

www.mientayvn.com

Đây là bản chép lời giảng của giáo sư [Charles Bailyn](#) trên lớp. Bản có thể xem toàn bộ bài giảng này bằng cách lên <http://www.mientayvn.com> > Học li u m > i h c Yale > Thiên v n h c > Ch ã ng I: Gi i thi u

Frontiers and Controversies in Astrophysics: Lecture 1 Transcript

Professor Charles Bailyn: Some things about this course. This is a course for **non-scientists**. That portion of the enrollment policies is not a suggestion. I really don't want science majors in this class. If you are a science major, I'm going to notice because that's one of the things that appears on the class list; what your major is. So, don't take the course if you're a science major. Let me point out that freshmen don't have major, so it doesn't matter if you intend to be a science major if you're a freshman. If you are a science major I recommend Astro 210, which is being given this term. I have a little handout on all the different introductory astronomy courses at the front of the room if you're interested.

M t vài i u v khóa h c này. Đây là m t khóa h c dành cho các sinh viên không thu c chuyên ngành khoa h c-k thu t. Các sinh viên kh i k thu t không ph i h c môn này. Tôi th t s không mu n các sinh viên chuyên ngành khoa h c l p này. N u b n là m t sinh viên chuyên ngành khoa h c, tôi s chú ý n b n, vì chuyên ngành c a b n có trong t danh sách l p. Vì v y, không ch n môn h c này n u b n là m t sinh viên chuyên ngành khoa h c. Vì sinh viên n m nh t ch a ch n chuyên ngành, vì th không sao c n u b n có ý nh tr thành m t sinh viên chuyên ngành khoa h c n u b n là sinh viên n m nh t. N u b n là m t sinh viên chuyên ngành khoa h c tôi ã ngh b n ch n khóa h c Astro 210, ã c d y trong h c kì này. Tôi có m t b n tin ng n v t t c các khóa h c nh p môn thiên v n h c khác nhau tr c phòng n u b n quan tâm.

Let's see, it is also true that this course is kind of intended for non-science majors who have a certain basic high school level comfort with tenth-grade science and math. If you're extremely phobic about these kinds of things, I would say that Astronomy 120, while it has a similar level of math, has a somewhat shallower learning curve and a somewhat deeper safety net. So, if you're the kind of person who breaks into a sweat when somebody writes down an equal sign, check out 120. Let's see, but that's not the biggest difference between this class and 110. I think the biggest difference is what the class is trying to do. Astronomy 120 and also 110 and other courses in our department, and elsewhere in the university, are basically survey courses. Most introductory science courses are survey courses. They cover a fairly wide subject matter.

Vâng, qu th c là khóa h c này có ý nh dành cho nh ng ng i không thu c chuyên ngành khoa h c ã có m t ki n th c m c trung h c c b n nào ó v khoa h c và toán h c l p m i. N u b n quá s nh ng th này, tôi s nói r ng Astronomy 120, có m t

m c toán h c t ng t , có m t ng cong h c t p h i nông h n và l i an toàn h i sâu h n. Vì v y, n u b n là lo i ng i v m h i khi ai ó vi t ra m t d u b ng, ng ng kí 120. Vâng, nh ng ó không ph i là s khác bi t l n nh t gi a l p này và 110. Tôi ngh r ng s khác bi t l n nh t l là nh ng gì mà l p ang c g ng làm. Astronomy 120 c ng nh 110 và các khóa h c khác trong khoa c a chúng ta, và các n i khác trong các tr ng i h c, v c b n là các khóa h c khám phá. H u h t các khóa h c v nh p môn khoa h c là các khóa h c khám phá. Nó bao g m m t m c khá r ng.

This is--isn't that, what this course is supposed to do is we're going to talk about three particular topics in very considerable detail. Enough detail so that by the end of our discussion you'll understand what's going on in current research in this topic. And by current, I don't mean this decade, I mean this week. Astronomy is currently in a stage of very rapid advancement, and one of the things that's happened every time I've taught this course in the past, is that at some point during the semester someone will publish some piece of research which changes some aspect of the curriculum. I'll come in waving some paper and everything will be changed, and I can't guarantee that of course, because I can't predict the future but it's happened every time in the past. So, we really are trying to get you all the way out to the frontiers of the subject.

ây là - không ph i ó, nh ng gì khóa h c này có ngh a v ph i làm là chúng ta s nói v ba ch c bi t r t chi ti t. Chi ti t m c m à sao cho vào cu i bu i h c b n s hi u nh ng gì ang x y ra trong các nghiê n c u hi n t i v ch này. Và b ng t hi n t i, tôi mu n nói là không ph i là th p k này, mà là trong tu n này. Thiên v nh c hi n t i ang m t giai o n phát tri n r t nhanh, và m t trong nh ng i u hay x y ra m i l n tôi d y môn h c này trong quá kh , ó là vào m t lúc nào ó trong h c k m t ai ó s xu t b n m t s bài nghiê n c u thay i m t s khía c nh c a ch ng trình gi ng d y. Tôi s n l p c m m t bài báo v y v y và t t c m i th s thay i, và t t nhiên tôi không th m b o i u ó, b i vì tôi không th d oán t ng lai nh ng nó ã x y ra nhi u l n tr c ây. Vâng, vì v y chúng tôi s c g ng b ng m i cách giúp các b n v t qua nh ng gi i h n c a môn h c.

I think this is actually a better approach for non-science majors, because after all, we live in the Internet age. If you want to find out a bunch of facts about some scientific topic you could go online and go to Wikipedia or wherever, look these facts up. That's not a big problem. The problem comes when there are two sets of facts which directly contradict each other. This happens quite frequently in scientific topics these days, particularly those with kind of political or moral overtones, and you get facts that directly contradict each other. What are you supposed to do about that? What I'm hoping is that by talking about situations in which the facts at the moment really aren't known yet, you can develop some skill in interpreting these kinds of contradictory facts for yourself. If you don't do that, then the only alternative is to listen to the experts argue with eac h other and vote for whoever argues the loudest or looks the best when they're doing it, or has a degree from Harvard or whatever it is. You guys can do better than that. So, the hope is that by practicing this kind of skill of evaluating science when the answer isn't fully understood, that you can develop skills that will stand you in good stead when you run

into scientific controversies in a political context or a legal context, or just as ordinary citizens in the course of your lives.

Tôi nghĩ rằng đây thực sự là một cách tiếp cận tốt hơn cho người không thuộc chuyên ngành khoa học, bởi vì xét cho cùng, chúng ta đang sống trong thời đại Internet. Nếu bạn muốn tìm những thông tin về một số tài liệu khoa học, bạn có thể lên mạng vào Wikipedia hoặc các diễn đàn nào, tra cứu các số liệu này. Đó không phải là một vấn đề lớn. Những vấn đề phức tạp hơn khi có hai tập hợp các dữ liệu mâu thuẫn nhau. Trong những ngày này, khá thú vị xuyên trong các chương trình khoa học ngày nay, một bài viết về những thông tin mang hàm ý chính trị, và bạn sẽ nhận được những thông tin hoàn toàn trái ngược nhau. Bạn phải làm gì? Những gì tôi hy vọng là bạn cách nói về những tình huống trong đó các số liệu thực sự lúc này chưa biết, bạn có thể phát triển một số kiến thức thích các loại dữ liệu mâu thuẫn cho chính mình. Nếu bạn không làm điều đó, thì bạn phải thay đổi duy nhất là lắng nghe các chuyên gia tranh luận với nhau và bạn phải cho người khác nói hùng hăng như một cuộc tranh luận khi họ đang thể hiện nó, hoặc có bằng chứng Harvard hay bất cứ thứ gì đó. Các bạn có thể làm tốt hơn những người khác. Vì vậy, hy vọng là bạn cách thức hành động đánh giá khoa học này về những vấn đề mà mình gặp phải, bạn có thể phát triển những kiến thức có ích cho bạn khi tham gia vào các cuộc tranh luận khoa học trong bối cảnh chính trị hoặc bối cảnh pháp lý, hay chỉ là công dân bình thường trong khóa học về các sự kiện.

It also happens that the three particular topics I think are of some real interest and importance in themselves. And I'll get to the three topics again in just a moment here. Let me point out that this kind of approach has a downside to it and this has been pointed out repeatedly on course evaluations. Because we're dealing with stuff which ultimately the answers are not yet understood there's no textbook. There can't be a textbook. We haven't figured out what to put in the textbooks yet. And the problem with that is that that makes the lectures very important because that's the only information you're going to get. There's a whole bunch of online readings and stuff but they tend to have a point of view, and so it's really the lectures that are the basis of the course. The problem with that is that I've chosen to give this course at the ungodly early hour of 9:30 in the morning, and you guys are going to have to show up and so here's the deal. I'll make a deal with you: Your job is to get to class by 9:30 in the morning. My job is to keep you awake once you're here, and so if we both succeed in cooperating in this sense we'll probably be okay. But seriously, if you're anticipating regular difficulties in getting to class this is not actually a great class to take because there's no backup in the form of a textbook.

Công trình tự nhiên khi bạn mà tôi nghĩ là một bài thì bản thân chúng tôi rất thú vị và quan trọng. Và tôi cũng nói sự quan trọng của bài này đây. Hãy tôi chia sẻ những lo ngại pháp tiếp cận này có một nhược điểm và điều này đã chia sẻ liên tục trong khi đánh giá khóa học. Bởi vì chúng tôi đang làm việc về những thông tin mà câu trả lời cụ thể cùng chưa rõ nên sẽ không có trong sách giáo khoa. Điều đó hiển nhiên. Chúng tôi chưa thể tìm ra những gì đưa vào trong sách giáo khoa. Và những thông tin có nghĩa là các bài giảng quan trọng bởi vì đó là kênh thông tin duy nhất mà bạn có. Công việc của tôi là các bài giảng và tài liệu, những người chúng tôi có xu hướng có một quan tâm, và do đó thực sự các bài giảng là các sự kiện khóa học. Một khó khăn nữa là tôi

ã ch n d y môn này vào gi s m kinh kh ng 9:30 sáng, và b n ph i có m t ây và ó là th a thu n. Tôi s th a thu n v i b n: Công vi c c a b n là n l p lúc 9:30 sáng. Công vi c c a tôi là gi cho b n t nh tảo khi b n h c ây, và vì v y n u c hai chúng ta thành công trong h p tác theo ngh a này, chúng ta có l s c ng tình. Nh ng nghiêm túc mà nói, n u b n l ng tr c nh ng khó kh n th ng g p trong vi c n l p, ây th c s không ph i là m t l p h c tuy t v i tham gia b i vì không có s h tr d i d ng sách giáo khoa.

