



دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی مکانیک

تکنولوژی پلاستیک:

مقدمه، ترموپلاستیک ها

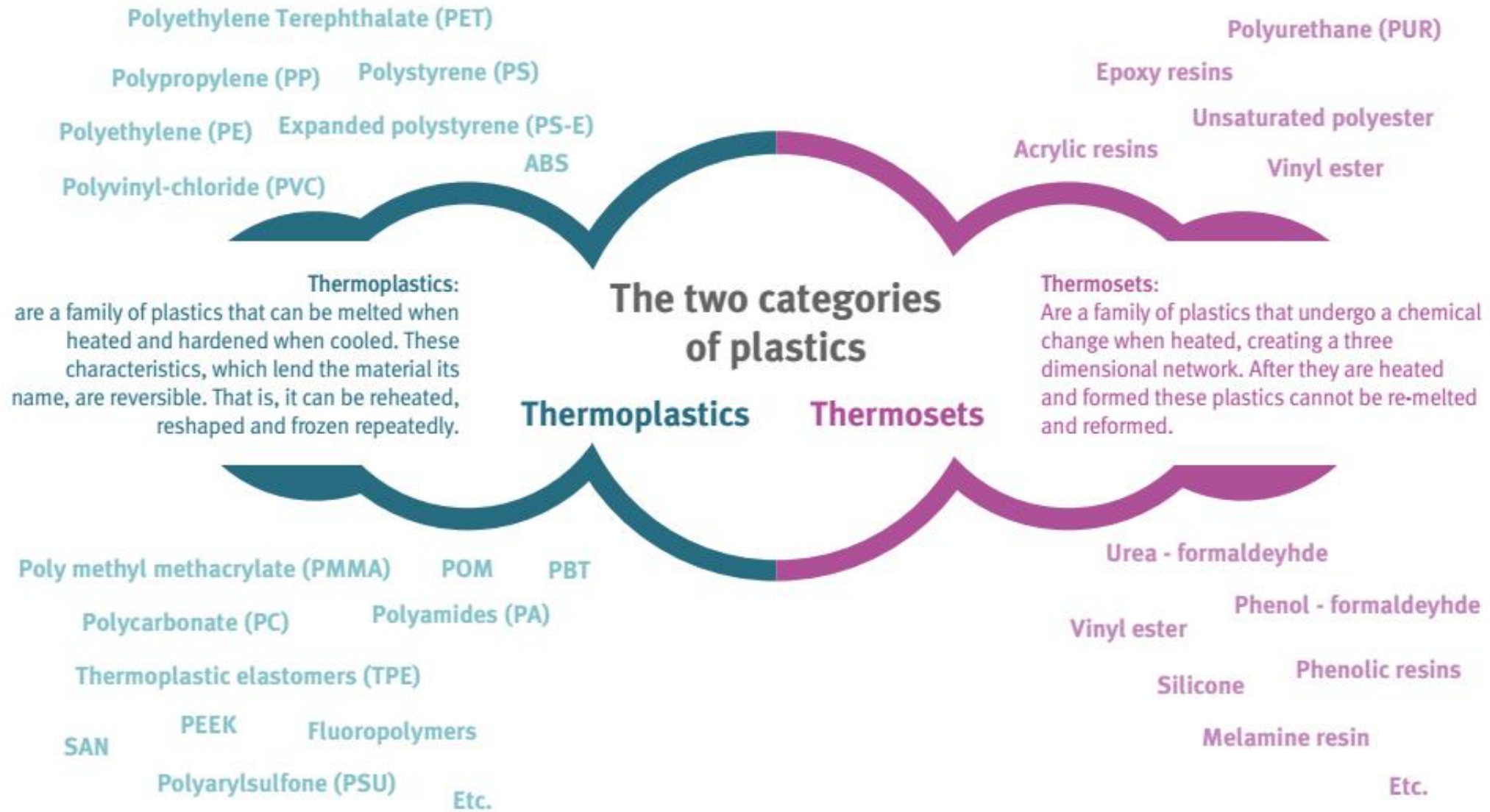
دکتر عبدالواحد کمی

نیمسال دوم ۹۷

لیست پروژه‌های درسی

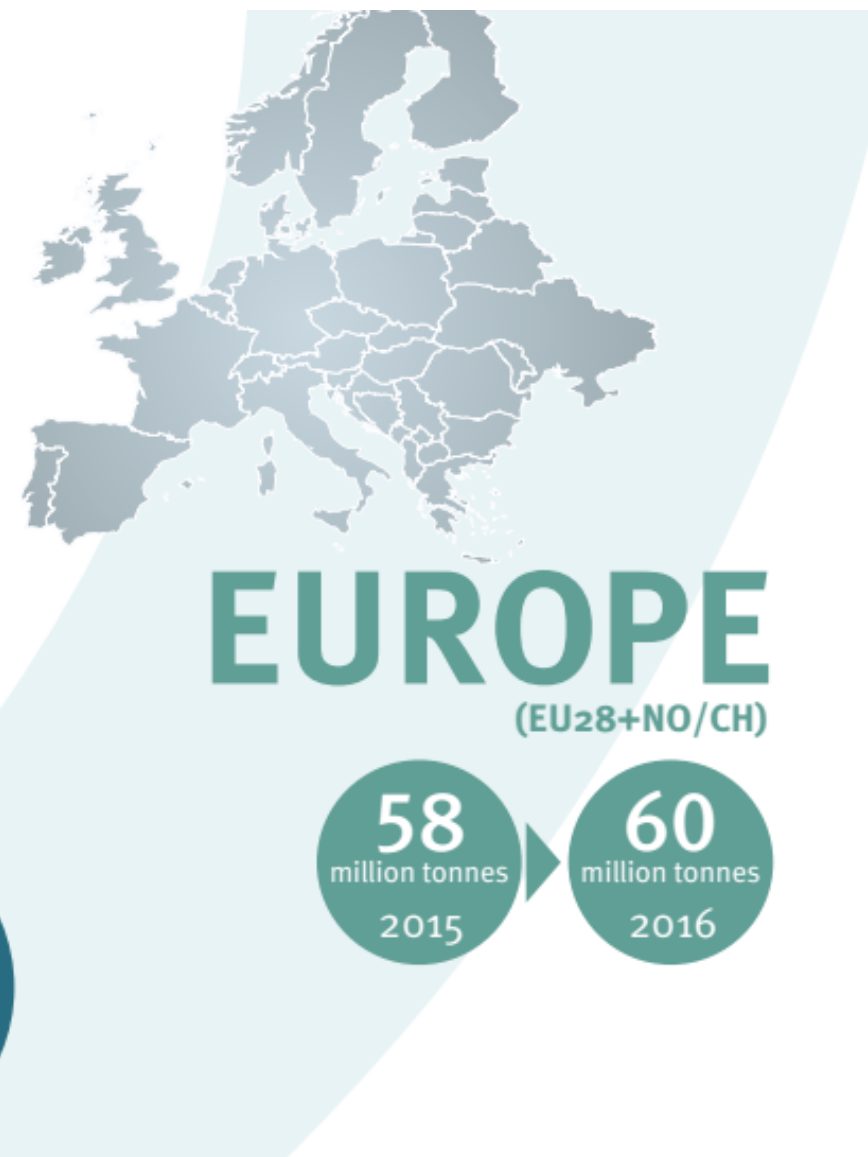
- روش های تولید پودر پلیمر
- طراحی اکسترودر دسکتاپ
- طراحی قالب ترموفرمینگ (فرم دهی حرارتی) دسکتاپ
- ساخت قالب سیلیکونی و تولید قطعه اپوکسی
- بازیافت پلاستیک ← طراحی دستگاه، روش های بازیافت، بازیافت پلاستیک در ایران، تولید انرژی و ...
- شبیه سازی المان محدود تزریق پلاستیک به کمک نرم افزار مولدفلو
- تکنولوژی های نوین تولید قطعات پلاستیکی





https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf





https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf



Plastics make a hugely positive contribution to the European economy



Over
1.5 million people
in Europe are directly
employed by the plastics
industry



Close to
60,000 companies
operate in the European
plastics industry, most of
them SMEs



