



# تاریخ علم

تبیین جهان هستی

استیون واینبرگ

ترجمه‌ی

جمیل آریایی

زمت‌لانت ماریار

## فهرست مطالب

---

۷	آغاز سخن
۱۳	بخش اول: فیزیک یونان
۱۵	فصل ۱: ماده و شعر
۲۷	فصل ۲: موسیقی و ریاضیات
۳۵	فصل ۳: حرکت و فلسفه
۴۳	فصل ۴: فیزیک و فن آوری هلنی
۵۵	فصل ۵: علم و دین باستان
۶۳	بخش دوم: اخترشناسی یونان
۶۵	فصل ۶: کاربردهای اخترشناسی
۷۳	فصل ۷: اندازه گیری خورشید، ماه، و زمین
۸۷	فصل ۸: مسئله ی سیارات
۱۰۹	بخش سوم: قرون وسطا
۱۱۱	فصل ۹: اعراب
۱۳۱	فصل ۱۰: اروپای قرون وسطا
۱۴۹	بخش چهارم: انقلاب علمی
۱۵۱	فصل ۱۱: منظومه ی شمسی
۱۹۱	فصل ۱۲: آزمایش آغاز شد
۲۰۳	فصل ۱۳: بازنگری در روش
۲۱۵	فصل ۱۴: پژوهش های نیوتون
۲۵۳	فصل ۱۵: سخن پایانی
۲۱۵	فصل ۱۴: پژوهش های نیوتون
۲۶۷	یادداشت های فنی
۳۴۱	یادداشت های پایانی
۳۵۱	نمایه

لختی درنگ کن! تا برای تو حدیث سایه را بخوانم:  
این سه ساعتی که با هم گذرانندیم و قدم زدیم  
دو سایه به دنبال ما آمدند که خود ساخته بودیم  
حال که خورشید بالای سرماست  
این دو سایه را زیر پاله کرده ایم؛  
و فروگاهی همه چیز را نمایان ساخته است.

— جان دان، «خطابه‌ای در باب سایه»

## آغاز سخن

من فیزیکدان هستم، نه تاریخدان، با این حال طی سالیان، اندک اندک شیفته‌ی تاریخ علم شده‌ام. تاریخ علم داستان حیرت‌انگیزی است که در تاریخ آدمی یکی از جالب‌ترین آن‌هاست. تاریخ علم داستانی است که دانشمندی چون من در آن سهم داریم. دانشی از پژوهش‌های گذشته می‌تواند چراغ راه پژوهش‌های امروزی و یاری‌رسان آن باشد و برای برخی از دانشمندان، دانش تاریخ علم الهام‌بخش پژوهش‌های کنونی آن‌هاست. با وجود این، امیدواریم پژوهش‌های امروزی ما بخشی، هر چند ناچیز، از تاریخ بزرگ علوم طبیعی باشد.

من که در نوشته‌ی پیشین‌ام به اختصار به تاریخ پرداخته‌ام، بیشتر تاریخ مدرن فیزیک بوده که کم و بیش از اواخر قرن نوزدهم شروع می‌شود و تا حال حاضر ادامه می‌یابد. هرچند در این عصر بوده که ما مطالب زیادی آموخته‌ایم، اما اهداف و معیارهای علوم فیزیکی به لحاظ محتوایی فرق نکرده است. هرگاه می‌شد به فیزیکدان‌های سال ۱۹۰۰ مدل استاندارد کیهان‌شناسی و فیزیک ذرات بنیادی را آموخت آن را حیرت‌انگیز می‌یافتند، اما ایده‌ی جستجوی اصول خشکی که به شکل ریاضی درآمده و آزمایش آن‌ها را تأیید کرده است و دست‌آخر تنوع گسترده‌ای از پدیده‌ها را توضیح می‌دهند، برای آن‌ها از هر نظر آشنا می‌آمد.

مدت‌ها پیش به این نتیجه رسیدم که نیاز دارم درباره‌ی تاریخ علم ادوار گذشته، آنگاه که هنوز اهداف و معیارهای علم به شکل کنونی خود در نیامده بود، بیشتر و عمیق‌تر بدانم. طبیعی بود که مثل هر تحصیل‌کرده‌ای، من هم هر بار که خواسته‌ام مطلبی را بیاموزم، داوطلب شده‌ام آن را درس بدهم. در طول دهه‌ی گذشته در دانشگاه تکزاس هر از گاه برای آن دسته از دانشجویان دوره‌ی کارشناسی که زمینه‌ای در علم، ریاضیات، یا تاریخ نداشته‌اند، تاریخ علم و اخترشناسی درس داده‌ام. این کتاب کامل‌شده‌ی یادداشت‌های این درس‌هاست.