All right, the particular topics that are under discussion, I've listed them here in green. The first of them are extra-solar planets, by which I mean planets around stars other than the Sun. It's well known that there are many, many of these planets. All you have to do is watch Star Trek or something like that and you'll find many, many examples and this has been a staple of science fiction for quite a long time. Oddly enough, until ten years ago, there was absolutely no evidence for this. We assumed that, because the stars are normal stars and there are many other stars--the Sun is a normal star and there are many other stars like the Sun that there must be many planets of the same kind as the planets in our own Solar System circling around all these other stars. But until 1995 there was not one bit of evidence to support that idea. Since 1995, this has become a huge growth industry and research, and we now know of literally hundreds of planets, all of them discovered in the last ten years. So, this is a situation in which, what ten years ago was science fiction, has become science fact and we're very rapidly trying to figure out exactly what kinds of planets these are, whether there are Earth-like planets out there, and that has some bearing on what the science fiction people refer to when they say as, "life as we know it." And so, that's currently one of the hottest topics in astronomy.

c r i, chúng ta i vào n i dung chính, chúng tôi ã li t kê chúng ây b ng màu xanh. Cái u tiên trong s ó là các hành tinh ngoài h m t tr i, qua ó tôi mu n nói n các hành tinh xung quanh các ngôi sao khác ngoài M t Tr i. Ng i ta bi t r ng có r t r t nhi u các hành tinh này. T t c nh ng gì b n ph i làm là xem Star Trek hay gì ó, và b n s tìm th y nhi u, nhi u ví d và ây ã t ng là m t ch chính c a t i u thuy t khoa h c trong m t th i gian khá dài. Chuy n l là, cách ây m i n m, hoàn toàn không có b ng ch ng gì v vi c này. Chúng tôi gi s r ng, b i vì các ngôi sao là các ngôi sao thông th ng và có nhi u ngôi sao khác - M t tr i là m t ngôi sao bình th ng và có nhi u ngôi sao khác gi ng nh M t tr i ph i có nhi u hành tinh cùng lo i gi ng nh các hành tinh trong h m t tr i c a chúng ta quay xung quanh t t c các ngôi sao này. Nh ng cho n 1995 ã không có m t chút b ng ch ng nào h tr cho ý t ng ó. T n m 1995, cái này ã tr thành m t ngành công nghi p t ng tr ng r t l n và nghiê n c u, và bây gi chúng ta bi t úng là có hàng tr m hành tinh, t t c chúng c phát hi n trong m i n m qua. Vì v y, chúng ta th y nh ng gì m i n m tr c ây là t i u thuy t khoa h c, ã tr thành th c t và chúng ta ang r t c g ng nhanh chóng tìm ra ây là nh ng lo i hành tinh nào, có nh ng hành tinh gi ng Trái t ó hay không, và i u ó có liên quan m t ít n nh ng gì mà ng i ta c p n trong các t i u thuy t khoa h c khi h nói r ng, c u c s ng nh chúng ta bi t." Và nh v y, v n ó hi n ang là m t trong nh ng ch nóng nh t trong thiên v n h c.

The next topic is going to be black holes, and this is a similar situation. Fifteen, twenty years ago black holes were sort of poised precariously on the boundary between theoretical physics and science fiction. A boundary that is more porous than you might believe. But again, in the past fifteen years or so this has been converted into a standard topic in observational astronomy. There are dozens, probably hundreds of objects we can point to in the sky and say, "yes those things are black holes." And so now, the current topic of research is do these things that we are pretty sure are black holes actually behave in the incredibly bizarre, science-fictiony manner that the theoretical physicists have been talking about for the past thirty or forty years. So, to what extent are these very exotic behaviors actually manifested in real life?

Chức tiếp theo sẽ là lỗ đen, và đây là một trường hợp tương tự. Mười lăm, hai mươi năm trước, lỗ đen nằm lơ lửng trên ranh giới giữa vật lý lý thuyết và thiên văn học khoa học. Một ranh giới khá mỏng manh có thể tin tưởng. Nhưng một lần nữa, trong mười lăm năm qua, họ chuyển từ vị trí này về phía chuyển thành một chủ đề thông thường trong thiên văn học quan sát. Có hàng tá, hàng trăm lỗ đen mà chúng ta có thể tìm thấy trên bầu trời và nói, "vâng những thứ này là lỗ đen." Và như vậy, các nghiên cứu cho thấy lỗ đen thực sự hành xử theo những cách thức vô cùng kỳ quái, theo kiểu thiên văn học khoa học mà các nhà vật lý lý thuyết đã từng dự đoán trong ba mươi hoặc bốn mươi năm trước. Vì thế, chúng ta cần xem những hành vi kỳ lạ này thực sự biểu hiện trong cuộc sống thực?

Finally, I want to talk a little bit about cosmology. Cosmology is the study of the Universe as a whole. That's too big a topic to go into in depth, so I've picked one piece of it. The piece I've picked is the existence, which was discovered in the late 1990s, of something called "dark energy." Dark energy is an all-pervading anti-gravity; it's a repulsive force that turns out to occupy essentially all of the Universe, and 75% or more of the entire mass energy of the Universe turns out to be in the form of this mysterious dark energy. The evidence for this comes largely, but not entirely, from observations of a certain kind of supernova. And so what I'm going to focus on is the observations of the supernovae and how they demonstrated that, in fact, all ordinary matter and energy and so forth is a tiny fraction of what's actually going on in the Universe, and what's really happening out there is something we totally don't begin to understand. So, that will be the third topic of the course.

Cuối cùng, tôi muốn nói một chút về vũ trụ học. Vũ trụ học nghiên cứu về toàn bộ vũ trụ. Đó là một chủ đề quá rộng và sâu vào, do đó, tôi đã chọn một phần nhỏ của nó. Phần mà tôi chọn là sự tồn tại, đã được phát hiện vào cuối những năm 1990, của "năng lượng tối." Năng lượng tối là một dạng năng lượng kỳ lạ có một tính chất kỳ lạ; nó là một lực đẩy hóa ra là lực đẩy chống lại trọng lực, hóa ra là 75% hoặc nhiều hơn toàn bộ năng lượng của vũ trụ tồn tại dưới dạng năng lượng tối huyền bí này. Bằng chứng về dạng năng lượng tối này xuất phát chủ yếu, nhưng không hoàn toàn, từ các quan sát về một loại sao siêu mị nào đó. Và vì vậy những gì tôi sẽ tập trung vào là quan sát các sao siêu mị và cách thức hành vi của chúng minh chứng, trên thực tế, rằng các năng lượng và vật chất thông thường và v.v.. là một phần nhỏ của những gì thực sự xảy ra trong vũ trụ, và những gì

thực sự xảy ra ngoài đó là những thứ mà chúng ta hoàn toàn chưa hiểu. R. Vâng, đó là chính thức của môn học.

These topics have something in common. All of them involve observing something that you can't actually see directly. We don't see these planets directly because they're too faint and too far away. We don't see black holes directly. By the definition of black hole you can't see these things directly. And of course, dark energy, by its very name, is also undetectable. So, how do we know that these things are there? The answer is we know that they're there because of their influence on other objects that we can see, and in particular, their gravitational influence on other objects that we can see. And so, what binds these three topics together, are first of all, the fact that the observational techniques to discover them are actually quite similar to each other. And second, that they all involve different manifestations of gravity. And so, we'll be talking in the first part of the course about Newtonian gravity. In the second part of the course when we get to black holes, that's relativistic gravity, general relativity, Newton's --Einstein's theory which supplanted Newton's theory. And then by the time we get to dark energy, it may not even be correctly described by Einstein's work, and we may be in the area of whole new kinds of physics that the theorists haven't even thought about yet. So, there will be a progression to more and more sophisticated theories of gravity underlying these observations.

Những chủ đề này có điểm chung. Tất cả đều liên quan đến quan sát những thứ mà bạn không thể nhìn thấy trực tiếp. Chúng ta không thể thấy những hành tinh trực tiếp bởi vì chúng quá mờ nhạt và quá xa. Chúng ta không nhìn thấy lỗ đen trực tiếp. Theo nghĩa lẽ thường bạn không thể nhìn thấy nó trực tiếp. Và tất nhiên, năng lượng tối, theo tên của nó, cũng không thể nhìn thấy được. Vì vậy, làm thế nào chúng ta biết rằng những thứ này tồn tại? Câu trả lời là chúng ta biết chúng tồn tại bởi vì những hiệu ứng của chúng trên các vật thể khác, và cụ thể, những hiệu ứng của chúng trên các vật thể khác mà chúng ta có thể nhìn thấy. Và những ví dụ, cái gì liên kết ba chủ đề này lại với nhau, thứ nhất là, các kỹ thuật quan sát khám phá chúng hoàn toàn tương tự nhau. Và thứ hai, tất cả chúng đều liên quan đến những biểu hiện khác nhau của lực hấp dẫn. Và những ví dụ, trong phần đầu của khóa học chúng ta sẽ nói về lực hấp dẫn Newton. Trong phần thứ hai của khóa học khi nói đến, thì lực hấp dẫn tương đối tính, tương đối tính quát, lý thuyết của Einstein sẽ thay thế lý thuyết của Newton. Và sau đó theo thời gian, chúng ta sẽ nói về năng lượng tối, thậm chí nó có thể không được mô tả chính xác bằng công trình của Einstein, và chúng ta có thể trong khu vực của mô hình vũ trụ lý hoàn toàn mới mà thậm chí các nhà lý thuyết chưa nghĩ đến. Vì vậy, sẽ có một số điểm nổi bật của các lý thuyết ngày càng tinh vi hơn về trọng lực dựa trên các quan sát này.

There's another feature that these topics have in common, and that is that they can be understood in some detail without particularly sophisticated mathematics. Now, let me pause here and say some things about math. Astronomy is a mathematical topic. There will be math in this course, there ought to be math in any astronomy course or it isn't really an astronomy course, it's just a slide show. Now, the math in this course has been kept at a deliberately low level. That is to say, the kind of math we'll be doing is stuff you did in ninth and tenth grade. Introductory high school algebra, high school geometry, I think we take the sine of an angle a couple of times, but it's the one case it cancels out

almost immediately, so don't let that scare you. It's the kind of thing that you all did on the math SATs and since you're all sitting in this room you must have done okay.