A positive trade
balance of close to
15 billion
Euros



A turnover close to
350 billion
Euros

https://www.plasticseurope.org/download_file/force/1830/181



They are used for a wide range of applications



https://www.plasticseurope.org/download_file/force/1830/181



Plastics are extremely versatile materials – ideal for a wide range of consumer and industrial applications

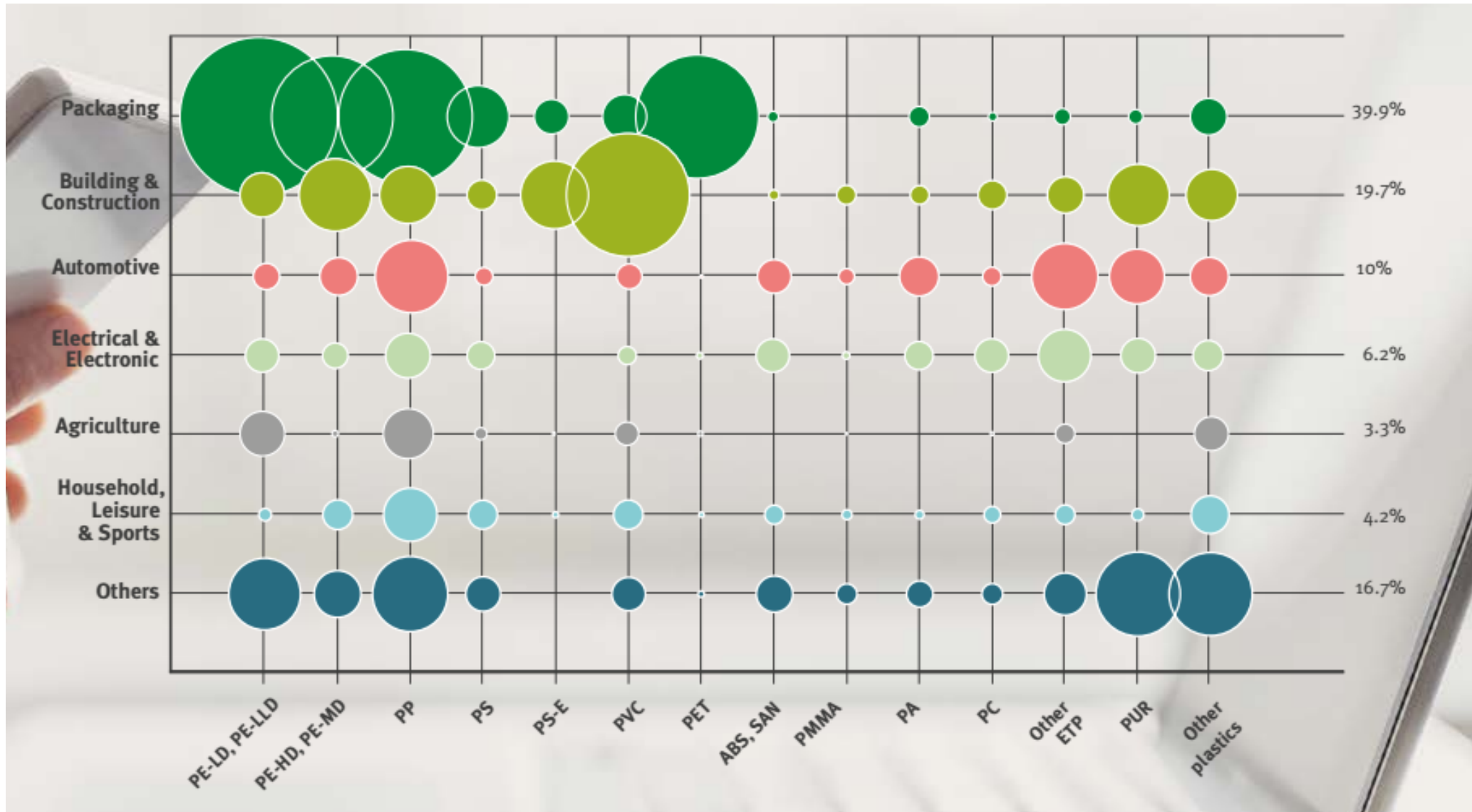


European plastics converter demand by polymer types in 2016

Source: PlasticsEurope Market Research Group and Conversio Market & Strategy GmbH

https://www.plasticseurope.org/download_file/force/1830/181





[https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics the facts 2017 FINAL for website one page.pdf](https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf)





