

От идеи Физтеха К концепции «Инженера XXI»

И какую роль здесь должна играть
экономика?!



Forging a new alliance between economics and engineering

Sergio Mariotti¹ 

Received: 12 March 2021 / Revised: 19 April 2021 / Accepted: 22 April 2021
© Associazione Amici di Economia e Politica Industriale 2021

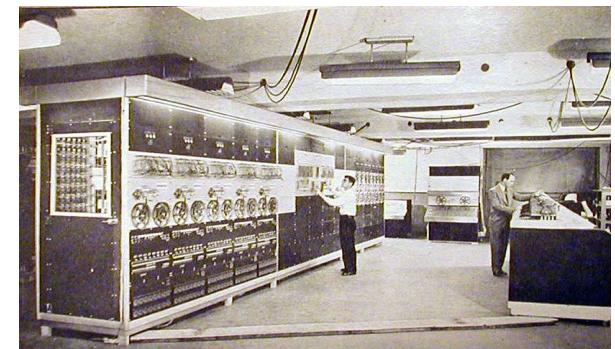
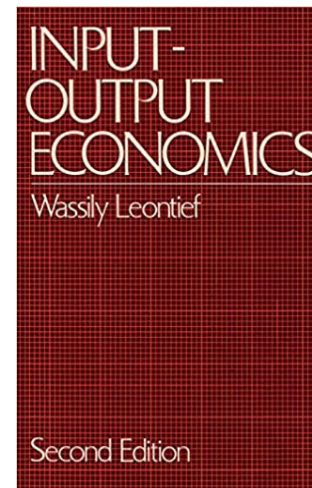
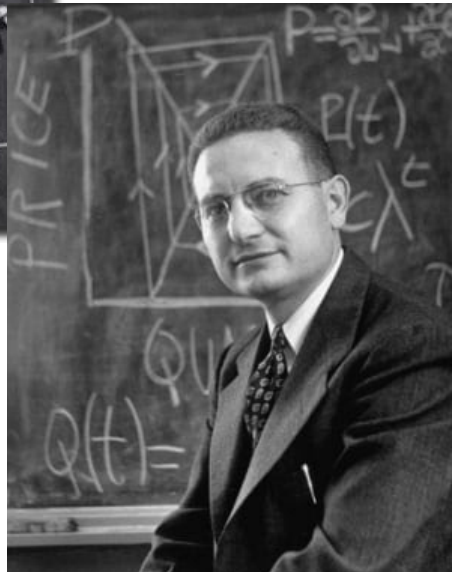
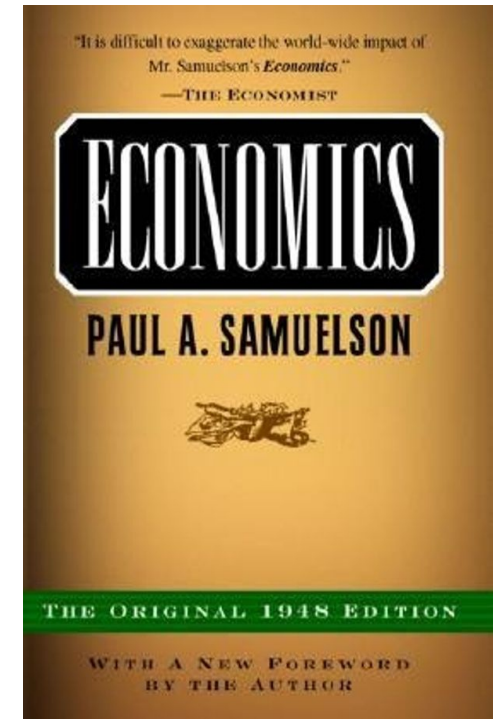
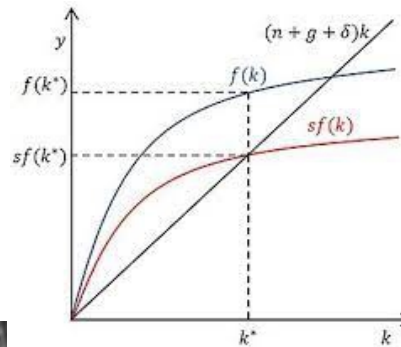
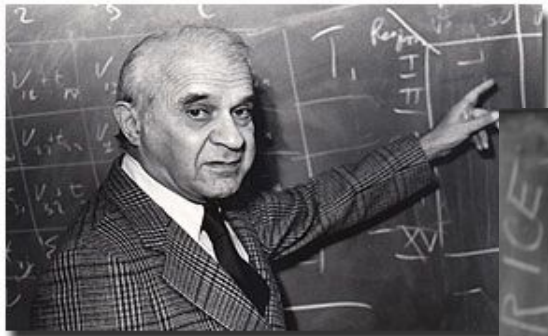
Abstract

Economists and engineers have played a vital role in addressing the challenges posed by economic and technological progress. Related disciplines have intertwined with each other, leading to mutual cross-fertilization. However, their roles and relationships need to be reconsidered in a society increasingly influenced by the cluster of organizational and market innovations induced by artificial intelligence technologies. Looking at the history of the intriguing relationships between the two disciplines, in this paper three paradigms for the economics–engineering nexus are identified—economics “*for/and/as*” engineering—and their dimensions are discussed. This investigation enables to infer possible disciplinary scenarios in relation to the contemporary and future society. The paper calls for a new “alliance à la Prigogine” between economics and engineering driven by a transdisciplinary-oriented change in the epistemology and methods of the two disciplines and in their way of being and interacting. The mission of the alliance is to restore a unified perspective of knowledge and putting the study of complexity in the foreground. The conclusions emphasize that implementing the alliance implies large investments in human capital, as well as new bridges among universities and between these and other institutions to develop research programs open to variety, creativity, and participation of

Economics & Engineering

Economics for Engineering

Engineering for Economics



Классический идеал образования инженера: Виктор Львович Кирпичев (1845-1913):

- «По известному словарю французского языка, составленному Литтре, оказывается, что слово инженер происходит от глагола *«s'ingénier»*, означающего умственную работу, предпринятую с целью достигнуть успеха в задуманном предприятии. Инженер есть душа технического дела, руководитель его, указывающий всем прочим участникам предприятия, что и как они должны делать для достижения наилучшего успеха; он же оценивает результаты работы мастеров и рабочих.
- «В нем соединяются: ученый, практик и художник, и все эти три стороны должны быть развиты в настоящем инженере»

П.Л.Капица

«По моему мнению, хороших инженеров мало. Они должны состоять из 4-х частей: на 25% инженер должен быть теоретически образован, на 25% он должен быть художником (машину нельзя проектировать, ее нужно рисовать – меня так учили, и я тоже так считаю). На 25% он должен быть экспериментатором, то есть исследовать свою машину, и на 25% он должен быть изобретателем. Вот так должен быть составлен инженер. Это очень грубо, могут быть варианты. Но все эти элементы должны быть».

В течение восемнадцатого века математика и механика становятся все более и более абстрактными, и великий математик Лагранж был очень горд тем, что его книга по механике не содержала ни одного рисунка. Это была не та механика, которая нужна инженерам, и инженерные науки развивались в то время независимо, по пути чистой эмпирики»

С.П.Тимошенко, 1958 год

При возникновении инженерных наук в семнадцатом веке такого разрыва не существовало. Галилей, бывший одновременно выдающимся ученым и инженером, заложил основы механики как науки, и в то же время начал разработку инженерной науки о сопротивлении материалов и ее приложений к анализу прочности инженерных сооружений.

С.П.Тимошенко, 1958 год

«ИДЕЯ ФИЗТЕХА»

В Германии: Деятельность Феликса Кляйна, Августа Фепля, Людвига Прандтля, Фердинанда Брауна в Мюнхене, Геттингене и Страсбурге в первое десятилетие XX века



С.-Петербургский Политехнический институт Императора Петра Великого

Н.П.Петров и С.Ю.Витте, В.Л.Кирпичев,
И.В.Мещерский, В.В.Скобелев,
А.Н.Крылов, Д.С.Рождественский,
С.П.Тимошенко, А.Ф.Иоффе, Н.С.Курнаков,
Н.Н.Саввин, П.Эренфест, А.А.Чупров,
В.И.Дэн, П.Б.Струве



13. Химический павильонъ.



С.П.ТИМОШЕНКО

«Наиболее важным достижением России в инженерном образовании является организация подготовки инженеров нового типа, которых мы назовем **инженерами-исследователями**. Эта подготовка базируется на широком изучении таких фундаментальных наук, как математика, механика, физика с **целью устранения разрыва между чистыми и прикладными науками**».



РЕАЛИЗАЦИЯ

1890 – 1910 семинары Кляйна, Брайна и Прандтля

1899-1930 гг Создание в Петербурге

Политехнического института, «физмеха» и
«физтеха»

Деятельность П.Капицы в Кембридже в 20-ые — 30-
ые годы XX века

Инженерно-физические школы С.П.Тимошенко в
Мичигане и Стэнфорде в 20-ые — 30-ые годы XX
века

«Письмо академиков» в газету «Правда» 1938 года

Письма П.Л.Капицы, С.А.Христиановича,
А.Н.Крылова, А.Ф.Иоффе, А.И.Алиханова Сталину,
Маленкову, Берии и Молотову

1945 — 1951гг Создание ФТФ МГУ, МФТИ и МИФИ

С.-Петербургский Политехнический институт Императора Петра Великого . Экономическое отделение

Прежде всего, оно должно готовить лицъ для занятія должностей въ тѣхъ многочисленныхъ отрасляхъ государственнаго управленія, которыя требуютъ большихъ знаній въ области экономическихъ наукъ, чѣмъ тѣ, которыя могутъ дать юридическіе факультеты. Въ

Второй цѣлью, которую ставитъ себѣ экономическое отдѣленіе, является созданіе класса просвѣщенныхъ предпринимателей, которые могли бы быть руководителями крупныхъ промышленныхъ, торговыхъ и кредитныхъ предпріятій. Веденіе подобныхъ предпріятій является въ настоящее время дѣломъ далеко не простымъ и требуетъ отъ стоящихъ во главѣ ихъ лицъ обширныхъ знаній. Чтобы убѣдиться въ

Крупнейшие технические вузы мира 1913

	Число
Illinois Industrial University (США)	5523
Петербургский политехнический институт	4977
Technische Hochschule Wien (Австро-	3193
Technische Hochschule München (Германия)	3062
Technische Hochschule Berlin-Charlottenburg	2943
Императорское Московское Техническое	2666
Технологический институт имп.Николая I в	2276
Рижский политехнический институт	2084
Киевский политехнический институт	2033
Technische Hochschule Darmstadt (Германия)	1768
Technische Hochschule Hannover (Германия)	1741
Massachusetts Institute of Technology (США)	1957
....	
Imperial College London (Англия)	< 900
École Polytechnique (Франция)	< 800

Структура специальностей и С.-Петербургского политехнического института в 1916 году