Nhưng chúng ta có chung một cảm giác khác, đó là: chúng ta có thể hiểu một số chỉ thị mà không cần toán học rườ rĩ. Bây giờ, hãy tôi tìm đúng đây và nói vài điều về toán học. Thiên văn học là một chủ đề toán học. Sẽ có toán học trong khóa học này, nên có toán học trong bất kỳ khóa học thiên văn học nào hoặc nó không thể sẽ là một khóa học thiên văn, nó chỉ là một số trình chi tiết. Bây giờ, toán học trong khóa học này cũng giống một cách có cân nhắc. Nghĩa là, các loại toán học mà chúng ta sử dụng các bản vẽ chính và lập mô hình. Trong môn học môn vật lý trung học, hình học trung học, tôi nghĩ rằng những thứ chúng ta sử dụng là hình học, những gì là một trình độ học nó giống như triết lý ngay lập tức, vì chúng ta cho nó làm bản vẽ. Đó là các loại bài toán mà các bản vẽ làm trong bài kiểm tra SATS toán học và nếu các bản vẽ vào đây thì tất nhiên các bản vẽ hành văn như thế này.

Having said that, I have discovered that saying that is misleading. And the reason it's misleading is cast your mind back to ninth grade; ninth grade math is hard. Remember? In particular, word problems are hard. You remember word problems. This is where you drive from here to Cleveland and you fill your tank up with gas, and the gas costs so much per gallon, and the question is what is your shoe size or something. [laughter] The way one approaches that is through a kind of common sense approach which involves the fact that many of us have been in a car, driving from City A to City B, perhaps not Cleveland, but somewhere else, and so you have a kind of intuition to fall back on. When you do math problems that are logically the same, but apply to astrophysical systems, for which you have absolutely no common sense to back you up, then you have to reason purely from the internal logic of the problem and that's hard to do. It's a skill that can be learned; it's a skill that's worth learning; it's a skill that I'm sure many of you already have to a large extent, but it isn't an easy thing. So, the fact that the level of the math is low doesn't mean that the problems are easy. We do have a lot of help mechanisms, which I'll describe perhaps on Thursday, to keep you up to speed if you start having trouble with these things.

Nhưng nói, tôi đã phát hiện ra rằng nói điều đó là sai lầm. Và lý do nó sai lầm là làm cho các bản vẽ lập mô hình; toán học lập mô hình khó. Như không? Các bài toán rất khó. Bản vẽ các bài toán không. Đây là bản vẽ lái xe từ đây đến Cleveland và bản vẽ bình nhiên liệu của bạn và khí, và mức giá xăng khí rất đắt tiền, và câu hỏi là kích thước chi phí giày hoặc thứ gì đó của bạn là bao nhiêu. [laughter] Cách mà chúng ta tiếp cận điều đó là thông qua một loại phương pháp tiếp cận theo nghĩa thông thường liên quan đến việc nhìn vào trong chúng ta đã trong xe, lái xe từ thành phố A đến thành phố B, có lẽ không phải Cleveland, mà một nơi khác, và do đó bạn có một loại trực giác còn sót lại. Khi bạn làm những bài toán logic tương tự, những gì áp dụng cho các hình thức thiên văn học, điều gì nó bạn hoàn toàn không có kinh nghiệm thực tiễn, do đó bạn phải lập luận thuần túy logic nội tại và điều đó khó làm. Đó là một kỹ năng có thể học được, đó là một kỹ năng đáng học; đó là một kỹ năng mà tôi chắc chắn rằng nếu bạn đã có trình độ cao, nhưng nó không phải là một điều dễ dàng. Vì vậy, một số toán học thực tế, không có nghĩa là các vấn đề dễ dàng. Chúng tôi có rất nhiều cách giúp đỡ, mà tôi sẽ mô tả vào ngày Thứ năm, tôi nghĩ rằng cho bạn nếu bạn gặp khó khăn về mặt kỹ thuật này.

So, I should say something about course requirements here. Let's see, we have sections in this class. The sections are not just problem solving sections, these are actually required. The fact that we're dealing in topics for which the answer isn't fully known means that one can actually have discussion sections unlike many science courses, so we're going to do that. And so, the structure of the course is like a history course. Two lectures a week plus required section, and so 10% of your grade comes from sections. A large fraction of that is just showing up, but there will also be something in terms of saying something intelligent once you get there. That's 10% of the course; 30% of the course is problem sets. We will hand these things out once a week. The first problem set will show up on Thursday, and if you have any question about whether this course is appropriate for you, the right thing to do is to look at that problem set and ask yourself is this reasonable. I will say that students on their evaluations have pointed out that it does --the course does get harder. It's not that the math gets more complicated, but the situations get more complicated. So, if you have serious trouble with the first problem set that's probably a warning sign. As I say, that will be handed out on Thursday. These things come about once a week; it's 30% of the grade. I'll say more about problem sets later on Thursday.

Vì vậy, tôi nên nói vài điều về yêu cầu của khóa học. Xem này, chúng ta có nhiều nhóm trong lớp này. Nhóm này không chỉ là nhóm giải bài tập, điều này thực sự cần thiết. Thực tế là chúng ta đang làm việc trên các chủ đề mà câu trả lời chính xác hiếm khi biết được nên có thể có những nhóm thảo luận không giải quyết các môn học khoa học, vì vậy chúng ta sẽ làm điều đó. Và như vậy, cấu trúc của khóa học giải quyết khóa học cuối lớp. Hai bài kiểm tra trung gian về yêu cầu, và đó là 10% số điểm cần thiết vì làm việc nhóm. Phần lớn các thành viên, những người có thể gì đó có thể nói là bản phi thông minh tìm ra nó. Đó là 10% của khóa học; 30% của khóa học là các tập bài tập. Chúng tôi sẽ phát chúng cho các bạn mới tu nghiệp. Tập bài tập đầu tiên sẽ được phát vào ngày Thứ năm, và bạn có bất kỳ câu hỏi về việc làm khóa học này là phù hợp hay không, vì cần làm là nhìn vào tập bài tập và trả lời. Theo đánh giá của các sinh viên - thì khóa học này trở nên khó hơn. Không phải là phần toán phức tạp hơn, mà là các tình huống trở nên phức tạp hơn. Vì vậy, bạn nên nghiêm túc về tập bài tập đầu tiên thì đó là một điều hữu ích nhé. Như tôi đã nói, nó sẽ được phát vào ngày Thứ năm. Nhóm bài tập này sẽ phát mới tu nghiệp; nó chỉ là 30% số điểm. Tôi sẽ nói thêm về những tập bài tập vào ngày thứ năm.

Thirty percent comes from two midterm exams. The way we do this is the one where you get the better score counts 20%. The one that you get the worst score counts 10%. So, that gives you a little bit of a break. And then there will be the Final exam, that's the last 30% of the class. There's also an optional paper. If you choose to do that, that will count 15% of your grade, and what it will do is it will de-weight whichever the worst of your 30% parts of your grade are back down to 15%. So, if you're a word person rather than a number person, you get this opportunity to augment your score and de-weight some other part of the class in which you may have done less well.

Ba mươi phần trăm đến từ hai bài kiểm tra giữa kỳ. Cách chúng tôi làm điều này là bài nào có điểm cao hơn sẽ tính 20%. Bài nào điểm thấp hơn sẽ tính 10%. Vì vậy, điều đó cho bạn một chút nghỉ ngơi. Và sau đó sẽ có một bài thi cuối kỳ, đó là 30% cuối cùng của môn học. Có một tùy chọn. Nếu bạn chọn làm điều đó, nó sẽ tính 15% điểm cần thiết, và như vậy nó sẽ làm giảm nó xuống khi nào cái tệ nhất trong các phần 30% điểm cần thiết trở lại 15%. Vì vậy, bạn nên làm tốt ít nhất là một phần ba

s, b n s có c c h i này t ng thêm i m s c a b n và cân l i m t s ph n khác c a môn h c ó b n có th ã làm ít t th n.

All of this stuff is on the classes server [Yale's online course tool]. I should say that the syllabus that I've put out here is just a direct copy off of what's on the classes server, so feel free to take that. But all the information, and actually more information is online. Let me pause now and ask whether there are questions about the course and the course procedures. Yes?

T t c nh ng th này trên server môn h c [khóa h c tr c tuy n c a Yale]. Tôi ph i nói r ng ch ng trình h c mà tôi ã t ra ây ch là m t b n sao tr c ti p c a nh ng gì trên server môn h c, do ó, b n có th t do l y nó. Nh ng t t c các thông tin, và th c t các thông tin thêm là tr c tuy n. Bây gi hãy tôi d ngl i và cho các b n h i nh ng câu h i v khóa h c và các th t c c a khóa h c. Vâng, m i b n?

Student: This may be a silly question, but I saw on the web that right below the times listed for this course was a "to be determined" or some sort of notation that could indicate that there is another of this class at a different time?

ây có th là m t câu h i ng ng n, nh ng em th y trên trang web ngay bên d i th i gian c l i t kê cho khóa h c này là cái " c xác nh" ho c m t s quy c ám ch r ng s có m t l p khác c a môn này vào m t th i i m khác?

Professor Charles Bailyn: No, no this class is going to meet now. I'll have to check and see what you were thinking of, but it may be that what that was referring to was section times, and actually this is something that I haven't mentioned. Sections are required. They're all going to be on Mondays. We're going to have a wide range of times, all of them on Mondays from 12:30 until I think 8:00 at night. But you do have to sign up for a section. Let me also say, I've mentioned here, I don't think this is --; actually, looking at the number of people here, I think we're going to be able to accommodate everyone, including juniors and seniors. But I did set it up in such a way that freshmen and sophomores **get first crack**. The way that's going to work is the online sectioning form opens up on Monday and juniors and seniors won't be allowed to officially register for the class until Tuesday. So, the freshmen and sophomores get to fill up the sections first. My guess is, again, looking at the number of people here today that we won't have any problem, and that if you're a junior or a senior you'll **get in just fine**. So, we'll be picking sections through what is now the standard online sectioning thing, which is going to open for business next Monday. I'll check the website and see if that's actually what you meant, but it may have been something else. Other questions?

