

А.В.Чертович

Введение в физику полимеров, часть 2.



Полимерный мусор

Зачет и экзамен

- Допуск у экзамену: сдать задачу и обе контрольные не меньше чем на «хорошо».
- Экзамен: связный рассказ на заданную тему.

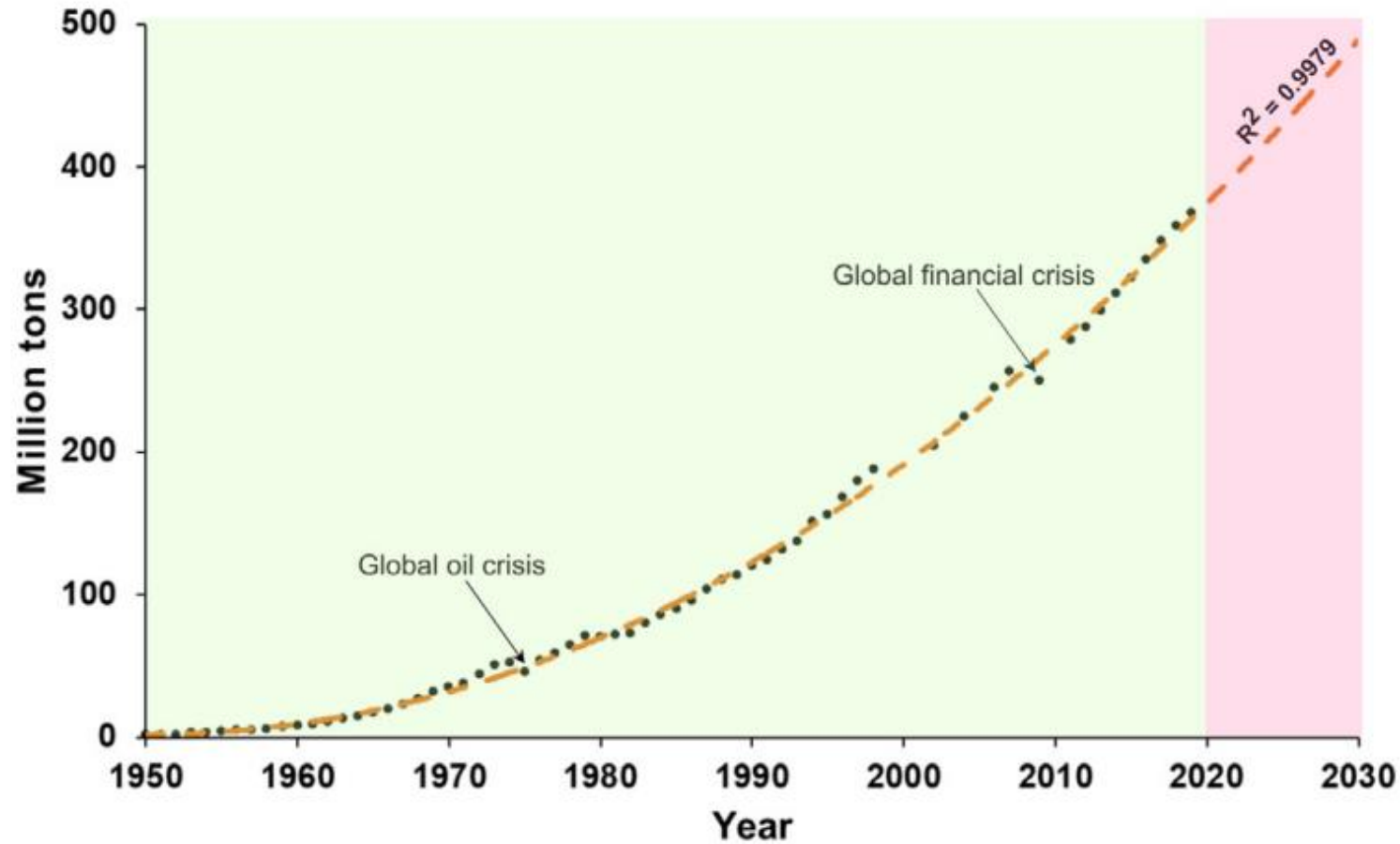
Примерный список билетов:

1. Полиэлектролиты + кристаллизация.
2. Теория Флори-Хаггинса + ЖК.
3. Микрофазное расслоение, мицеллы + реология.