با کامل شدن کتاب، شاید قادر بوده‌ام که چیزی بیش از نوعی روایت‌گونه‌ی ساده از مطلب را بازگو کنم که نگرش دانشمند در حال پژوهش امروزی به علم گذشته است. فرصتی بوده که نگرش خودم به طبیعت علوم فیزیکی و رابطه‌ی تنگاتنگ آن با دین، فناوری، فلسفه، ریاضیات، و زیباشناسی را توضیح دهم.

مقابل تاریخ هم نوعی علم وجود داشته است. طبیعت هر لحظه تنوعی از پدیده‌های رازآلوده‌ای را در برابر ما می‌گستراند: آتش، توفان‌های تندی، و با، حرکت سیارات، نور، جذر و مدّ، و غیره. با مشاهده‌ی جهان هستی توانسته‌ایم دانش‌مان را تعمیم دهیم و دریابیم که آتش گرم است، تندر حکایت از باران دارد، آنگاه که ماه کامل یا تازه باشد جذر و مدّ بالاترین ارتفاع را دارد، و الی‌آخر. این‌ها بخشی از عقل سلیم نوع آدمی شده‌اند. اما این‌جا و آن‌جا بعضی‌ها طالب چیزی بیش از گردآوری واقعیت‌ها بوده‌اند. آن‌ها خواسته‌اند جهان هستی را توضیح دهند.

ساده نبود. تنها نه این که گذشته‌گان ما آنچه را ما درباره‌ی جهان هستی می‌دانیم نمی‌دانستند، بلکه مهم‌تر از آن، نمی‌دانستند چه چیزهایی را باید درباره‌ی جهان هستی بدانند و چگونه باید آن‌ها را بیاموزند. در حین آماده‌سازی یادداشت‌های این درس، بارها و بارها از اختلافی که بین علم در قرون گذشته و علم دوران خودم وجود دارد شگفت‌زده شده‌ام. ال پی هارتلی در رمان واسطه می‌گوید «گذشته کشور بیگانه‌ای است؛ مردم در آن کارها را جور دیگری انجام می‌دهند.» امیدوارم در این کتاب به خواننده نه تنها نشان داده باشم که در تاریخ علوم دقیقه چه رخ داده، بلکه این احساس را به وی منتقل کرده باشم که انجام این کارها چقدر دشوار بوده است.

بنابراین این کتاب تنها به این اکتفا نمی‌کند که بگوید چگونه پدیده‌های گوناگون جهان هستی را آموخته‌ایم. طبیعی است یکی از ویژگی‌های هر کتاب تاریخ علم نیز باید همین باشد. رهیافت من اندکی متفاوت بوده و خواسته‌ام نشان دهم که چگونه آموختیم که چگونه درباره‌ی طبیعت بیاموزیم.

آگاه‌ام که واژه‌ی «تبیین» در عنوان این کتاب، فلاسفه‌ی علم را با مشکلاتی روبرو می‌کند. آن‌ها اشاره کرده‌اند که تمایز دقیق بین تبیین و توصیف مشکل است. (در فصل ۸ در این باره اندکی خواهم گفت.) اما این کتاب درباره‌ی تاریخ علم است نه فلسفه‌ی علم. منظوری که از تبیین دارم دقیق نیست بلکه به معنی روزمره‌ی آن است، برای مثال، آنگاه که تلاش می‌کنیم توضیح بدهیم چرا اسبی در مسابقه برنده شده یا چرا هواپیمایی سقوط کرده است.