Отделения

Экономическое

Металлургическое,
электрохимическое

Электро-
Механическое

Кораблестроительн
ое

Физико-
механическое

Курсы воздухоплавания и
аэронавтики

Кафедры инженерные

Математики

Физики

Органической химии

Физической химии

Теоретической механики

Прикладной механики

Механической технологии

Металлургии

Теории корабля

Корабельной архитектуры

Электрохимии

Электротехники

Аэродинамики

Строительного искусства

Кафедры экономические

Статистики

Экономической географии

Политической экономии

Науки о финансах

Товароведения

Государственного права

Русского права

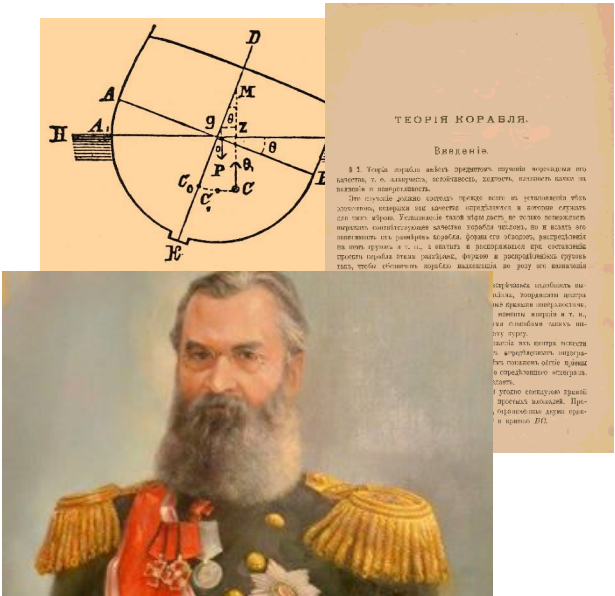
Торгового права

Гражданского права

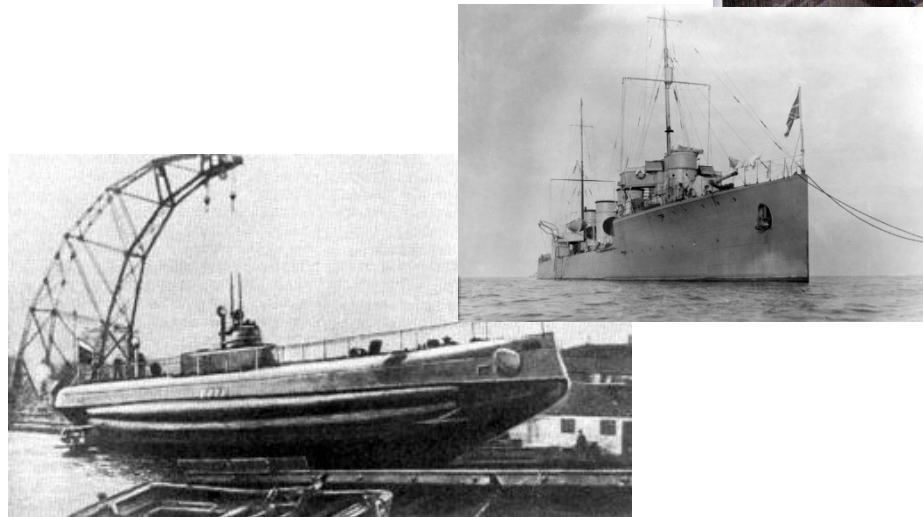
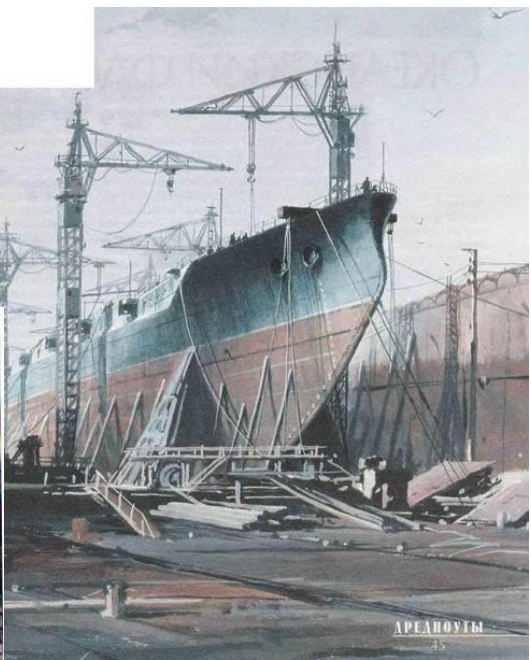
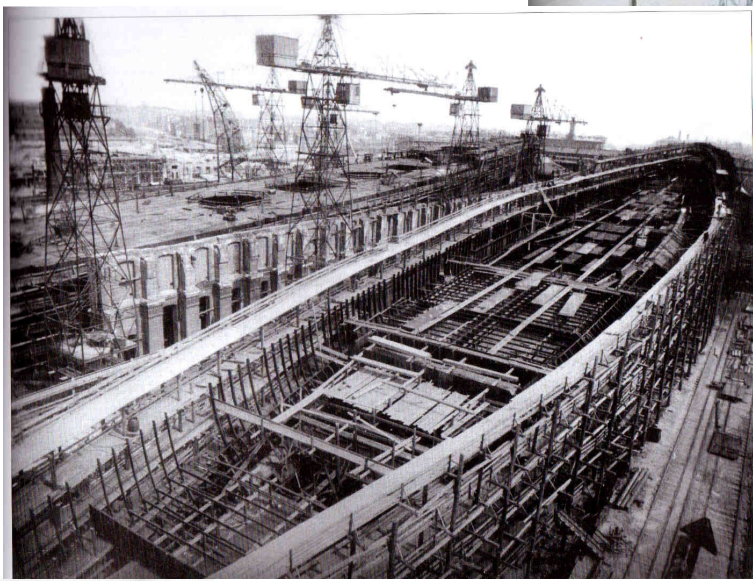
Структура факультетов русских и западных инженерных вузов до 1917 года

Механическое	Mechanical Engineering
Химическое	Chemical Engineering
Электротехническое	Electrical Engineering
Горное, горнозаводское, металлургическое	Material Science and Engineering
Гражданских инженеров, инженерно-строительное	Civil and Environmental Engineering
Кораблестроительное + аэромеханическое	Naval Architecture and Marine Engineering + Aeronautics and Astronautics
Сельскохозяйственное	+ Bioengineering
Экономическое, Коммерческо-техническое	Economics, Management Science and Engineering, Financial Engineering
+ Физико-техническое, физико-механическое	+ Engineering Physics, Applied Physics and Applied Mathematics

Academicians and “Big program” of Russian shipbuilding in 1906-1917



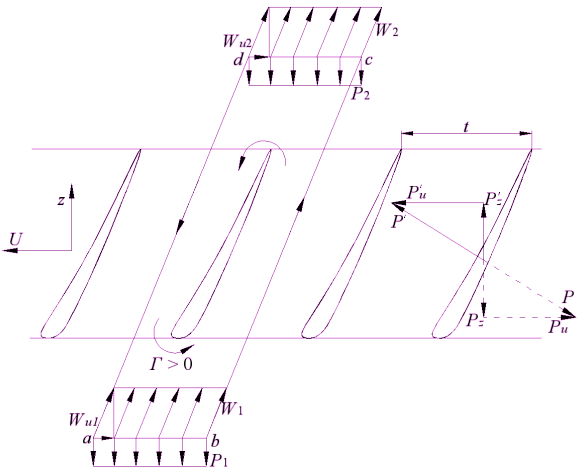
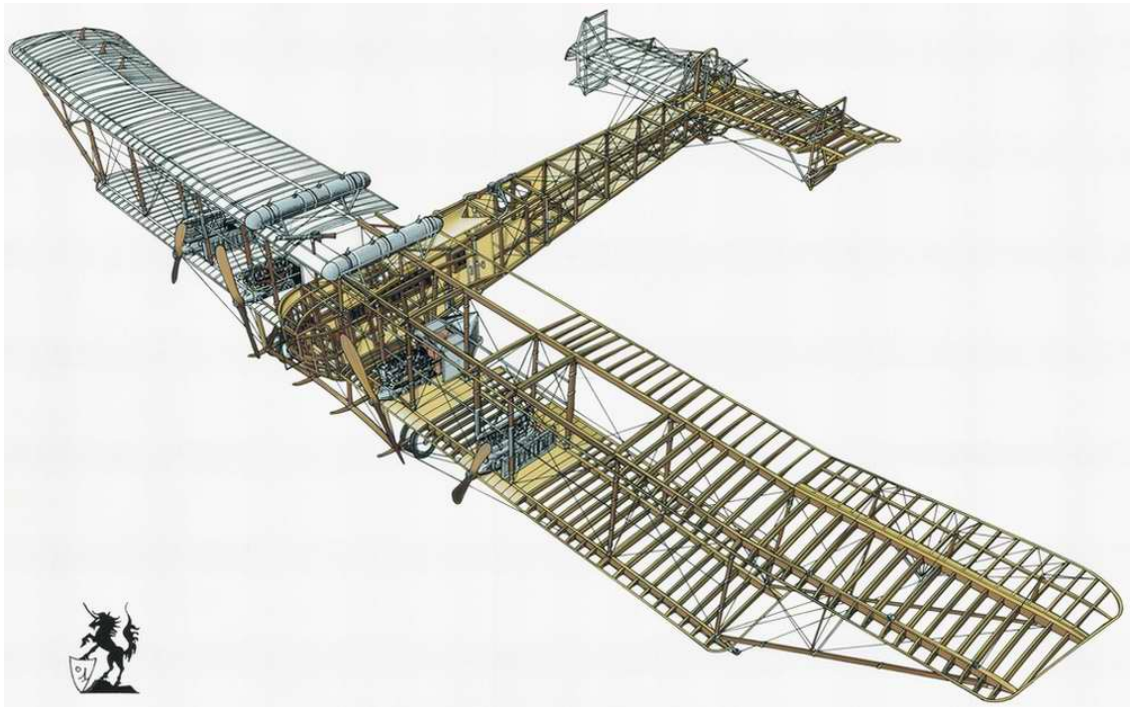
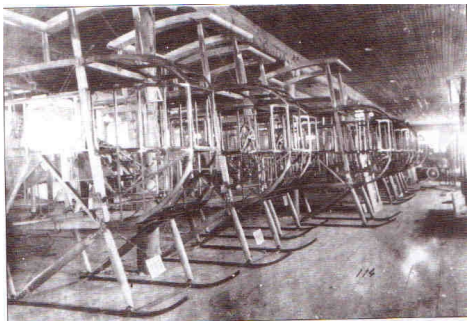
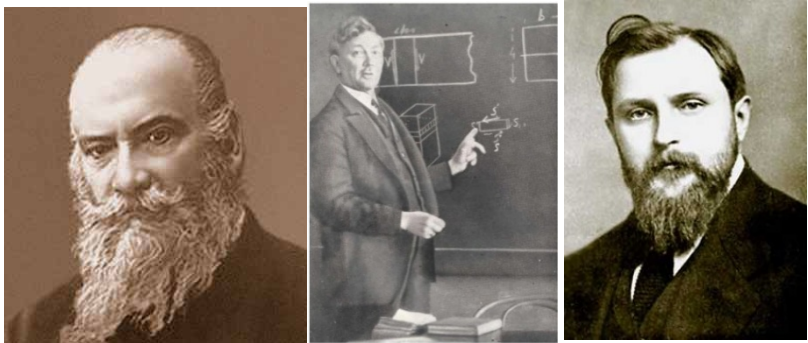
Chief Inspector of Shipbuilding of Imperial Navy Academician Alexey Krylov



Chief designer of Russian new battleships and submarine, head of the Admiralty test tank Prof.Aleksey Bubnov

Golden Age of Russian Mechanics and Aircraft Industry

Prof.N.E.Zhukovsky –leader of Russian aeromechanic school and Prof.S.P.Timoshenko maker of strength calculation for Russian aviation during great War D.P.Ryabushinsky – Haed of First Aerodynamic Institute



