhini ilk dəfə Aristotelin “Mexaniki problemlər” traktatında şərh olunmuşdur. Mexanikanın sonrakı inkişafı isə öz davamını Arximednin kəşflərində və Heronun “Mexanika” traktatında tapmışdır.

Avropa gerçəkliyində mexanika elminin davamlı inkişafı daha sonrakı dövrlərə aid olub, manufaktura sənayesinin geniş miqyaslı tərəqqisi ilə bağlı olmuşdur [14, s.188-196]. Avropanın ictimai-iqtisadi həyatında ciddi dəyişikliklər yaradan manufaktura istehsalı mexaniki alətlərin, ticarət əlaqələrinin və dəniz gəmiçiliyinin inkişafına güclü təkan vermişdi. Bu dövrdə topçuluq sənətinin coşqun inkişafı da öz növbəsində riyazi həllər tələb edən bir sıra yeni və maraqlı problemlər irəli sürmüşdü. Dənizçilik sahəsində köhnə ənənələrdən imtina edilməsi və böyük coğrafi kəşflər sayəsində okean ənginliklərinin fəthi Yerdə vəziyyəti dəqiq təyin edən yeni metodların işlənilməsi və səma cisimlərinin hərəkət qanunauyğunluqlarının öyrənilməsinə tələb edirdi. Əlbəttə, göy cisimlərinin hərəkət problemlərinə yaranan bu marağa riyaziyyat etinasız qala bilməzdi: bu münasibətlə riyaziyyatda səma cisimlərinin, o cümlədən planetlərin hərəkət qanunlarının tədqiq edilməsinə kömək edə biləcək yeni metod və alqoritm axtarışlarına start verildi. Məhz mexanika qarşısına qoyulan tələblər İsaak Nyutonun (1643-1727) riyazi analizlərin əsaslarını təşkil edən diferensial və inteqral hesabı kursunu yaratmağa sövq etmişdi. Mexanika qanunlarının riyazi kontekstdə formulə edilməsi Nyutonun heyratəmiz elmi uğurlarına yol açmış və bu uğurların dalğalarında elmdə vizual müşahidə olunmayan bir sıra hadisələrin

mövcudluğunu qabaqgörənliklə söyləmək imkanı yaranmışdı. Hazırda kosmik raketlərin uçuş qanunauyğunluqlarının və hərəkət trayektoriyalarının yüksək dəqiqlik və riyazi uzaqgörənliklə müəyyən edilməsi buna yaxşı misal ola bilər.

Dünya alimlərinin bir çox nəsillərinin fəaliyyəti sayəsində yaradılmış analitik mexanika hazırda mexaniklərin baza ixtisasına çevrilmişdir. İctimai praktika mexanika elmi qarşısına yalnız riyaziyyatın müdaxiləsi ilə həll edilə biləcək yeni- yeni suallar qoymaqladır. Hazırda mexanikanın xüsusi bölməsini təşkil edən “Mexanizmlər nəzəriyyəsi” məhz ictimai praktikanın tələblərindən yaranmışdır. Bu sahədə rus alimi P.L.Çebışevin (1821-1894) xidmətləri xüsusilə təqdirəlayiqdir. Bu böyük alim nəinki mexanizmlər nəzəriyyəsinin riyazi şərhini vermiş, habelə böyük yaradıcılıq nümunəsi nümayiş etdirərək “funksiyaların konstruktiv nəzəriyyəsi”ni elmi dövrüyyəyə daxil etmişdir. XX əsrdə isə raket texnikasının intensiv inkişafında akademik İ.V.Meşerskinin (1859-1935) tədqiqatları müstəsna əhəmiyyət kəsb etmişdir.