Không, không hi n t i ch có m t l p này. Tôi s ki m tra và xem nh ng gì b n ang ngh n, nh ng có th ó là th i gian cho t ng nhóm, và th c s ây là nh ng th mà tôi ã không c p. H c nhóm là i u b t bu c. T t c chúng s di n ra vào th Hai. Chúng ta s có m t kho ng th i gian r ng, vào th Hai t 12:30 n 08:00 t i. Nh ng b n ph i ng ký nhóm. T ng t , tôi c ng nói r ng, tôi ã c p ây, tôi không ngh r ng ây là -; th c s , nhìn vào s ng i ây, tôi ngh r ng chúng tôi s có kh n ng ch a t t c m i ng i, k c các sinh viên n m ba và n m t . Nh ng tôi ã thi t l p nó theo cách sao cho sinh viên n m nh t và n m hai nh n crack u tiên. Chúng tôi làm i u ó nh sau: các m u i n t ng ph n tr c tuy n b t u ho t ng vào ngày th hai và các sinh viên n m ba và n m t s không c phép ng ký chính th c l p h c cho n th ba. Vì v y, các sinh viên n m nh t và n m hai s i n vào các nhóm tr c. D oán c a tôi là, m t l n n a, nhìn vào s ng i ây hôm nay chúng ta s không có b t k v n

nào, và r ng n u b n là m t sinh viên n m ba ho c n m t b n s theo k p. Vì v y, chúng ta s ch n nhóm b ng cách chia o n tr c tuy n, nó s ho t ng vào th hai tu n t i. Tôi s ki m tra các trang web và xem nh ng gì b n th c s mu n nói, nh ng nó có th là m t cái gì ó khác. Còn câu h i nào khác không?

Let me, in general, encourage you to ask questions. I know that that's hard to do in a big lecture setting, but we have an advantage over other courses, particularly science courses. We're not trying to prepare you for the astronomy part of the MCATs, so we don't have to cover a specific syllabus. We're not even trying to follow a textbook. And so we have a little more leeway than is ordinarily true to ask questions and go in weird directions, so please feel free to do that. I reserve the right to put a question off into the future or into discussion section or something, but **do by all means ask**. We have some freedom of action. Yes?

Nói chung, tôi khuy n khích b n t câu h i. Tôi bi t i u ó khó làm trong m t gi ng ng l n, nh ng chúng ta có m t l i th h n các khóa h c khác, c bi t là các khóa h c v khoa h c. Chúng tôi không c g ng chu n b cho b n ph n thi ên v n h c c a MCATs, vì v y chúng ta không ph i c p n m t ch ng trình h c c th . Chúng ta th m chí không c làm theo sách giáo khoa. Và vì v y chúng ta ít m t th i gian h n bình th ng h i và i theo các h ng l , do ó, hãy c m th y t do làm i u ó. Tôi có quy n t m t câu h i trong t ng lai hay trong ph n th o lu n hay gì ó, t t nhiên theo yêu c u môn h c. Chúng ta có quy n t do hành ng. Vâng, m i b n?

Student: Is it possible to take an early final?

Có th ch n m t kì thi cu i kì s m không?

Professor Charles Bailyn: An early final? Let me think about that. I prefer to avoid it because then I have to invent another final. The problem with that is trying to make them come out even. I will say this, that if I do an early final, I'm probably going to err on the side of making it hard. But it's very hard to make them come out even, but let me think about that. Other questions? Yes.

M t kì thi cu i kì s m à? Hãy tôi ngh v i u ó. Tôi mu n tránh nó b i vì sau ó tôi ph i ngh ra m t kì thi cu i kì khác. Khó kh n là ph i làm sao cho chúng cân b ng. Tôi ngh là, n u tôi làm m t kì thi cu i kì s m, có l tôi s sai l m ch là làm cho nó khó. Nh ng r t khó làm cho chúng cân b ng, **nh ng hãy tôi ngh v i u ó**. Còn câu h i nào khác không? Vâng.

Student: In discussion sections, is it just going to be like discussing things or is it going to be working on the problem sets?

Trong các nhóm th o lu n, s ch th o lu n nh ng v n gì ó hay s làm vi c trên các x p bài t p?

Professor Charles Bailyn: It's going to be some--So, the question is, "What are the discussions sections going to be like?" Are there going to be discussion of the problem sets or is it going to sort of general discussion of the course material? The answer is both. I think there will be both, in any given discussion section, there will probably both be an opportunity to talk about the previous problem set and to clarify things about the next problem set, and also some kind of activity that sort of extends and advances what we've been talking about in class. So, I'm hoping to do some of both. If we veer too much in either one direction that's probably not a good thing. There will be other ways of getting help as well, if you start to have trouble on the problem sets or in the course generally. I'll talk about those a little bit on Thursday. Yes sir?

Nó s là m t s - Vì v y, câu h i t ra là, "các ph n th o lu n s nh th nào?" S là các th o lu n v các x p bài t p hay là các lo i th o lu n chung v các n i dung trong khóa h c? Câu tr l i là c hai. Tôi ngh r ng s có c hai, trong b t k ph n th o lu n nào, có l s có c m t c h i nói v nh ng x p bài t p và c gi i thích các th v các x p bài t p ti p theo, và c ng có m t s lo i hình ho t ng ph n nào m r ng và nâng cao nh ng gì chúng ta ã h c trong l p. Vì v y, tôi hy v ng làm m t s c a c hai. N u chúng ta o chi u quá nhi u có l ó là i u không t t. S có nh ng cách khác nh n c s giúp n a, n u b n b t u g p r c r i v các x p bài t p ho c trong khóa h c nói chung. Tôi s nói thêm v nh ng th này m t ít vào ngày Th n m. Vâng?

Student: How are problem sets graded?

Các x p bài t p c tính i m nh th nào?

Professor Charles Bailyn: How are problem sets graded? Very carefully. Let's see, I think we'll probably--it'll probably be on a kind of zero to twenty-point schedule. But let me say this about the problem sets. There are going to be two kinds of things on the problem sets. One are kind of quantitative problems which have a right answer. Those are relatively easy to grade on some kind of a point scale; you give partial credit and so forth. But we will also--because this is a course that's not only about the specific of this topic but also about science in general, we're also going to have things that look kind of like essay questions on the problem sets. Those are a little harder to grade in this way, but we've got to grade them in the same way so that we can add the points up. And I'll talk a little bit more about how those are graded. I will say one thing; one thing that we do is we make sure that each problem or essay is graded by one T.A. or by myself, so that we don't have different people--so that if you're in a section it's not like your--all the problem sets for that section are all graded by your section leader and some other section leader grades all the other problems, because that leads to imbalances of various kinds. So, we assign each problem to a specific person for the whole class. It's basically a zero through twenty scale, although what that means varies depending on what kind of a problem it is. I'll say a little bit more about that.

Các x p bài t p c tính i m nh th nào? R t c n th n. Hãy xem, tôi ngh r ng chúng tôi có th - có th là m t lo i thang i m t không n hai m i i m. Nh ng hãy tôi nói i u này v các x p bài t p. S có hai lo i v n trong các x p bài t p. M t là lo i v n nh l ng trong ó có m t câu tr l i úng. Nh ng cái này t ng i d ch m

im trên mặt thang im nào ó; bns có im tng ph n và vv. Nhng chúng tôi cng s - b i vì ây là m t khóa h c không ph i ch riêng v ch này mà còn là khoa h c nói chung, chúng tôi cng s cho nhng câu h i lu n trong các x p bài t p. Nhng cái o h i khó h n ch m i m theo cách này, nhng chúng tôi ph i ch m chúng theo cách t ng t sao cho chúng tôi có th cng i m vào. Và tôi s nói thêm m t chút v cách th c ch m i m nhng cái này. Tôi s nói m t i u, m t i u mà chúng tôi làm là chúng tôi m b o r ng m i bài t p hay bài lu n c ch m i m b i m t tr gi ng ho c chính tôi, cho chúng tôi không có nhng ng i khác nhau – sao cho n u b n trong m t nhóm nó không gi ng nh c a b n – t t c các x p bài t p cho nhóm ó c ch m i m b i ng i h ng đ n nhóm ó và m t s ng i h ng đ n nhóm khác ch m i m t t c các bài t p còn l i, vì i u ó đ n n s m t cân b ng các lo i khác nhau. Vì v y, chúng tôi ch nh t ng bài t p cho t ng ng i c th trong l p. V c b n nó là thang i m t không n hai m i, i u ó có ngh a là thay i khác nhau ph thu c vào nó là lo i bài t p gì. Tôi s nói thêm m t chút v i u ó.

I will also say there is a rather detailed lateness policy that's linked to the classes server, please read that. We're going to stick to it. And one of the features of that is that there will be answer sheets. Problem sets are typically due Thursday, there will be an answer sheet up the following Tuesday, so if you don't get it done by five days after it's due, you're toast because the answers are posted. Other questions?

Tôi cng s nói có m t quy nh gi gi c khá chi ti t trên trang web c a môn h c, xin vui lòng c i u ó. Chúng ta s g n bó v i nó. Và m t trong nhng tính n ng c a nó s là s có t tr l i câu h i. X p bài t p thông th ng c phát vào th n m, s có m t b ng câu tr l i a lên vào Th ba tu n sau, vì th n u b n không làm xong nó n m ngày sau khi nó c a lên, b n s nâng li chúc m ng vì câu tr l i ã c g i lên. Còn câu h i khác không?

Great, let's start. This is very cool. All right, this is going to be all kinds of fun. Planets, planets around other stars, but planets in general. So, let's start by talking a little bit about orbits, planetary orbits. You probably know some of this story, originally in the old days, people used to think that the Earth was the center of the Universe. So, the Earth was at the middle and planets went around them in circles. That's not much of a circle [drawing on overhead], but you know what I mean. And so, everything was circles around the Earth. And that's what planets did, where planets also included to their way of thinking, the Sun and the Moon as well, and so you had these circles around the Earth. This is what's called the geocentric model; Earth at the middle. It's associated with the name of a Greek astronomer named Ptolemy. The problem with this model is very simple. Namely, that if you actually go out and observe where the planets, and the Sun, and the Moon are night after night after night it doesn't work very well. So, this doesn't fit the observations. Doesn't fit observations.