Hubert Cance reconstruction of the biggest airplane of Great War – Russian Ilya Murometz

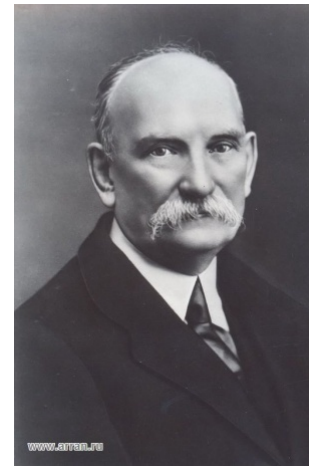
Металлургия и наука о материалах



Е.С.Федоров



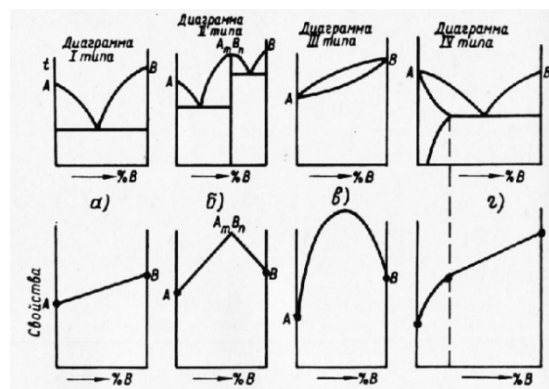
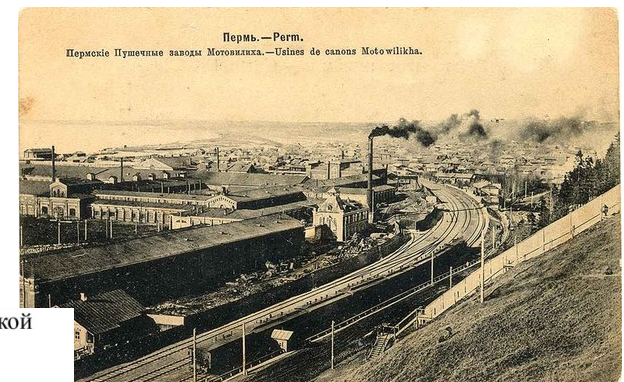
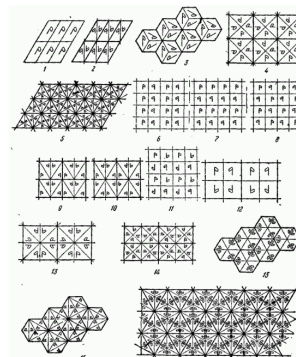
Чернов Дмитрий
Константинович
(1839-1921)



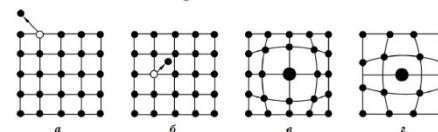
Н.С.Курнаков



Яков Ильич
Френкель
1894 - 1952



6. Точечные дефекты кристаллической решетки



Дефекты кристаллической решетки:

a — по Шоттки; б — по Френкелю; в — замещения; г — внедрения.

$n_{\text{ш}}$ зависит от энергии $E_{\text{ш}}$ n_0

$$n_{\text{ш}} = n_0 \exp\left(-\frac{E_{\text{ш}}}{kT}\right)$$

$$n_{\text{ф}} \approx \sqrt{n_0 n'} \exp\left(-\frac{E_{\text{ф}}}{2kT}\right)$$

The birth of optical industry



Institut of Physics of Imperial Petrograd University



Imperial Porcelain Factory

ТАБЛИЦА I

Дата	I завод	II завод	Мелкие потребители	Всего	Примечания
1916 май	0,6	0,9	—	1,5	
июнь	5,8	8,6	—	14,4	
июль	5,5	19,3	—	24,8	
август	7,6	5,3	0,2	13,1	
сентябрь	3,2	17,7	—	20,9	
октябрь	4,0	7,6	1,1	12,7	
ноябрь	11,1	10,9	1,0	23,0	
декабрь	10,0	12,5	0,7	23,2	
1917 январь	10,2	18,2	1,1	29,5	
февраль	7,2	12,9	1,1	21,2	Переделка муфелей
март	5,8	11,4	—	17,2	Революция
апрель (до 8-го)	0,6	4,9	—	5,5	
Всего	71,4	130,0	5,2	206,6	



**President of Russian Physico-Chemical Society, Director Institut of Physics of Imperial Petrograd University
Prof.Dmitry Rozhdestvenskii**

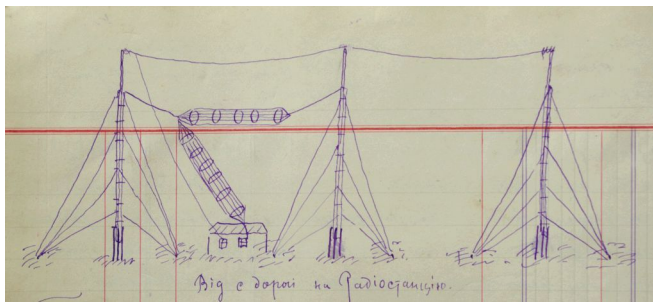


**Technical Director of Imperial Porcelain Factory
Nikolay Kachalov**



Optical Workshop of Obuchov Plant of Naval Ministry

Great War and birth of Russian radiielectronics



Tver special radiostation used for ally's communication and monitoring enemy's messages

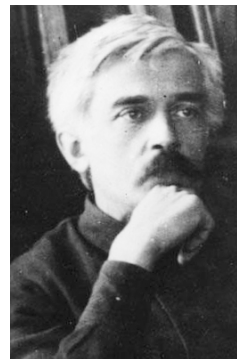


Michail Bonch-Bruevich (1888-1940), late academician, father of Russian vacuum tube industry

Oleg Losev(1903-1942), inventor of LED and other first semiconductor electronic devices



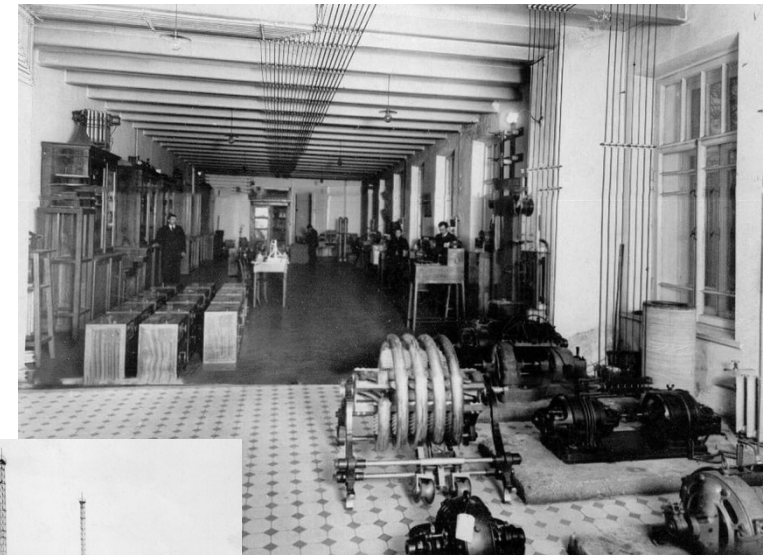
Центральная научно-техническая лаборатория военного ведомства



Prof. Vladimir Lebedinsky(1968-1937), editor of Jornal of Russian Phisico-Chemical Society (Physical part)



Иллюстрации:
А. Схема с антеннами для передачи
Б. Схема с антеннами для приема
В. Схема с антеннами для приема
Г. Схема с антеннами для приема
Д. Схема с антеннами для приема
Е. Схема с антеннами для приема
Ж. Схема с антеннами для приема
З. Схема с антеннами для приема
И. Схема с антеннами для приема
К. Схема с антеннами для приема
Л. Схема с антеннами для приема
М. Схема с антеннами для приема
Н. Схема с антеннами для приема
О. Схема с антеннами для приема
П. Схема с антеннами для приема
Р. Схема с антеннами для приема
С. Схема с антеннами для приема
Т. Схема с антеннами для приема
У. Схема с антеннами для приема
Ф. Схема с антеннами для приема
Х. Схема с антеннами для приема
Ц. Схема с антеннами для приема
Ч. Схема с антеннами для приема
Ш. Схема с антеннами для приема
Щ. Схема с антеннами для приема
Ъ. Схема с антеннами для приема
Ы. Схема с антеннами для приема
Ь. Схема с антеннами для приема
Э. Схема с антеннами для приема
Ю. Схема с антеннами для приема
Я. Схема с антеннами для приема



РОБТиТ – Русское общество беспроволочных телеграфов и телефонов



Prof. Leonid Mandelshtam (1979-1944)

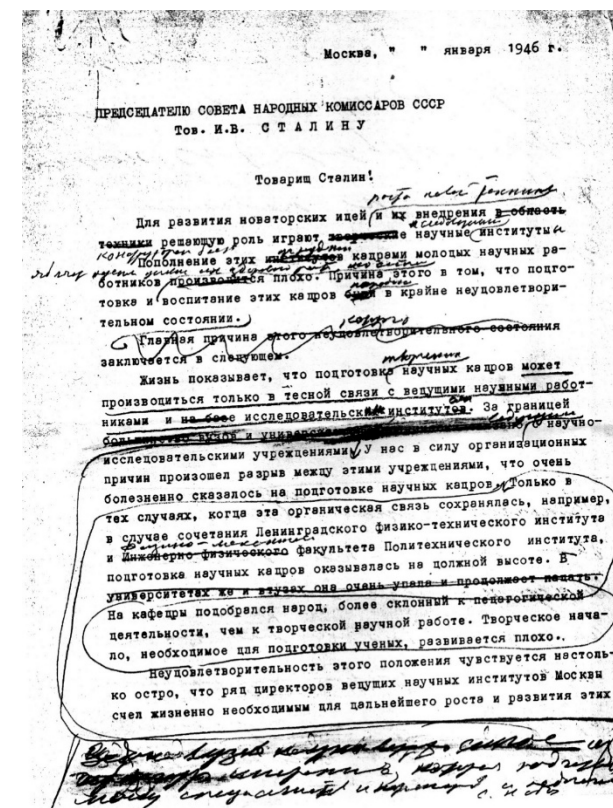


Prof. Nikolay Papalexxy (1979-1944)

1946 год – Письмо П.Л.Капицы И.В.Сталину.