Danılmaz həqiqətdir ki, riyazi mərhələ mexanikanın inkişafının zəruri şərtinə çevrilmişdir. Buna görə yaqınlıqla deyə bilərik ki, riyaziyyata söykənmədən mexanika hadisələrin inkişafını kəmiyyətə təsvir edən dəqiq elm sayıla bilməz. Müasir təbiət elmləri içərisində riyaziyyata ən yaxın elm fizikadır. Buna görə də riyaziyyatın fizika ilə əlaqəsi mexanika ilə əlaqəsindən heç də zəif deyil. Obrazlı desək, riyaziyyat fizikanın dilidir. Belə ki, fizika riyaziyyatın köməyi ilə özünün qanunauyğunluqlarını nəinki dəqiq ifadə etmək imkanı qazanır, o həm də riyaziyyata söykənməklə təbiətin yeni-yeni qanunauyğunluqlarını dərinlən mənimsəyir [16, c.245-250]. Riyaziyyat ilə fizikanın əlaqəsi qarşılıqlı səciyyə daşıyır: riyaziyyat fizikanın inkişafına, onun riyaziləşməsinə müsbət təsir göstərdiyi kimi, fizika da əks əlaqə prinsipi əsasında riyaziyyatın məzmunca zənginləşməsində əhəmiyyətli rol oynayır. Fizika nəinki hazır riyazi nəzəriyyələrin istehlakçısı, həm də riyaziyyatda yeni istiqamətlərin yaradıcı mənbələrindən biridir.

Riyaziyyatın fizika sahəsində tədqiqatlara tətbiqinin başlanğıcı XVII əsrin birinci yarısında cisimlərin ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında sərbəstdüşmə hərəkətini öyrənən Q.Qaliley tərəfindən qoyulsa da, fizikaya daha geniş miqyasda tətbiqi XIX əsrdə riyaziyyatın yeni sahəsi kimi meydana çıxan “riyazi fizika” elminin yaradılması ilə bağlı olmuşdur [16, c.245-250]. Halbuki, bu vaxtadək riyaziyyatdan yalnız fiziki qanunauyğunluqların formalaşdırılması üçün istifadə olunurdu. Bu baxımdan fizikanın yalnız akustika və optika bölmələri istisnaqlı təşkil edirdi. Akustika riyaziyyatçıların diqqətini hələ Pifaqor (e.ə. VI əsr) dövründən çəkirdi. Sonralar bu diqqət bir sıra musiqi alətlərinin səsənməsində istifadə olunan riyazi qaydaların yaradılmasına gətirib çıxardı. Reno Dekartın (1596-1650) və Pyer Fermanın (1601-1665) dövründən etibarən optikada həndəsi mülahizələrdən bir sıra nəticələr çıxarıldı. XVIII əsrin axırlarında optik sistemlərin hesablaşma metodları yüksək səviyyəyə qaldırıldı.

Bu dövrdə riyazi mülahizələr yolu ilə fiziki hadisələrin xarakteri haqqında pozitiv nəticələr əldə edildi, istilik proseslərinin, işıq hadisələrinin, mexaniki dalğaların, elektromaqnit hadisələrinin mühitdə yayılması haqqında riyazi nəzəriyyələr işlənib hazırlandı. Bərk cisimlərdə istilik proseslərinin yayılmasının riyazi nəzəriyyəsinin yaradılması da bu dövrdə baş verdi və öz ifadəsini Jozef Furiyenin (1768-1830) "İstiliyin analitik nəzəriyyəsi" əsərində tapdı. İstilik prosesləri haqqında ümumi mülahizələrini riyazi hesablamalarla müşayiət edən Furiye sonralar bu sahədəki tədqiqatlarını mayələr üzərində də davam etdirdi. Bütün bu tədqiqatların gedişində Furiyeni və onun müasirlərini önəmli kəşflərə gətirib çıxaran hərəkətverici qüvvə təbiət hadisələrinin riyazi təsvirinin verilməsi idi. Riyazi mülahizələrin fiziki tədqiqatlar sistemində daxil edilməsini öz elmi axtarırlarının kredosu sayan Furiye təsadüfən yazmamışdır ki, "bu baxımdan riyazi analiz də təbiətin özü kimi genişdir. Onun başlıca atributu aydınlıqdır, onda dumanlı anlayışların ifadəsi üçün heç bir işarə yoxdur" [7, s.24].

