



دانشگاه پیام نور

تاریخ علم فیزیک

(رشته فیزیک)

محمود جنوبی دکتر مهدی سودمند

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و **کمک درسی** (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست

نه	پیشگفتار
۱	فصل اول. فیزیک در جهان باستان
۱	۱-۱ ریاضیات زبان و ابزار علوم
۳	۱-۱-۱ زبان ریاضیات و اهمیت آن در پیشرفت علم
۳	۱-۱-۲ نیروی ریاضی در انتزاعی بودن آن است
۵	۱-۱-۳ ریاضیات پیش از تاریخ
۷	۱-۱-۴ عصر طلایی یونان
۷	۱-۱-۵ فیثاغورثی‌ها
۱۱	۱-۱-۶ قانون فیثاغورث در مورد تارها
۱۱	۱-۱-۷ دمکریٹوس اتم‌شناس
۱۲	۱-۱-۸ مکتب اسکندرانی
۱۴	۱-۱-۹ مکتب افلاطونی: رونق علم هندسه
۱۵	۱-۱-۱۰ یک معلم بزرگ: اقلیدس
۱۶	۱-۱-۱۱ ارسطو
۱۷	۱-۱-۱۲ ارشمیدس یا هومر ریاضیدانان
۲۰	۱-۱-۱۳ اراتستن سیرن (۱۹۲-۲۷۳ قبل از میلاد)
۲۳	۱-۱-۱۴ اوضاع علمی ایران باستان
۲۷	۱-۱-۱۵ عصر تاریک اروپا و مشعل علم در دست اعراب
۳۷	۱-۱-۱۶ رشد علم از ۱۵۰۰ تا قرن حاضر
۳۸	۱-۱-۱۶-۱ حساب دیفرانسیل و انتگرال
۴۱	۱-۱-۱۶-۲ هندسه نااقلیدسی
۴۲	۱-۱-۱۷ پرسش‌ها
۴۳	۲-۱ علم فیزیک تا قرن نوزدهم
۴۳	۲-۱-۱ حرکت
۴۳	۲-۱-۲ علم در اواخر قرون وسطی و اوایل قرون جدید
۴۵	۲-۱-۲-۱ ماده و فضا در فیزیک اواخر قرون وسطی
۴۷	۲-۱-۲-۳ اندیشه حرکت

۴۷	۴-۱-۲-۱ نظریه ارسطو در مورد حرکت
۵۱	۵-۱-۲-۱ آیا خلأ وجود دارد؟
۵۲	۶-۱-۲-۱ گالیله و فیزیک جدید حرکت
۵۸	۷-۱-۲-۱ حرکت یک اتمبیل روی جاده با سرعت ثابت
۶۱	۸-۱-۲-۱ حرکت پرتابی
۶۲	۹-۱-۲-۱ نسبی بودن حرکت
۶۵	۱۰-۱-۲-۱ نیوتن و جهان مکانیکی
۶۷	۱۱-۱-۲-۱ مفهوم‌های بنیادی نیوتنی

فصل دوم. علم نجوم

۷۷	۱-۲ پیام ستارگان
۷۹	۲-۲ حرکات ظاهری سیارات
۸۵	۱-۲-۲ مشاهده سیارات و حرکات آنها
۸۵	۳-۲ تأیید نظریه کوپرنیک
۹۴	۴-۲ تاریخ نجوم اسلامی
۱۰۳	۵-۲ مسلمانان و علم نجوم و علم احکام نجوم
۱۰۹	۶-۲ آلات صد و ابزارهای نجومی اسطرلاب
۱۱۲	۷-۲ نجوم در شرق اسلامی
۱۱۸	۸-۲ ستاره‌شناسی در ایران پس از اسلام
۱۱۹	۹-۲ ستاره‌شناسی نصیرالدین توسی - مکتب مراغه
۱۲۱	۱۰-۲ رصدخانه‌ها
۱۲۳	۱۱-۲ علوم اسلامی
۱۲۷	۱۲-۲ منابع علم فیزیک در شرق اسلامی
۱۳۰	۱۳-۲ حکمت ارسطویی
۱۳۲	۱۴-۲ انتقال آثار ارسطو به جهان اسلامی
۱۳۷	۱۵-۲ نظریات دانشمندان اسلامی درباره مفاهیم بنیادین فیزیک
۱۴۱	۱۶-۲ عقاید ابن‌سینا درباره ماده، زمان، مکان و حرکت
۱۴۲	۱۷-۲ قانون حرکت اجسام - چگونگی پیدایی قانون لختی
۱۴۷	

فصل سوم. ساختمان ماده و علم فیزیک

۱۵۳	۱-۳ خاک، آب، هوا، آتش
۱۵۳	۲-۳ عقاید یونانیان در مورد ماده
۱۵۴	۳-۳ عناصر ارسطویی
۱۵۴	۴-۳ نتیجه

فصل چهارم. نورشناخت

۱۶۷	۱-۴ نور، پیام‌آور کائنات
۱۶۷	۱-۴-۱ ماهیت نور
۱۷۶	۲-۴-۱ نور: ذره یا موج
۱۸۶	۲-۴ فیزیک نور از نظر دانشمندان اسلامی
۱۸۹	۳-۴ نورشناسی ابن‌سینا