Создание ФТФ МГУ

«Только в том случае, когда органическая связь между научными и инженерными учреждениями сохранилась, как, например, в случае сочетания Ленинградского физико-технического института и физико-механического факультета Политехнического института, подготовка научных кадров оказалась на большой высоте»



Структура специальностей и кафедр ФТФ МГУ

Специальности

Строение вещества
(Курчатов)

Оптика (Вавилов)

Химическая физика
(Семенов)

Радиофизика
(Леонтович)

Аэродинамика
(Дородницин)

Термодинамика
(Келдыш)

Кафедры

Математики

Теоретической физики

Общей физики

Оптики

Электротехники

Теоретической механики

Общего машиностроения

Аэродинамики

Химической физики

Термодинамики

Радиофизики

Кафедры

Общественных
наук

Основ марксизма
ленинизма

Иностранных
языков

Структура специальностей и кафедр МФТИ

Факультеты

Специальности

Общеинститутские
кафедры

Радиофизический

Радиофизика

Марксизма-ленинизма

Оптика

Политической экономики

Радиолокация

Иностранных языков

Радиотехнический

Электронно-счетные машины

Высшей математики

Электроника

Химии

Начертательной геометрии и графики

Системы управления РС

Общей физики

Экспериментальной физики

Аэродинамика и прочность
самолета

Теоретической физики

Теоретической механики

Аэродинамика реактивных
двигателей

Теории упругости и сопротивления
материалов

Машиностроения

Химическая кинетика и горение

Электротехники

Физической химии

Горение в РД

Радиотехники

Техники безопасности и организации
производства

Физика и механика взрыва

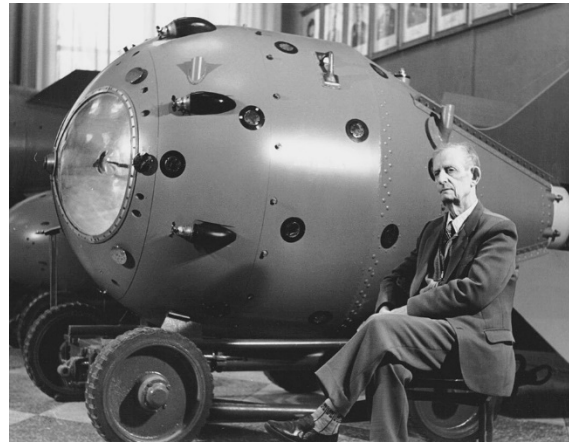
Физвоспитания и спорта

Структура факультетов МФТИ при основании и сейчас

1952	60-80-ые годы XX века	Сейчас
Радиофизический	Общей и прикладной физики	Школа фундаментальной и прикладной физики
	Проблем физики и энергетики	
	Аэрофизики и космических исследований	
Радиотехнический	Радиотехники и кибернетики	Школа электроники, фотоники и молекулярной физики
	Физической и квантовой электроники	Школа радиотехники и компьютерных технологий
	Управления и прикладной математики	Школа прикладной математики и информатики
Аэромеханический	Аэромеханики и летательной техники	Школа аэрокосмических технологий
Физико-химический	Физико-химической биологии	Школа биологической и медицинской физики

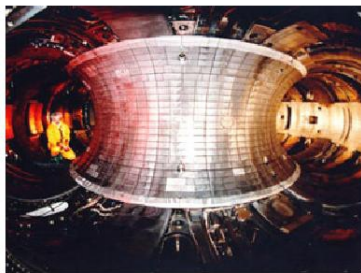
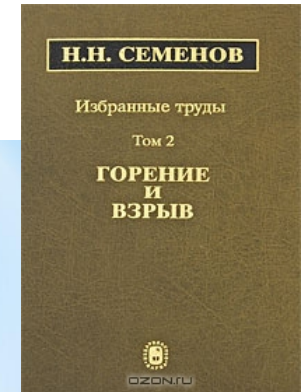
Тематика двух войн в специализациях Физтеха

Авиация, оптика, радиотехника и взрывчатка + Ракетный и Атомный проекты

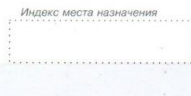


Ожижительная установка

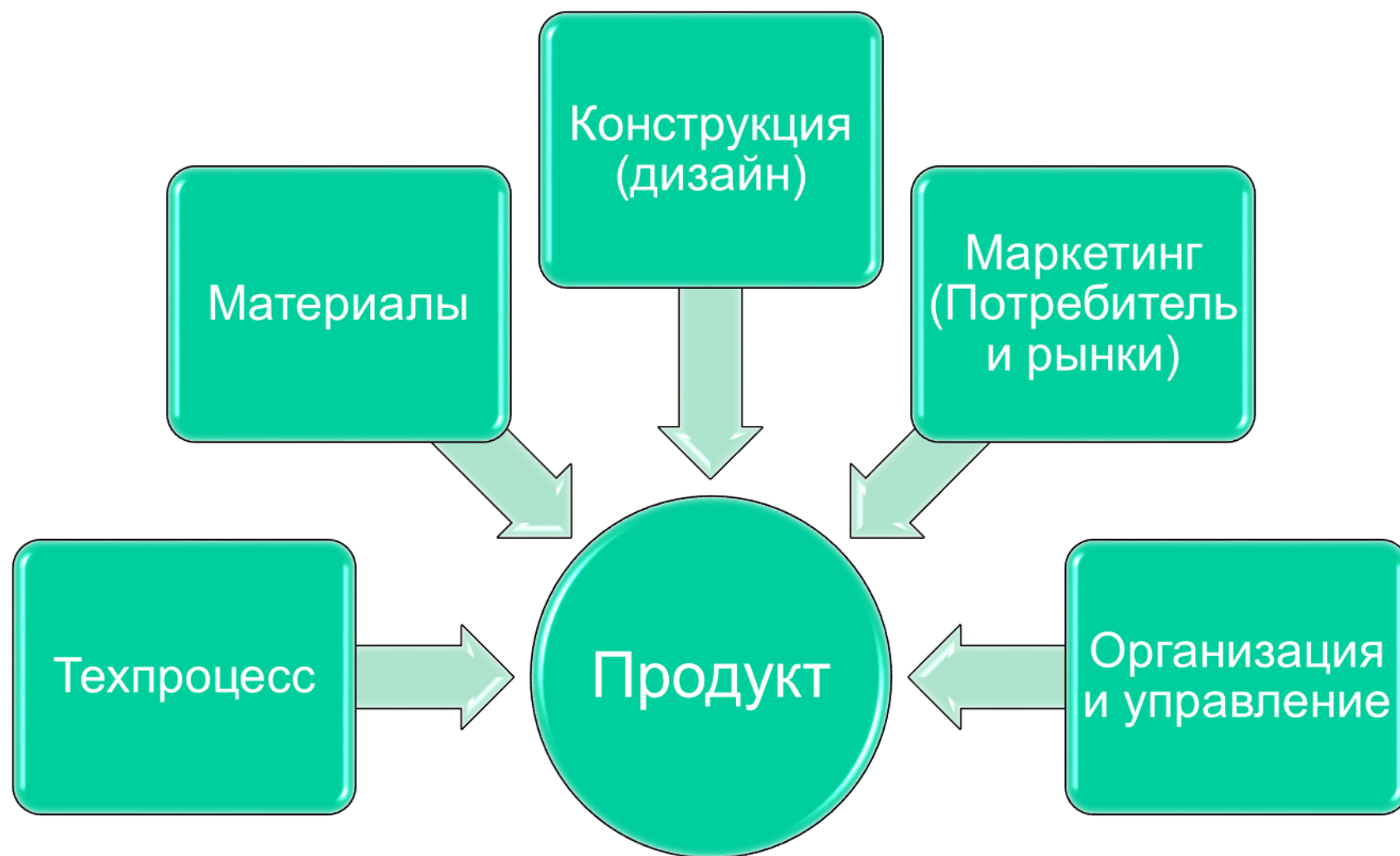
Петр Леонидович Капица сконструировал самую мощную в мире ожижительную установку. Она давала 2000 кг жидкого кислорода в час. Наряду с этим П.Л. Капицей предложен эффективный метод борьбы с неразорвавшимися фашистскими бомбами и снарядами, который сводился к замораживанию детонаторов-взрывателей жидким воздухом.



► М.А. Леонтович возле "Токамака"



Подделка государственных знаков почтовой оплаты преследуется по закону © ФГУП Издательство "Марка", Россия, 2015. 3. 2015-231/1. Типография "Информпресс-94", 14.07.2015.



Фундаментальный
цикл:
Математика, физика,
химия...

Инженерный цикл:
Дизайн, технология
материалы

Практика и проектные
курсы:
Создание
законченных изделий
и производств

Операционный
менеджмент,
организация
предприятий

Экономический цикл:
статистика, учет,
экономическая
география, право,
микроэкономика

Мировоззренческий
цикл:
?

Electrical Science and Engineering

curriculum builds primarily on the Physics II and Calculus II GIRs; not all courses require a GIR as a pre-requisite

Advanced undergraduate subjects

Build on header material; exact pre-requisites vary

Advanced Undergraduate Subject

Advanced Undergraduate Subject

Students choose three **header subjects**, which typically rely on a foundation course as a pre-requisite

Electromagnetics
6.013

Nanoelectronics
6.012

Cellular Neurophysiology
6.021

Signals and Systems¹
6.011

Electromagnetic Fields
6.014

Machine Learning
6.036

Foundation subjects build on introductory material

Circuits
6.002

Signals
6.003

Computation Structures
6.004

Introductory subjects introduce students to the breadth of our department, and teach fundamental skills for electrical engineering and computer science