Контрольные вопросы по предыдущей лекции:

1. Что такое G' и G'' ? Как они соотносятся для упругого и вязкого образцов?
2. Как выглядят их характерные графики от времени? Какие области можно выделить?
3. Что такое температура стеклования? Что происходит с полимерной цепочкой?
4. В чем физический смысл температурно-временной суперпозиции?
5. Как выглядит график пластической деформации в полимерах? Какие характерные участки?
6. Как влияет степень кристалличности и длина зацеплений на кривую деформации?

Мировое производство пластика



К 2050 году в мире будет создано более 20 млрд тонн пластика

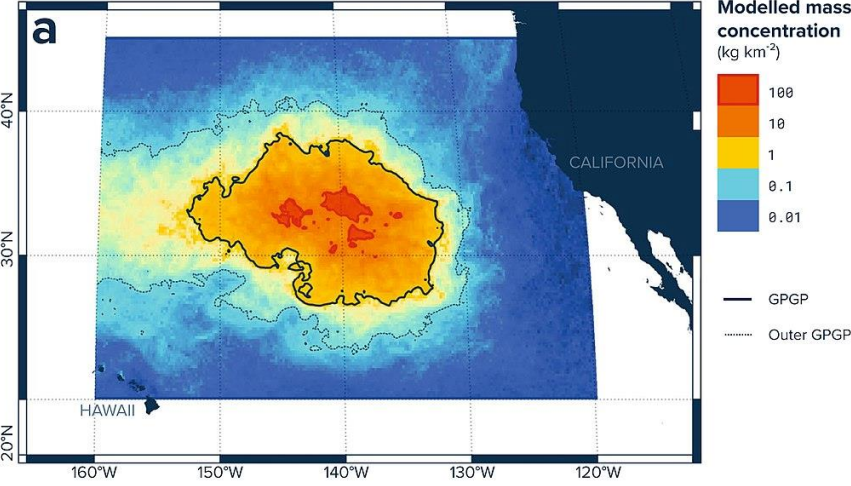
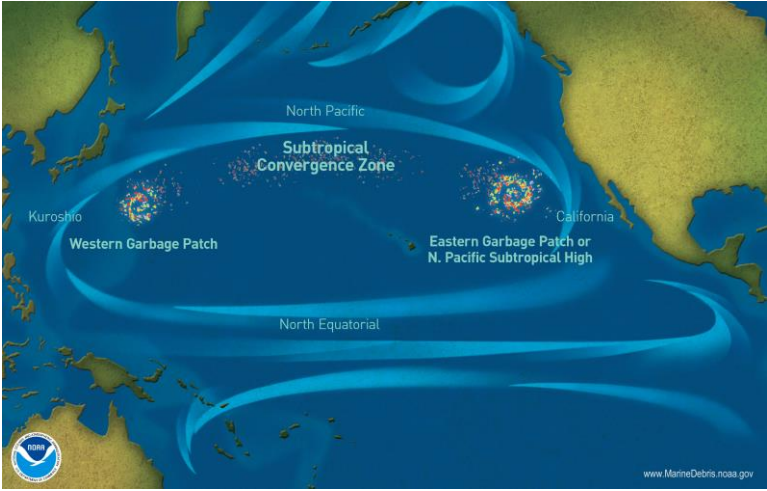
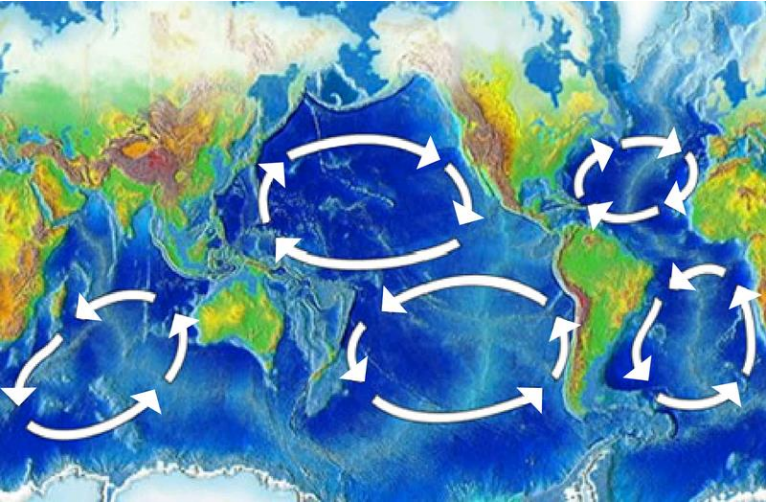