Yeni fiziki proseslərin riyazi kontekstdə öyrənilməsinin zəruriliyi riyaziyyatın inkişafına müsbət təsir göstərərək onun tərəqqisinə yol açmışdır [2, s.8-10]. Bu baxımdan XIX əsr əsasən diferensial tənliklər nəzəriyyəsinin, XX əsrin birinci rübü isə inteqral tənliklər və kompleks dəyişənlər nəzəriyyəsi ilə yadda qalmışdır. Lakin XX əsr aşkar şəkildə göstərdi ki, riyazi analizin klassik aparatı aləmin kəmiyyət münasibətlərinin təsviri üçün yetərli deyil. Belə bir vəziyyətdə riyazi nəzəriyyələrin inkişaf etdirilməsinə fiziklər də qatılmalı oldular. Materiyanın fiziki xassələrinin öyrənilməsinə riyaziyyatın dərinədən nüfuz etməsi riyazi dilin təkmilləşməsinə səbəb oldu. Bu dil daha elastiki və anlaşılıqlı görkəm alaraq təbiət hadisələrinin daha dəqiq əks etdirilməsinə əlverişli şərait yaratdı.

Riyaziyyatçıların və fiziklərin şüurunda baş verən radikal dəyişikliklər, hər şeydən əvvəl, molekulyar təsəvvürlərin inkişafı ilə bağlıdır. İndi məlum oldu ki, əvvəllər fiziki proseslərin riyazi nəzəriyyələrinin yaradılmasında tətbiq olunan fenomenoloji yaxınlaşmalar bir sıra hallarda kobud olub, eyni hadisənin müxtəlif şəraitlərdə cərəyan etməsinin qanunauyğunluqlarını açıqlaya bilmir. Belə ki, qaz təzyiqinin fenomenoloji nəzəriyyəsi yüksək dərəcədə seyrəkləşdirilmiş qazlar üçün Paskal qanununun ödənildiyini təsvir edə bilmədiyi halda, statistik nəzəriyyə bunu yüksək dəqiqliklə izah etməyi bacarırdı.

Hazırda fiziklərin başlıca cəhdləri mikroaləmin öyrənilməsinə doğru istiqamətlənmişdir. Bununla əlaqədar fiziki tədqiqatlarda riyaziyyatın rolu ölçülməz dərəcədə artmışdır. Belə ki, riyaziyyatdan istifadə etmədən mikroobyektlərin xassələrini sadəcə başa düşmək mümkün olmazdı. Şübhəsiz ki, riyaziyyat və fizika keçmişdə və hazırda olduğu kimi, gələcəkdə də qarşılıqlı əlaqədə inkişaf edəcək, təbiətin mikro, makro və meqa səviyyələrinin

mahiyyətini daha dərindən və dolğun əks etdirəcəklər.

Riyaziyyatın qarşılıqlı əlaqədə olub, mahiyyətcə nüfuz etdiyi və riyaziləşdirdiyi elmlərdən biri də astronomiyadır.

Astronomiya səma cisimləri (planetlər, ulduzlar, kvaziulduzlar-kvazarlar, pulsarlar, kometlər, qalaktikalar, Metaqalaktika və s.) haqqında, onların inkişaf qanunauyğunluqları haqqında elmdir. Astronomiya səma cisimlərinin qanunauyğunluqlarının kəmiyyət münasibətlərini ifadə etmək üçün riyaziyyatdan geniş istifadə edən ən qədim elmlərdən biridir [16, s.301-340].

Qədim babil kahinləri “saros” adlanan ümumi bir qanunauyğunluğu kəşf etmişlər. Saros – hər 6585 gündən (18 il 11 gün) bir tam Günəş tutulmasının təkrarlandığı dövrdür. Tam Günəş tutulmasının Yer səthinin yalnız lokal bir regionunda, həm də eyni yerdə deyil, fərqli məsafələrdə müşahidə olunması nəzərə alınarsa, bu kəşf heyranedicilik kəşflərdən biri sayıla bilər. Fikrimizə aydınlıq gətirmək üçün XX əsrdə baş vermiş 5 ardıcıl tam Günəş tutulmasına və onların baş verdiyi tarixə nəzər salaq: belə Günəş tutulmalarından birincisi 8 iyun 1918-ci ildə Şimali Amerikada, ikincisi 19 iyun 1936-cı ildə SSRİ-də, üçüncüsü 30 iyun 1954-cü ildə Kanadada, Skandinaviya ölkələrində, SSRİ-də və İranda, dördüncüsü 11 iyul 1972-ci ildə və nəhayət, beşincisi 22 iyul 1990-cı ildə müşahidə olunmuşdur.