Tuy t v i, chúng ta hãy b t u. i u này r t mát m . c r i, ây s là t t c các thú vui. Hành tinh, các hành tinh quay xung quanh các ngôi sao khác, nhng nói chung là hành tinh. Vì v y, chúng ta hãy b t u b ng cách nói chuy n m t chút v qu o, qu o c a hành tinh. B n có th bi t m t ít v câu chuy n này, b t ngu n t các câu chuy n

ngày xưa, người ta đã quen nghĩ rằng Trái Đất là trung tâm của Vũ trụ. Vì vậy, Trái Đất đứng yên và các hành tinh quay tròn xung quanh chúng. Nó không giống như một vòng tròn cho lắm [vẫn trên bầu trời], nhưng bản chất tôi muốn nói gì. Và như vậy, tất cả mới quay tròn xung quanh Trái Đất. Và đó là những gì mà các hành tinh làm, đây theo cách nghĩ của họ các hành tinh này cũng bao gồm Mặt Trời và Mặt Trăng nữa, và do đó bản thân có các vòng tròn quanh Trái Đất. Đây cũng giống là mô hình địa tâm; Trái Đất đứng yên. Nó giống như tên của một nhà thiên văn học Hy Lạp tên là Ptolemy. Nhưng chính của mô hình này rất dè dặt. Chính, thậm chí nhìn lên trời và quan sát các hành tinh, Mặt Trời và Mặt Trăng hầu như sao nó không hoạt động nữa. Vì vậy, điều này không phù hợp với những quan sát. Không phù hợp với quan sát.

So, they said, all right well maybe that doesn't work all that well, so what we'll do is instead of imagining that the planets are on circles around the Earth, we'll imagine that there are circles on circles around the Earth, and the planets go on those. So, you add a kind of extra circle here, so the circle goes around the Earth and the planet goes around on that circle. These circles were called epicycles. So, add epicycles. And what happened is they would add an epicycle and then they'd go out and observe some more, and in particular, the Arab astronomers a thousand years ago. A thousand years ago the center of all science was in the Arab countries; they gave us all their --all our star names by the way are in Arabic, so are mathematical techniques such as algebra; it all comes from the Arabs. They knew what they were doing back then when the Europeans were kind of in squalor. And they made these great observations, and every time they made more observations it turned out it didn't fit. So, they had to add more epicycles. So then, they added one here, and one here, and so on until you had circles, and circles, and circles, and circles in order to explain the observations. So, add epicycles repeatedly. And this is kind of unsatisfying because it's not a good thing where every time you get more or better observations you have to revise and extend your theory.

Vì vậy, họ nói, chính có lẽ điều đó không đúng tất cả điều đó cũng vậy, do đó, những gì chúng tôi sẽ làm là thay vì tưởng tượng rằng các hành tinh đang quay tròn quanh Trái Đất, chúng ta hãy tưởng tượng rằng có những vòng tròn trên những vòng tròn xung quanh Trái Đất, và các hành tinh chuyển động trên những cái này. Vì vậy, bản thân thêm vào hình tròn phụ này, do đó, vòng tròn quanh Trái Đất và những hành tinh này ở trên những cái này. Những vòng tròn này cũng giống là ngoi luân. Vì vậy, thêm vào những ngoi luân. Và những gì xảy ra là họ sẽ thêm vào một ngoi luân và sau đó họ sẽ đi ra ngoài và quan sát một số chi tiết nữa, và chính, các nhà thiên văn học Hồi giáo 1000 năm trước đây. Một nghìn năm trước đây trung tâm của tất cả các khoa học là trên chính; họ cho chúng ta tất cả những cái họ - tất cả các tên ngôi sao của ngôi sao theo kiểu Hồi giáo, các phép toán học cũng vậy chúng ta nhìn thấy, tất cả đều xuất phát từ Hồi giáo. Vào thời kỳ đó, họ biết những gì họ đang làm trong khi người châu Âu còn đang trong tình trạng nghèo khổ. Và họ đã thực hiện những quan sát tuy vậy này, và mới khi họ thực hiện thêm các quan sát hóa ra là nó không phù hợp. Vì vậy, họ phải thêm vào những ngoi luân. Vì vậy, sau đó, họ đã thêm vào một cái này, và một cái này, và v.v.. cho đến khi bản thân có những vòng tròn, và những vòng tròn, và những vòng tròn, và những vòng tròn giống thích các quan sát. Vì vậy, thêm ngoi luân nữa. Và điều này

này hình như không nên bị vì nó không phải là một thuật ngữ trong đó mà khi bạn nhìn thêm các quan sát hoặc quan sát thiên văn, bạn phải sửa và mở rộng lý thuyết của bạn.

That's not such a great theory. In fact, the word epicycles has now become a kind of a swear word in the scientific community, meaning a sort of theory that has become so complex **it's just ridiculous** and you don't want to believe it anymore. So, someone will come up with some really seemingly sophisticated but very complicated theory and if you don't like that you just go that's just epicycles, forget about it. So, this has become a little bit of a swear word, and it was unsatisfactory at the time. Now, let me pause for a moment and confess that the story I've just told you, which is the standard story about Ptolemaic epicycles is, well, it has what I think Colbert would refer to as "truthiness." It's a commonly told story that people like to believe, but if you talk to the historians of science this isn't actually how it happened. And, in fact, this idea of circles on circles, on circles that isn't the way epicycles worked, they had circles and they did get more complicated every time they fit the observations, but not by adding more and more circles. They would move the circles side to side, they would have things going at variable speeds around the circle, all sorts of things but this little picture that I've just drawn here has a kind of "truthiness" to it. I would say that this is a general issue with the way scientists describe how science works.

ó không phải là một lý thuyết tuy vậy. Trong thực tế, hiện nay thuật ngữ luân đã trở thành một lỗi nghiêm trọng trong ngành khoa học, có nghĩa là một lý thuyết mà đã trở nên quá rườm rà nó chèn bừa bãi, và bạn không muốn tin nó nữa. Vì vậy, ai đó sẽ nghĩ ra cái gì đó thì sẽ có vẻ tinh vi như lý thuyết phức tạp và bạn không thích đi vào bên cạnh của nó, nó chỉ là thuật ngữ, quên nó đi. Vì vậy, cái này gì nghe như một câu chuyện, và nó đã không thỏa mãn thì thì thì thì. Bây giờ, hãy tôi tưởng tượng một chiếc và thú như những câu chuyện mà tôi đã kể về bạn, đó là câu chuyện của Ptolemy, vâng, nó có những gì mà tôi nghĩ Colbert sẽ gọi là "sự thành thật." Đó là một câu chuyện thì nghĩ rằng làm nghe thì ta tin, những người nói về các sự kiện khoa học sẽ vì không đi ra thì này. Và, trên thực tế, ý tưởng về các vòng tròn trên những vòng tròn, trên những vòng tròn đó không phải là cách mà các thuật ngữ tuân theo, họ đã có những vòng tròn và họ đã thêm sự phức tạp hơn mỗi khi thì thì thì các quan sát mới, nhưng không phải bằng cách thêm vào càng nhiều vòng tròn. Chúng sẽ di chuyển trên những vòng tròn từ phía này sang phía khác, họ sẽ có những thì di chuyển về vị trí khác nhau quanh vòng tròn, tất cả thì thì thì thì thì thì thì mà tôi đã vẽ ra đây có một lỗi "thành thật" trong nó. Tôi xin nói rằng đây là một tiêu chí chung trong việc mô tả cách thức khoa học làm việc của các nhà khoa học.

We tell these nice anecdotes and we put them in the textbooks too; in the little bars that go down the side of the textbook, where you get the head and shoulder shot of the famous dead white male scientist and so forth. And then we tell these stories. And the historians of science hate this because it isn't actually what happened. Nevertheless, we persist in telling these stories, and I've been thinking about why that is. I think the way to think about this is what these stories are, are fables. And like any fable, the point is not that the story is true. The point is that it vividly illustrates a moral, which tells you how to behave or how not to behave and they're useful for that reason. You'll recall the famous fable of

the ant and the grasshopper. Grasshopper sings and plays and dances all summer long. The ant is very industrious, piles up food, doesn't have any fun. But then in the winter, the grasshopper starves and the ant does fine. If an entomologist were to come along and say but that's not how ants and grasshoppers behave, you would correctly say that he's missed the whole point. And the point is that it's just a nice story which illustrates certain kinds of behaviors and whether they're good or bad. So, here's what I'm going to do; I'm going to tell these stories, but I'm going to label them fables and I'm going to point out the morals explicitly. And the optional paper is going to be: go and take any one of these things and find out what really happened and comment somewhat on the implications of the real story for science.

Chúng tôi nói về những giai thoại tiểu phẩm và chúng tôi cũng đưa chúng trong các sách giáo khoa; trong các kho ngữ nghĩa phía dưới bên trong sách giáo khoa, có bốn cuốn các bài bản thân của các nhà khoa học nam nữ tiếng Anh đã trải qua tất cả. Và sau đó chúng tôi kể về những câu chuyện. Và các nhà sinh vật học ghét đi u này bởi vì khi nó chia sẻ những chi tiết thú vị. Tuy nhiên, chúng ta vẫn không tin những câu chuyện này, và tôi đã suy nghĩ về sao lại như thế. Tôi nghĩ rằng cách suy nghĩ về đi u này là những câu chuyện này là gì, là các truyện thuyết. Và chúng tôi nghĩ về các truyện thuyết nào, giá trị không phải chỉ câu chuyện ứng. Giá trị là chính nó minh họa sinh động những điều, cho bạn biết cách hành xử hoặc những việc nên tránh và chúng có ích vì lý do đó. Bạn hãy nhớ lại truyện thuyết nổi tiếng về con kiến và châu chấu. Châu chấu hát và chia sẻ và nhảy múa suốt mùa hè dài. Các chú kiến rất siêng, tích lũy thực phẩm, không vui chơi. Nhưng sau đó vào mùa đông, các chú châu chấu rất đói và các chú kiến cảm thấy rất thoải mái. Nhưng một nhà côn trùng học nói và nói, kiến và châu chấu không đi nào làm thế, bạn nói chính xác rằng ông ấy bị mất toàn bộ. Và đi u có ích này là nó chính là một câu chuyện hay minh họa cho những lo ngại hành vi nào đó cho dù chúng thật hay xấu. Vì vậy, đây là những gì tôi sẽ làm; tôi sẽ kể những câu chuyện này, những tôi sẽ ánh xạ chúng là truyện ngụ ngôn. Và tôi sẽ chỉ rõ những điều. Và các báo cáo tùy chọn là: chọn bất kỳ cái nào trong số những câu chuyện này và tìm hiểu đi u bên trong câu chuyện và bình luận một chút về hàm ý của câu chuyện.