https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf



And they make a big contribution to a more sustainable future

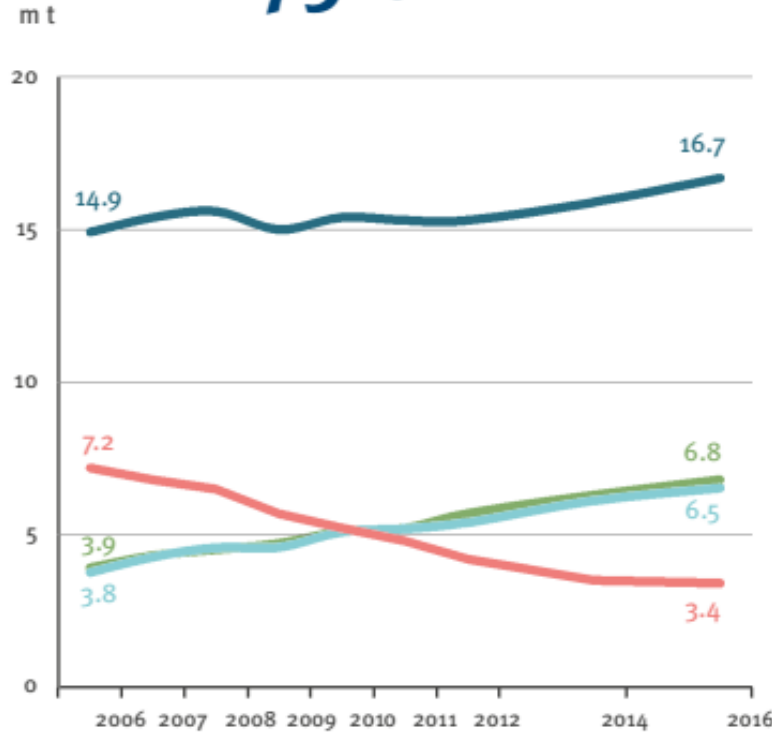


In 2016, more than

8.4 million tonnes

tonnes of plastic waste were collected to be recycled inside or outside the EU

In ten years, plastic packaging recycling has increased by almost **75%**



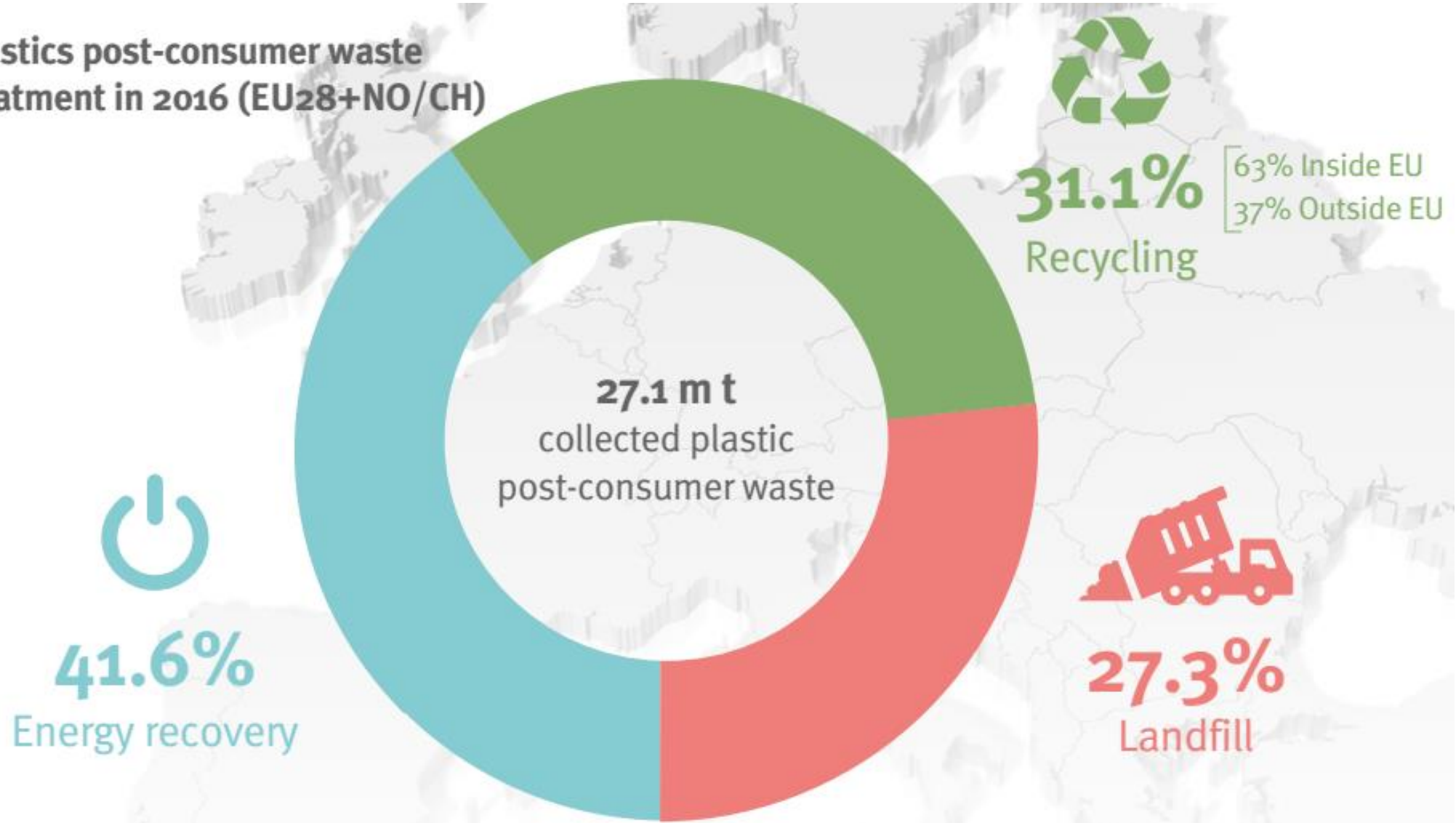
2006-2016 evolution of plastic PACKAGING waste treatment (EU28+NO/CH)



https://www.plasticseurope.org/download_file/force/1830/181



Plastics post-consumer waste treatment in 2016 (EU28+NO/CH)



https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf



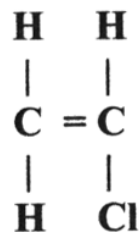
تعاریف اولیه

پلیمر (Polymer) – بسیار:

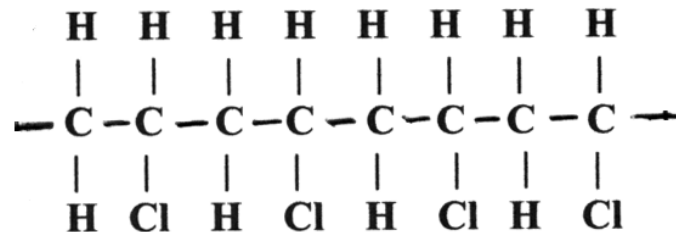
واژه پلیمر از دو کلمه یونانی پلی (Poly) به معنی بسیار و مر (Meros) به معنی قسمت، قطعه یا پاره گرفته شده است.

پلیمر مولکول بزرگی است که از تعداد زیادی مولکولهای کوچکتر ساخته شده است.

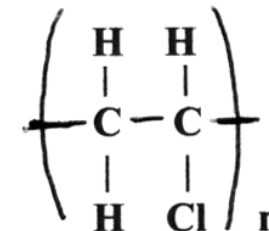
مولکولهای کوچکی که به عنوان قطعات سازنده این مولکولهای بزرگ به کار می‌روند مونومر یا تکپار نامیده می‌شوند.



**Vinyl chloride
monomer**



**Poly(vinyl) chloride
PVC Polymer**



Repeating unit



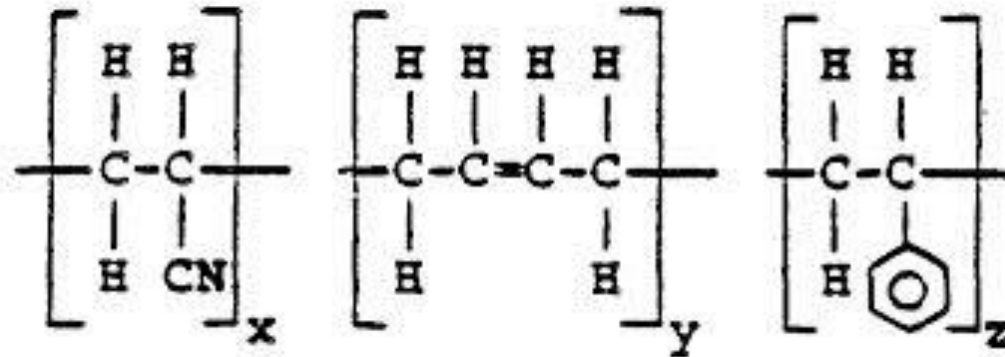
تعاریف اولیه

- هموپلیمر (Homopolymer)

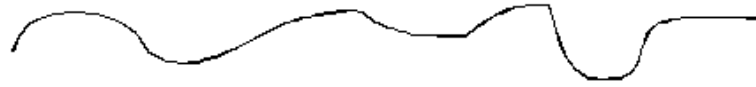
ساده‌ترین مولکولهای پلیمری هستند که تنها از به هم پیوستن یک نوع مونومر تشکیل می‌شوند (مثل PE).

- کوپلیمر (Copolymer)

پلیمرهایی هستند که ساختار آنها از دو یا چند مونومر مختلف تشکیل شده است (مثل ABS).