واژه‌ی «کشف» در زیرعنوان این کتاب نیز مشکل‌ساز است. خواستم زیرعنوان کتاب را ابداع علوم مدرن بگذارم. گذشته از این‌ها، اگر انسان‌ها علم را به کار نمی‌بردند، علمی وجود نمی‌داشت. به جای این که از «ابداع» استفاده کنم «کشف»

را به کار برده‌ام تا بگویم علم به آن شکلی که امروزه هست، به خاطر ابداعات تاریخی مختلف نیست، بلکه به خاطر این است که طبیعت آن را دیکته کرده است. علوم مدرن با همه‌ی نواقصی که دارد فنی است که چنان با طبیعت جفت و جور است که می‌توان آن را درباره‌ی طبیعت به کار برد و مطالب قابل اطمینانی درباره‌ی جهان هستی آموخت. از این دیدگاه، علم فنی است که منتظر مانده تا انسان‌ها آن را کشف کنند.

بنابراین ما می‌توانیم درباره‌ی کشف علم همان حرف‌هایی را بزنیم که تاریخدان‌ها درباره‌ی کشف کشاورزی می‌زنند. کشاورزی، با آن تنوع و نواقصی که دارد، روشی است که به این خاطر به شکل کنونی درآمده که در عمل به خوبی با واقعیت‌های زیست‌شناختی سازگار است و از این‌رو چنان عمل می‌کند که ما می‌توانیم مواد غذایی خود را بار بیاوریم.

هدف دیگری که از آوردن این زیرعنوان داشتم این بود که می‌خواستم از تعداد اندکی ساختارگرای اجتماعی که هنوز هستند فاصله بگیرم، از جمله از آن جامعه‌شناسان، فلاسفه، و تاریخدان‌هایی که نه تنها فرآیند علم را توضیح می‌دهند بلکه حتی بر این باورند که نتایج علم محصول جامعه‌ی فرهنگی خاص است. در میان شاخه‌های علم، این کتاب بر فیزیک و اخترشناسی تأکید دارد. در فیزیک بود که نخستین‌بار علم به شکل مدرن درآمد، به ویژه آنگاه که در اخترشناسی به کار برده شد. البته تا حدی می‌توان علمی مانند زیست‌شناسی را که اصول آن بیشتر به رویدادهای تاریخی بستگی دارند، بر اساس فیزیک مدل‌سازی کرد. با این حال، از نقطه نظرهایی پیشرفت زیست‌شناسی علمی و نیز شیمی در قرون نوزده و بیست از الگوی انقلاب قرن هفدهم در فیزیک پیروی کرده است.

امروزه علم بین‌المللی است، آن هم بین‌المللی‌تر از هر ویژگی دیگر تمدن ما، اما کشف علم مدرن کم و بیش در غرب رخ داده است. علم مدرن روش‌های خود را از پژوهش‌هایی آموخته است که در طول انقلاب علمی در اروپا انجام شده که آن نیز روش‌های خود را از پژوهش‌هایی آموخته است که در طول قرون وسطی در اروپا و کشورهای عربی انجام شده که سرچشمه‌اش به علوم آغازین یونانیان می‌رسد. غرب بیشتر دانش علمی خود را از جاهای دیگر به عاریت گرفته است، هندسه را از مصر، داده‌های اخترشناختی را از بابل، فنون حساب را از بابل و هند، قطب‌نما را از چین، و الی‌آخر، اما تا جایی که من می‌دانم، روش‌های

علوم مدرن را نه. بنابراین این کتاب نیز مثل اسوالت اسپنگلر<sup>۱</sup> و آرنولد توین بی<sup>۲</sup> بر غرب (و نیز اسلام قرون وسطایی) تأکید دارد و من از علوم خارج از غرب کمتر سخن خواهم گفت و از پیشرفت جالب و کاملاً تک‌افتاده‌ی علم در عصر ماقبل کریستف کلمب آمریکا هیچ نخواهم گفت.

در روایت این داستان به زمینه خطرناکی قدم خواهم گذاشت که تاریخدان‌های معاصر به ظرافت از آن دوری کرده‌اند و آن داوری گذشته با معیارهای امروزی است. چنین روایتی گستاخانه است و من بی‌میل نیستم که روش‌ها و نظریه‌های گذشته را با نگاهی امروزی نقد کنم. من از برملا کردن خطاهایی که قهرمانان علم مرتکب شده‌اند و تاریخدان‌ها از آن‌ها گذشته‌اند شادمان هستم.