۱۹۳	فصل پنجم. گرما
۱۹۳	۱-۵ گرما از نظر انرژی
۱۹۳	۲-۵ دماسنج‌ها
۱۹۴	۳-۵ قوانین گازها
۱۹۵	۴-۵ دماسنج گازی و دمای مطلق
۱۹۶	۵-۵ سیال گرمایی
۱۹۷	۶-۵ گرما حرکت است
۱۹۷	۷-۵ برابری مکانیکی گرما
۱۹۹	۸-۵ ترمودینامیک
۲۰۰	۹-۵ نظریه جنبشی حرارت
۲۰۱	۱۰-۵ حرکت میکروسکوپی گرمایی
۲۰۲	۱۱-۵ نشر نور به وسیله اجسام داغ
۲۰۳	فصل ششم. الکتریسته و مغناطیس
۲۰۳	۱-۶ از آذرخش تا عصر رادیو
۲۰۴	۲-۱-۶ کشفیات اولیه
۲۰۹	۳-۱-۶ قانون کولن
۲۱۴	۴-۱-۶ مفهوم میدان
۲۱۹	۵-۲-۶ فیزیک قرن نوزدهم تا اوایل قرن بیستم
۲۱۹	۶-۲-۶ شناخت یا عدم قطعیت
۲۲۴	۷-۲-۶ پرتو کاتدی، اشعه ایکس و الکترون‌ها
۲۳۰	۸-۲-۶ پدیده فتوالکتریک
۲۳۱	۹-۲-۶ مدل‌های اتمی
۲۳۵	۱۰-۲-۶ مکانیک جدید
۲۳۷	۱۱-۲-۶ شناخت یا قطعیت
۲۳۹	۱۲-۲-۶ اتم‌های توریوم
۲۴۱	۱۳-۲-۶ نظریه نسبیت خاص
۲۴۳	۱۴-۳-۶ قرن بیستم و فیزیک نوین
۲۴۳	۱۵-۳-۶ میزان پیشرفت علمی در قرن بیستم
۲۴۴	۱۶-۳-۶ سرعت کاربرد در علم
۲۴۶	۱۷-۳-۶ علم ارزش خود را نشان می‌دهد
۲۴۷	۱۸-۳-۶ علم و زندگی روزمره
۲۴۸	۱۹-۳-۶ دانش‌های فیزیکی در قرن بیستم
۲۴۹	۲۰-۳-۶ انقلاب در فیزیک و مراحل آن
۲۵۱	۲۱-۳-۶ فیزیک در سال ۱۹۹۶ میلادی
۲۵۲	۲۲-۳-۶ فون لاهه و براگ‌ها: پرتوهای ایکس و بلورها
۲۵۲	۲۳-۳-۶ ساختمان بلورها
۲۵۳	۲۴-۳-۶ نخستین جنگ جهانی: نسبیت
۲۵۴	۲۵-۳-۶ هم‌ارزی جرم و انرژی
۲۵۴	۲۶-۳-۶ انیشتین و جاذبه عمومی
۲۵۵	۲۷-۳-۶ انیشتین و نسبیت
۲۵۸	۲۸-۳-۶ محتوای علمی نظریه انیشتین

۲۵۹	۱۵-۳-۶ اخترشناسی و تلسکوپ‌های بزرگ
۲۵۹	۱۶-۳-۶ اخترفیزیک
۲۶۰	۱۷-۳-۶ آزمایش، پایه نظریه
۲۶۱	۱۸-۳-۶ نوترون‌ها، پوزیترون‌ها و مزون‌ها
۲۶۲	۱۹-۳-۶ رادیو اکتیویته مصنوعی: راکتورهای هسته‌ای
۲۶۳	۲۰-۳-۶ گرمای خورشید
۲۶۳	۲۱-۳-۶ شکافت هسته‌ای، ۱۹۳۸ میلادی
۲۶۴	۲۲-۳-۶ واکنش‌های زنجیری: بمب و راکتور
۲۶۴	۲۳-۳-۶ سریع‌ترین کاربرد دانش
۲۶۵	۲۴-۶-۳ عصر اتم
۲۶۷	۲۵-۳-۶ پرتوهای کیهانی و ذره‌های بنیادی
۲۷۰	۲۶-۳-۶ بی‌سیم و یون‌سپهر
۲۷۱	۲۷-۳-۶ لامپ الکترونیک
۲۷۲	۲۸-۳-۶ رادیو و رادار
۲۷۲	۲۹-۳-۶ موج‌های کوتاه: رادیو اخترشناسی
۲۷۴	۳۰-۳-۶ میکروسکوپ الکترونی
۲۷۵	۳۱-۳-۶ فیزیک حالت جامد
۲۷۶	۳۲-۳-۶ پیزوالکتریسته و تغییر مغناطیسی
۲۷۷	۳۳-۳-۶ ابررساناها
۲۷۷	۳۴-۳-۶ نیمه‌رساناها و ترانزیستورها
۲۷۸	۳۵-۳-۶ لیزرها
۲۷۹	۳۶-۳-۶ هواشناسی

پیشگفتار

آشنایی با علم: علم چیست؟

مقدمه

اصول ابدی هیچ جایی در علم ندارد

برای شناختن علم بیش از هر چیز می‌توانیم آن را چون موجودی زنده تصور کنیم، موجودی که در طول زمان از ترکیب اجزایی معین ابتدا شکل ساده جنینی به خود می‌گیرد و سپس طی مراحل متولد می‌شود و رشد می‌کند. اجرای تشکیل‌دهنده حالت جنینی علم، پاسخ‌های کمابیش درستی بوده‌اند که ذهن انسان کنجکاو برای چراها و چگونگی‌های جهان پیرامون خود می‌بافته است.

می‌توان گفت که نخستین مراحل تشکیل این حالت جنینی در یونان قدیم از میراث تمدن‌های مصر و بین‌النهرین صورت گرفته است و پس از پرورش در بطن تاریخ تحولات زندگی انسان، در اواخر قرن شانزدهم و اوایل قرن هفدهم به صورت آنچه که امروز علم می‌نامیم متولد شده است. این علم ویژگی‌هایی دارد که آن را از حالت جنینی و نیز از دیگر دانستنی‌های انسان متمایز می‌کند. مهم‌ترین ویژگی علم امروزی آن است که بر پایه مشاهده و آزمایش استوار است و نظام‌های گوناگون آن با یکدیگر ارتباط منطقی دارند.

برای شناختن علم امروز، باید از گذشته و مراحل تکامل آن و همچنین عواملی که در رشد و تکامل آن دخالت داشته‌اند، چیزهایی بدانیم و ویژگی‌های کنونی آن را بشناسیم. بنابراین علم را به‌طور خلاصه چنین تعریف می‌کنیم:

علم آن قسمت از شناخت یا معرفت انسان از جهان است که با روش خاص

به نام روش علمی به دست می آید. واژه علم از دیرباز به معنایی وسیع تر برای هرگونه آگاهی و معرفت به کار برده می شده است.