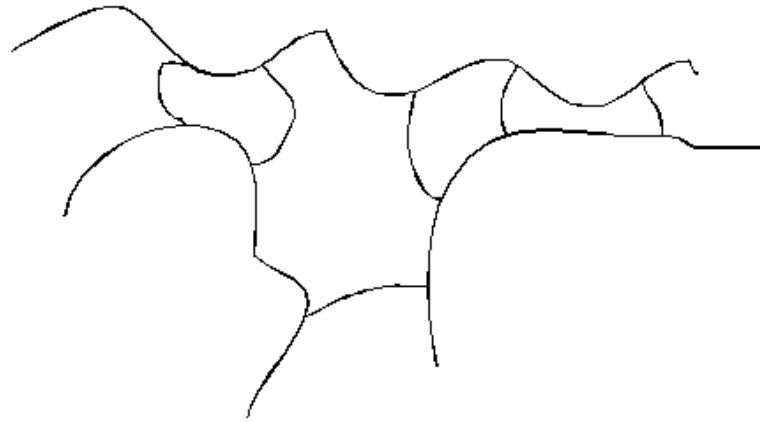
تعاریف اولیه



Linear



Branched



Crosslinked

انواع پلیمر به لحاظ ساختمان:

- خطی (Linear)
- شاخه‌ای (Branched)
- شبکه‌ای (Crosslinked)



پلاستیک (Plastic)

پلاستیک از کلمه یونانی Palstikos به معنای شکل پذیر بودن یا مناسب بودن برای ریخته گیری آمده است.

تعریف انجمن صنایع پلاستیک:

هر ترکیبی از گروه بزرگ و متنوع موادی که تماماً یا قسمتی دارای پیوندی از کربن با عناصری چون اکسیژن، نیتروژن، هیدروژن و یا سایر عناصر آلی و معدنی بوده و در حالت نهایی به صورت جامد باشد و قابلیت تغییر شکل بر اثر حرارت یا فشار (به تنهایی یا توأم) را داشته باشد.

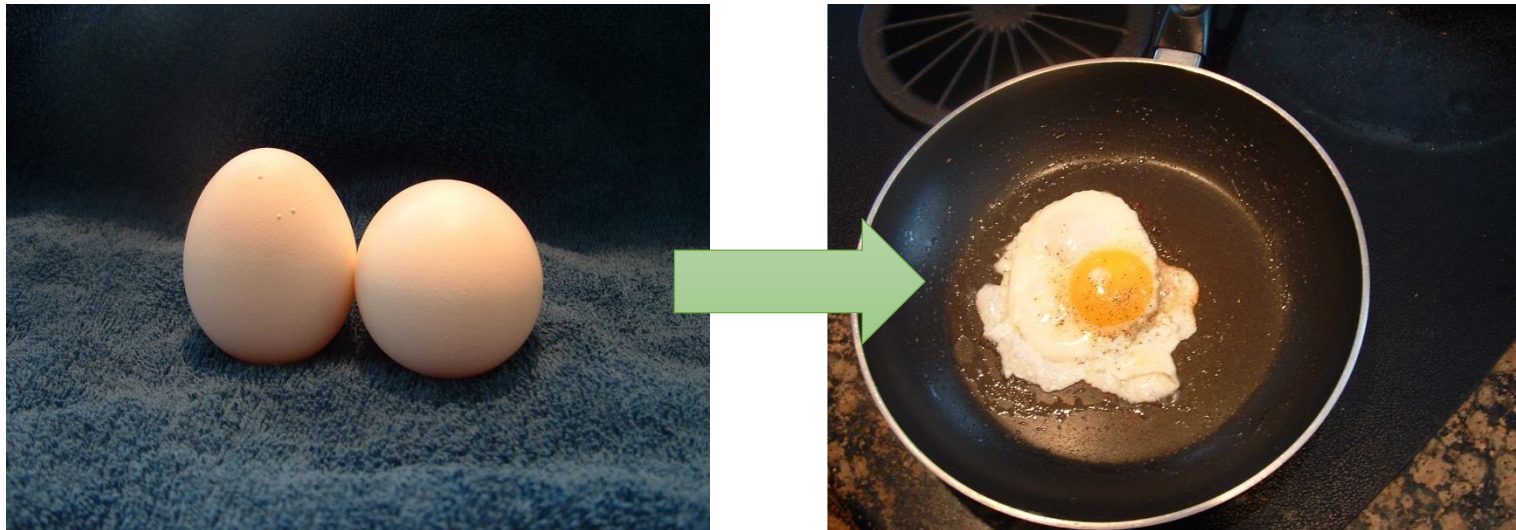


دسته بندی پلاستیک‌ها

- ترموست (گرماسخت)

- ترموپلاست (گرم نرم)

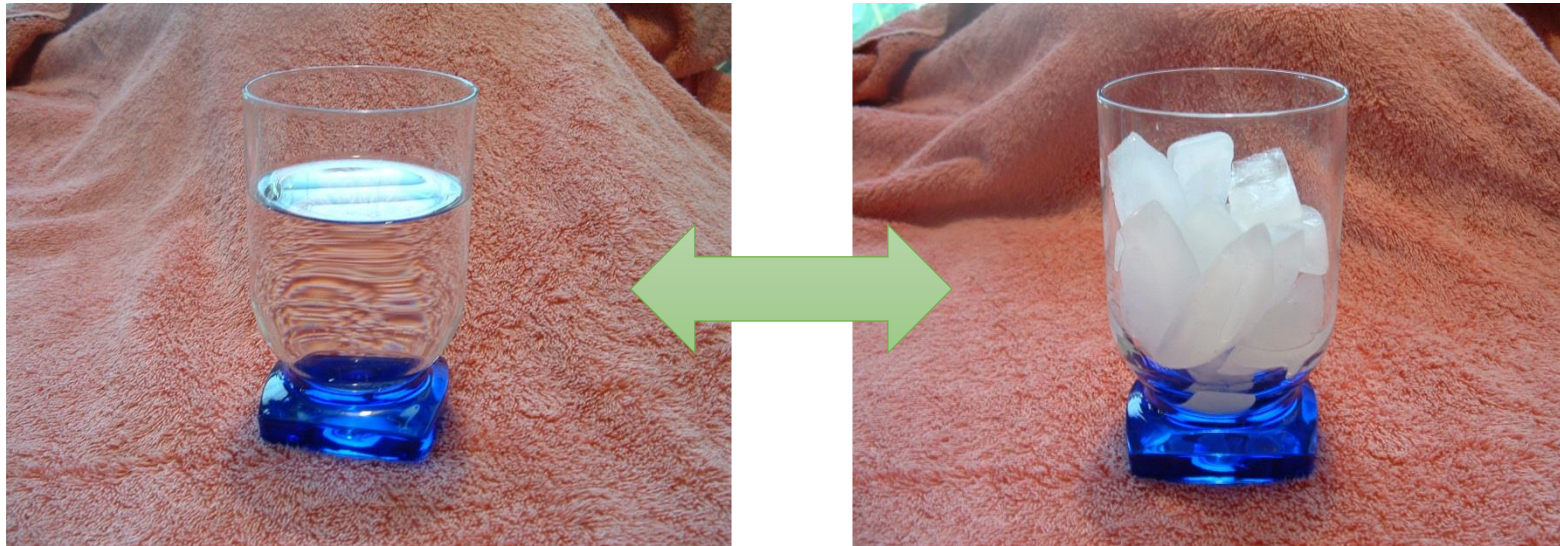
بعد از فراوری بر اثر حرارت یا واکنش شیمیایی به ماده‌ای سخت و غیر قابل برگشت تبدیل می‌شوند. فنول فرمالدهید، اپوکسی‌ها و برخی از پلی‌استرها



دسته بندی پلاستیک‌ها

- ترموست (گرماسخت)
- ترموپلاست (گرما نرم)

بر اثر حرارت دادن نیروی بین مولکولی ضعیف شده و ماده نرم و انعطاف پذیر می شود. هنگامی که سرد می‌شوند، ماده دوباره به حالت اول بر می‌گردد. PE، PVC، PS، PC و ...

