

www.mientayvn.com

Đây là bản chép lời giảng của giáo sư [Mark Saltzman](#) trên lớp. Bạn có thể xem toàn bộ bài giảng này bằng cách vào <http://www.mientayvn.com> > Học li u m > i h c Yale > K thu t y sinh > Ch ng I: K thu t y sinh là gì?

Frontiers of Biomedical Engineering: Lecture 1 Transcript

Professor Mark Saltzman: This is a course, a version of which I've taught almost every year for the last twenty years and it evolves a little bit every year. I think I get a little bit better at it, so hopefully you'll get some advantage from that experience. But the idea is to try to present to you what's exciting about Biomedical Engineering, the ways that one can take science and mathematics and apply that to improve human health. I'm not working alone here, but we have three teaching fellows who are affiliated with the course, two of which are here today. Yen Cu is back there, Yen raise your hand higher so everyone can see. Yen worked on the course last year and she's the senior of the teaching fellows that are working on the course this year. Serge Kobsa is in the back and he'll be the second teaching fellow. I should mention that Yen is a PhD student in Biomedical Engineering and Serge is an M.D./PhD student who's getting his PhD in Biomedical Engineering. The third teaching fellow couldn't make it today, his name is Michael Look and I'll introduce him to you when he's available.

Đây là môn khóa học, môn phiên bản mà tôi đã dạy gần hàng năm trong hai môn đi kèm qua và nó phát triển một ít mỗi năm. Tôi nghĩ rằng tôi đã khá hơn một chút trong việc đó, vì vậy hy vọng bạn sẽ nhận được một số lợi ích từ kinh nghiệm đó. Nhưng ý tưởng chính là cung cấp kiến thức cho bạn về những gì thú vị về kỹ thuật y sinh, là các phương pháp lý toán học và khoa học và áp dụng chúng để cải thiện sức khỏe con người. Tôi không làm việc một mình đây, mà chúng tôi có ba trợ giảng cùng tham gia vào khóa học, hai trong số đó đang ở đây hôm nay. Yen Cu ở phía trước, Yen giơ tay cao hơn một chút để mọi người có thể nhìn thấy. Yen tham gia qua lớp khóa học này năm trước và cô ấy là người có thâm niên hơn những trợ giảng mới tham gia vào khóa học năm nay. Serge Kobsa ở phía sau và anh ấy là trợ giảng thứ hai. Yen là một nhà nghiên cứu sinh ngành kỹ thuật y sinh và Serge là một bác sĩ nghiên cứu sinh về kỹ thuật y sinh. Trợ giảng thứ ba không có mặt đây, tên anh ấy là Michael Look và tôi sẽ giới thiệu anh ấy cho bạn khi anh ấy có mặt.

This is the goal for my first lecture today, to try to answer these questions. You might have already noticed that I'm using the classes V2 server so the syllabus is there, I'm going to go over the syllabus a little bit later, but the syllabus is available online. The first reading is available online and I'll talk more about the readings when I get to that portion of the lecture here. I'm going to post PowerPoints for all the lectures, hopefully at least the day before the lecture takes place, so I posted this last night. Some students find that they benefit from printing out the PowerPoints and they can just take their notes along

with the slides as I go and that's one way to do it, but feel free to do it whatever way works for you, but those should be available.

Đây là mục tiêu cho bài giảng tuần tiếp theo hôm nay, chúng ta sẽ trình bày những câu hỏi này. Có thể bạn nhớ rằng tôi đang dùng máy chiếu V2 để trình bày vì trình hình có đó, lát nữa tôi sẽ xem xét kỹ hơn về trình hình một chút, nhưng trình hình có sẵn trên màn hình. Các bài cho buổi tiếp theo cũng sẽ có sẵn trên màn hình và tôi sẽ nói thêm về các bài khi tôi trình bày bài giảng này. Tôi sẽ nâng tất cả các bài giảng Powerpoints lên màn hình, hy vọng ít nhất là ngày trước khi đi ra bài giảng, vì vậy tôi sẽ nâng cái này vào hôm qua. Mời sinh viên nhớ rằng hình ảnh minh họa về công nghệ y sinh và công nghệ sinh học có thể thêm vào các slide khi tôi giảng và đó là một cách làm hiệu quả, tất nhiên bạn cũng có thể làm theo bất cứ cách nào mà bạn thích, nhưng những gì này sẽ có sẵn.

The questions I want to try to answer today are what is Biomedical Engineering? So why would you be interested in spending a semester learning about this subject? I'll talk about who will benefit from the course and a little bit about sort of the detailed subject matter that we'll cover in the course of this semester. To answer the question what is Biomedical Engineering, we're going to spend time on that today and we'll spend time on Thursday, and I want to approach it from a couple of different angles.

Các câu hỏi mà tôi muốn chúng ta trình bày hôm nay là Kỹ thuật y sinh là gì? Vì vậy tại sao bạn quan tâm đến việc học môn học này? Tôi sẽ nói về việc cải thiện công nghệ y sinh và một chút về các vấn đề chi tiết mà chúng ta sẽ nghiên cứu trong môn học này. Trình bày câu hỏi Kỹ thuật y sinh là gì, chúng tôi sẽ dành cho nó buổi hôm nay và ngày Thứ năm, và tôi muốn tiếp cận nó từ một vài góc khác nhau.

One is by just showing you a series of pictures which you might recognize and talk about why this is an example of Biomedical Engineering. This is one picture that probably you all know what it is when you see it, it's a familiar looking image. It's something that probably we all have some personal experience with, right? This is a chest x-ray that would be taken in your doctor's office, for example, or a radiologist's office. And it is a good example of Biomedical Engineering and that it takes a physical principle, that is how do x-rays interact with the tissues of your body, and it uses that physics, that physical principle to develop a picture of what's inside your body, so to look inside and see things that you couldn't see without this device. And you'll recognize some of the parts of the image, you can see the ribcage here, the bones, you can see the heart is this large bright object down here. If you have good eyesight from the distance that you're at you can see the vessels leading out of the heart and into the lungs, and the lungs are these darker spaces within the ribcage.

Thứ hai là chúng ta trình bày cho bạn một loạt các hình ảnh mà bạn có thể nhìn ra và nói về lý do tại sao đây là một ví dụ về Kỹ thuật y sinh. Đây là một bức ảnh mà có lẽ tất cả các bạn đều biết nó là gì khi bạn nhìn thấy nó, nó là một hình ảnh trông rất quen thuộc. Nó là cái gì đó mà có lẽ tất cả chúng ta đều có một số kinh nghiệm cá nhân về nó, phải không? Đây là bức ảnh chụp x-quang ngực để lấy trong phòng mạch bác sĩ, chúng ta,

họ có camera phòng chụp x-quang. Và nó là một ví dụ về Kỹ thuật y sinh và nó dựa trên một nguyên lý vật lý, đó là cách làm các tia x tác động vào các mô trong cơ thể của bạn, và nó sử dụng nguyên tắc vật lý đó, nguyên tắc vật lý tương tác bên trong cơ thể của bạn, như vậy có thể nhìn vào bên trong và thay đổi nó không thể thay đổi một chút nào. Và bạn sẽ nhận ra rằng phần của hình ảnh, bạn có thể thấy là ngực, xương, bạn có thể thấy tim là vùng sáng rõ ràng ở đây. Nhưng bạn có thể lật ngược ảnh chụp bạn có thể thấy các mạch máu ra ngoài tim và vào phổi và phổi là vùng không gian tối hơn này bên trong lồng ngực.

Physicians over the years of having this instrument have learned how to be very sophisticated about looking at these pictures and diagnosing when something is wrong inside the chest, for example. So this is an example of Biomedical Engineering, one that is well integrated into our society to the point that we've probably all got a picture like this somewhere in our past, and where we understand the physical principles that allow us to use it.

Các bác sĩ trong nhiệm vụ có trong tay phông ti n này đã biết cách có cơ sở tính vì khi xem xét những bức ảnh này và chẩn đoán khi có gì bất thường bên trong lồng ngực của họ. Vì vậy, đây là một ví dụ về Kỹ thuật y sinh, cái đã trở nên phổ biến trong xã hội của chúng ta năm mà có một trăm năm trong chúng ta có một bức ảnh gì đó như thế này đâu đó trong quá khứ của chúng ta, và đó chúng ta hiểu nguyên tắc vật lý cho phép chúng ta sử dụng nó.

We've gotten, over the last two decades in particular, very sophisticated about taking pictures inside the body allowing doctors to look inside the body and predict things about our internal physiology that they couldn't predict just by looking at us or putting their hands on us. This image on the top here is another example of an imaging technique, this is a Positron Emission Tomograph, or PET image, and it's taken by using radionuclides and injecting them into you, so radioactive chemicals that interact with tissues in your body in a specific way and you can see where those radioactive chemicals go. It allows us to look not just at the anatomy of what's going on inside your body like an x-ray does, but to look at the chemistry, the biochemistry of what's happening inside a particular organ or tissue in your body. In this case, these are pictures of the brain and this has been an exceptionally important technique in understanding how molecules like neurotransmitters affect disease and how they change in certain disease states in people, and we'll talk about this as another example of Biomedical Engineering, this advanced method is for imaging inside the body.