فن آوری عبارت است از دانش کاربرد علم در کار استفاده از طبیعت و ساختن وسایلی که سبب تغییر محیط و کنترل نیروهای طبیعی می شود. فن آوری با علم کاملاً درهم بافته است. اکتشافات پی درپی موجب اختراع و ساختن وسایل تازه می شود و هر اختراع به نوبه خود اکتشافات بیشتر را ممکن می سازد. علم به شناخت چگونگی پدیده های طبیعی و علل آن ها می پردازد و فن آوری از این شناخت استفاده می کند و با اختراع و ساختن ابزارهای تازه، آن پدیده ها را زیر کنترل آدمی در می آورد. با استفاده از مطالعات علمی درباره نور و خواص عدسی ها تلسکوپ ساخته شد و این پیشرفتی بود در زمینه فن آوری به یاری تلسکوپ حوزه دید آدمی گسترش یافت و انسان توانست اهله زهره را ببیند و به این ترتیب تلسکوپ، اصول هیئت کوپرنیکی را تأیید کرد و ناتوانی هیئت بطلمیوسی را در زمینه تبیین ساختمان منظومه شمسی نشان داد.

متفکران قدیم با دیدی کنجکاوانه به پیرامون خود می نگریستند ولی برای توضیح وقایع و حل معماهایی که با آن ها برخورد می کردند تنها به اندیشیدن اکتفا می کردند و از این راه به نظرها و نتایجی دست می یافتند. اینان در بیشتر موارد برای تحقیق درستی نظر خود به آزمایش متکی نبودند بنابراین با کارهای عملی چندان مأنوس نبودند.

در جریان تکامل اجتماعی انسان، نطفه علم «محض» یعنی طلب علم به خاطر علم بسته شد. پدید آمدن علم «محض» در قرن پنجم پیش میلاد را «معجزه یونان» خوانده اند. در آن دوران اندیشه های ریاضی علاوه بر آن که روش هایی برای اندازه گیری و محاسبات در اختیار می گذاشت بلکه به صورت دانشی قیاسی درآمد. پیدایش فلسفه در یونان، به صورت دانشی مستقل از اساطیر و جادو نیز گامی بزرگ در راه پیشرفت دانش انسان و توضیح سرشت پدیده های طبیعی بود. از آن پس بعضی از علوم به صورت واحدهایی وابسته به دانش بشری به طور منظم گسترش یافتند و طی چند قرن چنان رشدی پیدا کردند که از ریشه های خود باز شناخته نمی شدند. شاید نخستین آن ها ریاضیات بود و به دنبال آن اخترشناسی به صورتی متمایز از اخترگویی ظاهر شد. زمان توسعه این علوم طولانی و سرعت آن غیریکنواخت بود و با وجود همه این ها تا اواخر قرن شانزدهم هنوز چهره علم به صورتی که امروزه آن را می شناسیم شناخته نشده بود. زیرا انسان هنوز روش علمی را نمی دانست، یعنی، کلید شناسایی جهان را در اختیار نداشت.

در اواخر قرن شانزدهم و اوایل قرن هفدهم به تدریج مظاهر علم جدید نمایان شد. برخلاف گذشته کاوش‌های علمی بر مبنای آزمایش صورت گرفت و برای انجام آزمایش‌ها وسایلی ساخته می‌شد. به یاری این وسایل بود که دانشمندانی چون گالیله و دکارت موفقیت‌های بزرگی در کار خود به دست آوردند. گالیله درباره حرکت و سقوط اجسام آزمایش‌هایی انجام داد و بعدها نیوتن درباره قوانین حرکت تحقیق نمود و به کمک ریاضیات آن‌ها را تنظیم کرد. به این ترتیب اندیشه‌های نادرست ارسطویی درباره حرکت در هم ریخته شد و علم مکانیک پی‌ریزی گردید. صنعتگر هلندی دوربین اخترشناسی را ساخت. گالیله آن را کامل کرد و به یاری آن نظریات کوپرنیک را تأیید و نظریه زمین مرکزی را از اعتبار انداخت. ریاضیات نیز همگام با شاخه‌های علوم به تدریج رشد می‌کرد. تأثیر شاخه‌های علم بر یکدیگر نیز خود عامل پیشرفتی برای هر یک از آن‌ها بود. به این ترتیب نهال علم به تدریج رشد می‌کرد و از هر سو شاخه‌ای می‌داد و به درختی تنومند تبدیل شد.

پیشرفت‌های علمی انسان طی هفتاد سال اخیر بسیار بیشتر از تمام پیشرفت‌های علمی و فنی در همه قرون گذشته بوده است. چند نمونه ساده، گوشه‌ای از این سرعت حیرت‌انگیز را نشان می‌دهد. نخستین طرح ساده ساختمان اتم در ۱۹۱۳ به وسیله رادرفورد در کنگره فیزیکدانان بروکسل اعلام شد. در سال‌های بعد پیشرفت‌های علمی در این زمینه چنان سرعت یافت که در سال ۱۹۳۸ شکافت مصنوعی هسته اتم صورت گرفت و پس از آن در حدود پانزده عنصر مصنوعی ساخته شد. ذرات بینادی مورد تحقیق قرار گرفت و راکتور اتمی شروع به کار کرد.

نخستین هواپیمای برادران رایت در سال ۱۹۰۷ به پرواز درآمد و به فاصله‌ای در حدود نصف بدنه یک جمبوجت امروزی پرواز کرد و ۶۸ سال بعد در سال ۱۹۷۰ مسافرت به کره ماه عملی شد. شیمیدانان بیش از یک میلیون ماده مصنوعی، یعنی موادی که پیش از این در جهان وجود نداشته‌اند ساختند و با پیدایش وسایل الکترونیکی از قبیل رادیو و تلویزیون سرعت ارتباطات میلیون‌ها بار بیشتر شد.

دکتر مهدی سودمند - محمود جنوبی

دی ماه ۱۳۸۸

فصل اول

فیزیک در جهان باستان

ریاضی در علم، زبانی شاعرانه است، زیرا به خودی خود
تصویرهای تازه و اندیشه‌های تازه می‌تاباند.