Artıq qədim Yunanıstanda ellinizm dövründə (e.ə. III əsr) kifayət qədər astronomik biliklər toplandığından astronomlar əhəmiyyətli riyazi vasitələrlə səma cisimlərinin görünən hərəkətlərini dəqiq təsvir etmək imkanına malik idilər. Hipparxın (e.ə. 190-e.ə. 120) dövründə adi astronomlar da ay tutulmasını qabaqcadan böyük dəqiqliklə söyləməyi bacarırdılar. Hipparx həndəsi yolla sübut etmişdir ki, Günəş tutulması Yer planetinin bütün nöqtələrində eyni vaxtda müşahidə oluna bilməz. Belə astronomik tədqiqatlar yeni riyazi araşdırmalara yol açmış, müstəvi və sferik triqonometriyanın əsaslarının formalaşmasının təməlini qoymuşdur.

Müşahidə astronomiyasının inkişafının çiçəklənmə dövrü Yaxın Şərq və Orta Asiya regionu ilə bağlı olmuşdur. Böyük Azərbaycan astronomu N.Tusin (1201-1274) Marağa Rəsədxanasında və Böyük Teymurun nəvəsi Sultan Uluqbəyin (1394-1449) Səmərqənd Rəsədxanasında aparılan müşahidələri özlərinin dəqiqliyi və elmi dəyərlərinə görə ellinizm dövrünün nəticələrini kölgədə qoyurdu. Bu dövrdə Yaxın və Orta Şərq ölkələrində astronomik biliklərin inkişafı ilə sıx əlaqədə triqonometriya, müstəvi və sferik həndəsənin məzmunu da yeni ideyalarla zənginləşdirilərək, triqonometrik funksiyaların dəqiq cədvəlləri tərtib olunur, tənliklərin həlli üsulları inkişaf etdirilirdi.

Avropa təbiətşünaslığında astronomik biliklərin inkişafında dönüş mərhələsi Kainatın heliosentrik sistemini yaratmış N.Kopernikin (1473-1543) adı ilə bağlıdır. Kopernikin heliosentrik sistemi Avropanın ictimai tərəküründə

özünə 1400 il müddətində yer almış Claudios Ptolomeyin (100-170) geosentrik sistemini əvəz etmiş və bununla da klassik təbiətşünaslığın və elmi dünyagörüşünün yaranmasına başlanğıc vermişdir. Əlbəttə, Kopernik riyazi, o cümlədən həndəsi metodlardan istifadə etmədən heliosentrik sistemi yarada bilməzdi. Onun sisteminin bir çox prinsipial müddələri həndəsi mülahizələrə söykənir, bir sıra astronomik kəmiyyətləri hesablama bilməsi isə apardığı elmi müşahidələrlə təsdiqlənirdi. Hətta sonrakı dövrlərdə fəaliyyət göstərmiş astronomlar da astronomik məsələlərin həllində elementar həndəsi metodlardan istifadə etmişlər. Məsələn, Q.Qaliley Ayda libراسیالارının (sinxron fırlanmanın) baş verməsinin səbəblərini məhz həndəsi üsullarla izah etməyə çalışmışdır.