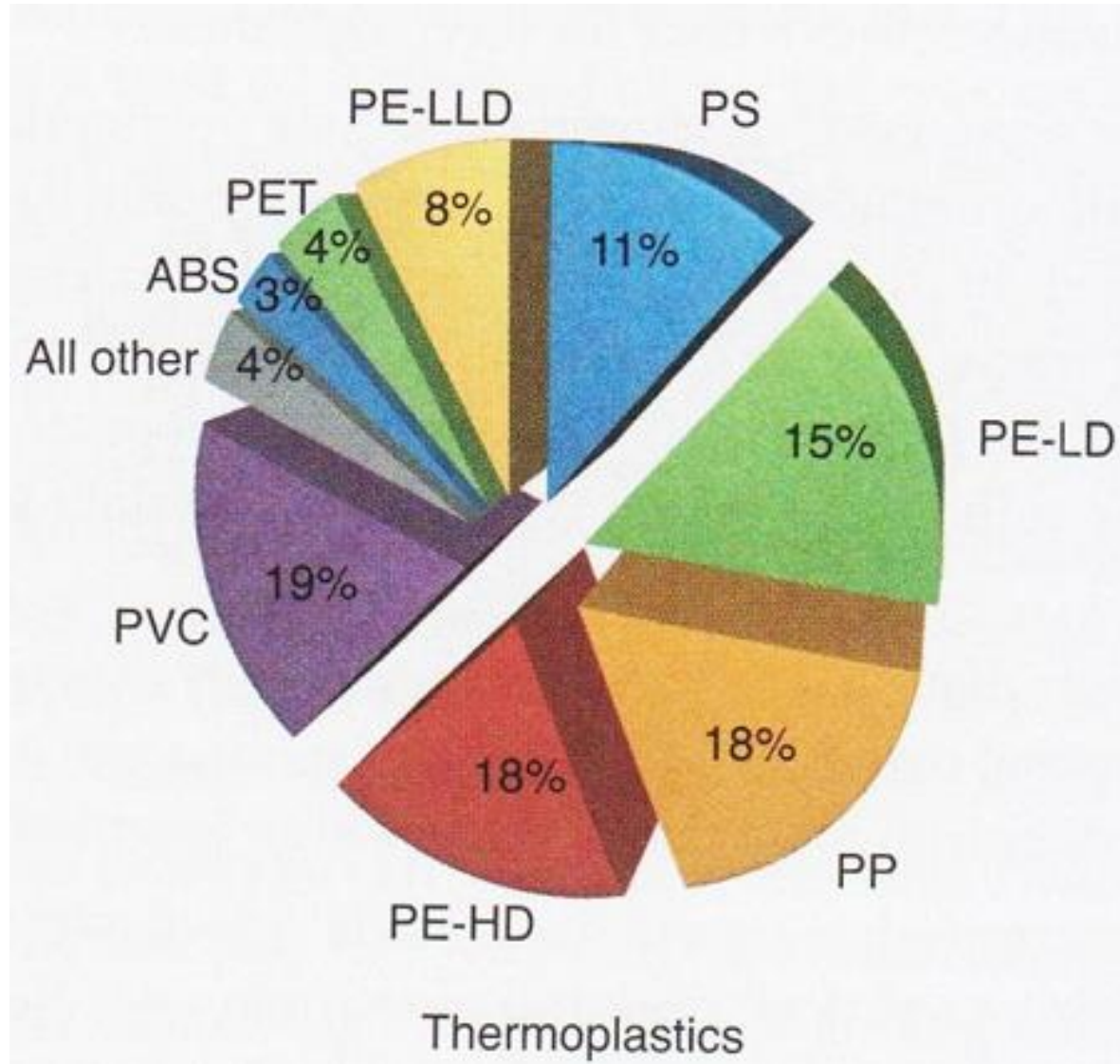


ترموپلاستیک‌های پر کاربرد

1. پلی استال، POM (Polyoxymethylene)
2. پلی اتیلن ترفتالات، PET/PETE (Polyethylene terephthalate)
3. پلی اتیلن، PE (Polyethylene)
4. پلی وینیل کلوراید، PVC (Polyvinyl chloride)
5. پلی پروپیلن، PP (Polypropylene)
6. پلی استایرن، PS (Polystyrene)
7. پلی آمید/نایلون، PA (Polyamides)
8. اکریلونیتریل-بوتادی ان-استایرن، ABS (Acrylonitrile butadiene styrene)
9. پلی کربنات، PC (Polycarbonate)
10. پلی تترا فلوئورو اتیلن/تفلون، PTFE (Polytetrafluoroethylene)



میزان مصرف ترموپلاستیکها



۱. پلی استال، POM

- دمای ذوب هموپلیمر ۱۷۵ درجه سانتی گراد، دمای انتقال شیشه‌ای ۱۷- تا ۷۵- درجه سانتی گراد
- چگالی $1.41-1.42 \text{ g/cm}^3$
- ماده ای سخت و چقرمه با خاصیت جهندگی
- پایداری ابعادی عالی، اصطکاک کم
- راحتی جریان مذاب
- جذب رطوبت کم
- مقاومت کم در مقابل اسیدها و بازها
- تخریب در اثر پرتوی فرابنفش
- نمونه کاربرد: چرخ دنده، بوش، یاتاقان



۲. پلی اتیلن ترفتالات، PET/PETE

- دمای ذوب بین ۲۶۵ تا ۲۹۵ درجه سانتی گراد، دمای انتقال شیشه ای ۶۷ تا ۸۱ درجه سانتی گراد
- چگالی $1.34-1.39 \text{ g/cm}^3$
- قیمت نسبتاً بالا
- مقاومت دمایی خیلی زیاد
- قطعات ساخته شده هم شفاف (آمورف) می تواند باشد هم کریستالی.
- مقاوم در برابر بسیاری از مواد شیمیایی معمول مانند روغن ها، چربی ها، بیشتر اسیدها و بازهای رقیق شده
- نمونه کاربرد: بسته بندی مواد غذایی (با قابلیت استفاده در حالت فریز و نیز گرم کردن در مایکروفر)، بطری (گرید آمورف)



۳. پلی اتیلن، PE

- دمای ذوب ۱۱۰ تا ۱۳۵ درجه سانتی گراد و دمای انتقال شیشه ای ۱۲۵- درجه سانتی گراد
- چگالی $0.91-0.96 \text{ g/cm}^3$ (چگالی LDPE: $0.91-0.94 \text{ g/cm}^3$)
- پلی اتیلن دارای انواع مختلف است که از مهم‌ترین آنها می‌توان از LDPE و HDPE نام برد.
- به دلیل ارزان بودن و آسانی فرایند و خواص متنوع دارای کاربرد فراوان می‌باشد.
- مقاومت الکتریکی و شیمیایی خوب
- مقاوم در برابر رطوبت
- نمونه کاربرد: ظروف زباله، اسباب بازی‌ها، گل مصنوعی، طناب، کیسه‌های بسته بندی مواد غذایی، فیلم‌های بسته بندی میوه و ...