عبدالسلام - برنده جایزه نوبل ۱۹۷۹

۱-۱ ریاضیات زبان و ابزار علوم

در بین موجودات روی کره زمین، انسان تنها موجودی است که دارای توانایی استدلال بوده و به‌طور انتزاعی می‌اندیشد و زبانی برای بیان مفاهیم انتزاعی می‌سازد. کلیه زبان‌ها ایجاد شده به‌وسیله انسان وسیله منظمی برای بیان این مفاهیم به‌طور گفتاری یا نوشتاری هستند. کلیه این زبان‌ها دارای ساختار و عناصر مشابهی هستند. این زبان‌ها دارای نمادهای نوشتاری و گفتاری «واژه‌ها» که نمادی از اشیای جهان فیزیکی هستند بوده و دارای ساختار و قواعد ویژه‌ای که اغلب دستوز زبان یا گرامر که استفاده از این نمادها را منظم و استاندارد می‌کنند هستند. کودکان صدای واژه‌هایی را که والدین یا بزرگان‌شان ادا می‌کنند تقلید می‌کنند. با مربوط کردن این صداها به مفاهیم و اشیاء، به تدریج واژه‌نامه‌ای در ذهن خود می‌سازند تا به کمک آن بتوانند نیازها و خواسته‌های خود را بیان کنند. به‌وجود آمدن زبان نوشتاری مرحله پیشرفته‌ای از فرهنگ و تمدن است. بیشتر فرهنگ‌های بدوی دارای زبان گفتاری هستند و هیچ‌گاه موفق به ایجاد یک زبان نوشتاری نشده‌اند. در نتیجه اطلاعات ناچیزی در مورد آن‌ها وجود دارد. زبان نوشتاری پیش‌نیازی برای ثبت اطلاعات برای نسل‌های بعدی است. کلیه تلاش‌های بشری نیازمند گونه‌ای از زبان است. این زبان ممکن است یک زبان محلی و بومی و یا شکل بسیار تخصصی از یک زبان باشد.

در موضوعات مختلف برای بیان عبارت مربوط به آن موضوع به واژه‌های مخصوص نیاز داریم، بنابراین یک واژه ممکن است در زمینه‌های مختلف معانی متفاوتی داشته باشد.

چون علوم فیزیکی حوزه بسیار تخصصی از دانش بشری است برای بیان اصول آن به واژگان تخصصی خاصی نیاز داریم.

گذشته از این از یک زبان بسیار تخصصی که می‌تواند این مفاهیم انتزاعی را به گونه بسیار اقتصادی و منطقی بیان کند استفاده می‌شود. این زبان ریاضیات است. بسیاری از اصول فیزیک را به روشنی می‌توان به زبان ریاضی بیان کرد و با دستکاری نمادهای ریاضی از طریق عملیات جبری، روشی که در ریاضیات مرسوم است و زبان بومی فاقد آن است به نتایج جدیدی می‌توان دست یافت.

در واقع ریاضیات روش کوتاه و میان‌بری برای بیان مفاهیم انتزاعی است. از این نظر ریاضیات یک زبان است. معادله جبری $f = ma$ تنها یک تساوی که می‌گوید کمیت سمت راست برابر با حاصل ضرب دو کمیت سمت چپ است نیست بلکه این کمیت‌ها بیانگر مفاهیم فیزیکی هستند.

ریاضیات به دانشمندان این توانایی را می‌دهد که به روابط علت و معلولی بین مفاهیم از طریق عملیات ریاضی به روابط جدید نهفته در آن دست پیدا کنند و از این نظر ریاضیات ابزار علم است.

شخصی که به مطالعه علوم می‌پردازد باید به زبان و ابزار علوم تسلط پیدا کند. او باید واژه‌نامه تخصصی و نیز روش‌های ریاضی را برای دستکاری نمادهای ریاضی برای رسیدن به بینشی در رابطه بین نمادها بیاموزد.

آنچه که در اینجا برای ما حائز اهمیت است فهم بنیادی این نمادها و اصول فیزیک و سیر تکامل آن و اثر آن بر جامعه در گذشته و نیز تأثیرات آن بر جامعه آینده است.

در این فصل به سبب اهمیتی که ریاضیات در پیشرفت علوم و به ویژه فیزیک داشته است به بیان آن می‌پردازیم.

۱-۱-۱ زبان ریاضیات و اهمیت آن در پیشرفت علم

زبان ریاضی، در امر گسترش و تعمیم مفاهیم ریاضی، اهمیت جدی دارد. آن گونه که افراد یک پیشه درباره کار خود به زبانی صحبت می کنند که تنها برای خود آن ها قابل فهم است ریاضیات هم زبانی مخصوص به خود دارد که به کلی با زبان حرفه ای متفاوت است. زبان حرفه ای در بین عده کمی از متخصصین یک حرفه به کار می رود در حالی که افراد با تخصص های مختلف با زبان ریاضی سروکار دارند.

در همه رشته های مربوط به دانش به زبان ریاضی نیاز داریم به همین مناسبت آشنایی با زبان ریاضی برای همه کسانی که از ریاضیات استفاده می کنند لازم است. گالیله، ریاضیدان، فیزیکدان و کیهان شناس بزرگ ایتالیایی معتقد است که زبان ریاضی برای هر تحصیل کرده ای ضروری است. او می نویسد که طبیعت را «... نمی توان شناخت، مگر این که به زبان آن آشنا باشیم و بتوانیم نوشته های آن را بخوانیم. زبان طبیعت، همان زبان ریاضی است و بدون آن نمی توان طبیعت را درک کرد و بدون آن تنها می توان در راهروهای تاریک و ناآشنای محیط خود، سرگردان شد»

هیبس (۱۸۳۹-۱۹۰۳) فیزیکدان امریکایی، این مطلب را خیلی ساده تر بیان می کند. او در برابر این پرسش که «ریاضیات چیست؟» پاسخ می دهد «زبان طبیعت». زبان ریاضی چیست؟ این زبان از اصطلاح ها، نهادها و علامت های ویژه ای که در این علم به کار می رود به وجود آمده است. این علائم ریاضی زحمت ما را کم می کنند و پیچیدگی های ناشی از نوشته های لفظی را از میان برمی دارند و به کار محاسبه، سادگی و دقت می بخشد.