Adı dühalar arasında çəkilən İ.Keplerin (1571-1630) də astronomiyanın inkişafında böyük xidmətləri olmuş, Danimarka astronomu Tuxo Brakenin planetlərin hərəkətləri üzərində apardığı çoxillik müşahidələrin əsasında Mars planetinin timsalında Günəş sistemi planetlərinin hərəkət qanunauyğunluqlarını konkret qanunlar formasında ifadə etmişdir [14, s.188-212]. Bu qanunlar Nyutonun sonralar dinamika üzrə apardığı heyvətəməz elmi tədqiqatların çıxış bazasını təşkil etmişdir. Bu dövrdə Nyuton və Leybnits tərəfindən diferensial və inteqral hesabı kursunun yaradılması təbiətin tədqiqatçılara cisimlərin hərəkət qanunauyğunluqlarını öyrənmək üçün güclü tədqiqat vasitələri vermiş və kəşf olunan bu qanunlar tezliklə astronomiyada öz təsdiqini tapmışdır. XVIII əsrdə Nyutonun mexanika qanunlarından çıxarılan sadə mülahizələr əsasında Yer mexanikasına analogi olaraq səma cisimlərinin dəqiq təsvirini verən Göy mexanikası yaradıldı. Göy aləminin Günəş sistemi misalında öyrənilməsi xeyli astronomik qanunların kəşfi ilə nəticələndi. Qazanılmış nailiyyətlər kosmologiyanın bir sıra mürəkkəb problemlərinin həllinə təkan verdi: Günəş sistemi necə yaranmışdır? Planetlərin kütləsi ilə Günəş kütləsinin nisbəti necədir? Okeanlarda baş verən qabarma və çəkilmələrin səbəbi nədir? Orta əsrlərin dünya görüşündə hakim mövqə tutmuş teologiyanın mövqələrini laxladan bu elmi sualların irəli sürülməsi və düzgün cavablandırılması keçici olmayan metodoloji əhəmiyyət kəsb edirdi.

Riyaziyyat ilə astronomiyanın qarşılıqlı əlaqəsi haqqında göstərilən mülahizələri yekunlaşdıraraq qeyd etmək istərdik ki, bu elmlərin hər biri tarixən digərinə kömək etmiş, bir-birinin inkişafını qarşılıqlı olaraq şərtləndirmişdir. Şübhəsizdir ki, riyaziyyatın iştirakı və təsiri olmadan kosmosun mürəkkəb və müəmmalı sirlərinə insanın bu dərəcədə nüfuz etməsi mümkün olmazdı. Digər tərəfdən, əgər astronomiya da riyaziyyat qarşısına öz tələblərini qoymasaydı, onun (riyaziyyatın) bir çox sahələri formalaşmadan aradan çıxardı.

Məlum olduğu kimi, təbiətşünaslığın fəaliyyət sahəsi geniş olub, müxtəlif proses və hadisələri ehtiva edir. Bu sistemdə mexanika, fizika, astronomiya ilə yanaşı kimyəvi proseslər də mühüm yer tutur [5, s.12-28]. Digər təbiət elmlərində olduğu kimi kimya tədqiqatlarında da riyaziyyatın rolu böyükdür.

Hazırda riyaziyyatın metodları ilə riyaziləşən təbiətşünaslıq sahələrindən biri də kimyadır və bu proses kimyanın məzmununda bir neçə istiqamətdə baş verir: bu əlaqə, bir tərəfdən kimya ilə sıx bağlı olan və müasir dövrdə yüksək dərəcədə riyaziləşmiş fizikadan, digər tərəfdən, kimyada alınmış müşahidə nəticələrinin işlənməsində riyazi aparata olan ehtiyacdən irəli gəlir. Kimyanı riyaziyyata bağlayan üçüncü bir amil də vardır: bu, kimyada toplanmış çoxsaylı nəticələrin ümumiləşdirilib nəzəriyyəyə çevrilməsinin riyazi təmələ olan ehtiyacıdır. Bu baxımdan müasir kimyanın istifadə etdiyi riyazi vasitələr son dərəcə rəngarəngdir. Belə ki, kimyada qazılan nəticələrin ümumiləşdirilməsində diferensial tənliklər nəzəriyyəsi, ehtimal nəzəriyyəsi, xətti cəbrdən, topologiyadan, riyazi statistikadan geniş istifadə olunur.