۳. پلی اتیلن، PE

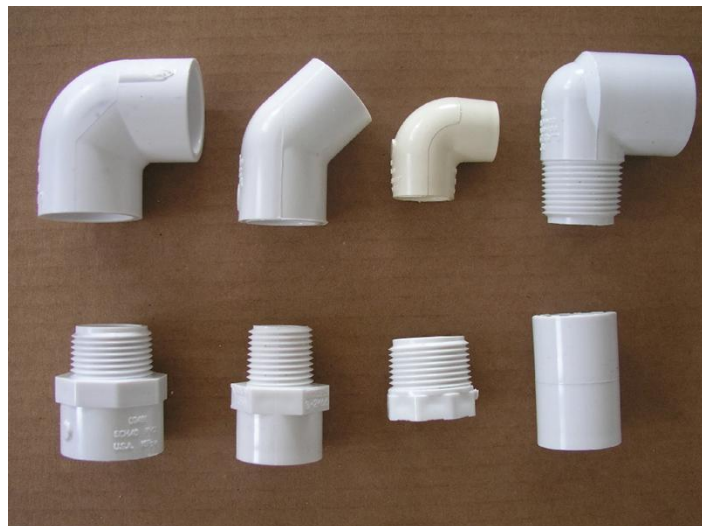


۴. پلی وینیل کلوراید، PVC

- دمای ذوب تقریباً ۱۶۰ و دمای انتقال شیشه ای ۸۰ درجه سانتی گراد
- مقاوم در برابر شعله (غیر قابل اشتعال)، آب، مواد شیمیایی، الکتریسیته و سایش
- از اکثر پلاستیک ها سنگین تر است.
- چگالی $1.6-1.35 \text{ g/cm}^3$
- تحمل حرارت کم
- آزاد شدن گاز سمی در اثر سوختن
- نمونه کاربرد: کاغذ دیواری قابل شستشو، کیف دستی، بارانی، پیراهن، مخازن مواد شیمیایی و ...



۴. پلی وینیل کلوراید، PVC



۵. پلی پروپیلن، PP

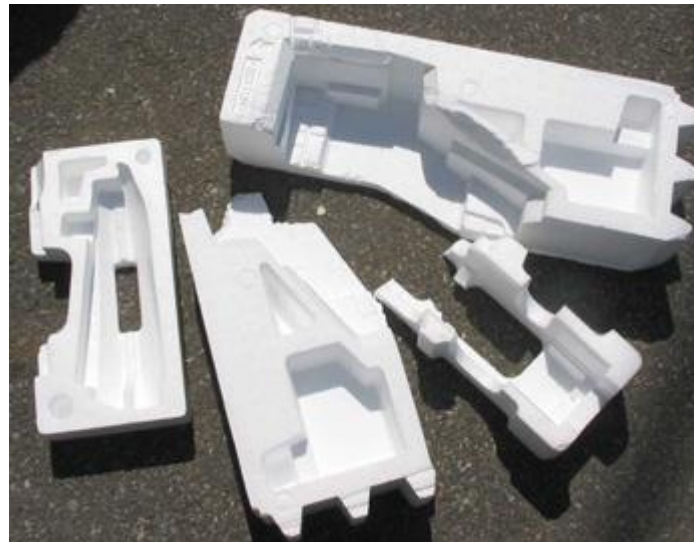
- دمای ذوب تقریباً ۱۳۰ تا ۱۷۱ و دمای انتقال شیشه ای صفر درجه سانتی گراد
- چگالی $0.9-0.91 \text{ g/cm}^3$
- دارای خواص مشترک زیادی با PE است و در بسیاری از کاربردها با PE رقابت می کند.
- مهمترین تفاوت های PE و PP:
- چگالی PP کمتر از چگالی PE می باشد.
- دمای عملیاتی PP بیشتر است.
- PP سخت تر و شکننده تر است.
- نمونه کاربرد: اجزای ماشین لباسشویی، عایق الکتریکی روی سیم برق، ظروف و ...



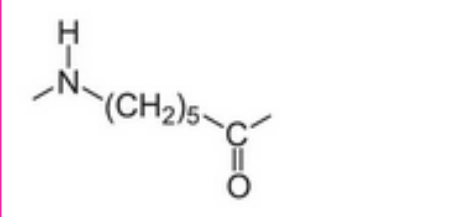
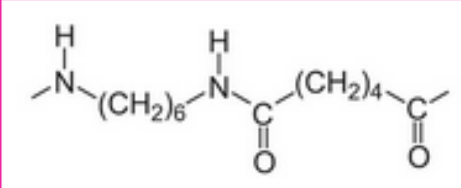
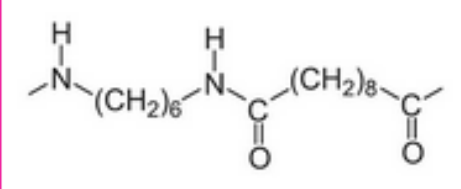
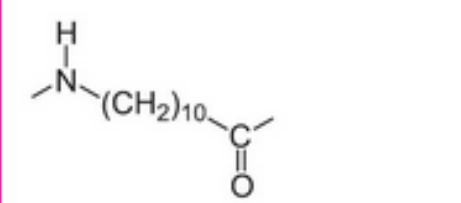
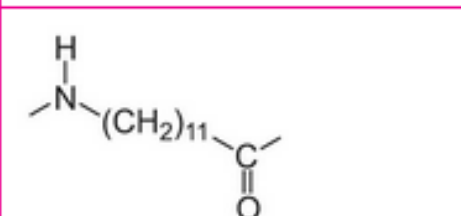
۶. پلی استایرن، PS



- ماده‌ای ارزان، محکم و سخت است.
- نوع بدون دانه‌های رنگی آن شفاف است.
- به آسانی قالب‌گیری می‌شود.
- مقاومت الکتریکی و رطوبتی خوبی دارد.
- چگالی $1.05-1.07 \text{ g/cm}^3$
- نمونه کاربرد: پوشش دیوار، قطعات الکتریکی، بسته‌بندی‌های حبابی، ظروف- بشقاب‌ها و لیوان‌ها (ارزان قیمت) و جعبه‌های شفاف و ...



۷. پلی آمید/نایلون، PA

Polyamide (nylon)	Repeating unit
6	
6,6	
6,10	
11	
12	

- انواع مختلفی از نایلون‌ها وجود دارد مانند PA 6، PA 11، 6,6 و ...
- چگالی PA6=1.14 g/cm³ و PA66=1.13-1.15 g/cm³
- پلی آمیدها به دلیل داشتن ساختار کریستالی، ظاهری مات و شیری رنگ دارند.
- برای کاربردهایی که نیاز به مقاومت سایشی خوب و ضریب اصطکاک کم باشد، کاربرد دارند.
- تمامی نایلون‌ها آب جذب می کنند و قبل از فرایند باید خشک شوند.
- دارای نقطه ذوب ناگهانی
- مقاوم به دماهای بالا
- مقاوم در مقابل حلال‌ها و بازها



۷. پلی آمید/نایلون، PA

- نمونه کاربرد: چرخنده، غلتک، ریسمان ماهیگیری، نخ بخیه جراحی، برس و موی مصنوعی، طناب، تجهیزات پزشکی و ...