۱-۱-۲ نیروی ریاضی در انتزاعی بودن آن است

انتزاع، یا جدایی ظاهری از طبیعت و پدیده های محسوس، تنها خاص ریاضیات نیست. هر دانشی، مصالح واقعی خود را از راه مشاهده و تجربه جمع آوری می کند. این مصالح با دید علمی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. نتیجه این بررسی ها، تعمیم داده می شود و بر اساس آن ها، نتیجه گیری علمی به دست می آید.

نتیجه ها، ممکن است به صورت فرض های علمی (فرضیه) و یا به صورت قضیه های ثابت شده علمی (نظریه) باشد. فرضیه های علمی، اگر چه براساس واقعیت ها

تنظیم شده‌اند، هنوز به تحقیق‌های بعدی نیاز دارند، درحالی‌که نظریه‌های علمی در عمل مورد تحقیق قرار گرفته‌اند و همیشه و همه جا، با رعایت چگونگی موضوع آن‌ها، درست‌اند.

علم به چه ترتیب نتیجه بررسی‌های خود را تعمیم می‌دهد؟ برای این‌که نتیجه‌هایی که از راه تجربه و مشاهده فراهم شده است، تعمیم داده شود و از آن‌ها نتیجه‌های علمی، به‌صورت فرضیه‌ها و نظریه‌ها، به‌دست آید، باید موضوع‌های مورد بررسی را از خاصیت‌های اختصاصی و انفرادی و از ماهیت محسوس و مشخص آن‌ها جدا کرد و در جستجوی خاصیت کلی بود که در همه اشیاء و پدیده‌های مورد بررسی، مشترکاً وجود دارد.

بسیاری از اشیاء و پدیده‌ها ویژگی‌ها و خاصیت‌هایی دارند که مخصوص آن‌هاست. همین ویژگی‌هاست که یک شیء یا پدیده را از اشیاء و پدیده‌های دیگر متمایز می‌کند. برای تعمیم علمی، این ویژگی‌ها مورد توجه نیست، بلکه تنها خطوطی از اشیاء و پدیده‌ها در نظر گرفته می‌شود که برای همه آن‌ها مشترک است و در عین حال در هر کدام از اشیاء مورد بررسی هم وجود داشته باشد. این همان راهی است که به سوی تشکیل مفاهیم مجرد و انتزاعی می‌رود.

برتراند راسل می‌گفت: «ریاضیات را بدون فلسفه و فلسفه را بدون ریاضیات نمی‌توان آموخت» ولی در واقع، تنها این فلسفه نیست که چنین پیوند ناگسستنی با ریاضیات دارد، بلکه در همه زمینه‌های دانش بشری می‌توان فعالیت ریاضیات و یا روش‌های ریاضی را دید.

عرصه فعالیت ریاضیات، در طول زمان گسترش یافته و زمینه این گسترش رو به افزایش است. اگر در سده هیجدهم میلادی، ریاضیات اساس کار مکانیک و نجوم بود، در سده نوزدهم برای شاخه‌های ریاضیات، حتی در رشته‌هایی از دانش بشری که به کلی دور از ریاضیات به‌نظر می‌رسند، مثل زیست‌شناسی، زبان‌شناسی، جامعه‌شناسی و غیره، نفوذ کرده است. هر نوع کاربرد تازه‌ای که برای ریاضیات پیدا می‌شود فصل‌های تازه‌ای را در خود ریاضیات به‌وجود می‌آورد. این وضع، تعداد بسیار زیادی شاخه‌های مختلف در ریاضیات پدید آورده است که اختلافشان در حوزه مورد بررسی آن‌هاست. با وجود همه این تجزیه و پراکندگی، ریاضیات به‌صورت یک علم واحد باقی ماند. این

تمایل به یگانگی در ماهیت علوم ریاضی نهفته است که با روش انتزاعی سروکار دارد و اغلب باعث می‌شود در بررسی همه انواع مسئله‌های متفاوتی که در رشته‌های مختلف دانش بشری پیش می‌آید، تنها از یک نوع وسیله ریاضی استفاده کنیم. تمام نیروی ریاضیات، در انتزاعی بودن آن است. بسیاری از نظریه‌های انتزاعی، به خاطر نیازهای علوم عملی به وجود آمده‌اند و طبیعی است که با موفقیت در این علوم به کار می‌روند. برای بیرون آوردن اطلاعات از داده‌های تجربی ریاضیات ضروری است، اما ریاضیات حامل هیچ‌گونه دانشی مربوط به عالم خارج نیست. ریاضیات در کار تجزیه و تحلیل و استفاده بیشتر از داده‌هایی که از راه مشاهده به دست می‌آوریم به ما کمک می‌کند. اما اگر مشاهده‌ای در کار نباشد کاری از ریاضیات ساخته نیست.

۱-۱-۳ ریاضیات پیش از تاریخ

گذشته از اخترشناسی، ریاضیات یکی از قدیمی‌ترین شاخه‌های تلاش ذهنی بشر است، احتمالاً در اعصار پیش از تاریخ، مفهوم عدد به عنوان یک مفهوم انتزاعی پدید آمد. دور نیست که شمردن اعداد، قدیمی‌ترین شکل سخن گفتن بوده باشد. زندگی انسان چادر نشین بدوی به گله‌های بز و گوسفند وابسته بوده است. چوپانی که گله خود را به چراگاه می‌برد شامگاه هنگام مراجعت می‌خواست بداند که آیا همه گوسفندان خود را برگردانده است یا نه برای این کار لازم بود که گوسفندان خود را بشمارد اما چوپان عهد حجر هنوز شمردن را نمی‌دانست. ولی جهل او مانع آن نمی‌شد که وی تعداد واقعی آن‌ها را معین کند و در این کار از گزینه طبیعی خود استفاده می‌کرد.