Maddələrin tərkib elementlərinin aşkarlanması ilə bağlı aparılan təhlillər, kimyada təmizlik dərəcəsi yüksək olan maddələrin alınmasına olan ehtiyac, polimerlər kimi mürəkkəb kimyəvi birləşmələrin kəşfi kimya qarşısına bir sıra yeni problemlər qoymuş və riyazi hesablamalar yolu ilə onların kəmiyyət xarakteristikalarını açıqlamağa imkan verən əsaslandırılmış nəzəriyyənin yaradılmasını labüd etmişdir. Hazırda kimyada özünütəşkil edən sinergetik proseslərin də öyrənilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu proseslərin (“Belousov-Jabotinski reaksiyası”) öyrənilməsi isə kimyada ayrıca riyazi tədqiqatların aparılmasını tələb edir [17].

Məlum olduğu kimi, canlı təbiət qanunlarının öyrənilməsi də bəşəriyyət qarşısında duran çətin və mürəkkəb problemlərdən sayılır. Bu problemlərin sırasına yalnız kənd təsərrüfatı məhsulları bolluğunun yaradılması, xəstəliklərlə mübarizə, canlı orqanizmlərdə maddələr mübadiləsinin öyrənilməsi deyil, habelə insanın ətraf mühiti nəzəri mənimsəməsi, özünün yaddaş mexanizmini möhkəmləndirməsi, orqanizmin xassələrinin dəyişdirilməsi istiqamətində aparılan idraki əhəmiyyətli tədqiqatlar da daxildir. Biologiya və təbabətdə canlı orqanizmlər, o cümlədən insanla bağlı tədqiqatlar da intensiv davam etdirilməkdədir [10].

Buna baxmayaraq hələlik bu sahələrdə cavabsız qalan və həllini gözləyən problemlər də az deyil: insan orqanizminin strukturu və onun hissələri haqqında geniş təsir dairəsinə malik informasiyaları ötürmək necə mümkün olur? İrsiyyət xassələrinin ötürülməsinin mexanizmi nədən ibarətdir və zəruri informasiyalar insanda necə kodlaşdırılır? Orqanizmin funksiyalarının dəqiq tənzimlənməsi prosesi necə baş verir və belə hallarda informasiyalar hansı yolla ötürülür? İnformasiyaların kodlaşdırılması və ötürülməsi necə baş verir? Biologiyada və onun xüsusi sahəsi olan genetikada həllini gözləyən belə problemlərin sayını artırmaq da olar. Lakin nəzərə almaq lazımdır ki, elmin dəyər göstəricisi onun qarşılaşdığı və həll etdiyi problemlərlə ölçülür. Müasir biologiyanın qarşısında duran və həllini gözləyən problemlərlə yanaşı riyaziyyatın tətbiqi ilə həllini tapmış, hətta Nobel mükafatlarına layiq görülmüş problemlər də az deyil.

Aparılmış səmərəli tədqiqatlar nəticəsində biologiya və təbabətin bir çox problemlərinə aydınlıq gətirilmiş, elm ilə canlı aləm arasındakı məsafə xeyli qısaldılmışdır.

Riyaziyyatın nüfuz etdiyi nəzəri sahələrdən biri də Yer elmləridir: coğrafiya, geologiya, geofizika, iqlimşünaslıq, seysmologiya, kartoqrafiya, landşaftşünaslıq və s. Bu elmlərin hər birində riyazi metodlardan müxtəlif dərəcədə istifadə olunur. Coğrafiya, seysmologiya və okeanoqrafiyada keyfiyyət analogiyasına deyil, hadisələrin kəmiyyət təsvirinə və onların axarının qabaqgörənliklə söylənilməsinə ehtiyac olduqda riyaziyyatın tədqiqatlara geniş miqyasda cəlb olunması labüd xarakter alır. Həm də belə hallarda riyaziyyatın Yer haqqında elmlərin əksəriyyətinə tətbiqi mürəkkəb səciyyə daşıyır. Son illərin tədqiqatları göstərir ki, riyazi tədqiqatlar Yer haqqında elmləri bir-birinin ardınca daha geniş spektrdə fəth etməkdədir. Bu baxımdan kartoqrafiya hazırda riyaziyyatın maraqlı sahələrindən birinə çevrilmişdir. Coğrafi xəritələrin tərtibatının yüksək dərəcədə təkmilləşmiş metodlarla işlənilib hazırlanmasına olan ehtiyac riyaziyyatçıların qarşısına həlli xüsusi elmi maraq kəsb edən problemlər qoymuş və onların rəasional həlli kartoqrafiyanın ehtiyaclarından kənara çıxan bir cıra elmi nəzəriyyələrin fəaliyyətinə yol açmışdır.