I should say that the biggest of these fables is probably the one about Galileo and the Catholic Church, where the Catholic Church oppresses the pioneering scientist and the scientist stands firm against this huge impersonal bureaucracy, and the establishment trying to squelch them and so forth. The truth of that is actually very subtle and very interesting and I can't go into it now, among other things because I'm not a historian of science, I'm not the best person to talk about it, but check that out sometime.

Tôi phải nói rằng câu chuyện lớn nhất trong những truyện thuyết này có lẽ là câu chuyện về Galileo và Giáo Hội Công Giáo, trong đó Giáo Hội Công Giáo đàn áp các nhà khoa học tiên phong và các nhà khoa học đứng lên chống lại bộ quan liêu vô cảm này, và những thí nghiệm về bệ phóng và v.v. Sự thật của câu chuyện rất tinh tế và rất thú vị và tôi không thể đi sâu vào nó ngay bây giờ vì tôi không phải là một nhà sinh vật học, tôi không phải là người tốt nhất để nói về nó, nhưng hãy kiểm tra đi u vào lúc nào đó.

Anyway, for this particular--this is the fable of the Ptolemaic epicycles and the moral is that simple theories are better. And you particularly don't like theories which get more and more complicated, the better and better your data become. I should say that the word simple in there turns out to have a technical meaning if you take a statistics course. What I mean by simple is something that has relatively few free parameters. I'll just leave that at that. You can go talk to the statisticians about it. So, if your theory is getting overwhelmed by epicycles, then you'd better go out and come up with some other better theory. And so, people tried to do that, and the first step along the way was, of course, Copernicus.

Dù sao đi nữa, cho dù bây giờ đây là truyền thuyết về mô hình Ptolemy và lý tưởng là lý thuyết đơn giản nhất thì sao. Và thực tế là bạn không thích các lý thuyết ngày càng trở nên phức tạp hơn, trong khi dữ liệu càng ngày càng trở nên tinh tế hơn. Tôi phải nói rằng, thuật ngữ đơn giản trong đó hóa ra có một ý nghĩa kỹ thuật, nhưng bạn tham gia một khóa học thống kê. Nhưng gì tôi muốn nói là cái gì đó có vài tham số thì tốt thôi. Tôi nghĩ lý do cho bạn suy nghĩ. Bạn có thể nói chuyện với các nhà thống kê về nó. Vì vậy, nếu lý thuyết càng trở nên phức tạp hơn các mô hình, thì bạn nên chuyển hướng và nghĩ ra một lý thuyết khác thì sao. Và như vậy, con người đã cố gắng làm điều đó, và bước đầu tiên trên con đường đó, tất nhiên, là Copernic.

Copernicus, as you probably recall, decides that the geocentric model is wrong, things ought to be heliocentric; the Sun in the middle. So, you put the Sun in the middle and everything, including the Earth, goes in circles around the Sun. This was revolutionary, and in fact, the title of the book he published was *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, which means "of the revolutions" in the sense of "revolving of the celestial spheres." The use of that word revolution is one of the things that pushed the word revolution to its current meaning, meaning overthrowing authority in some ways. Originally, it just meant to revolve but this was so revolutionary that people started to use the word in the other way. This wasn't actually as great a theory as you might think, because it still needed epicycles. Not as big, not as many, but it didn't get rid of the problem with epicycles. And that didn't work itself out until a generation or two later when Kepler came along.

Copernicus, như bạn có lẽ còn nhớ, cho rằng mô hình địa tâm là sai, mà lẽ ra nên là nhật tâm; Mặt trời ở trung tâm. Vì vậy, bạn đặt Mặt trời ở giữa và tất cả mọi thứ, bao gồm cả Trái đất, chuyển động tròn quanh Mặt trời. Đây là cuộc cách mạng, và trong thực tế, tiêu đề của cuốn sách mà ông ta xuất bản là *De revolutionibus Orbium Coelestium*, có nghĩa là "cuộc cách mạng" theo quan niệm "xét li thi ên c u." Vì vậy, đúng là "cuộc cách mạng" là một trong những từ ngữ mà "cuộc cách mạng" mang nghĩa hiện tại của nó, nghĩa là lật đổ quyền lực theo một số cách khác nhau. Ban đầu, nó chỉ có nghĩa là xét li thi ên c u này quá cách mạng nên những từ ngữ này theo cách khác. Đây không thực sự là một lý thuyết tuy vậy vì như bạn nghĩ, bởi vì nó vẫn còn cần các mô hình. Không phải là lật đổ, không phải là nhũn, nhưng nó đã không thoát khỏi những vấn đề về mô hình. Và điều đó đã không khiến ai cho nên một học hai thế kỷ sau đó khi Kepler xuất hiện.

Kepler was a famous astronomer and he had in his possession, because he stole them, the best naked-eye results that had ever been obtained of the motions of the planets, in particular, Mars. He described these motions in Three Laws of Planetary Motion. You can look them all up in a textbook. In other kinds of courses we would have you memorize these things; I'm not going to do that. The key point here is that these are not circles; they're ellipses around the Sun. That, it turns out, gives you a model for planetary orbits which, when you take better and better data, doesn't change. They're still ellipses; you don't need little ellipses on top of these ellipses to explain everything that's going on. So, this now has excellent descriptive power. It really describes what's going on, and when you make further observations, it still describes what's going on. It does not have any explanatory power in the sense that if you say, "why ellipses?" Kepler had no idea. That's just the way God made it. So, it's not in any particular way an explanation. For the explanation you have to wait another generation or two until we get Newton.

Kepler là một nhà thiên văn học nổi tiếng và ông đã có tài sản riêng của ông ấy, vì ông "lấy trộm" chúng, những kết quả quan sát bằng mắt thường tốt nhất về chuyển động của các hành tinh, đặc biệt là, sao Hỏa. Ông ta đã mô tả những chuyển động này dưới dạng ba định luật chuyển động của các hành tinh. Bạn có thể xem tất cả chúng trong sách giáo khoa. Trong các loại khóa học khác, chúng tôi có thể yêu cầu bạn nhớ những luật này; tôi sẽ không làm điều đó. Điểm mấu chốt ở đây là những cái này không phải là các vòng tròn; chúng là các hình elip xung quanh Mặt trời. Hóa ra là, lý thuyết này đã ra mắt mô hình về quỹ đạo của các hành tinh, khi bạn nhìn các dữ liệu ngày càng tốt hơn, không thay đổi. Chúng vẫn là những elip; bạn không cần những elip nhỏ trên của những elip này gì cả thích mặt phẳng x y ra. Vì vậy, bây giờ lý thuyết này đã có một số cảm nhận tốt đẹp. Nó thực sự mô tả những gì đang xảy ra, và khi bạn tiến hành thêm những quan sát nữa, nó vẫn còn đúng. Nhưng nó không thể gì cả thích, "tại sao elip?" Kepler không có ý kiến. Đó chính là cách Chúa đã tạo ra nó. Vì vậy, hãy chắc chắn có cách gì thích nào rõ ràng và chắc chắn. Có những người gì thích, bạn phải tìm hiểu hai thứ cho đến khi Newton xuất hiện.

Newton writes down three laws of his own, but these are now three laws of motion, not planetary motion in particular. And again, one could write these down and memorize them and learn them, and that would be a good thing. Let me write down one of them, the Second Law, looks like this: $F = ma$, force equals mass times acceleration. And I write this one down simply to point out that that equation is the entire intellectual content of Introductory Physics for physics majors. If you go take Physics 180 this is all that they do and they spend the whole time. It turns out you don't actually want acceleration, that doesn't tell you what you want to know. What you want to know is the trajectory, where the object is as a function of time. Those of you who have taken some calculus may recall that if you take the acceleration, and you take an integral twice, you'd come up with the position as a function of time. So here's what--so in the next thirty seconds I'm going to explain Physics 180 to you. You substitute in some kind of a force, you divide by mass, you take two integrals, and that gives you the trajectory of the thing. That's all you need to know. Technically, of course, it's quite hard, but conceptually pretty straight-forward.

Newton đã viết ra ba định luật của riêng mình, nhưng bây giờ đây là ba định luật về chuyển động, không phải riêng gì chuyển động của các hành tinh. Và một lần nữa, ngay khi ta có thể viết ra những cái này và ghi nhớ chúng và tìm hiểu chúng, và đó sẽ là một điều tuyệt vời. Hãy tưởng tượng viết ra một trong số chúng, như Định luật thứ hai, có dạng như thế này: $F = ma$, là công thức về gia tốc. Và tôi viết ra cái này chỉ ra rằng quá trình đó là một ứng dụng trung tâm của môn Vật lý dành cho các sinh viên chuyên ngành vật lý. Nhưng bản chất khóa học Vật lý 180 đây là để chúng ta nghĩ về làm và hướng dẫn toàn bộ thời gian cho nó. Hóa ra là bản không thực sự đơn giản, vì nó không cho bạn biết những gì bạn muốn biết. Những gì bạn muốn biết là quỹ đạo, trong đó vị trí của vật thể như là một hàm của thời gian. Trong số những bạn đã thực hiện một số tính toán có thể như rùng rợn về gia tốc, và bạn lấy tích phân hai lần, bạn sẽ suy ra được vị trí như một hàm theo thời gian. Vì vậy, đây là những gì - vì vậy trong buổi giảng sau tôi sẽ thích Vật lý 180 cho bạn. Bạn thử vào loa ilc nào đó, bạn chia cho khối lượng, bạn có hai tích phân, và nó sẽ cho bạn quỹ đạo của vật. Đó là để chúng ta nghĩ về bạn cần phải biết. Về mặt kỹ thuật, tất nhiên, nó khá khó, nhưng trên lý thuyết là khá trực tiếp.

One of the things that Newton did with this equation was he took a particular force, namely the force of gravity, which he also wrote down a Law of Gravity. That tells you for any given situation what the force due to gravity is, substituted it in here, and figured out what the motions of the planets ought to be. And it turns out that he could derive Kepler's Laws. He derives Kepler's Laws. Very nice. Now, of course, in order to do this he has to invent calculus, so it takes a little while. He was a great genius but even so, inventing calculus from scratch, not something you want to attempt at home. And that was basically the start of both modern science and modern mathematics.