Nói riêng, hai thập kỷ qua, chúng ta đã rất tinh vi trong việc chẩn đoán các bệnh bên trong cơ thể cho phép các bác sĩ nhìn bên trong cơ thể và chẩn đoán những gì về sinh lý bên trong cơ thể của chúng ta mà họ không thể tiên đoán được khi chỉ nhìn vào chúng ta hoặc sờ tay của họ lên chúng ta. Hình ảnh phía trên cùng đây là một ví dụ khác về kỹ thuật chụp ảnh, đây là một hình chụp Positron emission tomography, hay PET, và nó cho thấy hình ảnh cách sử dụng các hạt phóng xạ và tiêm chúng vào bạn, sau đó các hạt phóng xạ tác động vào các mô trong cơ thể của bạn theo một cách đặc biệt và bạn có thể ghi lại nó mà hóa chất phóng xạ đã đi. Nó cho phép chúng tôi xem không chỉ

nhìn vào cấu trúc gì ở phía trước của hình ảnh gì đang xảy ra bên trong cơ thể của bệnh nhân tia x làm, mà còn nhìn vào hóa học, hóa sinh của hình ảnh gì xảy ra bên trong mối quan hệ của mô cơ thể trong cơ thể của bệnh nhân. Trong trường hợp này, đây là hình ảnh bệnh nhân não và đây là một kỹ thuật chẩn đoán quan trọng vì cách thức mà các phân tử chuyển hóa như chất dẫn truyền thần kinh như serotonin và chúng thay đổi như thế nào khi con người trong tình trạng bệnh tật, và chúng tôi sẽ thảo luận về ví dụ này như là một ví dụ khác của Kỹ thuật y sinh, phần pháp y tiên tiến này dùng vẽ hình bên trong cơ thể.

Well this third picture you can't probably see too much about but you probably recognize what it is, right? Where was this picture taken? What kind of a space was it taken in?

Vâng hình ảnh thứ ba này bạn có lẽ không thể thấy quá nhiều như bạn có thể nhìn ra nó là gì, phải không? Hình ảnh này chụp ở đâu? Nó chụp trong loại không gian nào?

Student: [inaudible]

Professor Mark Saltzman: Somebody said OR or operating room and that's right, this is a picture in an operating room, and operating rooms if you went into any operating room around the country you would see lots of examples of instruments that are used to help surgeons, anesthesiologists to keep the patient alive and healthy during the course of a surgery.

Vài người nói OR hoặc trong phòng mổ và điều đó đúng, đây là bệnh nhân trong phòng mổ, và các phòng mổ, nếu bạn đi vào bất kỳ phòng mổ nào trên khắp đất nước sẽ thấy rất nhiều ví dụ về các dụng cụ dùng hỗ trợ cho bác sĩ phẫu thuật, bác sĩ gây mê để cho bệnh nhân còn sống và khỏe mạnh trong quá trình phẫu thuật.

This particular one down here, this portion here is a heart/lung machine and this is a machine that can take over the function of a patient's heart and lungs during the period when they're undergoing open heart surgery, for example. If they're having a coronary artery bypass or they're having a heart transplant, then there's some period at which their normal heart - their heart is stopped and this machine assumes the functions of their heart. And this is, I think, an obvious example of Biomedical Engineering, building a machine that can replace the function of one of your organs even temporarily, for example, during an operation.

Điều kiện để đi đây, phần này đây là một máy tim/phổi và đây là một máy mà có thể thay thế chức năng của tim và phổi của bệnh nhân trong suốt thời gian hỗ trợ qua phẫu thuật tim mạch nghiêm trọng. Nếu có thể thì hình phẫu thuật bằng cơ học và hình học của ghép tim, thì sẽ có một khoảng thời gian nào đó tim bình thường của họ - tim của họ dừng hoạt động và máy này sẽ tạm thời thay thế chức năng của tim họ. Và đây là, tôi nghĩ rằng, một ví dụ điển hình về kỹ thuật y sinh, chế tạo một máy có thể thay thế chức năng của một trong những cơ quan trong cơ thể bạn cho dù chỉ là tạm thời, chuyển hóa, trong lúc phẫu thuật.

This is another familiar picture, I purposely picked one that looked sort of old fashioned compared to the usual way you see this, which might be on the nightly news. You see a bleep going across the screen to indicate that they've got their finger on the pulse of what's happening, or you see it in TV shows like ER. You see these images on computer screens all the time; it's an example of an EKG or ECG, an electrocardiograph. It's a machine that also looks inside your body, but looks inside in a different kind of way. Rather than by forming an image or a picture you put electrodes on the surface of the body and measure the electrical potential as a function of position on the body. It turns out the electrical potential or electricity that you can measure on the surface of the body reflects things that are happening deeper inside like the beating of your heart. If you put the electrodes in the right position and you measure in the right way you can detect the electrical activity of the heart and record it on a strip recorder like this one shown here, or display it on a computer. So this is another example of Biomedical Engineering where you can look at the function of a heart in a living person and a physician who is experienced at looking at these, and a machine that works well, with those two things you can diagnose a lot of things that are happening inside of a heart and we'll talk about that about halfway through the course.

Đây là một bức ảnh quen thuộc, tôi cố chọn cái có vẻ cổ hơn so với cái mà bạn thường nhìn thấy, nó có thể xuất hiện trên các bản tin buổi tối. Bạn thấy một bíp bíp đi ngang qua màn hình cho biết rằng chúng biết rằng gì đang xảy ra, hoặc bạn thấy nó trong chương trình TV như ER. Bạn thấy những hình ảnh trên màn hình máy tính mỗi lúc, nó là một ví dụ của máy EKG hay ECG, máy ghi nhịp tim. Đó là một máy tính nhìn vào bên trong cơ thể của bạn, nhưng nhìn vào bên trong theo một phương pháp khác. Thay vì bằng vì cơ thể hình ảnh hoặc bằng cách nhìn các kênh trên bề mặt cơ thể và đo nhịp tim như một hàm theo các vị trí trên cơ thể. Hóa ra là nhịp tim hoặc nhịp mà bạn đo trên bề mặt cơ thể phản ánh những gì đang xảy ra sâu hơn bên trong như sự co bóp của trái tim của bạn. Nhưng nhìn các kênh vị trí thích hợp và đo theo cách thích hợp bạn có thể phát hiện các hoạt động của tim và ghi nó trên một máy ghi điện như cái hiển thị này, hay hiển thị nó trên máy tính. Vì vậy, đây là một ví dụ khác về kỹ thuật y sinh, đó là bạn có thể xem các kênh của tim của một người đang tắt thở và một bác sĩ là những người có kinh nghiệm trong việc nhìn cái này, và một máy hoạt động tốt, vì hai thứ này bạn có thể chọn đoán nhịp tim đang xảy ra bên trong tim và chúng tôi sẽ nói về điều đó trong khoảng giờ của khóa học.

This picture might be less familiar to you but you probably all know that we have developed over the last 100 years or so the ability to take cells out of a person, or cells out of an animal, and keep those isolated cells alive in culture for extended periods of time: this technology is called cell culture technology. We're going to spend quite a bit of time talking about it during the third week of the course. By taking cells from the skin, for example, or cells from your blood or cells from the bone marrow and keeping them alive in culture, we've been able to study how human cells work and learn a lot about the functioning of human organism. We've also learned how to not only keep cells alive, but in certain cases make them replicate outside the body, so maybe you could take a few skin cells and keep them in culture in the right way and replicate them so that you get many millions of skin cells after several weeks or so.

nh này có thể là ít quen thuộc vì bản nhúng có tất cả các bản in bị trộn chúng tôi đã phát triển hơn trong khoảng hơn 100 năm qua khi ngành lý tế bào ra khi các thành con người, hoặc ra khi các thành vật, và gì cho ngành tế bào bằng cách lý này còn sống trong quá trình cấy trong khoảng thời gian dài: kỹ thuật này cũng là kỹ thuật nuôi cấy tế bào. Chúng ta sẽ bắt đầu tìm hiểu về nó trong suốt tuần tiếp theo của khóa học. Bằng cách lý các tế bào da chúng ta, hoặc các tế bào máu hoặc các tế bào thực vật và gì cho chúng sống trong quá trình cấy, chúng tôi đã có thể nghiên cứu cách thức hoạt động của tế bào người và tìm hiểu về hoạt động của các thành con người. Chúng tôi cũng đã nghiên cứu cách thức không chỉ là gì cho các tế bào còn sống, mà trong trường hợp nào đó làm cho chúng tái tạo bên ngoài cơ thể, do đó bản có thể bản có thể lý một vài tế bào da và gì chúng trong nuôi cấy theo cách thích hợp và tái tạo chúng cho bản nhúng hàng triệu tế bào da sau khoảng vài tuần.

Now one of the new technologies that's evolving, that we're going to talk about in the last half of the course, is taking cells that have been propagated in this way outside the body and encouraging them to form new tissues. This is one example of that: this is actually artificial skin. It's in this Petri dish. Here is a thin membrane, it's a polymer scaffold, and on that polymer scaffold scientists have placed some skin cells and they've allowed it to grow. And if you maintained it in the right way, this polymer scaffold together with the skin cells will grow into skin. And you can use this tissue engineered skin to treat a patient who's had severe burns, for example, or a diabetic who's developed ulcers that won't heal. So this is an example of a technology that's just emerging now, it's certainly going to impact you in your lifetime and we'll talk about how it works and what the current state-of-the-art is there.

Hôm nay một kỹ thuật mới đã được phát triển, chúng ta sẽ nói về kỹ thuật này ngay sau của khóa học, là lý các tế bào nhân giống theo cách này bên ngoài cơ thể và thúc đẩy chúng hình thành các mô mới. Đây là một ví dụ cho kỹ thuật đó: đây thực chất là da nhân tạo. Nó trong đĩa Petri này. Đây là một màng mỏng, nó là một khung polymer, và trên khung polymer đó các nhà khoa học đã cấy vào một số tế bào da và họ đã tạo điều kiện cho nó phát triển. Và nếu bạn duy trì nó đúng cách, các khung polymer này cùng với các tế bào da sẽ phát triển thành da. Và bản có thể sẽ da da mỏng cũng chỉ kỹ thuật này giúp ích cho bệnh nhân bỏng nặng, hoặc một người bị bỏng nghiêm trọng trên cơ thể hình thành các vết loét không lành. Vì vậy, đây là một ví dụ về một công nghệ mới hiện nay, chắc chắn nó sẽ có tác động lớn của bản trong cuộc sống của bản và chúng tôi sẽ nói về cách thức hoạt động của nó và nó đã tiến triển như thế nào trong tương lai.