تاریخدانی که عمر خود را وقف مطالعه‌ی پژوهش‌های مرد بزرگی در گذشته کرده است، چه بسا در گزارش دست‌آوردهای قهرمان‌اش به گزافه رفته باشد. من دیده‌ام که به ویژه در توصیف کارهای افلاطون، ارسطو، بوعلی سینا، گروستست، و دکارت، تاریخدان‌ها چنین کرده‌اند. اما قصد من این نیست که فلاسفه‌ی طبیعی گذشته را به خاطر چنین حماقتی سرزنش کنم، بلکه با نشان دادن این که چقدر برداشت این متفکران بزرگ با برداشت کنونی ما از علم متفاوت بوده است، می‌خواهم نشان بدهم که کشف علوم مدرن چقدر مشکل بوده و به کارگیری و استانداردهای آن چقدر دور از انتظار بوده‌اند. آنچه گفتم هشدار می‌دهد که چه بسا علم هنوز شکل نهایی خود را نیافته است. چند جا در این کتاب پیشنهاد می‌کنم که هر قدر هم در روش‌های علم پیشرفت حاصل شده باشد، شاید ما امروزه هنوز داریم تعدادی از خطاهای گذشته را تکرار می‌کنیم.

بعضی از تاریخدان‌های علم به این عقیده‌ی پوسیده پای‌بند هستند که در مطالعه‌ی دانش علمی گذشته نباید از دانش علمی امروزی یاری جست. به گمان من که ما باید از دانش کنونی خود استفاده کرده و علم گذشته را روشن کنیم. برای مثال، هرچند شاید فعالیت فکری جالبی باشد که سعی کنیم بفهمیم چگونه اخترشناسان یونانی آپولونی‌یس و هیپارخوس با استفاده از داده‌هایی که در اختیار داشتند نظریه‌ای پرداختند که بر طبق آن سیارات روی مدارهای تدویری به دور

۱. اسوالت اسپنگلر (۱۹۳۶-۱۸۸۰) تاریخدان و فلسفه‌دان تاریخ آلمانی بود که به ریاضیات، علم، و

هنر علاقه داشت. مترجم

۲. آرنولد توین بی (۱۹۷۵-۱۸۸۹) تاریخدان، فلسفه‌دان تاریخ از بریتانیایی بود که در مدرسه‌ی اقتصاد لندن و دانشگاه لندن سمت استادی تاریخ بین‌الملل داشت. وی کتاب‌های متعددی نوشته است. مترجم



زمین می‌گردند که امری است ناممکن، چون بسیاری از داده‌هایی که آن‌ها به کار برده‌اند امروزه بی‌ارزش شده‌اند. اما ما می‌دانیم که در زمان‌های باستان زمین و سیارات، درست مثل امروز، روی مدارهای تقریباً دایره‌ای به دور خورشید چرخیده‌اند و با استفاده از این دانش ما قادریم درک کنیم که چگونه اخترشناسان باستان با داده‌هایی که در اختیار داشتند می‌توانستند نظریه‌ی دایره‌ی مسیر خود را بنا کنند. به هر حال، چگونه می‌توانیم امروزه با خواندن اخترشناسی باستان، دانش کنونی خود درباره‌ی این که در منظومه‌ی شمسی چه چیزی به دور چه چیزی می‌گردد را فراموش کنیم؟

خوانندگانی که می‌خواهند دقیق‌تر درک کنند چگونه پژوهش‌های دانشمندان گذشته با آنچه در طبیعت رخ می‌دهد جفت و جور می‌شوند، باید «یادداشت‌های فنی» پایان کتاب را بخوانند. برای این که متن کتاب را بفهمیم لازم نیست این یادداشت‌ها را بخوانیم، با وجود این، شاید تعدادی از خوانندگان، مثل خود من که این یادداشت‌ها را آماده می‌کردم، مطالب جالبی از فیزیک و اخترشناسی را یاد بگیرند.