Một trong những điều mà Newton đã làm về quá trình này là ông đã chọn một lực cụ thể, cụ thể là lực hấp dẫn, cái mà ông cũng nghĩ về là định luật hấp dẫn. Vì vậy cho bạn biết trong bối cảnh lịch sử nào đó sự hấp dẫn gây ra là gì, thì nó vào trong đây, và suy ra chuyển động của các hành tinh sẽ như thế nào. Và hóa ra rằng ông ta có thể rút ra các định luật Kepler. Ông ta rút ra các định luật Kepler. Thật tuyệt vời. Bây giờ, tất nhiên, làm được điều này, ông ta phải xây dựng cách tính toán, do đó, phần lớn thời gian ông ta làm thiên tài lớn như ngay bây giờ, phát minh ra tính toán taylor, không phải là thứ mà bạn muốn thử làm tại nhà. Và về cơ bản đó là sự bắt đầu của các khoa học hiện đại và toán học hiện đại.

So, this marks the start of science in the following sense --that Newton has to make a couple assumptions along the way, sort of deep assumptions about how the world works. One is that the Universe is governed by laws, and in fact, by universal laws. What I mean by universal, in this sense, is that they apply everywhere; that the same law of gravity that resulted in the top of my pen falling to the floor over there also is responsible for the orbits of the planets and the motions of the stars. This was a new idea. It's very familiar to us by now, but the idea that the planets ought to behave according to the same rules as stuff down here on Earth was a whole new concept. The other piece of the new concept is that these laws are mathematical in nature. This is why science is hard, because it's hard for human beings. I think it's something to do with the way our brains are wired, to accept that this is true. It's very easy to imagine a world in which that's not true. Go read any

fantasy novel. Any fantasy novel has a situation where the hero or the villain, by virtue of their strength of character influences the events around them. So that is a rule governed by laws, perhaps, that are not mathematical in nature, but depend on the moral character of the individuals involved. Every human culture has such stories including our own. It's very hard to get away from it, and the idea that there's just this sort of mathematical structure and that your moral stature has no bearing on what's going to happen is kind of hard to accept. Fortunately, people turn out to be pretty good at math, so we can actually solve these problems and move forward. These two ideas were revolutionary and they are the basis pretty much of all science.

Vì vậy, hiện tại chúng ta đang ở trong một tình huống mà khoa học theo nghĩa sau đây - Newton đã thực hiện hai giả thiết, những giả thiết khó hiểu về cách thức vận động. Một là: vận tốc của khi nhìn các quy luật, và trong thực tế là các quy luật phổ quát. Tôi muốn nói gì qua tất cả những điều này, theo nghĩa là chúng ta đang áp dụng các khái niệm trong vật lý; rằng các định luật hình học của chúng ta thực sự chỉ là những mô hình đóng vai trò trong việc quy định những chuyển động của các hành tinh và chuyển động của các ngôi sao. Đây là một ý tưởng mới. Nó rất quen thuộc với chúng ta hiện nay, những ý tưởng về các hành tinh phi chuyển động theo những quy luật tương tự như những thứ đã diễn ra trên Trái Đất là một khái niệm hoàn toàn mới. Những khái niệm mới khác nhau là những định luật này là toán học trong tự nhiên. Đây là lý do tại sao khoa học khó, vì nó khó cho con người. Tôi nghĩ chúng ta chấp nhận hiện tại một cách miễn cưỡng. Rồi dần dần những thứ mới mẻ trong đó dường như không đúng. Hãy cẩn thận đừng tự thuyết phục mình. Bất kỳ một cuốn tiểu thuyết vật lý nào có một tình huống trong đó các hành tinh hoặc những hành tinh khác, qua các hành tinh của chúng ta, thì những định luật của chúng ta xung quanh hành tinh. Vì vậy, đó là một quy luật chỉ phụ thuộc vào các định luật, có lẽ, đó không phải là toán học trong tự nhiên, mà phụ thuộc vào tính cách của các cá nhân có liên quan. Mọi vấn đề vật lý của con người có những câu chuyện như thế bao gồm chính chúng ta. Rồi khó tránh xa nó, và ý tưởng rằng có một cấu trúc toán học này và rằng tất cả những điều đó không có sự liên quan với những gì đang diễn ra hành tinh khó chấp nhận. May mắn thay, mọi người hóa ra là khá giỏi môn toán, do đó chúng ta thực sự có thể nghĩ về những vấn đề này và tiến về phía trước. Hai ý tưởng rất khác nhau và chúng ta cần cẩn thận trong ngành khoa học.

So then Newton's laws get elaborated on for several centuries. By the end of the nineteenth century things are starting to come apart a little bit. There are now problems that show up with Newtonian physics. It's been a big success on the whole but there are now problems. And in the early twentieth century what happens is two new laws of physics are invented. These are the given the names quantum mechanics and general relativity. And the situation with these is they don't overturn Newton's laws, they extend them. It turns out that in the kinds of situations that Newton was looking at, both quantum mechanics and general relativity, reduced down to Newton's law. So, you have a situation where here are Newton's laws, Newton's Laws, of which Kepler's laws are a tiny subset. And then general relativity; I'm drawing a kind of Venn diagram here, is here, relativity, occupying Newton's laws but that's some other stuff. Quantum mechanics looks kind of like this; extends in a different direction. Let me make these axes -specific. I don't like Venn diagrams when they don't tell you what you're actually plotting. This is mass, so

heavy things are when relativity kicks in. This is size, and so small things are when quantum mechanics kicks in.

Vì vậy, trong vài thế kỷ sau, các định luật Newton vẫn còn khó hiểu. Đến cuối thế kỷ XIX mới bắt đầu bùng nổ. Hiện nay, có những vấn đề liên quan đến lý thuyết Newton. Xét riêng thì, đó là một thành công lớn trên toàn bộ những gì hiện nay đã xuất hiện những vấn đề. Và vào đầu thế kỷ XX, hai ngành vật lý mới được phát minh. Đó là cơ học lượng tử và lý thuyết tương đối tổng quát. Và chúng không mâu thuẫn với các định luật Newton, chúng mở rộng nó. Hóa ra là trong các trường hợp mà Newton xét, cả hai cơ học lượng tử và lý thuyết tương đối riêng, quy về các định luật Newton. Vì vậy, mối quan hệ giữa chúng như thế này đây là các định luật Newton, các định luật Einstein, trong đó định luật Kepler là một trường hợp đặc biệt của nó. Và sau đó là lý thuyết tương đối tổng quát; tôi sẽ xem xét mối liên hệ Venn này, chia các định luật Newton như nó còn chia một số thế kỷ khác. Cơ học lượng tử là một loại gì đó khác, mở rộng theo một hướng khác. Hãy tôi làm những bài tập này. Tôi không thích những gì Venn khi chúng không cho bạn biết những gì bạn đang thực sự. Đây là khi nào, những vật thể mô tả những nghiên cứu của thuyết tương đối. Đây là kích thước. Những vật thể mô tả những nghiên cứu của cơ học lượng tử (bắt đầu từ khai thác bí ẩn).

But you can see the problem. We've got two big theories. You really want those theories to be encompassed by one yet bigger theory. And that is the current goal of theoretical physics, to try and find the one great theory that encompasses both quantum mechanics and general relativity, which contradict each other in various awkward ways, particularly in this region up here. This is called the Theory of Everything, or TOE. And the best current guess as to what kind of a theory that will be is that it will be some kind of string theory. I won't go into string theories now, you can go read many popular books on this; it's very exciting. There is currently no string theory that really works out all that well but the people who are studying this kind of thing like to believe that that's going to work out sometime in the future. This is good.

Những bạn có thể thấy rõ vấn đề. Chúng ta có hai lý thuyết lớn. Bản thân các lý thuyết này chia sẻ những bí ẩn mà lý thuyết lớn hơn không thể. Và đó là một tiêu chí rất tốt của các nhà vật lý lý thuyết, họ tìm kiếm lý thuyết vĩ đại mà bao gồm cả cơ học lượng tử và lý thuyết tương đối tổng quát, và đôi khi mâu thuẫn với nhau trong các phạm vi khác nhau, đặc biệt là khu vực trên đây. Cái này chính là lý thuyết vĩ đại nhất, hoặc TOE. Và dự đoán tốt nhất hiện nay về loại lý thuyết nào sẽ đóng vai trò đó là lý thuyết dây. Tôi sẽ không đi sâu vào lý thuyết dây bây giờ, bạn có thể tìm hiểu sách nói về tài này; rất thú vị. Hiện tại chúng ta hoàn thành tất cả các phần, những nghiên cứu về lý thuyết này tin rằng sẽ sớm được tích hợp vào một lúc nào đó trong tương lai. Đây là những gì.

We've gone about forty minutes from the start of science to the Theory of Everything, so we're done. Everything else is a detail and so the whole rest of the course is filling in details. The first of which--so let's start on the details. The first of which, I want to go back and catch one of Kepler's Laws. And I want to write down the Newtonian Modification of Kepler's Third Law. That is an equation that looks like this:

a^3

=

 $GMP^2/4$

2

Chúng ta đã đi qua bán kính phút từ các biểu thức cho Lý thuyết của Michell, do đó, chúng ta đã hoàn thành. Michell khác là chi tiết và vì vậy toàn bộ phần còn lại của khóa học là đi vào các chi tiết. Vì chúng tôi tiên trong số - vậy chúng ta hãy bắt đầu đi vào các chi tiết. Vì chúng tôi tiên số, tôi muốn trình bày và chi tiết trong những nguyên lý Kepler. Và tôi muốn viết ra số S của chúng tôi Newton và nguyên lý ba Kepler. Đó là một phần trình bày như thế này:

We're going to circle this in red. This is something you're going to want to memorize. This, it turns out to be, a basis of a large fraction of what we're going to do in this course. So, let me explain the symbols; a is the semi-major axis of an elliptical orbit. Remember these orbits are going to be ellipses; here's an ellipse. The long side is the major axis; the short side is the minor axis. Half the major axis is the semi-major axis, so this is a right here. P is the orbital period, how long it takes the planet or whatever orbiting object you've got to go around one orbit. M is the total mass of the two things in orbit around each other, of the orbiting bodies. And the existence of that M is why this is Newton's modification. In Kepler's law, it was always planets going around the Sun, so the mass was always the same; the mass was that of the Sun and so it cancelled out. In general, you can use the same equation to deal with things orbiting the Earth or things orbiting the Moon as long as you put in the right mass there. G is a constant of nature, the gravitational constant, and it equals some value depending on what units you use. And we'll come back to that later. Four is 4, π is this obscure number from elementary mathematics 3.14159 whatever the heck it is. And you can punch it in on your calculator or whatever. So, you can use this equation to find things out.