This device held here is really made of mainly plastic and a little bit of metal. It's a fully implantable artificial heart, and it was introduced about seven or eight years ago now. It was implanted into the first patient, a gentleman in Kentucky, and he stayed alive for a period of time with this device replacing his heart. Development of an artificial heart, again another example of Biomedical Engineering, is something that people have been trying to accomplish for decades now, and this is the closest that we've come and there are many advantages of this particular artificial heart. And it's important innovation in several different ways and we're going to talk about this whole science of building

artificial organs, devices that are made out of totally synthetic components to replace the function of your natural organs, and the artificial heart is a good example of that.

Thi t b c gi ây th c s c t o ra ch y u t ch t d o và m t ít kim lo i. ó là m t trái tim nhân t o hoàn toàn có th c y ghép, và nó ã c gi i thi u kho ng b y hay tám n m tr c ây. Nó c c y ghép vào b nh nhân u tiên, m t quý ông t i Kentucky, và ông ta v n còn s ng trong m t kho ng th i gian v i thi t b này thay th tim c a ông y. Ch t o m t trái tim nhân t o, l i là m t ví d khác c a K thu t y sinh, là i u gì ó mà con ng i ã c g ng t c trong nhi u th p k nay, và ây là thành t u g n ây nh t mà chúng ta t c và trái tim nhân t o c bi t này có r t nhi u u i m. Và trong ch ng m c nào ó ây là s cách tân quan tr ng và chúng ta s nói v i u này trong khoa h c v ch t o các c quan nhân t o, các thi t b c làm ra t các thành ph n hoàn toàn nhân t o thay th ch c n ng c a c quan t nhiên c a b n, và trái tim nhân t o là m t ví d i n hình trong s ó.

This picture on the bottom here is really just a series of colored dots. Some are yellow, some are red, and some are green - does anybody know what this is? Have you seen pictures like this? It's an example of a technology called a gene chip that allows you to, on each one of these spots there is DNA for example, that's specific for a particular gene in your genome, in the human genome for example. By incubating a small sample of fluid from a patient on a gene chip like this, where every one of these dots represents a different gene, you can see by looking at the pattern of colors on this chip which genes are being expressed and which genes are not being expressed in that particular individual. So it lets you do a profile of not just the genes that you possess, for example, but what genes are actually being used to make proteins in the cells that surround the fluid where this was collected. So this has been a remarkable innovation. It's another example of Biomedical Engineering technology that allows us to look at what's happening inside an individual, a patient, in a totally different way than we were before. B y looking to see not just what genes you carry but what genes are being used at particular times in your life. This is mainly a research tool now, but there's lots of reasons to believe that this is going to change the way that physicians practice medicine by allowing them to diagnose or predict what's going to happen to you in ways that they can't currently. And so we'll talk about technologies like this, where they're at, what the scientific basis of it is, and how they might be useful.

B c nh d i ây th c s ch là m t chu i các ch m màu. M t s màu vàng, m t s màu , và m t s có màu xanh lá cây - có ai bi t ây là gì không? B n có t ng th y hình nh gì ng nh th này ch a? ó là m t ví d v m t công ngh c gi i là m t chip gen cho phép b n, trên m i m t i m này có ADN ch ng h n, nó c tr ng cho m t gen nào ó trong b gen c a b n, trong b gen con ng i ch ng h n. B ng cách m t m u ch t l ng nh t b nh nhân trên m t chip gen nh th này, ó m i m t d u ch m này t ng tr ng cho m t gen khác nhau, b ng cách nhìn vào các hoa v n màu s c trên chip, b n có th bi t c gen nào ang c bi u di n và gen nào không c bi u di n trong ng i ó. Vì v y, nó cho phép b n làm m t h s c a không ch các gen mà b n có, mà là các gen nào th c s ang c s d ng t o các protein trong các t bào bao quanh ch t l ng n i cái này c thu th p. Vì v y, ây là m t s i m i áng k . ó là m t ví d khác

v công ngh K thu t y sinh, cho phép chúng ta nhìn nh ng gì ang x y ra bên trong m t cá nhân, m t b nh nhân, theo m t cách ho àn toàn khác so v i nh ng cách mà chúng ta ã có tr c ó. B ng cách nhìn hi u không ch các gen mà b n mang là gì mà còn là các gen c s d ng t i t ng th i i m c th trong cu c s ng c a b n là gì. Hi n nay, cái này ch y u là m t công c nghiê n c u, nh ng có r t nhi u lý do tin r ng i u này s thay i cách mà các bác s ngo i khoa th c hành y h c b ng cách cho phép h ch n oán ho c d oán i u gì s x y ra v i b n theo nh ng cách mà h không th ti n hành trong hi n t i. Và vì v y chúng tôi s nói v nh ng công ngh gi ng nh th này, chúng âu, c s khoa h c c a chúng là gì, và chúng h u đ ng nh th nào.

This is an airplane, what does that have to do with Biomedical Engineering? Well you could stretch it and say that an example of engineering to improve human health is getting them from one place to another, but that would be more of a stretch than I'm going to make. But it turns out that technologies like airplanes, which were developed in the last century, have become integral parts of medicine. For example, you all know that the only treatment for some diseases is to get an organ transplant: a kidney transplant, or a liver transplant is the only life extending intervention that can be done for some kinds of diseases. Transplants require donors, and the donor organ is usually not at the same physical location that the recipient is, and so jets like this one have become very important in connecting donors to recipients. A team of surgeons is working to harvest an organ at one site while another team of surgeons is working to prepare the recipient at another site, and the organ is flown there. Now why does that happen? Because you have to get the organ from one place to another fast, right? The organ has to get from one place to another very rapidly and this is the fastest way to do it. Well what if we could develop ways using engineering techniques to extend the life of an organ, so it didn't have to get it where it went so quickly? Then that would open up lots of more possibilities for organ transplantation than are known now. What if we could figure out ways to avoid organ transplantation entirely? What if we could just take a few cells from that donor organ, ship them to the site, grow a new organ at the site and then implant it there?

ây là m t máy bay, nó có liên quan gì n k thu t y sinh? Vâng, b n c ng có th suy r ng ra và nói r ng, ó là m t ví d v k thu t c i thi n s c kh e con ng i là a h t m t n i này n m t n i khác, nh ng tôi mu n c p n m t hàm ý khác. Nh ng hóa ra là các công ngh nh máy bay, c phát tri n trong th k qua, ã tr thành m t b ph n không tách r i c a y h c. Ví d , t t c các b n u bi t r ng ph ng pháp i u tr duy nh t cho m t s b nh là c y ghép c n i t ng: ghép th n, ho c c y ghép gan là s can thi p duy nh t kéo dài cu c s ng có th c th c hi n cho m t s lo i b nh. C y ghép òi h i ph i có ng i cho, và ng i cho th ng m t a i m khác v i ng i nh n, và vì v y máy bay ph n l c nh th này ã tr nên r t quan tr ng trong vi c k t n i ng i cho v i ng i nh n. M t nhóm bác s ph u thu t ang làm vi c thu c quan n i t ng t i m t n i nào ó trong khi m t i ng bác s ph u thu t khác ang làm vi c chu n b ng i nh n t i m t n i khác, và các c quan c a nhanh t i ó. Bây gi t i sao i u ó x y ra? B i vì b n ph i a m t c quant n i này n n i khác th t nhanh, ph i không? Các c quan ph i c a t n i này n n i khác th t nhanh và ây là cách nhanh nh t làm i u ó. Vâng, giá nh chúng ta có th ngh ra các k thu t nào ó kéo dài th i gian s ng c a các c quan n i t ng, do ó không c n ph i di chuy n

quá nhanh? Vì vậy ý tưởng của chúng ta là nghiên cứu cho cấy ghép nít ng h n trong h n t i. Giá nh chúng ta có thể nghĩ ra cách tránh hoàn toàn việc cấy ghép nít ng h n? Giá nh chúng ta có thể chế tạo vài tế bào tế bào các cơ quan cho nó, chẳng hạn như mắt, phát triển mô tế bào quan trọng và sau đó cấy ghép nó vào?

These are examples of Biomedical Engineering of the future that expand on what we currently use, which involves to no small extent, technology like this. I would guess that probably 30% to 50% of you do this everyday, you put a piece of plastic, a synthetic piece of plastic into your eye to improve your vision. Contact lens technology has changed dramatically from the time that I was born to the time that you were born, and the contact lenses you use today are much different than the ones that would have been used 30 years ago. This is Biomedical Engineering as well. Engineers who are developing new materials, materials that can be, if you think about it, there's not very many things that you would want to put in your eye and that you would feel comfortable putting into your eye, so this is a very safe, a very inert material. What gives it those properties? What makes it so safe that it can be put in one of the most sensitive places in your body, in contact with your eye? Why do you have confidence putting it in contact with one of the most important organs of your body? Because you trust biomedical engineers to have done a good job in designing these things and we'll talk about how biomaterials are designed and tested, and what makes a material, the properties of a material that you could use as a contact lens, what are the properties that it needs to have.