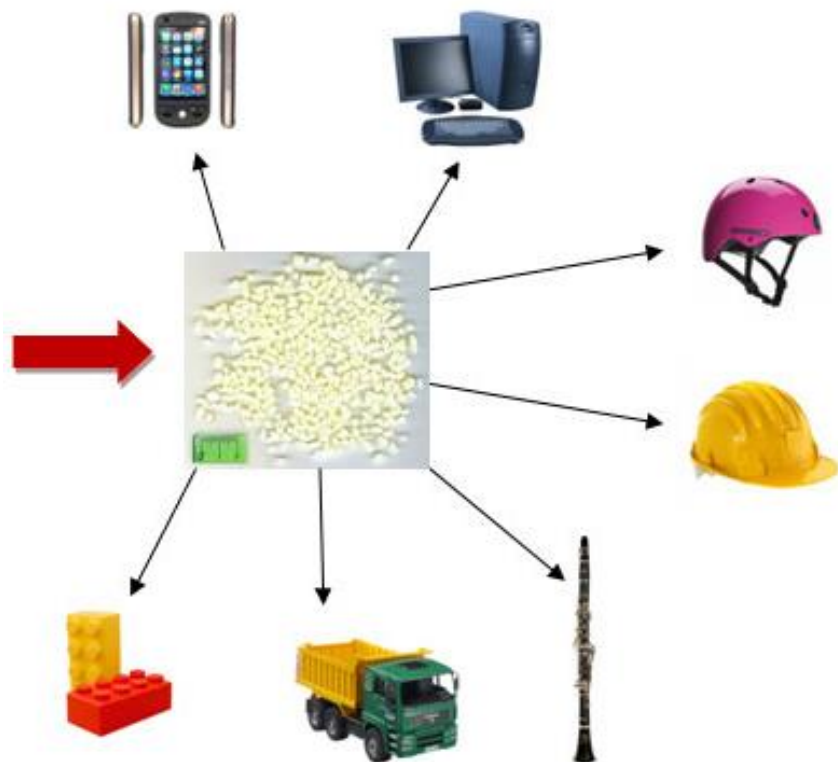
۸. اکریلونیتریل-بوتادی ان-استایرن، ABS



Acrylonitrile

Butadiene

Styrene



- ماده‌ای چقرمه و سخت با مقاومت ضربه‌ای خوب حتی در دماهای پایین
- سبک، جذب آب کم، عایق الکتریکی خوب
- قطعات ABS حاصل از قالب گیری براق بوده و پایداری ابعادی خوبی دارند.
- چگالی $1.06-1.08 \text{ g/cm}^3$
- نمونه کاربرد: خودروسازی (ساخت شبکه‌های رادیاتور، چهارچوب دستگاہ اندازه‌گیری و ...)، کلاه ایمنی، اسباب بازی، وسایل ورزشی و ...



۹. پلی کربنات، PC



- ماده‌ای سخت، قوی، چقرمه و شفاف است.
- خواص خود را در دامنه وسیعی از دماها حفظ می‌کند.
- مقاومت گرمایی خوبی دارد.
- تا حدود ۱۴۰ درجه سانتی گراد سختی خود را حفظ می‌کند.
- بزرگترین کاربرد آن در صنایع الکترونیک است (عایق الکتریکی خوب).
- مقاومت به ضربه خوب و پایداری ابعاد بسیار خوب
- نیاز به دمای فرایند بالا
- چگالی $1.2-1.22 \text{ g/cm}^3$
- نمونه کاربرد: بدنه لوازم برقی، کلید برق، چراغ اتومبیل و چراغ راهنما (به دلیل شفافیت)، دیسک های فشرده، انواع بطری، وسایل پزشکی و ...



۱۰. پلی تترا فلئورو اتیلن/تفلون، PTFE

• در محدوده دمایی ۲۶۸- تا ۲۸۸+ درجه سانتی گراد می توان از آنها استفاده کرد.

• به دلیل نجسب بودن، یک ماده پوششی خوب محسوب می شود.