امروزه علم آن چیزی نیست که در آغاز بود. نتایج علم جنبه‌ی شخصی ندارند. الهام و داوری زیباشناختی در پیشرفت نظریه‌های علمی مهم هستند، اما راستی‌آزمایی این نظریه‌ها دست‌آخر بر آزمون‌های آزمایشگاهی غیرشخصی پیشگویی‌های آن‌ها متکی است. اگرچه در فرمول‌بندی نظریه‌های فیزیکی و محاسبه‌ی نتایج حاصل از آن‌ها، از ریاضیات استفاده می‌شود اما علم شاخه‌ای از ریاضیات نیست و نظریه‌های علمی را نمی‌توان از استدلال‌های ریاضی محض استنتاج کرد. علم و فناوری یاری‌رسان یکدیگرند، با وجود این، علم در بنیادی‌ترین سطح خود، به خاطر کاربردهایی که دارد مطالعه نمی‌شود. هر چند علم درباره‌ی هستی خدا یا حیات بعد از مرگ چیزی برای گفتن ندارد، اما هدف علم این است که آن دسته از پدیده‌های طبیعی را توضیح دهد که دنیوی محض هستند. علم ویژگی انباشتی دارد و هر نظریه‌ی تازه‌ای نظریه‌های پیشین را به شکل تقریب‌هایی از خود در دل نهفته دارد و آنگاه که این نظریه‌ها به درستی پدیده‌ها را تبیین کنند، حتی توضیح می‌دهد که چرا این تقریب‌ها باید کارگر باشند.

هیچ‌کدام از آنچه را گفتیم دانشمندان دنیای باستان یا قرون وسطی نمی‌دانستند و این‌ها همه را با مشکل فراوان انقلاب علمی قرون ۱۶ و ۱۷ آموخته‌ایم. هدف از آغاز، علم مدرن نبود. پس چگونه ما به انقلاب علمی دست یافتیم و امروزه کجا

۱۲ تاریخ علم: نگاهی بر علم مدرن

هستیم؟ این همان پرسشی است که با کندوکاو کشف علم مدرن باید تلاش کنیم به آن پاسخ بدهیم.

## فیزیک یونان

در دوران شکوفایی علم یونان یا پیش از آن، بابلیان، چینیان، مصریان، هندیان، و دیگران سهم به سزایی در فناوری، ریاضیات، و اخترشناسی داشته‌اند. با این حال، از یونانی‌ها بود که اروپا الگو و الهام گرفت و علم مدرن در اروپا آغاز شد، آن سان که یونانیان نقش ویژه‌ای در کشف علم بازی کردند.

چرا یونانیان این چنین دست‌آوردهای زیادی داشته‌اند؟ باید بدانیم که علم یونان آنگاه پا گرفت که یونانیان در شهرهای ایالتی مستقل کوچکی می‌زیسته‌اند و در بسیاری از آن‌ها دموکراسی برقرار بود. با وجود این، آن‌گونه که خواهیم دید، یونانیان شگفت‌انگیزترین دست‌آوردهای علمی خود را زمانی به دست آوردند که این ایالت‌های کوچک در قدرت‌های بزرگ جذب شدند که اولی پادشاهی‌های یونانی و بعدی امپراتوری روم بود. سهم یونانیان در علوم و ریاضیات در دوران یونان‌مداری و رومی تا دوران انقلاب علمی قرون شانزده و هفده در اروپا بی‌رقیب ماند.

این بخش از گفتار من درباره‌ی علم یونان، به فیزیک اختصاص دارد و اخت‌رشناسی یونان را به بخش ۲ موكول می‌كنم. بخش ۱ را به پنج فصل تقسیم کرده‌ام و طبق سلسله مراتب زمانی با پنج مکتب فکری سروکار دارد که علم با آن‌ها عجین است: شعر، ریاضیات، فلسفه، فناوری، و دین. درون مایه‌ی رابطه‌ی علم با این پنج مکتب فکری در سرتاسر این کتاب تکرار خواهد شد.

## مادّه و شعر

نخست باید صحنه‌پردازی کنیم. در قرن ششم قبل از میلاد یونانیان مدت‌ها بود در کرانه‌ی باختری جایی که امروزه ترکیه نام دارد مستقر بودند و بیشتر به زبان ایونایی سخن می‌گفتند. ثروتمندترین و قدرتمندترین شهرهای ایونی میلئوس بود که در بندرگاه طبیعی نزدیک جایی که رودخانه‌ی میندر به دریای اژه می‌پیوست بنا شده بود. در میلئوس، بیش از یک قرن قبل از روزگار سقراط، یونانیان درباره‌ی مادّه‌ی بنیادین پدیدآورنده‌ی جهان هستی شروع به خیال‌پردازی کردند.