Mu. Ramkumar, K. Balasubramani, M. Santosh et al., The plastisphere: A morphometric genetic classification of plastic pollutants in the natural environment, Gondwana Research, 10.1016/j.gr.2021.07.004

Большое тихоокеанское мусорное пятно

Great Pacific garbage patch

Точный размер мусорного континента неизвестен, приблизительная оценка дает величину от 700 тыс. до 1,5 млн кв. км. Мусорные пятна в океанах могут содержать более ста миллионов тонн мусора, некоторые оценки дают 350 млн тонн отходов.



Жизненный цикл полимерного материала



Способы утилизации отходов

биологическое разложение полимеров под воздействием естественных причин
(захоронение)



использование полимеров в виде топлива для получения энергии (сжигание)

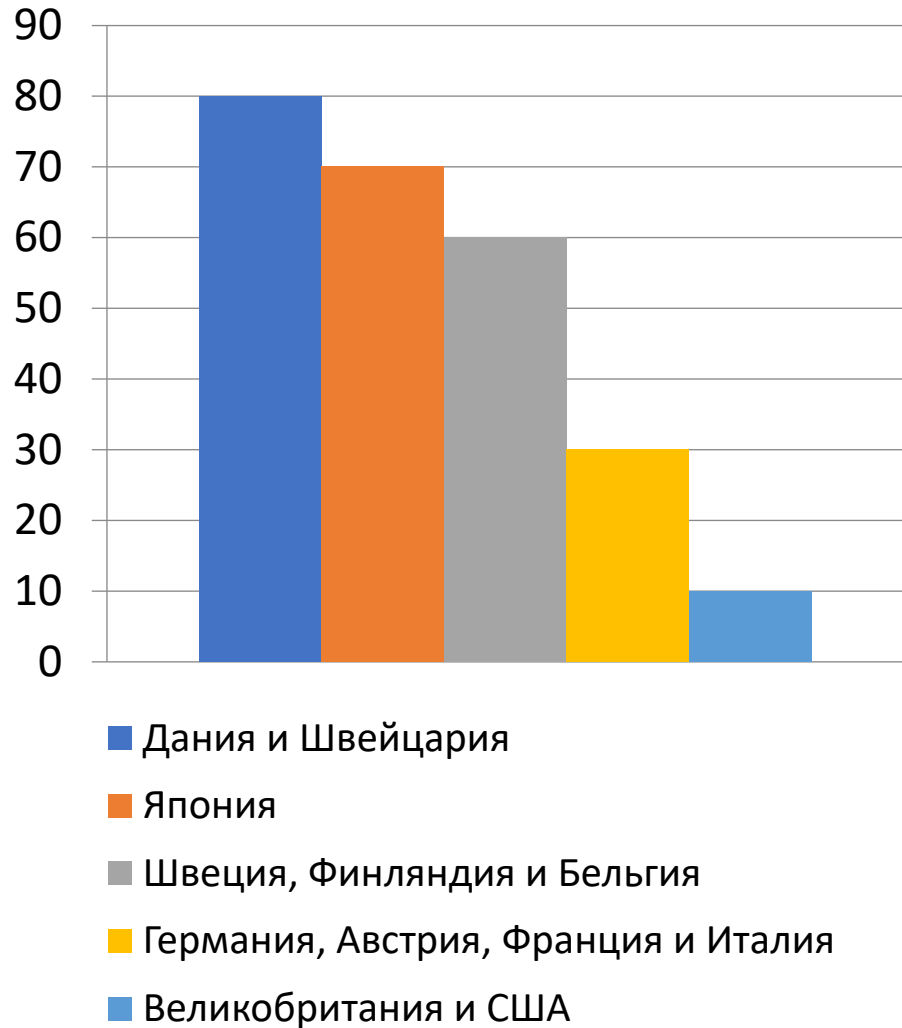


вторичная переработка полимеров в новые продукты
(рециклинг)