Differential Equations
18.03 or 2.087

Introduction to EECS
6.01 or 6.02 or 6.03 or 6.08

Programming Skills
6.0001 or 6.034

Communications
6.UAT or 6.UAT

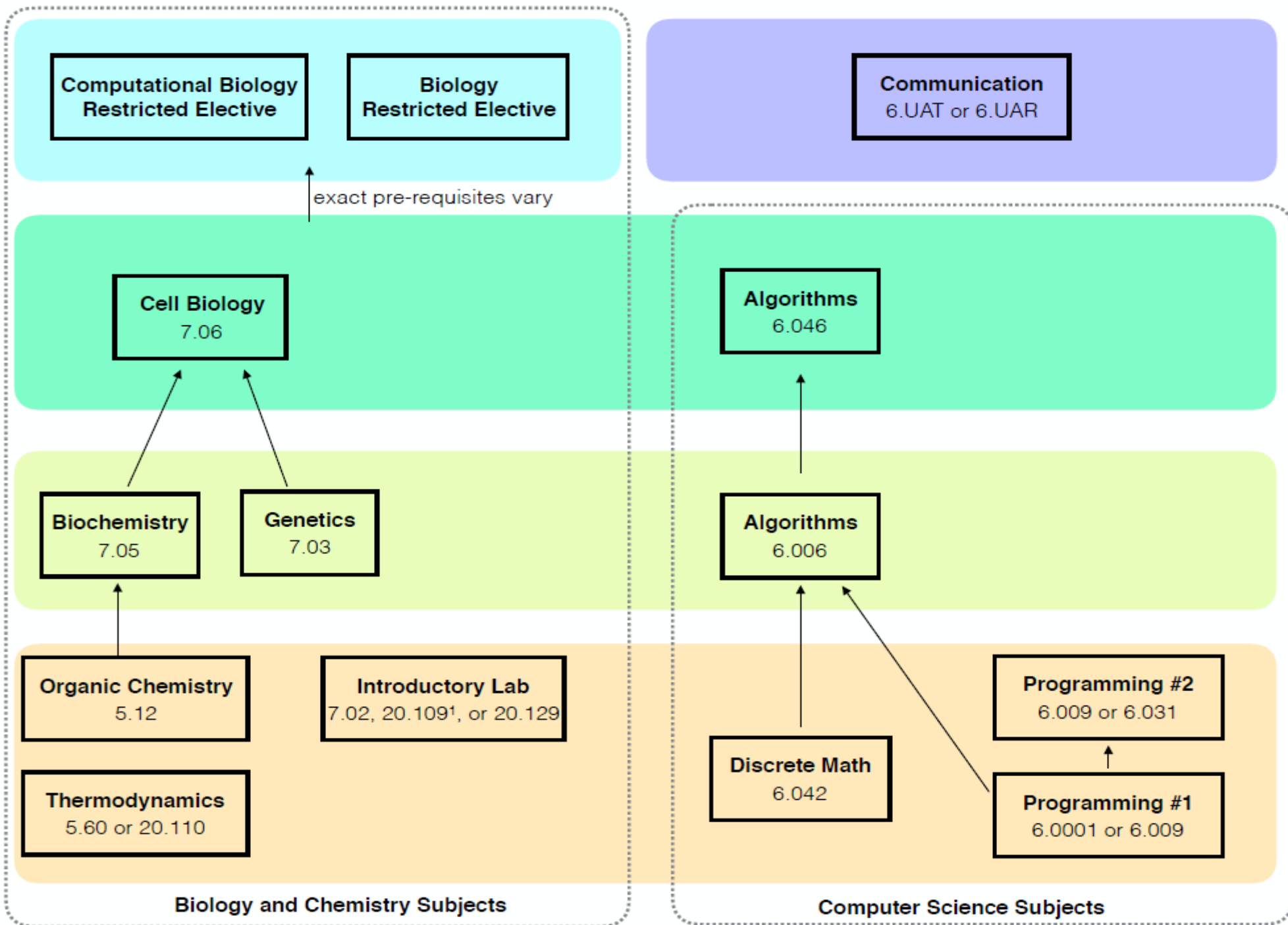
Course 6 Elective

Course 6 Elective

three additional subjects are typically taken in the junior or senior year

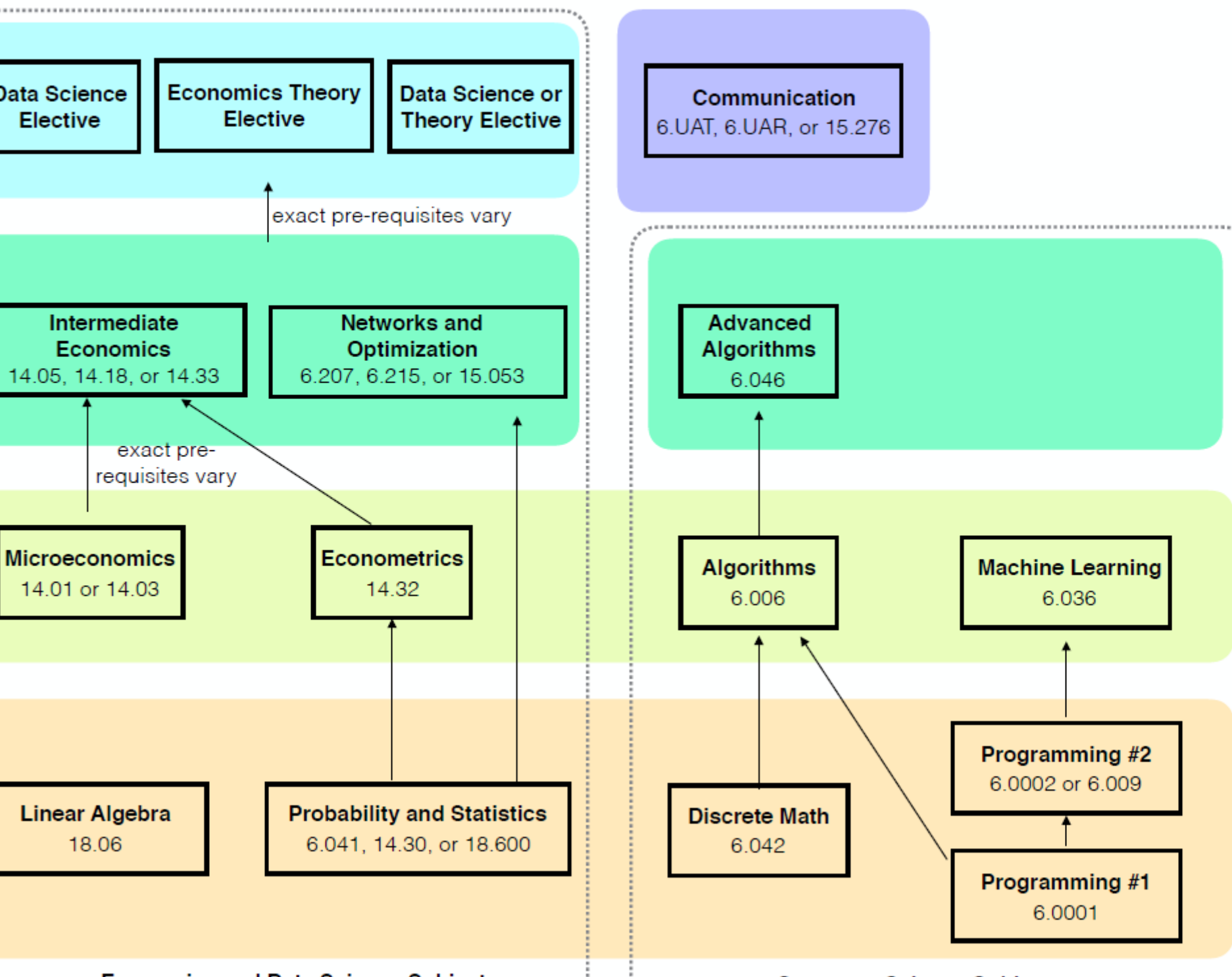
6-7: Computer Science and Molecular Biology

The 6-7 curriculum builds primarily on the **Chemistry and Biology GIRs**; not all courses require a GIR as a pre-requisite

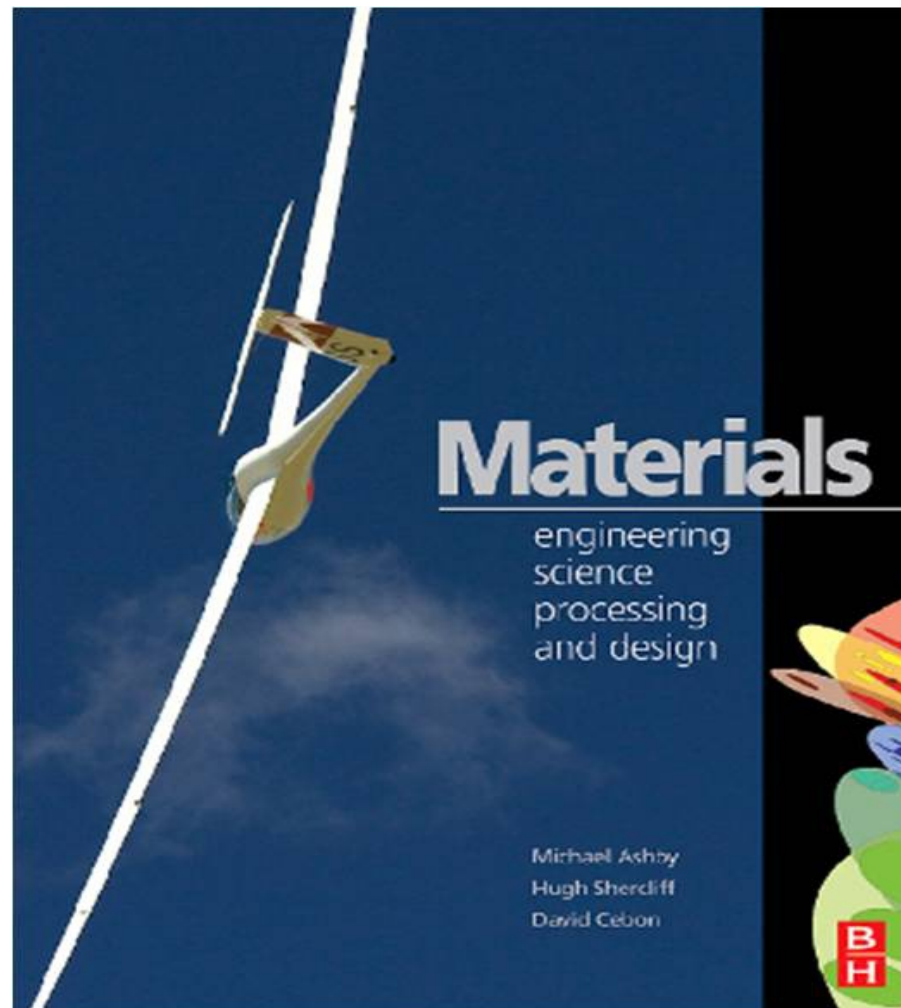


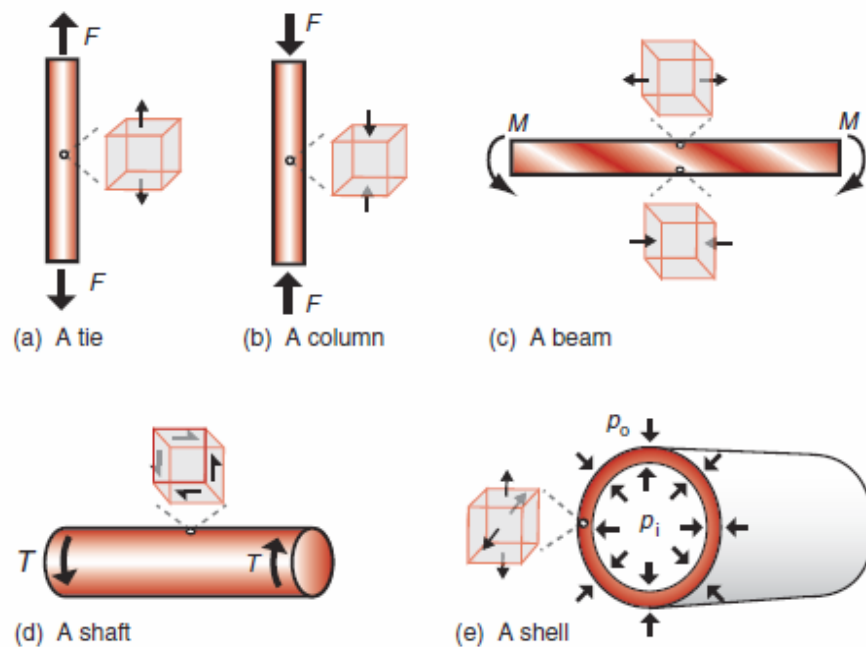
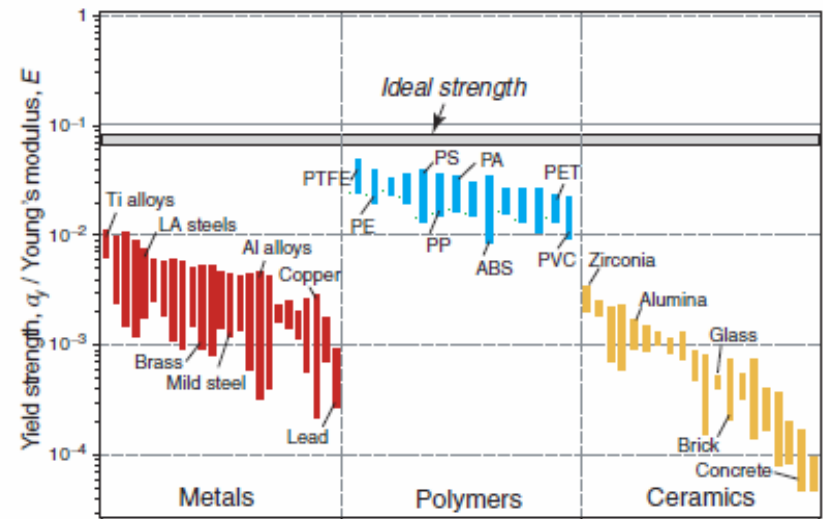
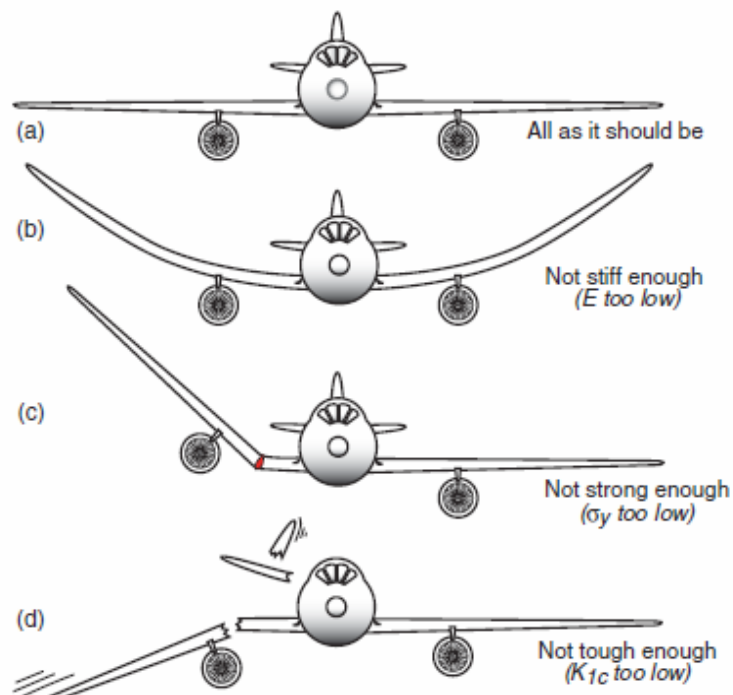
14. Computer Science, Economics, and Data Science