Đây là những ví dụ về Kỹ thuật y sinh của tương lai mà chúng ta đang dùng trong h n t i, có liên quan đến phần lớn vì không nh , công nghệ như thế này. Tôi đoán rằng có thể là 30% đến 50% trong số các bạn làm việc này hàng ngày, bạn đặt một miếng nhựa, một miếng nhựa tổng hợp vào mắt của bạn để cải thiện tầm nhìn của bạn. Công nghệ kính sát tròng đã thay đổi đáng kể lúc tôi ra đời và lúc các bạn ra đời, và kính sát tròng mà bạn dùng ngày nay khác rất nhiều so với những kính sát tròng mà chúng ta dùng cách 30 năm. Đây cũng là Kỹ thuật y sinh nữa. Kỹ sư đang phát triển những vật liệu mới, các vật liệu có thể là, nếu bạn suy nghĩ về nó, có rất ít thứ mà bạn muốn đặt vào trong mắt mình và bạn sẽ cảm thấy thoải mái đi vào mắt của bạn, vì vậy cái này rất an toàn, một vật liệu tr . Ý tưởng mang lại cho nó những tính chất này? Ý tưởng làm cho nó quá an toàn đến nỗi mà nó có thể đi vào mắt trong những tình huống khẩn cấp trong cuộc sống của bạn, tiếp xúc với mắt của bạn? Tại sao bạn tin tưởng rằng nó tiếp xúc với mắt trong những tình huống quan trọng nhất trong cuộc sống của bạn? Bởi vì bạn tin tưởng các kỹ sư y sinh đã làm tốt công việc thiết kế những thứ này và chúng ta sẽ nói về cách vật liệu sinh học được thiết kế và kiểm tra những thứ này, và ý tưởng tạo ra một vật liệu, tính chất của vật liệu mà bạn có thể sử dụng như một kính sát tròng, những tính chất gì mà nó cần phải có.

This is an example of an artificial hip. We've learned a lot about the mechanics of how humans work as organisms over the last 100 years or so, how we work as sort of physical objects that have to obey the laws of physics that you know about. We live in a gravitational field and that it affects our day to day life, and if you have hip pain or a hip that's diseased in some way, and you can't stand up against that gravitational field in the same way, that severely limits what you can do in the world. So biomedical engineers

have been working for many years on how to design replacement parts for joints like the hip: the artificial hip is the most well developed of those. We'll talk about this in some detail. You can imagine that there are many requirements that a device like this has to meet in order for it to be a good artificial hip and we'll talk about those and how the design of these has changed over the years and what we can expect in the future.

Đây là một ví dụ về một hông nhân tạo. Chúng tôi đã nghiên cứu nhu cầu về cách làm ví dụ của con người vì vì cách là như sinh vật trong khoang hẻm mà từ từ mà qua, cách thức chúng ta hoạt động như những người đi trên vật lý phải tuân theo các luật vật lý mà các bản đã biết. Chúng ta sống trong trường hợp đó và nó như những người sống hàng ngày của chúng ta, và nếu bạn bắt đầu hông hoặc hông bị mất thì bạn không thể đứng lên để đi lại theo cùng một cách, giống như một cách nghiêm trọng như người già có thể làm hàng ngày. Vì vậy, các kỹ sư y sinh đã làm việc trong nhiệm vụ nghiên cứu về cách thiết kế các bộ phận thay thế cho khớp hông: hông nhân tạo là thứ quan tâm phát triển như một trong số những bộ phận này. Chúng tôi sẽ nói về điều này hơi chi tiết một chút. Bạn có thể tưởng tượng có nhu cầu mà một thiết bị thế này phải thỏa mãn nó là một hông nhân tạo và chúng ta sẽ nói về những cái này và cách thiết kế chúng đã thay đổi như thế nào trong những năm qua và những gì chúng ta có thể mong đợi trong tương lai.

Lastly, up here, is a picture of a much smaller device, this is actually an artificial heart valve that is made of plastics and metal and can replace the valve inside your heart. Valvular disease is not uncommon in the world; we'll talk about that a little bit. We'll talk about how your normal valves function inside your heart and how your heart couldn't work in the way that it did if it didn't have valves that were doing a very complex operation many, many times a day. And then we'll talk about how you can build something to replace a complicated small part in the body like that.

Cùng, trên đây, là một hình ảnh của một thiết bị nhỏ hơn, đây thực sự là một van tim nhân tạo được làm bằng nhựa và kim loại và có thể thay thế các van bên trong tim của bạn. Bệnh van tim không phải là hiếm trên thế giới; chúng ta sẽ nói về điều đó một chút. Chúng ta sẽ nói về cách các van bình thường hoạt động bên trong trái tim của bạn và làm thế nào trái tim của bạn không thể làm việc theo cách mà nó đã làm nếu nó không có các van thích hợp như một người rụt rè, như một ngày. Và sau đó chúng ta sẽ nói về cách thức bạn có thể tạo ra thứ gì đó thay thế một phần nhỏ phức tạp trong cơ thể người.

Well let's take a step back for a minute; that's one way of looking at Biomedical Engineering, by looking at sort of the things that you know about that have been the result of the work of biomedical engineers and talk more generally. But what is engineering? What do engineers do? What makes engineering different than other fields of study? What makes it unique so that we have a school of engineering at Yale that's separate from science and the humanities? Any thoughts?

Vâng, chúng ta hãy lùi một bước trong một chút; đó là một cách nhìn kỹ thuật y sinh, bằng cách nhìn vào các thứ mà bạn biết là kết quả của các công trình của các kỹ sư y sinh.

và nói một cách khái quát hơn. Nhưng kỹ thuật là gì? Các kỹ sư làm gì? Vì sao làm cho kỹ thuật khác với các lĩnh vực nghiên cứu khác? Vì sao làm cho nó duy nhất chúng ta có một trường kỹ sư tại Yale tách biệt với khoa học và nhân loại? Có ý kiến nào không?

Student: It's more hands-on

Nó mang tính thực hành hơn

Professor Mark Saltzman: It's much more hands-on. You're actually in there doing things. Many of the things I showed you were things that were built from parts, that's a good description. What makes it different from science? Science can be hands-on, you might be down at the lake picking up algae and studying them or something, that would be hands-on. But what's different - what would make you an engineer?

Cần phải nghĩ tay chân rất nhiều. Bạn thực sự phải tham gia vào đó làm việc. Có rất nhiều thứ tôi đã chỉ cho bạn là những thứ tích lũy trong quá khứ, đó là một cách mô tả rất đúng. Vì sao làm cho nó khác với khoa học? Khoa học có thể mang tính thực hành, bạn có thể đi tìm những thứ mới để nghiên cứu chúng hay thứ gì khác, vì sao nó mang tính thực hành. Nhưng vì sao khác biệt - vì sao làm cho bạn trở thành một kỹ sư?

Student: [inaudible]

Professor Mark Saltzman: You design. Scientists observe and try to describe and engineers try to design. They take those descriptions and the scientist that is known and they try to design new things, and so if you look at a dictionary it has words like this, that you're designing things or another way to say that is that you're trying to apply science, you're looking at applications. We're trying to take scientific information and make something new. The other thing about it is that you could make lots of things that are new but generally you think of engineers as making things that are not just new but they're useful, that they do something that needs to be done, and that they do something that improves life, the quality of life of people.

Bạn thì khác. Các nhà khoa học quan sát và cố gắng mô tả và các kỹ sư cố gắng thiết kế. Hầu như những mô tả này và những kỹ thuật khoa học đã biết và cố gắng thiết kế những thứ mới, và đó là bạn nhìn vào một thứ gì đó nó có những thứ như thế này, bạn đang thiết kế các thứ họ có cách nói khác là bạn đang cố gắng áp dụng khoa học, bạn đang xét các ứng dụng. Chúng tôi đang cố gắng lấy các thông tin khoa học và làm vì sao gì đó mới. Vì sao khác với nó là bạn có thể làm những thứ mới, nhưng nói chung bạn nghĩ kỹ sư như là tạo ra các thứ không chỉ mới mà còn hữu dụng, họ làm vài thứ cần thiết cho hiện tại, và họ làm các thứ cần thiết trong tương lai, chẳng hạn như các sản phẩm công nghệ.

So here is a brief and very biased history of engineering. It's short. Engineering became a discipline in about the middle of the 1800s. Lots of universities started teaching engineering as a discipline including Yale. In 1852, around that time, this might have been the first course that was offered in engineering in the country: it was taught at Yale

in civil engineering in 1852, and even Yale students don't know this; what a long, distinguished history of engineering that their own institution has. In fact, the first PhD degree in engineering was awarded to a fellow named J. Willard Gibbs at Yale in 1863 for a thesis he did on how gears work or something, I forget exactly what the details are, but have you heard of Gibbs? Is it a name that rings a bell? Where did you hear about Gibbs from?

Vì vậy, đây là lịch sử ngắn gọn và rất thành công kỹ thuật. Nó ngắn. Kỹ thuật đã trở thành một ngành trong khoảng gần hai thế kỷ trước năm 1800. Nhưng trong lịch sử kỹ thuật là một ngành học bao gồm cả lịch sử Yale. Năm 1852, quanh thời điểm đó, lúc này đã có khóa học đầu tiên về kỹ thuật trong nước: ngành kỹ thuật xây dựng dân dụng và kỹ thuật Yale vào năm 1852, và thậm chí các sinh viên tại trường Yale không biết về điều này; mà lịch sử kỹ thuật đang hoàng, dài mà tách biệt riêng lẻ. Trong thực tế, văn bản tiên sư đầu tiên về kỹ thuật đã được trao cho một người bạn tên là J. Willard Gibbs tại Yale năm 1863 cho một luận án về cách thức làm việc của các bánh răng hay thế nào đó, tôi không nhớ chính xác chi tiết, nhưng bạn có thể nghe nói về Gibbs không? Nó có phải là một cái tên quen thuộc không? Bạn biết về Gibbs từ đâu?

Student: [inaudible]

Professor Mark Saltzman: Sorry?

Sao?

Student: [inaudible]

Professor Mark Saltzman: G, Gibbs free energy, that annoying concept that you had to try to master in chemistry at some point, but Gibbs is really the father of modern physical chemistry and was one of the most famous scientists of the nineteenth century and got the first PhD in engineering here at Yale.

G, Gibbs năng lượng tự do, khái niệm khó chịu mà bạn phải cố gắng nắm vững trong hóa học thì tôi thì không biết điều nào đó, nhưng Gibbs thực sự là cha đẻ của hóa lý hiện đại và là một trong những nhà khoa học nổi tiếng nhất của thế kỷ XIX và ảnh hưởng tiên sư đầu tiên về kỹ thuật tại trường Yale này.