Сжигание

Процент сжигаемых ТБО



- Полимеры – высококалорийное топливо
- Один МСЗ мощностью 1 тыс. тонн в сутки фактически может устранить проблему мусора для города с населением 500 тыс. - 1 млн
- В России на мусоросжигательные заводы отправляют около 5% отходов
- Мусоросжигающие заводы стоят огромных денег и производят золу (в том числе III класса опасности), также требующую дальнейшей утилизации
- В Европе уже принято решение о сокращении их роли в утилизации мусора

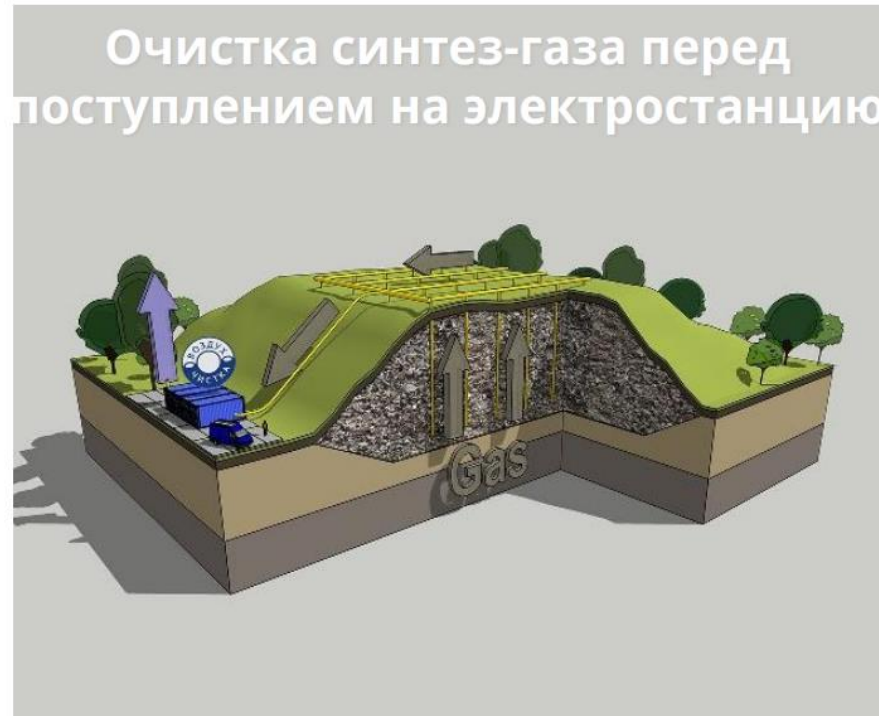
Захоронение

- Полимеры/материалы, которые нельзя переработать и сжечь, вывозятся на полигоны для ТБО
- В результате разложения органического мусора на мусорных полигонах собирают биогаз, состоящий из метана (50%-75%), углекислого газа (20%-50%), азота (0%-10%) и других примесей

Дегазация полигона ТБО



Очистка синтез-газа перед поступлением на электростанцию



Общая площадь мусорных полигонов в России превышает 4 млн га (немного меньше Швейцарии)