بزودی چه چوپان و چه کشاورز که احتیاج داشتند تعداد احشام و وسعت مزرعه خود را تعیین کنند مجبور شدند نوعی وسیله شمارش دقیق، غیر از گزینه طبیعی خود به وجود آورند. آن‌ها در نخستین مرحله عمل شمارش را با مقایسه یک به یک گوسفندان با انگشتان دست خود شروع کردند و از این مقایسه، به مفهوم انتزاعی عدد، کمیت مستقل از اشیای فیزیکی رسیدند. اعمال ریاضی، مانند جمع و تفریق احتمالاً از دسته‌بندی اجسام به وجود آمد.

از بین تمدن‌های باستانی دو تمدن مصری و بابلی سهم مهمی در رشد ریاضیات داشته‌اند. حدود ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد آن‌ها توانستند زبان نوشتاری و نمادهایی برای

مفاهیم ریاضی مانند اعداد کامل ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۰ و نیز کسرهایی مانند $\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{3}$ ، $\frac{1}{4}$ ، $\frac{2}{3}$ و غیره به وجود آورند و توانستند روشی برای تعیین مساحت شکل‌های هندسی ساده مانند مربع، مستطیل، دایره، مثلث و حجم اجسامی مانند استوانه، مکعب، کره و غیره ایجاد کنند.

به‌طورکلی مردمان در آن عصر ریاضیات را به‌عنوان یک ضرورت و سازگار با قواعد تجربی خود توسعه بخشیدند. اقتصاد و بازرگانی و نیز روش‌های محاسبات بازرگانی و بهره‌وآم‌ها و استفاده از اوزان و معیارها به ریاضیات و جبر ساده منجر شد. هندسه از نیاز مردم مصر برای مساحی پیرامون مزارع بعد از طغیان سالیانه رودخانه نیل برای تعیین مساحت مزارع و محاسبه حجم انبارهای گندم و معابد مثلاً هرم بزرگ جیزه حاصل شد.

ریاضیات نقش عمده‌ای در اخترشناسی و ستاره‌شناسی بابلی‌ها و مصری‌ها داشته است. آن‌ها معتقد به پرستش خورشید، ماه و ستارگان بوده‌اند. مصری‌ها خورشید را (Ra) و الهه ماه به نام (Isis) را ستایش می‌کردند و معابدی برای آن‌ها ساخته بودند. از مشاهده اجرام سماوی برای تعیین زمان صحیح کشت غلات و پیش‌بینی زمان طغیان رود نیل بهره می‌جستند. مشاهدات دقیق خورشید، ماه و ستارگان در حرکت آن‌ها نظم معینی را نشان می‌داد. با ثبت دقیق موقعیت این اجرام سماوی و با کمک ریاضیات، مصری‌ها توانستند تقویمی بسازند.

از مشاهده موقعیت خورشید در طی سالیان، مصری‌ها طول سال خورشیدی را تقریباً $\frac{1}{4}$ ۳۶۵ روز به‌دست آوردند. بر عکس بابلی‌ها تقویم خود را بر پایه موقعیت ماه بنا نهادند و تقویم قمری با طول ماه ۲۹ و ۳۰ روز ایجاد کردند و سال را به ۱۲ ماه تقریباً ۳۰ روزه و افزودن یک روز در صورت نیاز بنا کردند.

مصری‌ها یک دستگاه شمارش بر پایه عدد ۱۰ یعنی دستگاه شمارش اعشاری را به‌وجود آوردند و نشانه‌هایی برای اعداد یک، صد و هزار و کسره‌های واحد ساده مانند یک دوّم، یک چهارم و غیره داشتند.

بابلی‌ها دستگاه شمارش دیگری بر پایه شصت بنا نهادند و آن را دستگاه شمارش شش‌دهی نامیدند (Sexagesimal) و نمادهایی برای اعداد یک، شصت و غیره داشتند. آن‌ها ارزش مکانی برای اعداد مانند آنچه که امروزه به‌کار می‌بریم قائل بودند و مکان عدد ارزش آن را تعیین می‌کرد. مانند عدد ۱۲ به معنایی دوازده و ۲۱ به معنایی

بیست و یک. با استفاده از دستگاه شش‌دهی بابلی‌ها ساعت را به ۶۰ دقیقه ۶۰ ثانیه‌ای تقسیم کردند آن‌ها دایره را به ۳۶۰ درجه و درجه را به ۶۰ دقیقه قوسی تقسیم نمودند و جدول خاص و پیچیده‌ای برای عملیات ریاضی ضرب و تقسیم در این دستگاه شمارش ایجاد کردند. بابل‌ها و مصری‌ها در هندسه روشی برای محاسبه مساحت شکل‌های ساده و حجم مخروط و هرم ابداع کردند و بابلی‌ها از عدد ۳ برای محاسبه مساحت دایره به‌عنوان یک ثابت استفاده می‌کردند. مصری‌ها از عدد ۳.۱۶ برای این ثابت استفاده می‌کردند که دقیق‌تر بود.

بابل‌ها و مصری‌ها ریاضیات را یک هنر عملی و نه یک علم دارای ارزش مطالعه می‌شمردند. از نظر آن‌ها ریاضیات یک ابزار مفید در بازرگانی، کشاورزی، معماری و مذهب بود. آن‌گونه که امروز می‌دانیم توسعه ریاضیات یک تلاش ذهنی با ارزش مطالعه است و سرچشمه در یونان دارد.

۱-۱-۴ عصر طلایی یونان

بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ قبل از میلاد تمدن یونان با مرکزیت آتن به اوج خلاقیت ذهنی و دستاوردهای برجسته در هنر، فلسفه، ریاضیات و علوم خود رسید. در این دوره که به عهده طلایی یونان مشهور است یونانی‌ها ریاضیات را به‌صورت شاخه‌ای انتزاعی و بغایت ساخته از ذهن انسان توسعه بخشیدند و توجه خود را به‌جای کاربردهای عملی ریاضیات به مفاهیم انتزاعی وابسته به اعداد معطوف داشتند.

آن‌ها مفاهیم ریاضی مانند دایره و یا خط مستقیم را آرمانی کردند و نظریه‌های خود را در مورد کمال ریاضی در هنر، ادبیات و معماری بکار بردند.