Then from these beginnings, engineers transformed life in the twentieth century: a lot of things started in the twentieth century and became common place. Things like electricity, having electricity delivered to your home, so you had to have ways to generate electricity and to carry it from point to point and it was engineers that did that. Built bridges and roads and automobiles, so we can get from one place to another relatively quickly because of that. Because there are airplanes that were also developed by engineers in that century. We designed a lot of new materials that could be used to build things that couldn't have been done otherwise. Things like steel and polymers, or plastics, and ceramics, and of course computers which has progressed remarkably due to the work of

engineers in your lifetime, until now you can carry around a cell phone, which would have been unthinkable even 30 years ago. Engineers in the twentieth century have transformed our society.

Sau đó, tất cả những bước kỹ thuật này, các kỹ sư đã làm thay đổi cuộc sống thế kỷ hai mươi: từ những tiện ích trong thế kỷ XX và trở thành những ứng dụng vào sách. Những thành tựu này, những phân phối nhà máy, vì vậy bạn phải có những cách tạo ra và mang nó đến nơi này khác và các kỹ sư đã làm điều đó. Xây dựng cầu, đường và xe ô tô, vì vậy chúng ta có thể đi đến nơi này khác một cách nhanh chóng bằng đường bộ. Bởi vì có những máy bay cũng đã phát triển bởi các kỹ sư trong thế kỷ đó. Chúng ta đã thất bại trong việc tìm kiếm những cách sống tạo ra những thành tựu mà không thể thực hiện bằng cách khác. Những thành tựu thép và polyme, hóa học, và gốm sứ, và tất nhiên các máy vi tính đã phát triển đáng kể do công trình của các kỹ sư trong những thập kỷ qua, cho nên bây giờ bạn có thể mang theo mình chiếc điện thoại di động, điều mà ngay cả 30 năm trước không ai có thể tưởng tượng ra. Các kỹ sư trong thế kỷ XX đã thay đổi xã hội của chúng ta.

One of the other things that happened during the twentieth century is that human life expectancy increased dramatically, people started living a lot longer. What I plot on this graph here is as a function time, years, dates, life expectancy as a function of time. What you'll see here is that about - for the period before sort of 1700 or so, human life expectancy was less than 40 years of age, so that means a person that was born in that year could expect to live on average about 40 years: that was the expected life span. The expected life spans increased dramatically in the last couple of hundred years until now, for people that were born when you were born you can expect to live to be 80 years old, a doubling in life span, fairly dramatic.

Một trong những thành tựu khác đã xảy ra trong thế kỷ hai mươi là tuổi thọ của con người đã tăng lên đáng kể, người ta bắt đầu sống lâu hơn rất nhiều. Những gì tôi vẽ trên đồ thị này đây như một hàm thời gian, năm, ngày, tuổi thọ như một hàm theo thời gian. Những gì bạn sẽ thấy đây là vẽ - vẽ tuổi thọ kỳ trong khoảng năm 1700, tuổi thọ của con người là dưới 40 tuổi, vì vậy điều đó có nghĩa là một người được sinh ra trong năm đó có thể hy vọng sống trung bình khoảng 40 năm: đó là tuổi thọ trung bình. Tuổi thọ trung bình đã tăng lên đáng kể trong vài trăm năm cuối cùng cho nên bây giờ, vẽ tuổi thọ người được sinh ra khi bạn được sinh ra, bạn có thể hy vọng sống đến 80 tuổi, một sự tăng gấp đôi trong tuổi thọ, khá đáng kể.

So what's responsible for that? Why are people living longer than they did just a few hundred years ago? Well there's a clue here on the slide. I indicated a couple of points here where if we looked in the 1665 in London you could ask the question - another way to ask the question why are people living so long is to ask the question, why do people die? In 1665, 93% of the people that died in that year died of infectious diseases. In contrast, if you look at a U.S. city, ten years ago in 1997 for example, then people still died but they didn't die predominantly from infectious diseases. They died from other things: only 4% died from infectious diseases.

Vì vậy, cái gì chịu trách nhiệm vì sự sống? Tại sao hiện nay con người sống lâu hơn so với vài trăm năm trước? Chúng ta có một manh mối này trên slide. Tôi chỉ ra một vài điểm này trong đó nếu chúng ta nhìn vào năm 1665 tại London bạn có thể thấy câu hỏi - một cách khác từ câu hỏi tại sao con người sống lâu hơn thì câu hỏi, tại sao con người chết? Năm 1665, 93% những người chết trong năm đó vì bệnh truyền nhiễm. Ngược lại, nếu bạn nhìn vào một thành phố Mỹ, một năm trước, năm 1997 chúng ta thấy người ta vẫn chết như thế không chết vì các bệnh truyền nhiễm. Hầu hết chết vì những lý do khác: chỉ có 4% chết vì bệnh truyền nhiễm.

So one of the reasons there is a huge increase in life span is because people aren't dying of things that they would have in prior years. Why the change in infectious diseases? Why did I focus on that one? What makes it so much better to be alive now in terms of your likelihood to die of an infectious disease than it did in London in 1665?

Vì vậy, một trong những lý do dẫn đến sự gia tăng tuổi thọ trung bình nhanh là bởi vì mọi người không chết vì những lý do mà hầu hết trong những năm trước. Tại sao có sự thay đổi trong các bệnh truyền nhiễm? Tại sao tôi tập trung vào cái đó? Vì sao làm cho khả năng sống sót trở lại của bệnh truyền nhiễm hiện tại **cao hơn so với thời điểm năm 1665 London?**

Student: [inaudible]

Professor Mark Saltzman: Yes, but what specifically?

Vâng, những gì là cốt lõi?

Student: [inaudible]

Professor Mark Saltzman: Drugs like antibiotics, Penicillin, Erythromycin, again something else you probably all had experience with and you think well that's not Biomedical Engineering that's science, that's somebody discovering a molecule that kills microorganisms. That's true, it is science, but in order for that to go from being a science that works in a laboratory or in one hospital to being Penicillin which could be used all over the world, you've got to be able to make it in tremendously large quantities and that's the work of biomedical engineers, making Penicillin **in the kinds of quantities** that you need so that a dose could be available for everyone in the world if they got infected, and to make it not just in abundance but make it cheaply enough that everyone could afford it. So if you can make 100 tons of the drug but it costs \$100,000 a gram that might not be a useful drug because nobody could afford to use it. So it's the work of biomedical engineers, really, to take these innovations in science like drugs and make them useful, make them so that everybody can take advantage of it.

Các loại thuốc kháng sinh, Penicillin, Erythromycin, là những thứ mà tất cả các bạn đã biết và bạn có thể nghĩ rằng không phải là Kỹ thuật y sinh đó là khoa học, đó là ai đó phát hiện một phân tử gì đó để chữa các vi sinh vật. Đó là sự thật, nó là khoa học, những người sống sót ở những khoa học trong phòng thí nghiệm hay trong một bệnh viện

Penicillin nào có thể sản xuất trên khắp thế giới, bản phôi có khả năng chết ở nó vì sự lây nhiễm và đó là công việc của kỹ sư sinh, làm cho Penicillin trở nên dễ dàng tiếp cận và sản xuất mà bản chất cho một loại thuốc có thể có sẵn cho tất cả mọi người trên thế giới như đã nói trước đây, và làm cho nó không chỉ phong phú mà còn làm cho nó rẻ hơn cho mọi người có thể mua. Vì vậy nếu bạn có thể chi trả 100 triệu đồng cho một liều tiêm là \$ 100,000 thì có lẽ nó là loại thuốc không hiệu quả đáng kể vì không ai có thể mua được nó. Vì vậy, đó là công trình của các kỹ sư sinh, thực sự, có những người làm việc trong khoa học về thuốc và làm cho chúng có ích, làm cho mọi người có thể tận dụng lợi ích của nó.

You also mentioned vaccines and we're going to talk a lot in the middle part of the course about vaccines and the engineering of immunity. How do you engineer what happens in our immune system in order to protect us from diseases? That's another example of an area where biomedical engineers have made tremendous contributions. So just to go a little bit further with that point, if you looked at the causes of death in London in 1665 here's a list that I got from a source that was written at that time, and I don't even understand what some of these things are, but the ones in green are infectious diseases, they're infectious causes of disease. Spotted fever in purple for example, which we call measles, was a significant cause of death as was the plague, which we don't have anymore, thank goodness. But people died typically of either infectious diseases or they died during childbirth, or they might have died at old age which would have been 50 or so at that time. In contrast today, because we have antibiotics and we have vaccines, people don't die of infectious diseases as often. They live much longer lives and they live to die of something else and the leading causes of death currently haven't changed very much since 1997 when this data was published: they die of heart disease and cancer primarily. Those are the number one and two causes of death. We're going to talk a lot about how one can use the technology that we have now to treat these kinds of diseases like cancer and heart disease. But why do you think these are the number one and two now? How come these have risen above infectious diseases over the last several hundred years? Why is cancer one of the leading killers in the U.S. now but wasn't even on the charts in 1665?