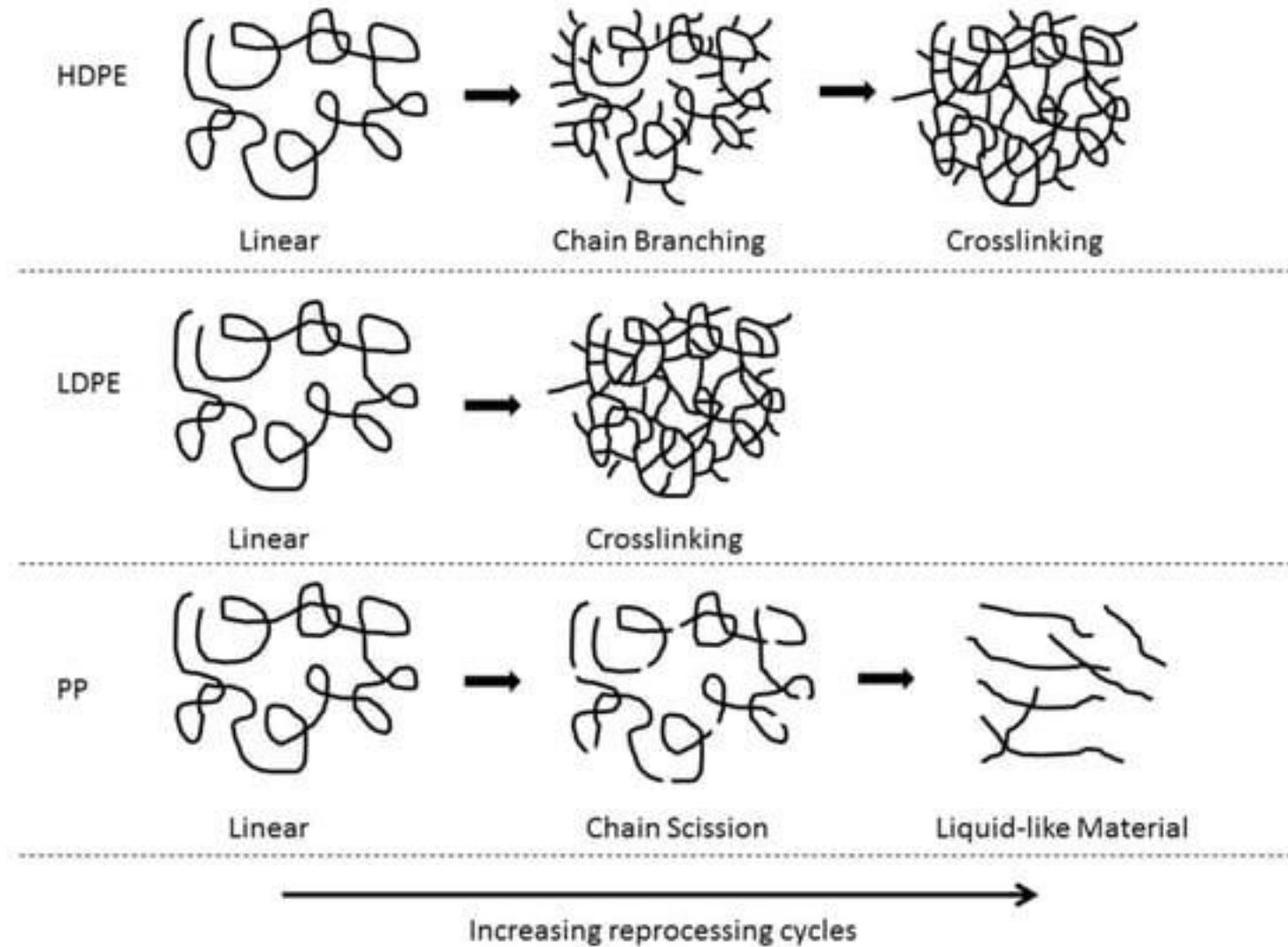
Большая проблема – стихийные свалки

Механический рециклинг



- Возможны 3-7 циклов переработки, после чего уничтожение через сожжение/захоронение
- Вторичный пластик уступает исходному из-за износа и старения в процессе эксплуатации
- Проблемой является вторичная переработка модифицированных полимеров и смесей полимеров

Проблемы механического рециклинга ПП и ПЭ



Разрыв цепи считается доминирующим механизмом и приводит к снижению молекулярной массы полимера и увеличению полидисперсности

Среда с высоким содержанием кислорода способствует разрыву цепи, тогда как среда с низким содержанием кислорода провоцирует сшивку цепи