Chúng ta sẽ khoanh tròn cái này màu đỏ. Đây là thứ mà bạn phải ghi nhớ. Ở đây, hoá ra là, các số của phần lớn những gì chúng ta sẽ làm trong khóa học này. Vì vậy, hãy tôi ghi thích các ký hiệu, một là bán kính chính của quỹ đạo hình elip. Hãy nhớ những quỹ đạo này sẽ là elip; đây là một hình elip. Chiều dài là trục chính; chiều ngắn là trục phụ. Phân nửa trục lớn là bán kính lớn, vì vậy, a ngay đây. P là chu kỳ quay, hành tinh hay bất cứ thứ gì mà bao lâu quay quanh mặt trời. M là tổng khối lượng của hai vật trong quỹ đạo xung quanh nhau, của các vật quay. Và số π của M là số của chúng tôi Newton. Trong nguyên lý Kepler, luôn luôn là các hành tinh quay xung quanh Mặt trời, do đó, M luôn luôn là khối lượng Mặt Trời. Nói chung, bạn có thể sử dụng các phần trình bày để ghi nhớ những bài toán trong đó các vật quay quanh Trái đất hoặc các vật quay quanh Mặt Trời mà bạn đưa vào đó khối lượng thích hợp. G là một hằng số thiên nhiên, hằng số hấp dẫn, và nó bằng giá trị nào tùy thuộc vào đơn vị mà bạn sử dụng. Và chúng tôi sẽ trình bày ở đây sau. Bạn là 4, π là số khó hiểu này từ toán học từ 3,14159 mà không nó là gì. Và bạn có thể nhập nó trên máy tính của bạn hoặc bất cứ đâu. Vì vậy, bạn có thể sử dụng phần trình bày này để tìm ra những thứ này.

Now, these numbers tend to be awkward to work with. The mass of the Sun is some huge number of kilograms, G is a very awkward number, π is always a mess. But let me show

you a trick. Consider the Earth's orbit around the Sun. The semi-major axis of the Earth's orbit is a very common unit in astronomy, and it's called an Astronomical Unit. It's a unit of length, or AU. The mass of the Sun, mass of the Earth plus the Sun is mostly the mass of the Sun; of Sun, is called the solar mass obviously, and it's given this symbol M with a little circle with a dot inside, that's the symbol for the Sun. What's the orbital period of the Earth? A year, thank you very much. Period of Earth --one year. That's what a year means; it takes a year for the Earth to go around the Sun. So, it must be the case that one Astronomical Unit cubed, is equal to G times the mass of the Sun, times one year squared, that's P^2 over 2 .

À, làm vì c v i nh ng con s này có v h i b t t i n. Kh i l ng c a M t tr i là m t s kg kh n g l , G là m t s r t b t t i n, luôn luôn b a bu n. Nh ng hã y t o i ch cho b n m t m o. Xét qu o c a Trá i t quanh M t tr i. Bán tr c chính c a qu o c a Trá i t là m t n v r t ph b i n trong thiên v n h c, và nó c g i là m t n v thiên v n. ó là m t n v chi u dài, ho c AU. Kh i l ng c a M t Tr i, kh i l ng c a trá i t c ng v i m t tr i g n nh b ng kh i l ng c a M t Tr i; c a M t tr i, hi n nhiên c g i là kh i l ng M t tr i, và nó c k i h i u là M v i m t vòng tròn nh v à m t d u ch m bên trong, ó là bi u t ng cho M t Tr i. Chu kì quay c a Trá i t là bao nhiêu? M t n m, c m n b n r t nhi u. Chu kì quay c a Trá i t - m t n m. ó là ý ngh a c a m t n m, m t m t n m Trá i t quay quanh M t Tr i. Vì v y, ph i là m t n v thiên v n m ba, b ng G nhân kh i l ng c a M t Tr i, nhân m t n m bình ph ng, b ng P^2 trên 2 .

Now, let me show you a trick. Take the general equation, it's a useful trick, and divide by the specific equation. So $a^3 = P^2 GM / 2$ and we're going to divide that by 1 AU^3 equals one year squared, G mass of the Sun over 4 2 . We can do this because these two things are equal so we're dividing both sides of the equation by the same amount. G cancels, 4 2 cancels; that's very nice. We end up with a over 1 AU^3 equals P over one year squared, M over the solar mass. This is just saying that quantity is a in units of an Astronomical Unit. This quantity is P in units of a year. If this is two years then this number will com e out to 2, and this is M in units of the mass of the Sun. So, you can say $a^3 = P^2 M$, providing you're dealing in units of the mass of the Sun, units of one year, and units of an AU. So, this is now much easier to work with. You've got rid of all kinds of t errible things, so let me give you the first numerical example of the course. This will be the last thing we do today, namely, the orbit of Jupiter.

Bây gi , hã y t o i ch cho b n m t m o. Ch n ph ng trình t ng quát, ó là m t m o h u ích, và chia cho ph ng trình c th . Vì v y, $a^3 = P^2 GM / 2$ và chúng ta s chia nó cho 1 AU^3 b ng v i m t n m bình ph ng, G kh i l ng c a M t Tr i trên 4 2 . Chúng ta có th làm i u này vì hai cái này u b ng nhau vì v y chúng ta chia c hai v c a ph ng trình cho m t i l ng. G m t, 4 2 m t; i u ó r t p. Chúng ta k t thúc v i a trên AU^3 b ng v i P trên m t n m bình ph ng, M trên kh i l ng m t tr i. i l ng này b ng a theo n v thiên v n. i l ng này là P theo n v n m. N u cái này là hai n m thì s này s là 2, và ây là M theo n v kh i l ng M t Tr i. Vì v y, b n có th nói $a^3 = P^2 M$, m i n là b n ang làm vì c trong n v c a kh i l ng c a M t Tr i, n v n m, và n v AU. Vì v y, bây gi cái này d làm h n nhi u. B n ã v t b các th

kh ng khi p, do ó, hãy tôi cho b n nh ng ví d s u tiên c a khóa h c. ây s là i u cu i cùng chúng ta làm hôm nay, c th là, qu o c a sao M c.

Turns out the distance from Jupiter to the Sun is about five times the distance of the Earth to the Sun. So, a of Jupiter is approximately five times a of Earth; a of Earth you'll recall is this 1 AU so this is about 5 AU. So, how does this equation work out? You get 5^3 equals P^2M , M is the mass of the Sun, 1 solar mass. And since Jupiter is going around the Sun that's equal to 1. So, you have 5^3 , 5 times 5 is 25, 25 times 5 is 125, so you end up with 125 equals P^2 , so you can answer the question now. What is the orbital period of Jupiter in years? Obviously, that's going to equal the square root of 125. Here's another trick. What's the square root of 125? Quickly? Good, more decimals? You could type it into your calculator though and find out, but let me make a suggestion. Don't take the square root of 125; take the square root of 121 instead. What's the square root of 121? 11. Much easier, right? And notice this, a of Jupiter is approximately five, so 5^3 is approximately 125, and it's just as good to say 121 is equal to the square root --the square of the period, and P equals 11 years. That's the orbital period of Jupiter.

Hóa ra là kho ng cách t Sao M c t i M t tr i b ng kho ng n m l n kho ng cách Trái t n M t Tr i. Vì v y, a c a sao M c là kho ng n m l n a c a Trái t; a c a Trái t là 1 AU vì v y cái này kho ng 5 AU. V y, ph ng trình này gi i nh th nào? B n có 5 m ³ b ng P^2M , M là kh i l ng c a m t tr i, l kh i l ng m t tr i. Và b i vì sao M c s quay quanh M t tr i cái ó b ng 1. Vì v y, b n có 5 m ³, 5 nhân 5 b ng 25, 25 nhân 5 b ng 125, và cu i cùng b n c 125 b ng P^2 , vì v y b n có th tr l i câu h i ngay bây gi . Chu kì c a sao M c là bao nhiêu n m? Rõ ràng, nó s b ng c n b c hai c a 125. ây là m t th thu t khác. C n b c hai c a 125 là bao nhiêu? Nhanh nào? T t, thêm các s th p phân? B n có th b m máy tính, nh ng có m t cách khác. ng l y c n b c hai c a 125; thay vào ó l y c n b c hai c a 121. C n b c hai c a 121 là bao nhiêu? 11. D dàng h n nhi u, ph i không? Và chú ý cái này, a c a sao M c c 5, do ó, 5 m ³ kho ng 125, và qu là m t i u t t khi nói 121 b ng c n b c hai – bình ph ng c a chu kì, và P b ng 11 n m. ó là chu kì c a sao M c.

All right, so now, I'm aware that many of you are shopping the course today and may not be back for future lectures. And so, I want for those people who have decided against this that they'll do something far more worthwhile with their time, I want to leave you with something you can carry through your life from your brief experience with Astronomy 160. And that is the following piece of advice: Don't take the square root of 125, take the square root of 121. It's much easier. This is what the business people call thinking outside the box. Don't do the stupid hard thing. Do the thing that is just as good but requires some thought first in order to make it easy. So, I will leave you with that, the r est of you I'll see you on Thursday morning.

c r i, bây gi , tôi th y r ng nhi u ng i trong các b n u ã thu l m c chút ki n th c trong bu i h c ngày hôm nay và có th không tr l i gi ng ng trong t ng lai. Và nh v y, tôi mu n nói v i nh ng ng i ã quy t nh ph n i i u này r ng h ã làm i u gì ó áng giá h n r t nhi u v i th i gian c a h , tôi mu n l i cho b n m t cái gì ó b n có th th c hi n thông qua cu c s ng c a b n t kinh nghi m c a

b n v i Thiên v n h c 160. Và ó là vài l i khuyên sau ây: ng l y c n b c hai c a 125, l y c n b c hai c a 121. Nó d dàng h n nhi u. ây là nh ng gì ng i dân kinh doanh g i là t duy thoát kh i khuôn m u. Không làm i u ngu ng c. Làm m t vi c là t t nh ng òi h i tr c h t ph i suy ngh sao th c hi n nó thu n l i và d dàng h n. Vì v y, tôi s l i cho b n i u ó, n gi ngh r i h n g p l i các b n vào bu i sáng th N m.