Bản công bố của bạn xin, gia của khóa học chúng ta sẽ nói nhiều về vắc-xin và kỹ thuật miễn dịch. Làm thế nào bạn sẽ thiết kế sự lây nhiễm trong hệ thống miễn dịch của chúng ta để bảo vệ chúng ta khỏi bệnh? Đó là một ví dụ khác về một lĩnh vực mà các kỹ sư sinh đã có những đóng góp to lớn. Vì vậy, chúng ta sẽ đi xa hơn một chút về quan tâm đó, nếu bạn xét các nguyên nhân gây tử vong ở London năm 1665 đây là danh sách mà tôi đã nhận được từ nguồn tin của tôi về thời gian đó, và tôi thì chắc chắn không hiểu vài thứ trong số những cái này là gì, những cái màu xanh là bệnh truyền nhiễm, chúng là các nguyên nhân gây ra các bệnh truyền nhiễm. Số tử vong của tôi màu tím chỉ là bệnh sởi, là một nguyên nhân đáng kể gây chết người cùng với bệnh dịch hạch, loại bệnh mà hiện nay không còn nữa, cảm ơn chúa. Những thông tin này cho thấy rằng bệnh truyền nhiễm hoặc chết trong khi sinh, hoặc chết vì tuổi già khoảng 50 tuổi thì hiếm có. Trái lại ngày hôm nay, bởi vì chúng ta có các loại thuốc kháng sinh và chúng ta có vắc-xin, con người thì không chết vì các bệnh truyền nhiễm. Hơn nữa chúng ta sống lâu hơn nhờ vào việc chăm sóc y tế.

nguyên nhân khác và các nguyên nhân gây t vong hàng u hi n nay ã không thay i nhi u so v i n m 1997 khi đ li u này ã c xu t b n: ch y u h ch t vì b nh tim và ung th . ó là nguyên nhân gây t vong s m t và s hai. Chúng ta s nói r t nhi u v cách th c mà ng i ta s đ ng các công ngh trong hi n t i ch a tr các lo i b nh nh ung th và b nh tim. Nh ng t i sao b n ngh bây gi ãy là nh ng s m t và hai? Làm sao trong h n vài tr m n m qua, chúng ã phát tri n h n c nh ng b nh truy n nhi m? T i sao b nh ung th là m t trong nh ng k gi t ng i hàng u M hi n nay nh ng th m chí không có trên th vào n m 1665?

Student: [inaudible]

Professor Mark Saltzman: So it could be that - what's your name?

Vì v y có th là -tên b n là gì?

Justin

Professor Mark Saltzman: So Justin said it could be new things that are around and you're exposed to stuff we weren't exposed to before and that's true. Our environment has changed, the world has become industrialized. We're exposed to things that might cause cancer where weren't exposed to them before and so that might be a reason.

Giáo s Mark Saltzman: Vâng, Justin nói r ng môi tr ng s ng thay i và các b n ang ti p xúc v i th mà chúng tôi ã không ti p xúc t tr c và i u ó úng. Môi tr ng c a chúng ta ã thay i, th gi i ã tr thành công nghi p hóa. Chúng ta ang ti p xúc v i nh ng th có th gây ra ung th mà tr c ãy không h có và vì v y ó có th là m t lý do.

Student: they might not know what it was?

Có th h ch a bi t nó là gì n a ph i không th y?

Professor Mark Saltzman: In 1665, they weren't diagnosing cancer. It was easy to tell if somebody had an infectious disease but you might not have known that they had cancer at that time and they just died. We didn't have the same methods of diagnosis that we do now, so maybe it was just not diagnosed then.

N m 1665, h không ch n oán c b nh ung th . Đ nói ai ó có b nh truy n nhi m hay không, nh ng b n không th bi t c h có b nh ung th hay không vào th i i m ó và h ch có ch t mà thôi. Chúng ta ã không có nh ng ph ng pháp ch n oán nh chúng ta có hi n nay, cho nên lúc ó b nh ung th ch a c ch n oán

Student: [inaudible]

Professor Mark Saltzman: People are living longer and so now they have more opportunity to get cancer, right? The longer you live the more opportunity you have to

acquire a disease like cancer, which often is an accumulation of defects that occur over a long period of time. So we're going to talk about cancer. For example, how cancer diagnosis has improved, what are some of the causes of cancer in the environment around us and how can we protect ourselves from it, and we'll talk about treatments for it as well.

Cardiovascular disease, why is cardiovascular disease on the top?

Con người sống lâu hơn và vì vậy bây giờ họ có nhiều nguy cơ tích lũy các khuyết tật xảy ra trong suốt thời gian dài. Vì vậy, chúng ta sẽ nói về bệnh ung thư. Ví dụ, phòng pháp chẩn đoán bệnh ung thư các căn thì như thế nào, cái gì là tác nhân gây ra ung thư trong môi trường xung quanh chúng ta và làm thế nào chúng ta có thể bảo vệ mình khỏi nó, và chúng ta cũng nói về phòng pháp điều trị dành cho nó nữa.

Bệnh tim mạch, tại sao bệnh tim mạch nằm trên như?

Student: [inaudible]

Professor Mark Saltzman: Obesity or generally our diets are different than they were in 1665. We eat different kinds of things and many people think that that's what has contributed to much more heart disease. But it could also be that it wasn't as easily diagnosed then. So people were dying of old age and that was really heart disease that was killing them they just didn't know, so it's multi-factorial and we'll talk about that.

I just wanted to show you this last graph, or this last set of statistics to go from causes of death in the U.S. to causes of death in the world, to illustrate that what happens in the world around us in the U.S. isn't necessarily the same as what happens in other places around the world. In other places, infectious disease is a much bigger part of their life and a much greater risk of death from infectious diseases and parasitic diseases if you live in places other than the U.S. or Western Europe, for example. So the problem of infectious disease prevention and treatment isn't solved yet, you know this, right? So there's plenty of room to still innovate in that way, to develop new methods that could protect against diseases like AIDS or diseases like malaria that we don't have problems with here but they do in many parts of the world, and so we'll talk about that.

Béo phì hoặc chế độ ăn nói chung của chúng ta hiện nay khác so với năm 1665. Chúng ta ăn nhiều thứ khác nhau và nhiều người nghĩ rằng đó là những gì góp phần làm cho bệnh tim mạch gia tăng nhiều hơn. Điều đó có thể đúng nhưng không đủ để chẩn đoán đúng. Vì vậy, người ta chết vì tuổi già và thức ăn là bệnh tim mạch gì đó mà họ không biết, vì vậy nó là một tác nhân và chúng ta sẽ nói về nó.

Tôi chỉ muốn cho bạn thấy biểu đồ cùng này, hoặc tập thể thống kê cùng này để tìm nguyên nhân gây tử vong Hoa Kỳ và nguyên nhân gây tử vong trên thế giới, minh họa cho những gì xảy ra trong thế giới xung quanh chúng ta. Một không nhất thiết phải giống như những gì xảy ra ở những nơi khác trên thế giới. Những nơi khác, bệnh truyền

nhiệm vụ là một phần rất lớn trong cuộc sống của họ và nguy cơ gây tổn hại đến
những người do bệnh truyền nhiễm và các bệnh ký sinh trùng như bệnh sốt rét khác
ngoài Hoa Kỳ hoặc Tây Âu cũng rất cao. Vì vậy, vấn đề công tác phòng ngừa và điều trị
bệnh truyền nhiễm của các quốc gia quy tụ, bản biệt là ở đây, phải không? Như vậy, có rất
những người không thể tìm hiểu theo cách đó, phát triển các phương pháp mới có thể
chống lại các bệnh như AIDS hoặc những bệnh như sốt rét mà chúng ta ít gặp ở đây
nhưng hãy làm những điều này trên thế giới, và vì vậy chúng ta sẽ nói về điều đó.

I mentioned the book for the course and the book is a book that I've written. It's not
published yet and so **I'm going to put chapters from the book that are in fairly final form**,
and I think you'll find them easy to read, but you don't have to buy it. It's going to be
posted on the Internet and I'll post chapters sort of in advance of the reading assignments.
If you looked on the classes server you saw Chapter 1, and Chapter 1 describes some of
the sort or organization of Biomedical Engineering into sub-disciplines, which I've listed
here.

Tôi đã nộp sách cho khóa học và các cuốn sách là sách mà tôi đã viết. Nó chưa
được xuất bản và vì vậy tôi sẽ đưa ra các chương để bạn có thể mua nó, và tôi nghĩ
bạn sẽ thấy chúng dễ đọc, nhưng bạn không cần phải mua nó. Nó sẽ được đăng trên
mạng Internet và tôi sẽ đăng các chương lên trang tài liệu để thêm. Bạn nhìn
trên máy chủ lớp học thấy Chương 1, và Chương 1 mô tả một số cách phân loại hoặc tổ
chức của Kỹ thuật y sinh thành các tài nguyên, mà tôi đã liệt kê ở đây.

So we're going to talk about thinking about the body as a system, as a system that can be
understood the same way a motor could be understood or a computer that could be
understood. That study is Systems Physiology and that's an important subdivision of
Biomedical Engineering. We'll talk about instrumentation a little bit and I've mentioned
this, things like the EKG machine and the heart/lung machine are instruments that are
designed to either keep patients alive or to allow you to monitor their function over time.
We'll talk about imaging which I mentioned, biomechanics or the study of humans as
mechanical objects. We'll talk about a field which is growing now called biomolecular
engineering and that is the design of biomaterials or new materials that can be implanted
in the body, it's new ways of drug delivery. It's this whole field of tissue engineering that
I mentioned earlier. We'll talk about artificial organs and we'll talk about systems biology
or thinking about how to acquire information for things like gene chips and use that
information to understand what's happening in a complex organism like you.

Vì vậy, chúng ta sẽ nói về việc xem cơ thể như là một hệ thống, có thể hiểu theo cách
giống như động cơ hoặc máy tính. Nghiên cứu đó là sinh lý học hệ thống và đó là một ngành quan trọng của Kỹ
thuật y sinh. Chúng ta sẽ nói về các thiết bị một chút và tôi đã nộp ở đây, những thứ
như máy EKG và máy tim / phổi là các động cơ thiết kế cho những bệnh nhân
nhân còn sống hoặc cho phép bạn giám sát hoạt động của họ theo thời gian. Chúng tôi sẽ
nói về sự tồn tại mà tôi đã nộp, sinh học cho nghiên cứu công nghệ in sinh học
động cơ học. Chúng ta sẽ nói về một lĩnh vực hiện nay đang phát triển gọi là sinh
học phân tử và đó là việc thiết kế các vật liệu sinh học hoặc vật liệu mới có thể được
cấy

ghép vào trong context, đó là cách thức mà nó thu được vào context. Đó là toàn bộ lĩnh vực kỹ thuật mô mà tôi đã đề cập trước đó. Chúng ta sẽ nói về các chuyên ngành nhân tạo và chúng tôi sẽ nói về các hình thức sinh học hay suy nghĩ về việc làm thế nào có các thông tin cho những thứ như chip gen và sự dẫn thông tin đó hiệu quả như những gì đang xảy ra trong môi trường sinh vật phức tạp như bạn.