دانشجوی دوره‌ی کارشناسی در دانشگاه کورنل بودم که نخستین‌بار در درس‌های تاریخ و فلسفه‌ی علم با میلئوسی‌ها آشنا شدم. در این درس‌ها درباره‌ی میلئوسی‌هایی شنیدم که «فیزیکدان» بودند. هم‌زمان با این درس‌ها، در کلاس‌های درس فیزیک از جمله نظریه‌ی مدرن اتمی مادّه نیز شرکت می‌کردم. به نظر می‌رسید که وجه مشترکی بین میلئوسی‌ها و فیزیک مدرن وجود ندارد. البته این‌گونه نبود که دیدگاه میلئوسی‌ها درباره‌ی طبیعت مادّه غلط بود، بلکه درک نمی‌کردم که آن‌ها چگونه به دست‌آوردهایی که داشتند رسیده بودند. اسناد چندانی درباره‌ی افکار یونانی‌های قبل از دوران افلاطون در اختیار نداریم اما مطمئن بودم که در دوران باستان و کلاسیک (به ترتیب، از سال ۶۰۰ تا سال ۴۵۰ قبل از میلاد و از سال ۴۵۰ تا سال ۳۰۰ قبل از میلاد) نه دانشجویان علوم طبیعی میلئوسی‌ها، و نه یونانی‌ها مثل دانشمندان امروزی استدلال می‌کردند.

نخستین میلئوسی که از او اسنادی به جای مانده تالس بود که در حدود دو قرن پیش از روزگار افلاطون می‌زیست. از قرار معلوم تالس بود که خورشید گرفتگی سال ۵۸۵ قبل از میلاد را پیشگویی کرد و از میلئوس قابل رؤیت بود. تالس با این که از اسناد خورشید گرفتگی بابلی‌ها بهره برده است، به احتمال زیاد نمی‌توانست این پیشگویی را بکند چون هر خورشید گرفتگی تنها در ناحیه‌ی جغرافیایی محدودی قابل رؤیت است، اما این که تالس افتخار این پیشگویی را یدک می‌کشد حکایت از آن دارد که وی در اوایل سال‌های ۵۰۰ قبل از میلاد به

بالندگی رسیده است. ما نمی‌دانیم که آیا تالس ایده‌های خود را به رشته‌ی تحریر درآورده است یا نه. به هر حال، اگر هم این کار را کرده باشد از نوشته‌های وی حتی تک عبارتی هم به جای نمانده است که آیندگان بتوانند از آن یاد کنند. او نمادی افسانه‌ای است، از آن نمادهایی (مثل سولون، هم عصر او که قانون اساسی آتن را نوشت) که به رسم قدما در سیاهه‌ی «هفت فرزانه»ی دوران افلاطونی جای دارد. برای مثال، تالس به این شهرت دارد که قضیه‌ی هندسی معروفی را اثبات کرده یا آن را از مصر آورده است (یادداشت فنی ۱ را ببینید). آنچه در اینجا برای ما مهم است این است که می‌گویند دیدگاه تالس این بوده که اشیا از ماده‌ی بنیادین واحدی تشکیل شده‌اند. ارسطو در کتاب *متافیزیک* (مابعدالطبیعه) می‌نویسد، «اکثر فلاسفه‌ی نخستین بر این عقیده بودند که تنها مبادی از نوع ماده، مبادی همه‌ی چیزها هستند... تالس، بنیان‌گذار این گونه فلسفه، می‌گوید که آب اصل است.» [۱] مدت‌ها بعد، دیوگنس لارتيوس (۲۳۰ بعد از میلاد)، زندگی‌نامه‌نویس فلاسفه‌ی یونان، می‌نویسد، «تالس بر آن بود که آب ماده‌ی نخستین جهان‌شمول است و جهان هستی زنده و مملو از خدایان است.» [۲]

آیا منظور تالس از «ماده‌ی نخستین جهان‌شمول» این بود که همه‌ی مواد از آب پدید آمده‌اند؟ اگر چنین بوده باشد، هیچ راهی نیست که بگوییم وی چگونه به این نتیجه رسیده است، اما چنانچه کسی بتواند بپذیرد که همه‌ی مواد از ماده‌ی مشترک واحدی ساخته شده‌اند، این ماده می‌تواند آب باشد. آب نه تنها به شکل مایع یافت می‌شود بلکه می‌توان آن را با منجمد کردن به جامد یا با جوشاندن به بخار تبدیل کرد. بدیهی است که آب از ضروریات زندگانی نیز هست. با وجود این، ما نمی‌دانیم تالس فکر کرده باشد که برای مثال آیا سنگ‌ها می‌توانسته‌اند از آب معمولی تشکیل شوند، یا این که چیز بنیادین دیگری هست که در آب یخ‌زده و سنگ و همه‌ی جامدات دیگر مشترک است.