هندسه سرچشمه‌ای در مصر و بابل دارد و اغلب آن را «هدیه نیل» می‌نامند. زیرا بعد از طغیان سالیان رودخانه نیل مساحی و تعیین مرز مزارع که به‌وسیله آب‌های سیلاب از بین رفته بود ضروری بود. هندسه (geometry)، اسم خود را از واژه یونانی «اندازه‌گیری زمین» گرفته است.

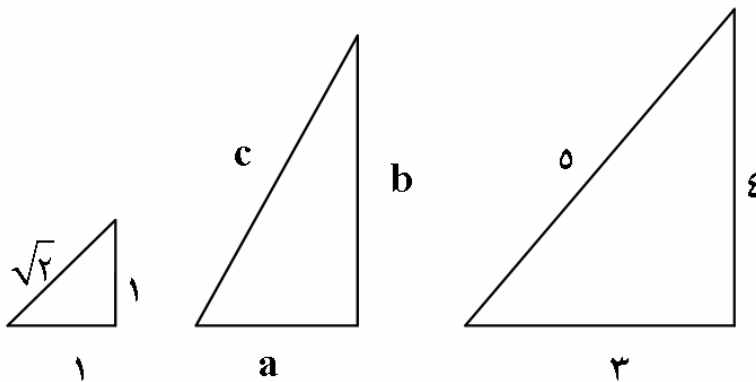
۱-۱-۵ فیثاغورثی‌ها

در قرن ششم قبل از میلاد ریاضیدان یونانی به‌نام فیثاغورث برای فهم عمیق‌تر جهان فیزیکی مفهوم اعداد کامل را مطالعه کرد. او معتقد بود که طبیعت مطابق اصول ریاضی

مشخص پی‌ریزی شده و به‌وسیله روابط ریاضی قابل بررسی است. اندیشیدن در مورد، رابطه اعداد با جهان فیزیکی به کشفیات مهمی منجر شد.

فیثاغورث علاقه خاصی به رابطه اعداد مربع کامل با هندسه داشت. او کشف کرد که حاصل جمع مربع اعداد خاصی با مربع عدد دیگری برابر است مثلاً $۳^۲ + ۴^۲ = ۵^۲$ یا $۹ + ۱۶ = ۲۵$ است. اعدادی مانند ۳، ۴، ۵ را سه‌تایی‌های فیثاغورث می‌نامند. فیثاغورث این اعداد را برای ساختن مثلث‌های قائم‌الزاویه که وتر آن بزرگ‌ترین این اعداد است به‌کار برد و ثابت کرد که در حالت کلی و در هر مثلث قائم‌الزاویه با اضلاع a و b و c رابطه $a^۲ + b^۲ = c^۲$ درست است. این رابطه را امروز قضیه فیثاغورث می‌نامند.

این نتیجه به‌زودی به نتایج غیرمنتظره و ناخواسته‌ای منجر شد و برای فیثاغورثی‌ها مشکلات فلسفی به‌وجود آورد. وقتی این قضیه را در مورد مثلث‌هایی با اضلاع کوچک‌تری به طول یک به‌کار ببریم به نتایج عجیبی می‌رسیم. طبق قضیه فیثاغورث $۱^۲ + ۱^۲ = ۲$ است و چون ۲ برابر با مقدار $c^۲$ مطابق فرمول است. پس ۲ باید یک عدد کامل باشد ولی چه عددی دارای مربع ۲ است؟ جواب این است که هیچ عددی گذشته از این هیچ کسری از یک نیز دارای مربع ۲ نیست. پس c باید عدد نوع جدیدی باشد که امروزه آن را عدد گنگ می‌نامیم. فیثاغورثی‌ها این نتیجه را به‌عنوان یک عدد قبول نداشتند و آن را به‌عنوان یک طول هندسی تفسیر می‌کردند. زیرا این کمیت‌ها با نیازهای فلسفی اعداد مطابقت نداشتند.



شکل ۱-۱

فیثاغورثی‌ها به رابطه اعداد با موسیقی علاقمند بودند. آن‌ها یک رابطه ریاضی در سازواری گام‌های موسیقی کشف کردند و عقیده داشتند که این سازواری در طبیعت نیز وجود دارد و اجرام سماوی اصوات هماهنگی که با فاصله و سرعت آن‌ها متناسب است ایجاد می‌کنند. چنین رابطه هماهنگی را در طی اعصار کشف کرده و آن را «موسیقی کرات» نامیدند.

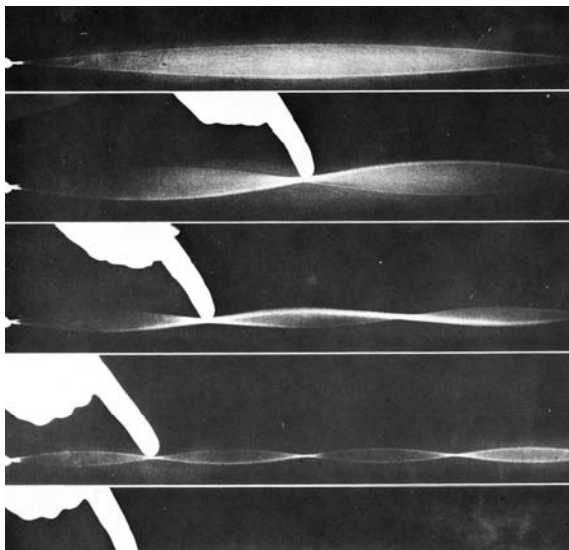
فیثاغورث میان سازواری موسیقایی و ریاضیات رابطه اساسی یافت. آنچه که او کشف کرد بسیار دقیق و روشن بود. هرگاه تار کشیده‌ای را به ارتعاش در آوریم، یک نت اصلی ایجاد می‌شود. تنهایی که با این نت سازواری دارند با تقسیم طول تار به تعداد کاملاً درستی از اجزای آن به دست می‌آیند: به دو جزء درست، به سه جزء درست، به چهار جزء درست و الی آخر. اگر نقطه‌ی ساکن تار یا گره، بر یکی از این نقاط مشخص قرار نگیرد صدا ناساز است.