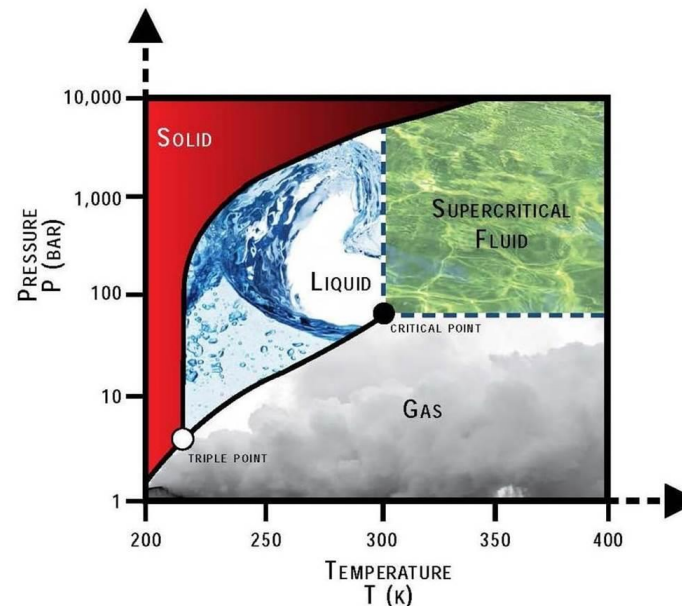
Механизмы деградации ПП и ПЭ

Химический рециклинг

Обработка отходов с существенным изменением химической структуры материалов

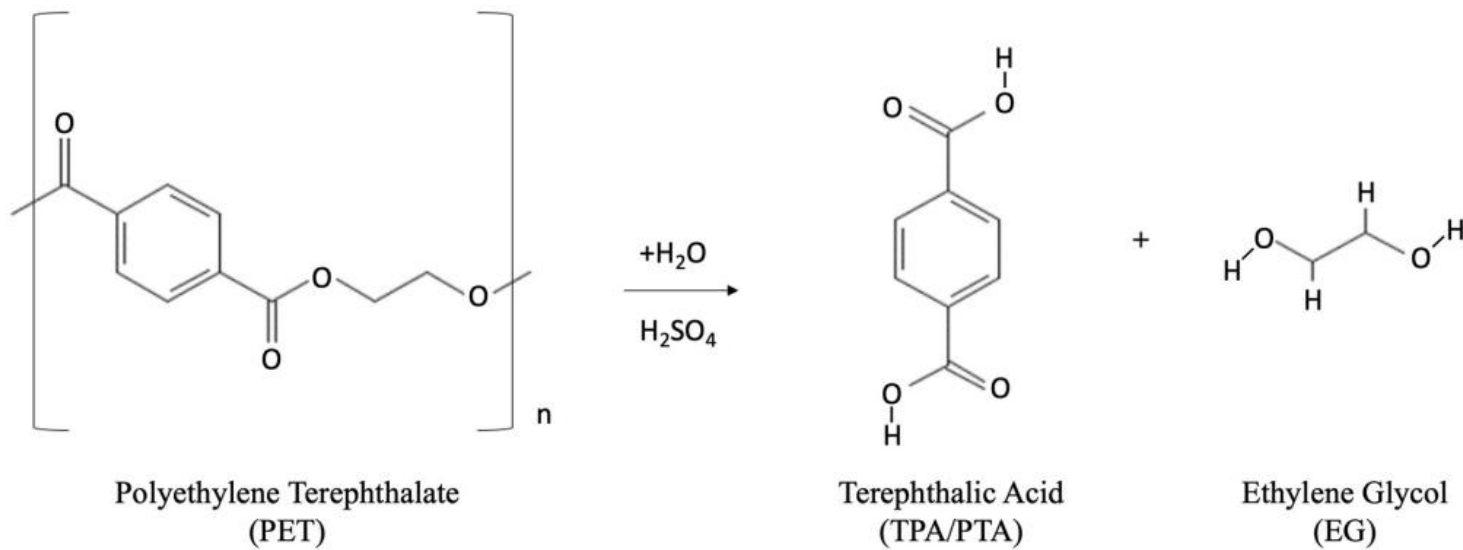
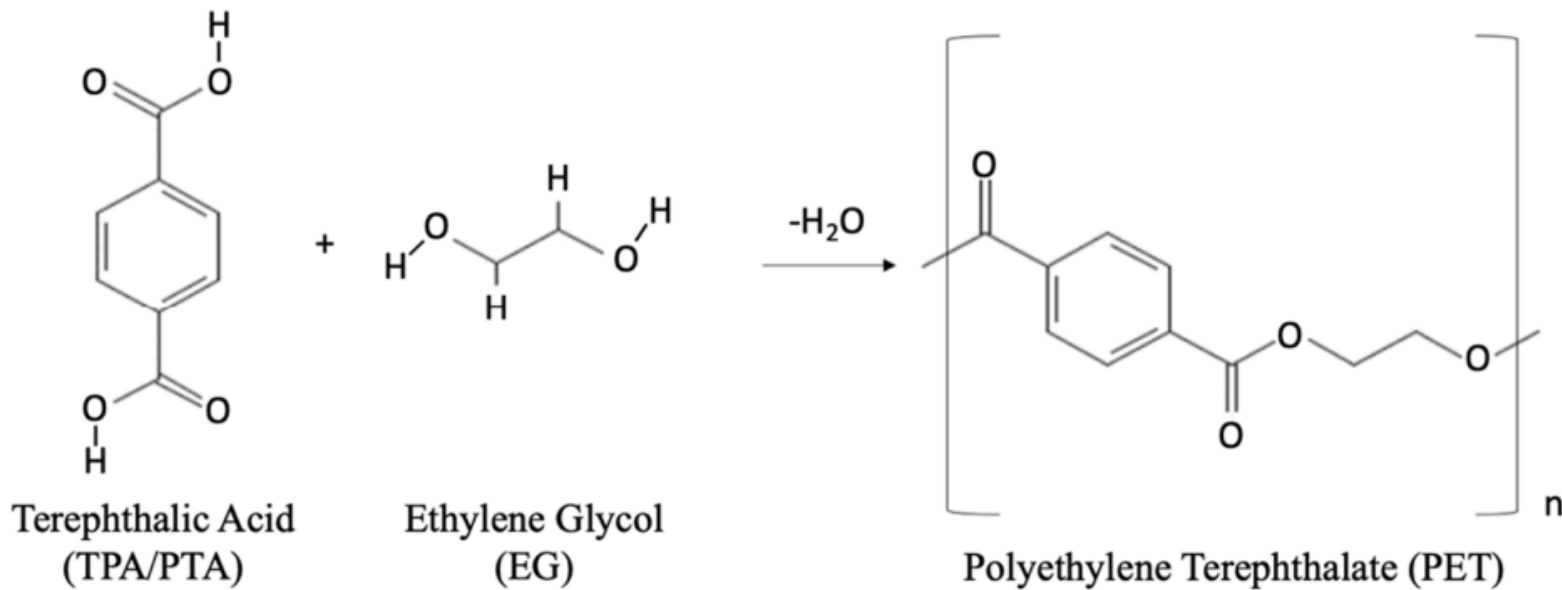
1. Гидрирование в среде водорода при температуре 450-480 °С и давлении водорода до 40 МПа;
2. Крекинг при температуре 400-600 °С и повышенном давлении с разрушением полимеров, испарением образующихся продуктов, охлаждением паров и получением исходного сырья для производства новых продуктов;
3. Газификация в атмосфере кислорода, водяного пара, диоксида углерода, а также их смеси при температуре 1350-1600 °С и давлении до 40 МПа с получением синтез-газа (смесь монооксида углерода и водорода);
4. Пиролиз при температуре 500-900 °С в бескислородной среде.
5. Рециклинг в сверхкритических флюидах.

Пока на долю химического рециклинга приходится **менее 1%** вторичной переработки пластиков



Вода: 374 °С и 217 атм
Метанол: 240 °С и 78 атм
Этанол: 241 °С и 63 атм
Аммиак: 132 °С и 108 атм

Рециклинг ПЭТ



Переходим к контрольной и сдаче задачи