The 6-14 curriculum builds primarily on the **Calculus II GIR**; not all courses require a GIR as a pre-requisite



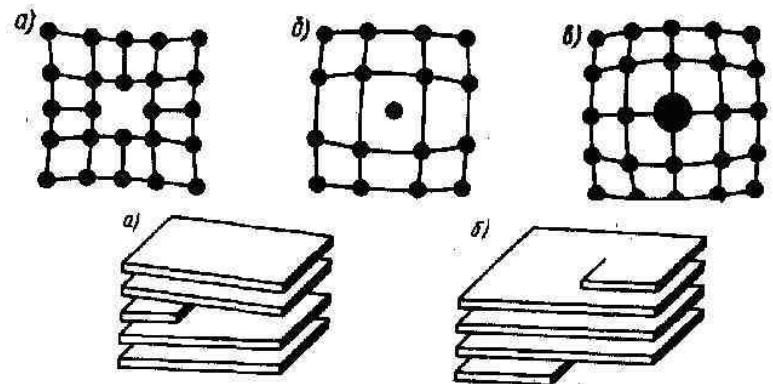
Пример сводного инженерного курса Cambridge University



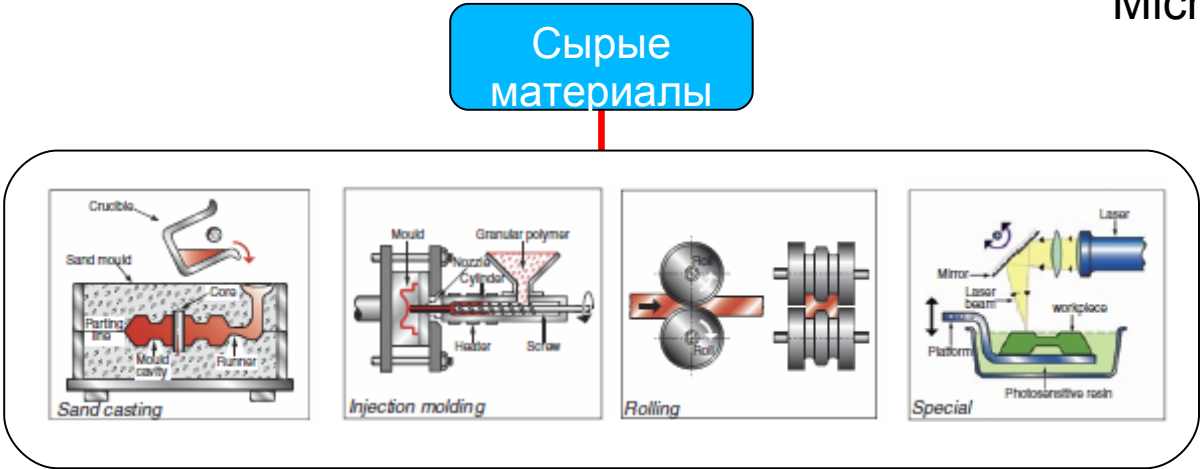


Дефекты в кристаллах

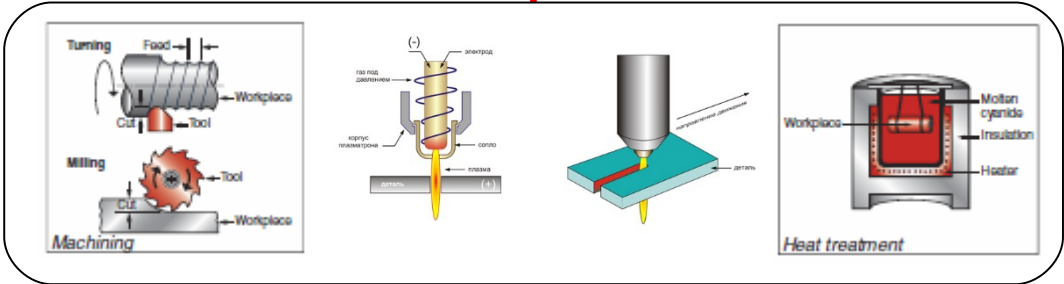
- Макроскопические – в процессе роста (трещины, поры)
- Микроскопические – точечные и линейные
- Точечные: вакансии, междоузельный атом, примесный атом
- Линейные: Дислокации бывают краевые и винтовые