تالس شاگرد یا دستیار داشت، به نام آناکسیماندر، که به نتیجه‌ی متفاوتی رسیده بود. او نیز بر آن بود که ماده‌ی بنیادین واحدی وجود دارد، اما وی آن را از مواد آشنا ندانسته، بلکه ماده‌ی اسرارآمیزی می‌پنداشت که بی‌کران، یا بی‌نهایت بود. سیمپلیکیوس، نوافلاطونی که در حدود هزار سال بعد از آناکسیماندر می‌زیست، دیدگاه او را توصیف کرده است. سیمپلیکیوس گفته‌ی وی را نقل قول می‌کند که در متن زیر به شکل ایتالیک آمده است:

از میان آنان که می‌گویند ماده‌ی نخستین یکی است و در حرکت است و بی‌کران است، آناکسیماندر، فرزند پراکسیدس میلئوسی از پیروان و شاگردان تالس است. وی می‌گوید ماده‌ی نخستین و خمیرمایه‌ی اشیای موجود، بی‌کران است. به گفته‌ی او این ماده‌ی نخستین نه آب است و نه هیچ یک از عناصر آشنا، بلکه سرشت بی‌کران دیگری دارد که همه‌ی آسمان‌ها و همه‌ی جهان‌هایی که در آنند از آن پدید آمده‌اند. آن‌گونه که خود وی شاعرانه بیان می‌کند، آنچه چیزها از آن پدید می‌آیند، همان است که بنا به ضرورت، بار دیگر در آن تباه می‌شوند، زیرا به سبب بیدادگری خود، به حکم زمان، تاوان و جریمه می‌دهند. بدیهی است که وی از مشاهده‌ی تبدیل این چهار عنصر به یکدیگر، شایسته ندیده که یکی از آن‌ها را به عنوان ماده‌ی نخستین برگزیند بلکه آن را چیزی غیر از این چهار عنصر دانسته است. [۳]

اندکی بعد میلئوسی دیگری به نام آناکسیمنس، بار دیگر این ایده را مطرح کرد که اشیا از ماده‌ی مشترک واحدی تشکیل شده‌اند اما این ماده برای آناکسیمنس آب نبود بلکه هوا بود. وی کتابی نوشت که از آن تنها یک جمله به جای مانده است، «هوا برای جهان، هم‌چون روح برای تن آدمی، سرچشمه‌ی زندگی است.» [۴]

با آناکسیمنس سهم میلئوسی‌ها نیز در یافتن جوهر ماده پایان یافت. در حدود ۵۵۰ قبل از میلاد، میلئوس و شهرهای بزرگ ایونی آسیای صغیر به تسخیر امپراتوری ایرانی در حال گسترش درآمدند. در سال ۴۹۹ قبل از میلاد میلئوس طغیان کرد و ایرانی‌ها آن را با خاک یکسان کردند. این شهر بعدها دوباره جان گرفت و شهر مهمی در یونان شد اما هرگز کانون علم یونان نشد.

یونانیان ایونی در خارج از میلئوس هم‌چنان به طبیعت ماده پرداختند. گویا کسنوفانس که در حدود سال ۵۷۰ قبل از میلاد در شهر کولوفون در ایونی به دنیا آمد و به جنوب ایتالیا مهاجرت کرد بر این عقیده بود که ماده‌ی بنیادین زمین (خاک) است. یکی از اشعار او بندی دارد که می‌گوید، «همه چیز از زمین پدید می‌آید و در آن تباهی می‌گیرد.» [۵] شاید منظور او همان شعاری باشد که مسیحیان هنگام خاک‌سپاری می‌گویند، «از خاک برآمدیم و بر خاک شدیم.» در فصل ۵ که به موضوع دین برسیم فرصتی خواهد بود از کسنوفانس دوباره یاد کنیم.