وقتی گره را در طول تار جابه‌جا کنیم هنگامی که به نقطه‌های یاد شده می‌رسیم، نت‌هایی حاصل می‌شوند که سازواری دارند. با تمامی تار آغاز کنید: این نت اصلی است. گره را به نقطه وسط منتقل کنید: این نت یک اکتاو بالاتر از نت اصلی است. گره را به یک‌سوم طول تار ببرید: کوینت صوت اصلی به دست می‌آید. گره را به نقطه یک‌چهارم ببرید ارتفاع صوت یک اکتاو دیگر بالا خواهد رفت و اگر گره را به نقطه یک‌پنجم منتقل کنید این تیرس ماژور (Tierce) صوت اصلی را به دست خواهد داد.

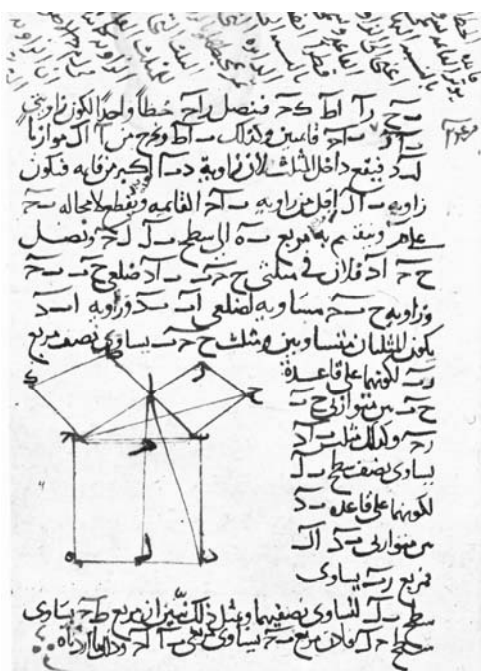
فیثاغورثیان گام‌های موسیقی بر پایه اعداد ۱، ۲، ۳ و ۴ ایجاد کردند. نه به این دلیل که این اعداد سازوارترین صداها را ایجاد می‌کنند بلکه به این دلیل که جمع این اعداد برابر با ده است که یک عدد آرمانی تصور می‌شد.

این پژوهش سبب شد که فیثاغورثیان مفهوم کسر و نسبت را مطالعه کنند. نسبت اعداد ۱۲، ۸ و ۶ سازوارترین صداها را ایجاد می‌کردند. سپس فیثاغورثیان کشف کردند که این نسبت‌ها در شکل‌های هندسی نیز وجود دارد، مکعب دارای ۱۲ وجه، ۸ زاویه و ۶ رویه است و این رابطه را (سازواری هندسی) نامیدند.

فیثاغورثیان دریافته‌اند که صداهاى خوشایند به گوش با تقسیم طول تمام تار بر اعداد درست متناظر است و آن‌ها متقاعد شده بودند که نه تنها صداهاى طبیعت، بلکه همه ابعاد ممیز آن نیز باید اعدادی ساده و دارای سازواری باشند.



شکل ۱-۲. فیثاغورث رابطه اساسی میان سازواری موسیقایی و ریاضیات به دست آورد.



شکل ۳-۱. فیثاغورثیان ثابت کردند که اعداد درست بر جهان صوت حاکم اند.

۱-۱-۶ قانون فیثاغورث در مورد تارها

فیثاغورث با اطمینان به این که اعداد بر جهان حکمروایی می‌کنند به تحقیق درباره رابطه میان طول تارها در آلات موسیقی پرداخت و به این منظور تاری به‌کار برد که طولش بتواند تغییر کند و از طرف وزنه‌ای آویخته به آن بتواند تحت کشش‌های مختلف قرار گیرد. او دریافت که با ثابت نگاه داشتن وزنه و تغییر طول تار آهنگ‌های هماهنگ زوج وقتی به‌دست می‌آید که طول‌های تار به نسبت اعداد ساده باشد. نسبت طول ۲:۱ مربوط به چیزی بود که آن را "اکتاو" نامیدند. نسبت ۳:۲ مربوط بود به "یک‌پنجم" و نسبت ۴:۳ مربوط بود به "یک‌چهارم". این کشف شاید نخستین بیان ریاضی یک قانون فیزیک باشد و بتواند همچون نخستین گام در پیدایش آنچه که اکنون فیزیک نظری می‌نامیم به‌شمار رود. امروزه این قانون را چنین بیان می‌کنیم: بسامد، یعنی تعداد ارتعاشات در ثانیه، در یک تار معین که تحت کشش معینی قرار گرفته است «متناسب با عکس طول تار است». و طول تارهایی که هماهنگ‌های کامل را تولید می‌کنند به نسبت‌های عددی ساده هستند و آن قسمت از مغز که پیام‌های عصبی از گوش به آنجا می‌رسد چنان ساخته شده است که نسبت‌های بسامدی ساده، مانند ۴:۳ برای آن خوشایند است.

با این بیان فیثاغورث از این هم یک قدم فراتر رفت:

چون حرکت سیارات باید موزون باشد فواصل آن‌ها از زمین باید به همان نسبت طول‌های تارهایی باشد که هفت آهنگ اصلی چنگ، اسباب موسیقی ملی یونان، را تولید می‌کنند. این پیشنهاد شاید نخستین مثال باشد از چیزی که اکنون اغلب آن را "نظریه آسیب‌شناسی فیزیکی" می‌نامیم.

۱-۱-۷ دمکریتوس اتم‌شناس

یک نظریه‌پرداز فیزیکی مهم دیگر، که در اصطلاح جدید توانسته است "نظریه بدون هیچ شالوده تجربی" نامیده شود ولی معلوم شده است که رویایی است تحقق یافته، توسط فیلسوف یونانی دیگری به نام دمکریتوس پیشنهاد شد که در سال ۴۰۰ ق. م می‌زیست و می‌اندیشید و تعلیم می‌داد. دمکریتوس این نظر را ابراز کرد که هر جسم مادی مجموعه‌ای است از ذره‌های بی‌شمار و چنان خردی که چشم آدم قادر به دیدن