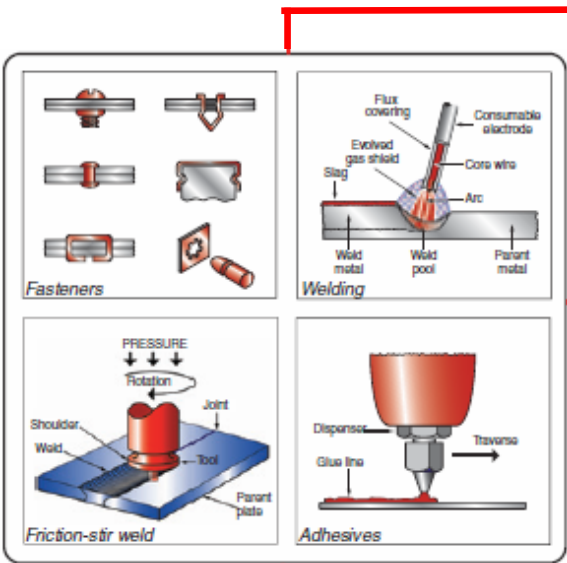
Первичное
формообразование



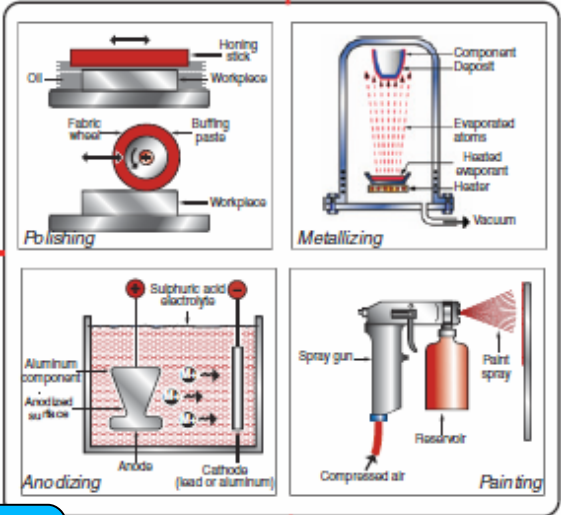
Вторичная
механообработка



Соединение

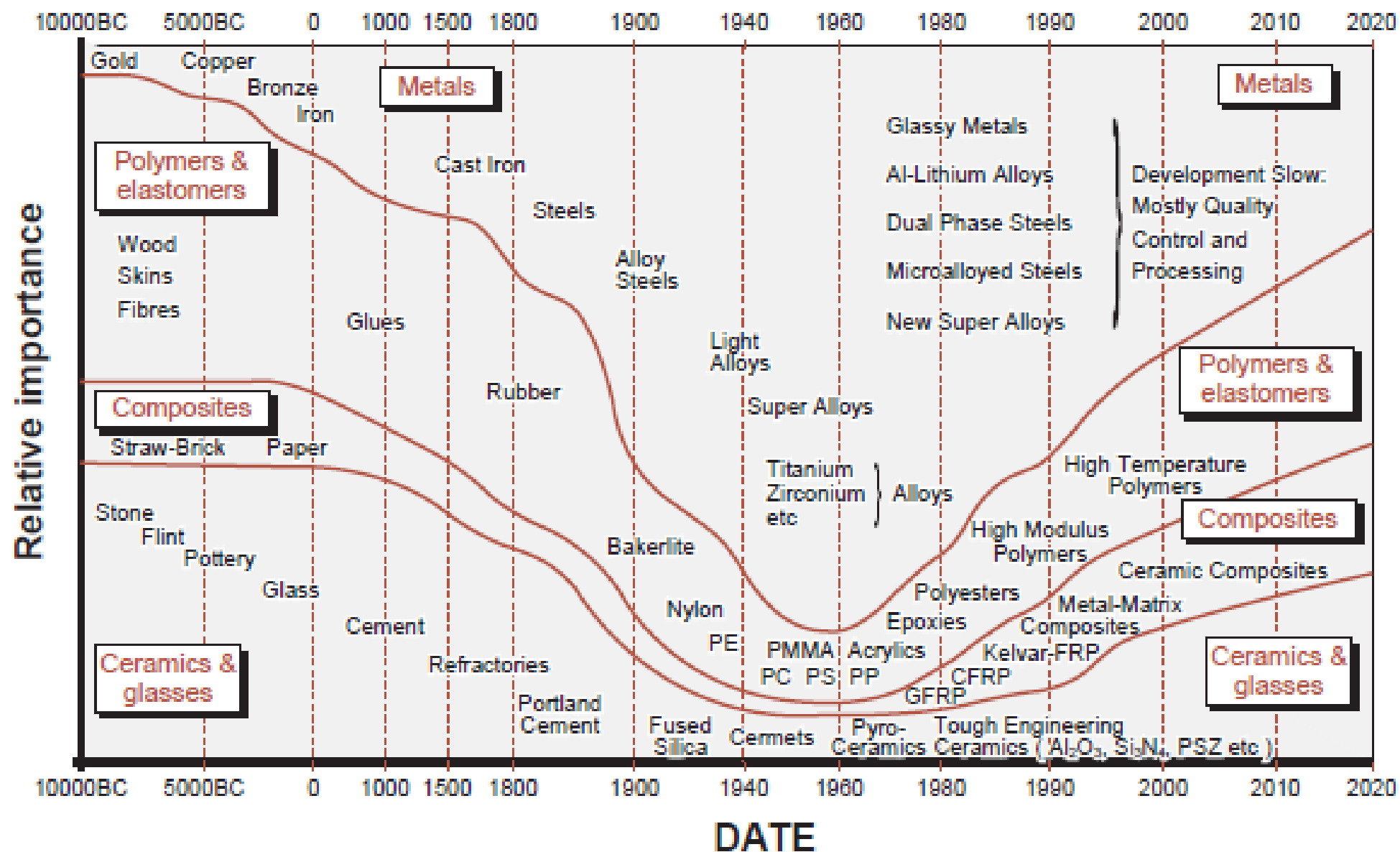


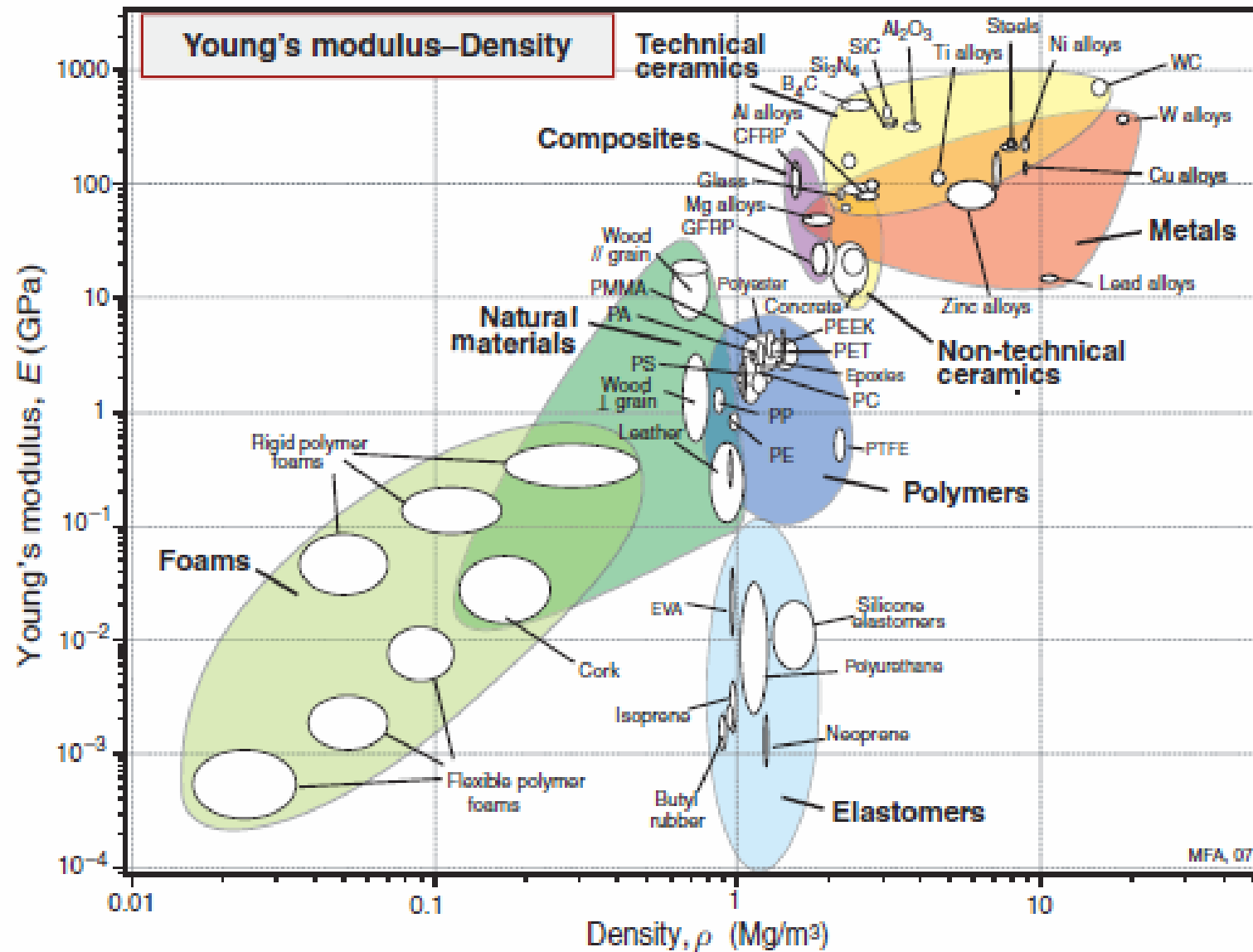
Поверхностная
обработка

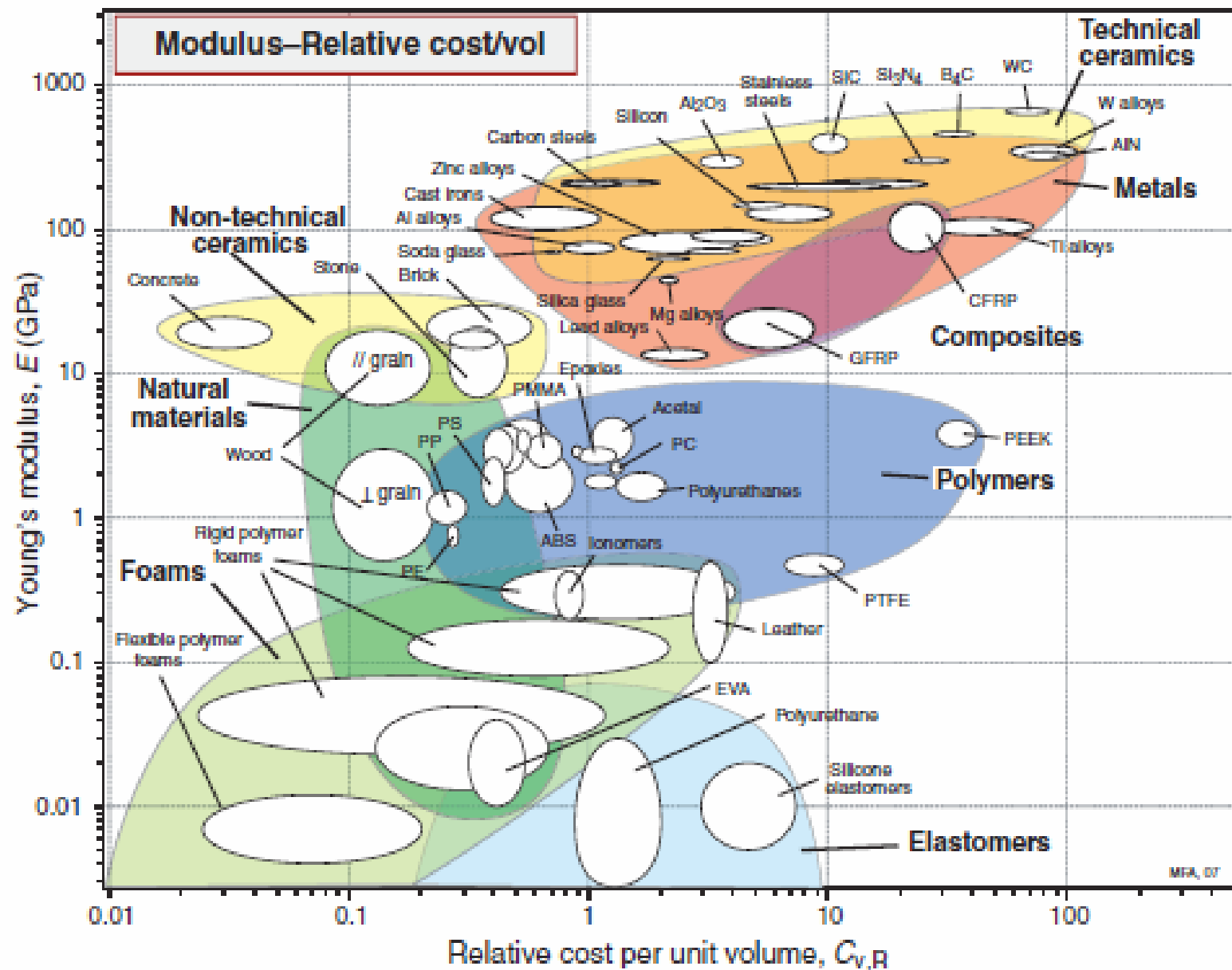


Конечный
продукт

История открытия и использования материалов по Michael F.Ashby







Пример проектного курса MIT

Design and Manufacturing II

COURSE HOME <

SYLLABUS

CALENDAR

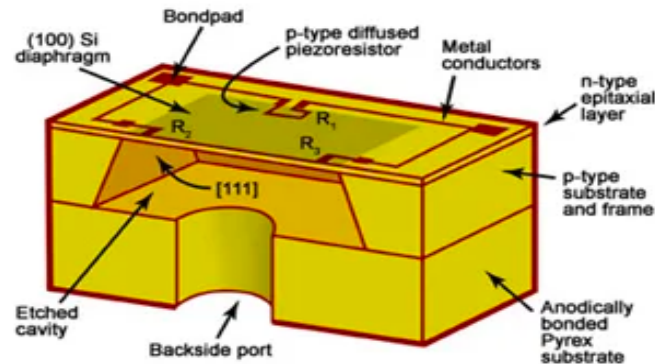
LECTURE NOTES

LABS

ASSIGNMENTS

EXAMS

DOWNLOAD COURSE
MATERIALS



A diagram showing bulk micromachined silicon bonded on top of pyrex with a back side hole. The membrane deflection is measured by four piezoresistors forming a Wheatstone bridge to get the pressure from the back side hole. (Image courtesy of OCW.)

Instructor(s)

Prof. Jung-Hoon Chun

Prof. Sang-Gook Kim

MIT Course Number

2.008

As Taught In

Spring 2004

Level

Undergraduate

[CITE THIS COURSE](#)