Now, I've highlighted three of these in blue here, imaging, mechanics, and biomolecular engineering because if you go on to study Biomedical Engineering here at Yale anyway, these are the things that you might pick to emphasize on. These are the things that we do best and where we have advanced course work available in these three categories and so I'm going to emphasize these three but we'll talk about all of these subjects as we go through the course. The syllabus is posted online. I've just copied it here so you could take a look at it.

Bây giờ, tôi đã đánh dấu những cái này màu xanh lam đây, hình ảnh, cơ khí, và kỹ thuật sinh học phân tử vì nó thú vị và nghiên cứu Kỹ thuật y sinh đây tại Yale dù sao đi nữa, đây là những thứ mà bạn có thể chọn tập trung vào. Đây là những thứ mà chúng ta có uy tín và đây chúng tôi đã đưa các tài liệu đi kèm danh sách này và vì thế tôi sẽ nêu ba cái này những thứ chúng tôi sẽ nói về tất cả các chủ đề khi chúng ta vào trong khóa học. Chương trình học sẽ nâng lên. Tôi chắc chắn sao chép nó đây bạn có thể xem nó.

Week 1 we're trying to talk about this question, what is Biomedical Engineering. There are some chapters here for readings: Chapters 1, 2, and 4. I've only posted Chapter 1, which basically reviews the things I've talked about today. Chapters 2 and 4 are really reviews of things that you probably already know something about, so they're reviews of basic chemistry. So chemical concepts that are important for us to all understand as we move forward and review of proteins and biochemistry, basically. So I'm going to post those online and we're not going to talk about them directly in the lectures but they're there as a resource, so if you read about something like pH and you've forgotten what pH is, you can go back to Chapter 2 which is posted and you can read about pH and I try to take you through sort of what you need to know in order to understand the rest of the course material. And if you've forgotten about proteins and what their structure is like, you can go to Chapter 4 and read sort of a brief review of protein biochemistry.

Tuần 1, chúng ta sẽ cùng nói về câu hỏi này, Kỹ thuật y sinh là gì. Có một số chương sách này: Chương 1, 2, và 4. Tôi chỉ đăng Chương 1, vì bản nó chỉ mới liệt kê những cái mà tôi đã nói trong ngày hôm nay. Chương 2 và 4 thực sự là những thứ mà có thể bạn đã biết rồi, chúng ôn lại hóa cơ bản. Vì vậy, vì thế chúng ta các khái niệm hóa học rất quan trọng tất cả chúng ta hiểu khi chúng ta đi chuyển về phía trước và xem xét các protein và hóa sinh. Vì vậy, tôi sẽ nêu những thứ này lên màn hình và chúng ta sẽ không nói về chúng trong bài giảng nữa mà chúng ta sẽ xem như một tài liệu tham khảo, do đó, nó thú vị về mặt cái gì đó như pH và bạn đã quên pH là gì, bạn có thể quay lại Chương 2 để xem lên và bạn có thể xem pH và tôi cũng sẽ nêu bản những gì bạn cần biết hiệu quả phần còn lại của bài giảng. Và nó thú vị quên

v protein và cấu trúc của chúng, bạn có thể nhìn thấy 4 và các loại bình luận ngắn gọn về hóa sinh protein.

In the section this week, I'll talk about the section meetings in just a moment, but there's no required section meeting this week. During the section times I'll be available if you feel like you want to read Chapters 2 and 4 and then come and ask questions, sort of a tutorial on these topics of chemistry and biochemistry, then I'll be available to talk about that during that time. We'll start with Week 2 talking about Genetic Engineering; what's DNA, how can it be manipulated, how is our ability to manipulate DNA led to things like gene therapy which can now be in people. And we'll talk about that and that's what Chapter 3 is about. We'll talk about cell culture engineering during Week 4, how do you maintain cells in culture, what are the limits of this. How can you use cultured cells to do things, and how do engineers build new things out of cultured cells is going to be a subject we talk about throughout the rest of the course and the chapter is listed here. So I think that's enough, you can follow along with the syllabus and see sort of what the topics are each week, what the reading assignment is to do before the lecture in order to get the most out of the lecture.

Với mình trong tuần này, tôi sẽ nói về phần tiếp theo, nhưng không có phần yêu cầu học phần trong tuần này. Trong suốt thời gian học phần tôi sẽ có mặt trực tiếp để hỗ trợ bạn đọc chương 2 và 4 và sau đó bạn và tôi sẽ thảo luận về các chủ đề về các kỹ thuật hóa học và hóa sinh này, thì tôi sẽ có mặt nói về điều đó trong thời gian đó. Tuần 2 chúng ta sẽ bắt đầu nói về công nghệ gen; ADN là gì, nó có thể thao tác như thế nào, thế nào là khả năng của chúng ta thao tác ADN để đi đến những kỹ thuật như liệu pháp gen mà hiện tại đã có sẵn. Và chúng ta sẽ nói về điều đó và đó là những gì Chương 3 đề cập. Chúng ta sẽ nói về kỹ thuật cấy bào trong Tuần 4, làm thế nào bạn giữ các tế bào trong môi trường nuôi cấy, gì hiện tại của bạn là gì. Bạn có thể sử dụng các tế bào nuôi cấy làm gì, và làm thế nào các kỹ thuật nhân bản ngoài các tế bào nuôi cấy là một chủ đề chúng ta nói về trong suốt phần còn lại của khóa học và chương trình liên quan này. Vì vậy, tôi nghĩ rằng là, bạn có thể theo dõi chương trình học và thấy rằng phần nào các chủ đề của mình là gì, các bài học thêm là gì thì cần nhớ khi lên lớp nghe gì thì hiểu toàn bộ bài giảng.

Now, each week we have a section meeting, required section, they're all - all the sections meet on Thursday afternoon and the idea of the section is to amplify on some subject we've talked about during the week. We do this in the undergraduate Biomedical Engineering laboratory in the Malone Building so that we can do demonstrations and sort of hands on projects to really get a little bit deeper into the subject that we're considering. So in the first week we run a section **called from strawberries** to gene therapy where we talk about DNA, extract DNA, you can play with the DNA of an organism and we can think about how to use DNA for other purposes.

Bây giờ, mình tin rằng chúng tôi có mặt cụ thể, phần tiếp theo, tất cả chúng ta - tất cả các buổi học sẽ đi vào các buổi chi tiết hàng tuần và ý tưởng của buổi học là mình sẽ trình bày mà chúng ta sẽ bàn trong tuần. Chúng ta sẽ nhìn vào ví dụ này trong

phòng thí nghiệm K thu t y sinh dành cho sinh viên tòa nhà Malone chúng ta có thể làm các trình diễn và thực hành các công trình hi u sâu h n v các ch mà chúng ta ã h c. Vì v y, trong tu n u tiên chúng ta s kh i ng m t bu i h p c g i t các qu d u tây n li u pháp gen, ó chúng ta nói v ADN, chi t tách ADN, b n có th làm thí nghiệm v i các ADN c a m t sinh v t và chúng ta có th suy ngh v cách s d ng ADN cho các m c ích khác.

In Week 3 you'll actually do some cell culture in the laboratory and look at cultured cells and learn how to manipulate, do some manipulations on cells and culture, and so on throughout the weeks. We have a one hour section that's designed to give you some more detailed experience, some hands on experience with some of the topics we're talking about. There are no lab reports that are due. There sometimes will be homework assignments which sort of build on what we've done during the section but it's not a lab in that sense that it's a long experience in the afternoon or that requires any detailed reports. But it is required and I think an important part of the course. There's a mid-term exam halfway through and a final exam at the end, and there's a term paper which is due near the end of the course.

Trong Tu n 3 b n s th c s tham gia th c hi n công vi c c y t bào trong phòng thí nghiệm và nhìn vào các t bào nuôi c y và tìm hi u cách thao tác, làm m t s thao tác trên các t bào và c y, và v.v... trong su t tu n l . Chúng tôi có m t ph n kéo dài m t gi c thi t k cho b n m t s thí nghiệm chi ti t h n, m t s kinh nghiệm th c t v m t s ch mà chúng ta ã c p. Không c n ph i vi t báo cáo thí nghiệm. Th nh tho ng s có bài t p v nhà c xây d ng d a trên nh ng gì c th c hi n trong su t bu i thí nghiệm nh ng nó không ph i là m t thí nghiệm theo ngh a ó nó là m t kinh nghiệm dài lâu vào bu i chi u ho c i u ó òi h i b t c báo cáo chi ti t nào. Nh ng nó b t bu c và tôi ngh là m t ph n quan tr ng c a khóa h c. Có m t k thi gi a k n a ch ng và m t k thi cu i kì lúc k t thúc, và có m t bài ti u lu n vào g n cu i khóa h c.

So this just - just saying a little bit more about the sections, there's three sections, we have online discussion section sign up, has anybody tried to do that yet? Just so they know that it's available? So it was supposed to be available from day one, you can sign up for a section that fits your schedule and this is sort of the list of things that we'll go through in the section meetings.

Vì v y, ây ch là - ch c n nói m t chút thêm v các ph n, có ba ph n, chúng ta có ph n th o lu n tr c tuy n có ng kí, có ai ã th làm i u ó ch a? Ch c n h bi t r ng nó có s n? Vì v y, nó c gi s là ã có s n t ngày u tiên, b n có th ng ký m t ph n phù h p v i l ch trình c a b n và ây là danh sách nh ng i u mà chúng ta s xem xét trong các bu i h p m t.