Hazırda riyazi metodlar seysmologiyada, atmosfer fizikasında və hava proqnozları məsələlərində də diqqətəlayiq yer tutmaqdadır. Bu elmlərdə yaranan problemlərin həllinə ciddi uğurlar məhz riyaziyyat tərəfindən gətirilir. Təsirin əks təsir yaratması prinsipinə uyğun olaraq həmin problemlərin həlli də öz növbəsində bir sıra riyazi məsələlərin həllinə yol açmış və nəticədə bir sıra riyazi nəzəriyyələr, o cümlədən, izotop turbulentiyyənin statistik nəzəriyyəsi, təsadüfi sahələr nəzəriyyəsi, təsadüfi proseslərin ekstrapolyasiya nəzəriyyəsi və s. yeni bilik sahələri formalaşmışdır. Bununla yanaşı qeyd etməliyik ki, elm hələ də zəlzələ və vulkan püskürmələrinin riyazi proqnozlaşdırılmasının rəasional üsullarına mükəmməl yiyələnmə bilməmişdir. İnanırıq ki, yaxın gələcəkdə bu problemlər də özünün rəasional həllini tapacaqdır.

Beləliklə, riyaziyyatın imkanlarının sərhədsiz olduğunu, tətbiqinin çox mühüm nəticələrə gətirdiyini nəzərə alaraq təhsilin bütün pillələrində və səviyyələrində riyaziyyatın tədrisinin gücləndirilməsi istiqamətində tədbirlər görülməsi hesab edirik ki, bu gün çox aktualdır və dünyanın aparıcı ölkələrində olduğu kimi, Azərbaycanada da müvafiq layihələrin həyata keçirilməsi daha böyük uğurlar qazanılması ilə nəticələnər.

ƏDƏBİYYAT

1. Акперов М.С. Философские проблемы математики. Ваку, Элм, 1992, 280 с.
2. Баксамский О.Е. Физика и математика: анализ оснований взаимоотношения. М., Книжный дом, «Ливреном» 2014, 188 с.
3. Н.Бурбаки. Очерки по истории математики. М. Ил 1981, с. 258.
4. Грязнов Б.С. Предмет математики и специфика ее объектов (философские проблемы естествознания). М: МГУ, 1993
5. Еремин В.В. Математика в химии . М., МСНМО, 2016, 64 с.
6. Əliyev M., Abbasov M., Rəhimli V. Molekulyar genetika. Bakı, Maarif, 2020, 196 s.
7. Манини Ю.И. Математика в физике М.: Знание, 1979, 63 с.
8. Математики о математике.М.: Знание, 1972, 47 с.
9. Мəттəдов Ə.В., Вəşirov R. Müasir təbiətşünaslığa konseptual yanaşma. Bakı, Elm, 2002, 757 s.
10. Розниченко Г.Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. Ижелак: НИЦ, 2003, 323 с.
11. Рузавин Г.Н. О природе математического знания. М.: Мысль, 302 с.
12. Сиделев С.И. Математические методы в биологии и экологии. Ярославль: ЯГУ, 2012, 140с.
13. Смит Дж. Математические идеи в биологии. М., Дом Книга, 2005, 182с.
14. Найдыши В.М. Концепции современного естествознания. М, Алфа-м 2009. 704 с.
15. Мəттəдов Ə.В., Qəhrəманov N., İsmayılov B.İ. Təbii elmi biliyin fəlsəfi əsasları. Bakı: Elm, 2014, 704 s.
16. Философия естествознания. М.: Политиздат, 1966, 247 с.
17. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основы синергетики. Санкт - Петербург: Алетейя, 2002.

Redaksiyaya daxil olub 12.01.2021