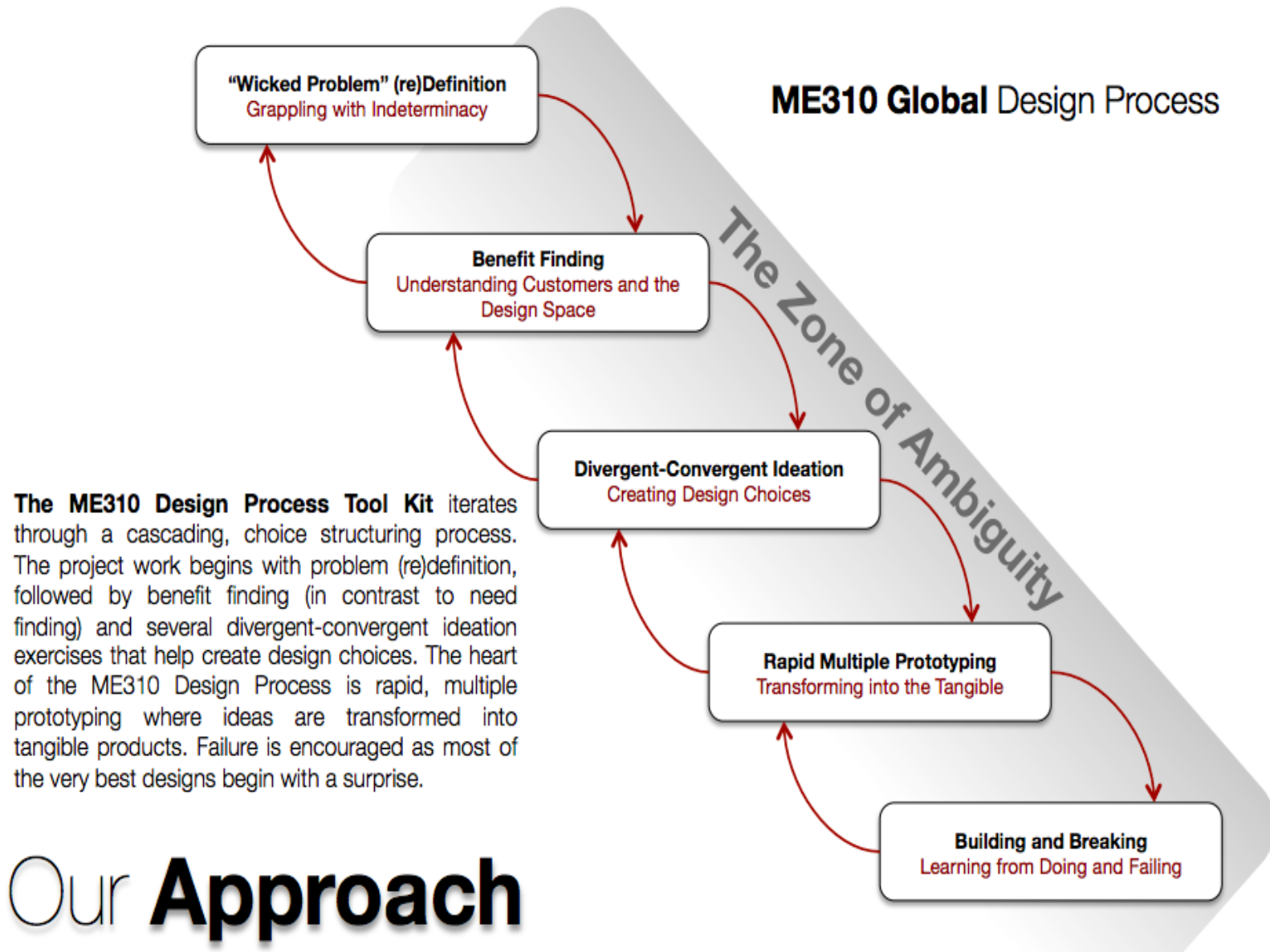
Course Features

- > [Selected lecture notes](#)
- > [Exams and solutions](#)
- > [Assignments: problem sets \(no solutions\)](#)

Course Description

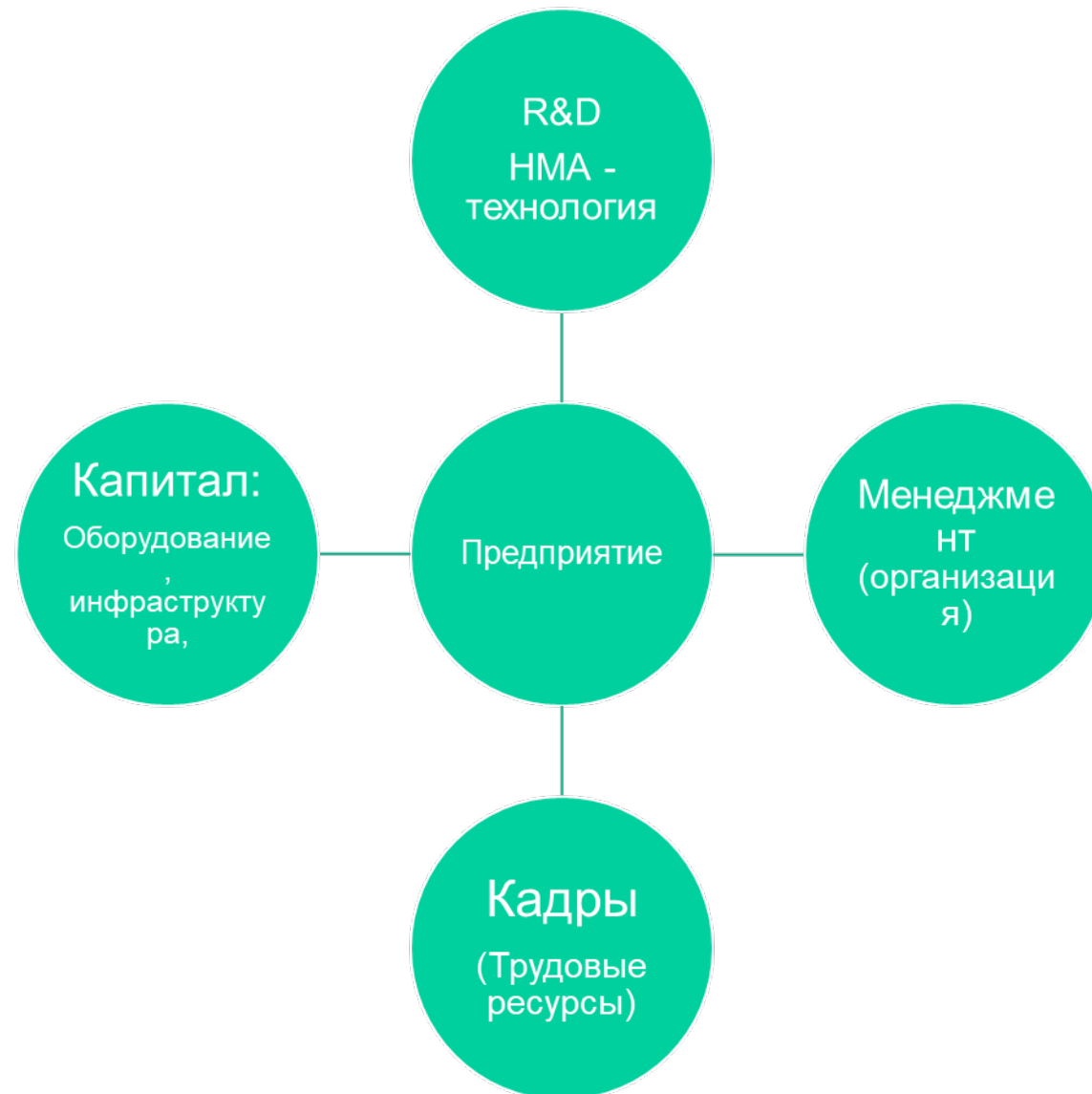
This course introduces you to modern manufacturing with four areas of emphasis: manufacturing processes, equipment/control, systems, and design for manufacturing. The course exposes you to integration of engineering and management disciplines for determining manufacturing rate, cost, quality and flexibility. Topics include process physics, equipment design and automation/control, quality, design for manufacturing, industrial management, and systems design and operation. Labs are integral parts of the course, and expose you to various manufacturing disciplines and practices.

Пример проектного курса Stanford ME310



«С теоретической точки зрения всякое производство представляется функцией 3-х главных факторов: 1) технического оборудования или вообще – капитальной стоимости ..., 2) технических и коммерческих сил по руководству предприятием и 3) так называемых «рабочих рук»

Н.Ф.Чарновский 1914





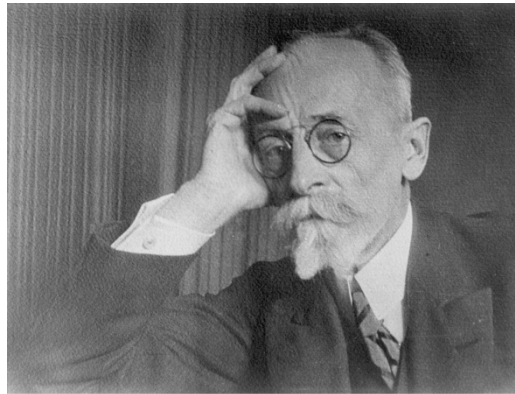
Фредерик Тейлор
1856 - 1915



Генри Гант
1861 - 1919



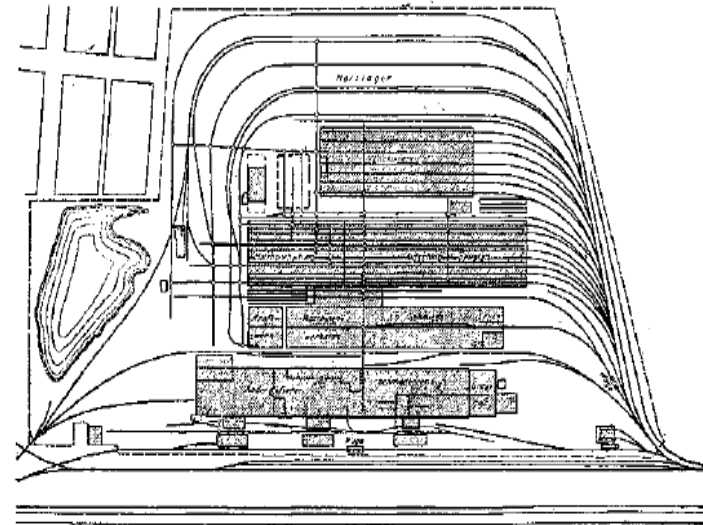
Николай Чарновский
1868 - 1938



Кароль Адамецкий
1866 - 1933

Н. Ф. Чарновский,
ИНЖЕНЕРЪ-МЕХАНИКЪ.
Профессоръ Высшаго Московскаго Техническаго Училища и
Московскаго Коммерческаго Института.

ОРГАНИЗАЦІЯ ПРОМЫШЛЕННЫХЪ ПРЕДПРІЯТІЙ ПО ОБРАБОТКѢ МЕТАЛЛОВЪ.

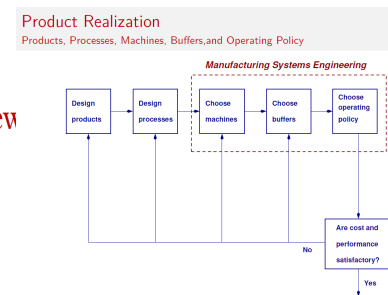


ИЗДАНИЕ 3-ье, ЗНАЧИТЕЛЬНО ДОПОЛНЕННОЕ, СО 137 РИСУНКАМИ И 100 ТАБЛИЦАМИ: ВЪ
ТЕ-СТѢ И ВЪ ПРИЛОЖЕНІЯХЪ.

MIT 2.853/2.854
Introduction to Manufacturing Systems

Manufacturing Systems Overview

Stanley B. Gershwin
Laboratory for Manufacturing and Productivity
Massachusetts Institute of Technology



Control of Manufacturing Processes

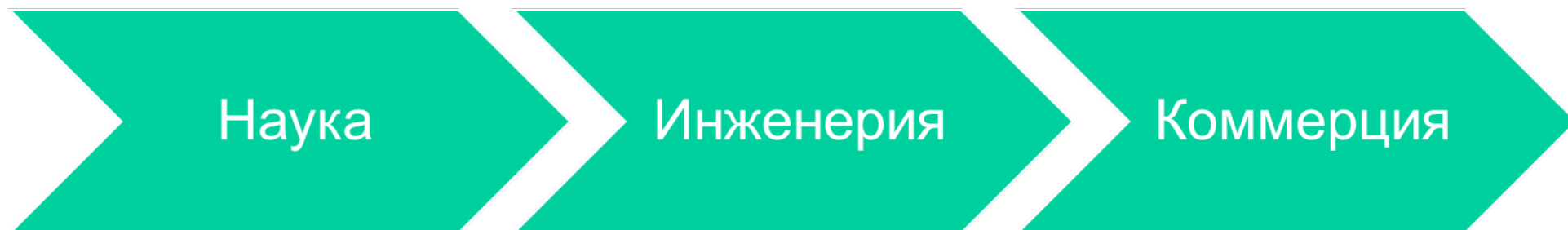
Subject 2.830/6.780/ESD.63
Spring 2008
Lecture #1

Introduction

February 5, 2008



Линейная схема «внедрения» научных разработок



«Собирающая» схема развития