Grading - 30% of the grade is for the mid-term, 30% for the final, and the final is not cumulative, the final covers only things for the last half of the course, so it's really just like a - covers half the course but it's given during the final exam period. Ther e's a term paper which I'll talk more about as the weeks go on that's also worth 30% of the grade. You'll have weekly - approximately weekly homework assignments that account for 10%

of your grade, but they have an impact beyond the 10% because if you can do the homework and you understand the homework, you're going to have no problem with the exams. I encourage you to spend more time than the weighting would suggest.

Ch m i m – i m gi a kì chi m 30% , i m cu i kì chi m 30% , và i m cu i kì không tích l y, kì thi cu i kì ch bao g m nh ng th n a cu i khoá h c , do ó, nó th c s ch gi ng nh m t - bao g m n a khoá h c nh ng nó c cho trong th i gian thi cu i kì. Có m t bài ti u lu n cu i khoá mà tôi s nói thêm v nó trong quá trình h c nó c ng chi m 30% t ng s i m. Hàng tu n b n s có - các bài t p v nh à chi m kho ng 10% s i m, nh ng chúng có tác ng v t ra ngoài 10%, vì n u b n có th làm các bài t p nh à và b n hi u c bài t p nh à, b n s không có v n v i các k thi. Tôi khuy n k hích b n dành th i gian nhi u h n làm các bài t p này.

So how do you get an "A" in the course? It's very simple. You do the reading before class, you come to class, and you do the homework. And I guarantee you if you do those three things throughout the course that you'll do well in the course and I've said this almost every time I've given the course and nobody has ever told me that I'm wrong. And so do these three things, if you don't get an "A" than you can come back and talk to me about it later. The assignment for the next class is to do Problem 2 of Chapter 1, which I've repeated right here, and that's to think beyond what I've talked about in terms of what is Biomedical Engineering. To think a little bit more about Biomedical Engineering products that you've encountered in your life, or that you have some experience with, and then to think beyond what information I've given you in the chapter or in this lecture to say what products of biomedical engineering do you expect to become routine in the next 50 years. So spend ten or 15 minutes thinking about this and write it down and bring your responses to class in the next period and we'll talk about that.

V y làm th nào b n nh n c h ng "A" trong khoá h c này? R t n gi n. B n c tài li u tr c khi n l p, b n n l p, và b n làm bài t p nh à. Và tôi m b o r ng n u b n làm t t ba vi c này trong su t khoá h c b n s làm t t trong khoá h c và tôi ã nói i u này g n nh m i khi tôi đ y khoá h c này và ch a ai nói v i tôi r ng tôi sai. Và nh v y làm ba i u này, n u b n không nh n c lo i "A" thì b n có th tr l i và nói chuy n v i tôi v nó sau này. Nhi m v cho bu i h c ti p theo là làm Bài t p 2 c a Ch ng 1, i u mà tôi ã l p i l p i ngay t i ây, và ó là suy ngh xa h n nh ng gì tôi ã nói v v K thu t y sinh là gì. Suy ngh thêm m t chút v các s n ph m c a K thu t y sinh mà b n ã g p trong cu c s ng c a b n, ho c b n có m t s kinh nghi m v i nó, và sau ó suy ngh xa h n nh ng thông tin mà tôi ã cung c p cho b n trong ch ng này ho c trong bài gi ng này nói v nh ng s n ph m nào c a k thu t y sinh mà b n hi v ng tr nên thông đ ng trong 50 n m t i. Vì v y, hãy s đ ng m i ho c 15 phút ngh v i u này và ghi l i nó và mang bài làm c a b n n l p trong l n t i và chúng ta s bàn v nó.

So at the end of this first lecture where I've gone some way in trying to tell you what Biomedical Engineering is about, I thought I would try to relate it in a different sort of way. And you've heard this poem, London Bridge is Fall ing Down, everybody's heard this poem? You played the game; I don't know if there's a videogame now, if people play

games like this where London Bridge is Falling Down. This is a picture of London Bridge, it's an interesting bridge which is important in the history of London. Bridges have really changed our society and allowed us to get from one place to another in ways that we couldn't have gotten to easily before. One of the interesting things about London Bridge is that it's now no longer in London, it's in Arizona, you can see a palm tree here. When they reconstructed London Bridge they moved the old London Bridge to Arizona; some guy bought it. That must be an interesting story, but I just have it here, and I think the poem tells you something about engineering if you go through it - and the problems of engineering.

Vì vậy, phần cuối của bài giảng đầu tiên này, lúc đó tôi sẽ thảo luận về các cách cho bạn biết kỹ thuật sinh là gì, tôi nghĩ tôi sẽ giảng kỹ thuật li nó theo một số cách khác. Và bạn đã nghe bài thơ này, London Bridge is Falling Down, tất cả mọi người đã nghe bài thơ này đúng không? Bạn chơi các trò chơi, tôi không biết bây giờ có video game hay không, nhưng tôi chắc game gì cũng có trong đó của London cũng vậy. Đây là hình ảnh của cây cầu London, nó là một cây cầu thú vị đóng vai trò quan trọng trong lịch sử của London. Nhưng chỉ có cầu thép đã thay đổi xã hội chúng ta và cho phép chúng ta đi trên cầu này sang nơi khác bằng những cách mà trước đây ta không thể đi được. Cầu trong những kỹ thuật của London là hiện nay nó không còn ở London, nó ở Arizona, bạn có thể thấy một cây cầu này. Khi họ xây dựng lại cầu London họ chuyển cầu London tới Arizona; một số người đã mua nó. Đó chính là một câu chuyện thú vị, nhưng tôi vẫn có nó đây, và tôi nghĩ rằng bài thơ nói về những gì đó về kỹ thuật, nhưng bạn tìm hiểu sâu về nó - và các vấn đề về kỹ thuật.

In bridge building we're well advanced in understanding what are the problems with building bridges and how do we overcome them? For example, one thing that could happen is that you build it up with wood and clay, you pick the wrong material for a bridge, and it will not stand up to the forces of nature. It will wash away and so you got to pick the right materials in order to build a bridge. So you pick a better material like iron and steel, that makes a better bridge, we know that now because we have experience with bridges, but still your bridge might fail. It might fail for a different reason. It might bend and bow, that is it's not the forces of nature like the movement of the river that's knocking the bridge down, but it's just the failure of these materials over time, that they don't last as long as they might. So you build it with a material like silver and gold, and then you encounter the problems of society that your bridge might get stolen because somebody thinks they have a better use for silver and gold than your bridge.

Trong xây dựng cầu chúng ta cần nâng cao hiểu biết về các vấn đề về xây dựng cầu là gì và làm thế nào chúng ta vượt qua những khó khăn đó? Ví dụ, có một người có thể xảy ra là bạn xây dựng nó lên bằng gỗ và đất sét, bạn chọn vật liệu không phù hợp cho một cây cầu, và nó sẽ không bền vững tác động của tự nhiên. Nó sẽ trôi và do đó bạn phải chọn đúng các vật liệu xây dựng một cây cầu. Vì vậy, bạn chọn một vật liệu tốt hơn như sắt và thép, làm cho cây cầu tốt hơn, bây giờ chúng ta biết rằng vì chúng ta có kinh nghiệm trong việc xây dựng cầu, nhưng chúng ta vẫn còn những cây cầu chết lịm không tốt. Có thể do một số lý do khác nhau. Nó có thể uốn cong và cong xuống, có nghĩa là không phải do tác động của tự nhiên như sự chảy của dòng nước phá vỡ cầu,

mà nó chỉ là sự hình thành và phát triển theo thời gian, chúng ta không cần phải chờ đợi chúng có thể. Vì vậy, bạn xây dựng nó với các vật liệu như vàng và bạc, và sau đó bạn sẽ phải mua tất cả những thứ này là chi phí của bạn có thể ảnh hưởng đến bạn vì ai đó nghĩ rằng có thể sử dụng vàng và bạc cho những công việc tốt nhất là làm việc.

I would say that in Biomedical Engineering, largely, we're still at the stage where we're trying to understand how things work and how they fail, and what materials are the right ones. We're maybe where civil engineering and bridge building was 100 years ago. And that makes it for me a very exciting time to study this because the problems aren't solved in the way that bridge building is largely a solved problem now. Problems like the artificial heart are still unsolved, there's still room for innovation, still room to learn from what hasn't worked before, to learn from science, and to design something better. So one of my purposes of this course is to get you, whether you study Biomedical Engineering after this or not, excited about the subject so that you start thinking about how you could innovate in this area where lots of problems are still left to solve, so I'll see you on Thursday hopefully.

Xin nói rằng trong Kỹ thuật y sinh, phần lớn, chúng ta vẫn còn giai đoạn mà chúng ta đang cố gắng hiểu các hoạt động như thế nào và chúng hoạt động như thế nào, và những vật liệu nào là vật liệu thích hợp. Chúng ta có thể, trong kỹ thuật xây dựng dân dụng và xây dựng cơ sở hạ tầng từ 100 năm trước. Và vì tôi vì tôi có thể làm cho nó trở thành một thí nghiệm thú vị nghiên cứu về nó này bởi vì những người khác không cố gắng quy định theo cách như việc xây dựng cơ sở hạ tầng quy định rất hiếm nay. Các vấn đề như tìm nhân tố về nhân chủng học quy định, vẫn còn chờ đợi cho sự cách tân, vẫn còn chờ đợi những phát minh như gì đã không ứng dụng được, những phát minh khoa học, và thì thì không thể cái gì đó tốt nhất. Vì vậy, một trong những mục đích của tôi trong khóa học này là làm cho bạn, cho dù bạn học Kỹ thuật y sinh sau này hay không, bị kích thích vì môn học này bởi vì bạn bắt đầu nghĩ về cách bạn có thể làm việc trong lĩnh vực này vì nó có rất nhiều vấn đề vẫn còn chờ đợi quy định, vì vậy hãy tiếp tục các bạn vào ngày Thứ năm.