• مقاومت عالی در برابر شرایط جوی

• عایق الکتریکی عالی

• مقاومت گرمایی بالا

• ضریب اصطکاک پایین

• چسبندگی عالی به پوشش های فلزی

• چگالی $2-2.3 \text{ g/cm}^3$



بازیافت پلاستیک‌ها



1. پلی اتیلن ترفتالات، (Polyethylene Terephthalate) PET/PETE



2. پلی اتیلن با چگالی بالا، (High Density Polyethylene) HDPE



3. پلی وینیل کلوراید، (Polyvinyl Chloride) PVC



4. پلی اتیلن با چگالی کم، (Low Density Polyethylene) LDPE



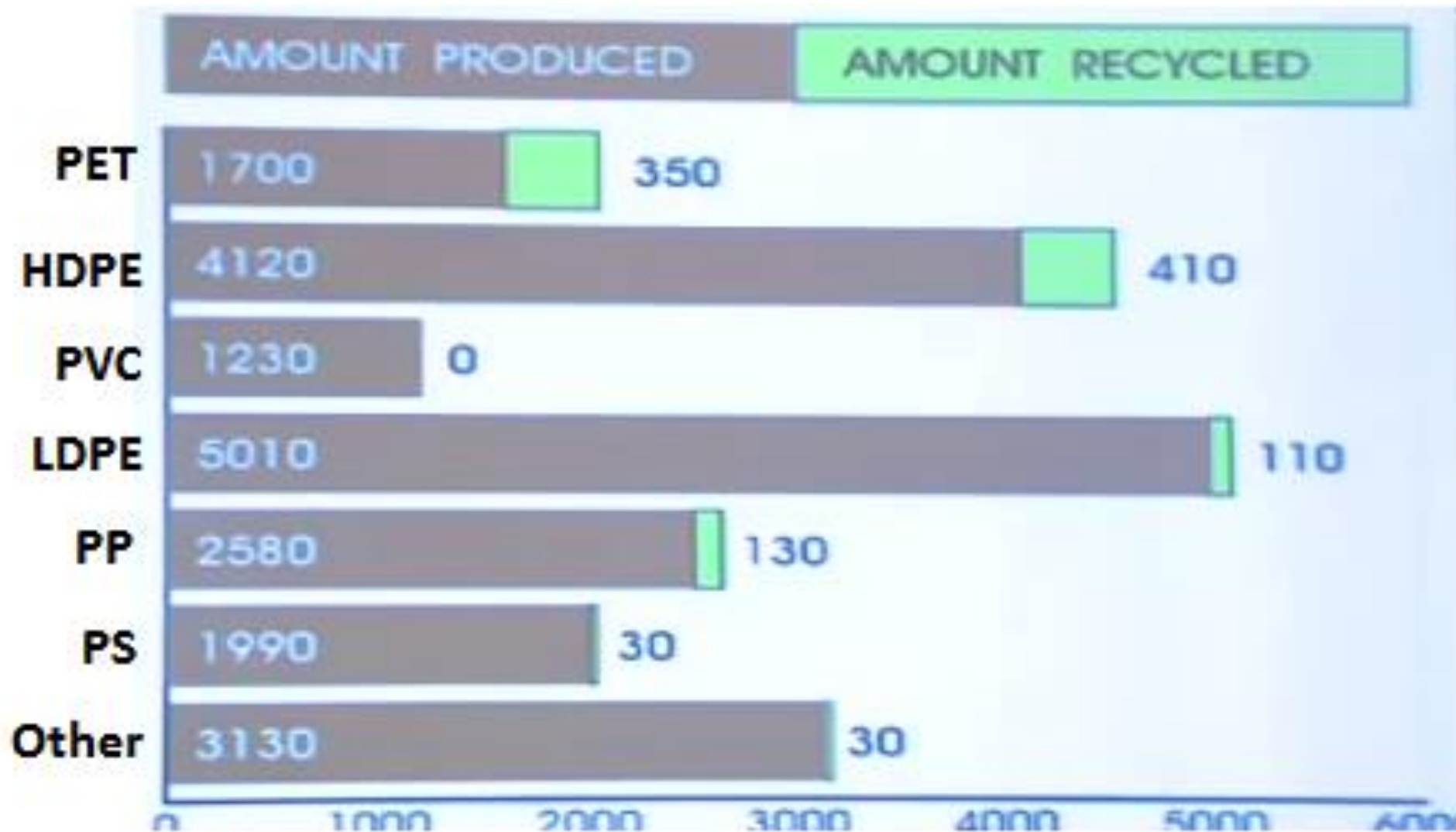
5. پلی پروپیلن، (Polypropylene) PP



6. پلی استایرن، (Polystyrene) PS



بازیافت پلاستیک‌ها



بازیافت پلاستیک‌ها



بازیافت پلاستیک‌ها



بازیافت پلاستیک‌ها



شناسایی پلاستیک‌ها

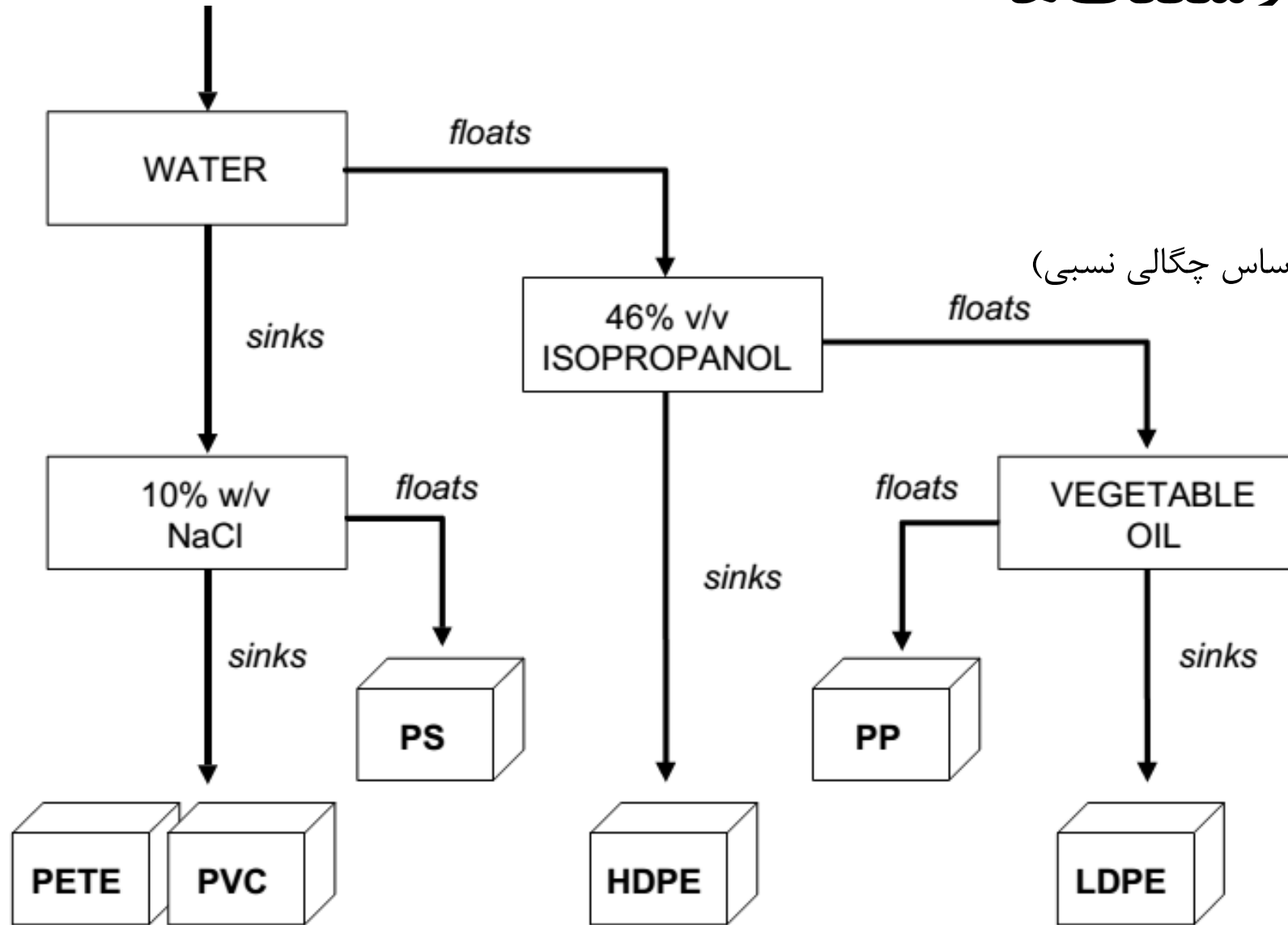
- تست سوختن
- تست شناوری
- تست انحلال



نکات تمایز مواد مصنوعی			
علائم کوتاه	جرم مخصوص g / cm ³	رفتار احتراق	سایر نکات قابل توجه
ABC	1,06 ...1,12	شعله زرد ، دودشدید، بوی گاز	کشسان چقرمه ، به وسیله تتراکراید کربن حل نمی شود، صدا خفه کن
CA	1,31	شعله زرد وافشان ، قطره قطره می شود، بوی کاغذسوخته وجوهر سرکه (اسیداستیک) دارد	خوش دست ، صدا خفه کن
CAB	1,19	شعله زرد وافشان، قطره قطره می شود، بوی کره فاسددارد.	صدا خفه کن
MF	1,50	قابلیت اشتعال کم ، ذغال شدگی بالبه سفید، بوی آمونیاک دارد	قابلیت خرد شوندگی کم ، صدا دار (مقایسه با UF)
PA	1,04 ...1,15	شعله آبی باحاشیسه زرد، به صورت قطره قطره به هم متصل می شود، بوی شاخ سوخته دارد	کشسان چقرمه ، غیر قابل خرد شدن ، صدا خفه-کن
PC	1,20	شعله زرد، باحذف شعله خاموش می شود، دود می کند، بوی فنوتول دارد	سخت چقرمه ، غیر قابل خرد شدن ، صدا دار
PE	0,92	شعله روشن با هسته آبی ، قطره قطره می شود، بوی پارافین ، بخار آن به سختی قابل دیداست (مقایسه با PP)	سطح واکس مانند، اثر پنیر با ناخن ، غیر قابل خردشدن ، دمای فرآیندکاری < 230°C
PF	1,40	قابلیت اشتعال کم ، شعله زرد، ذغال می شود، بوی فنوتول وچوب سوخته دارد	قابلیت خرد شوندگی کم ، صدا دار
PMMA	1,18	شعله روشن کننده ، بوی میوه ، جزجزمی کند، قطره قطره می شود	خالص آن بی رنگ است ، صدا خفه کن
POM	1,41	شعله آبی ، قطره قطره می شود، بوی فرمالدئید دارد	غیر قابل خرد شدن ، صدا دار
PP	0,91	شعله روشن با هسته آبی ، قطره قطره می شود، بوی پارافین ، بخارآن به سختی قابل دیداست (مقایسه با PE)	عدم تاثیر ناخن انگشت ، غیر قابل خرد شدن
PS	1,05	شعله زرد، دود شدید، بوی گازمطبوع ، قطره قطره می شود	شکننده ، طین آن مانند ورق آهن ، تحت شرایطی توسط تتراکراید کربن حل می شود
PTFE	2,20	غیر قابل اشتعال ، درحال سرخ بوی بد دارد	سطح واکس مانند
PUR	1,26	شعله زرد، بوی مزاحم شدید	پلی اوره تان ، کشسان لاستیکی
PUR	0,03 ...0,06		مواد کفی (اسفنجی) - پلی اوره تان
PVC U	1,38	قابلیت اشتعال کم، باگرفتن شعله خاموش می شود، بوی اسیدکلریدریک دارد، ذغال می شود	صدا دار ، (سخت = U)
PVC P	1,20 ...1,35	بسته به نرم کننده قابلیت احتراق بهتر از PVC U ، بوی اسید کلریدریک، ذغال می شود	قابلیت انعطاف مانند لاستیک ، بدون طنین ، (نرم = P)
SAN	1,06	شعله زرد، دودشدید، بوی گازولاستیک ، قطره قطره می شود	کشسان چقرمه ، با تتراکراید کربن حل نمی شود
S/B	1,05	شعله زرد، دود شدید، بوی گاز ولاستیک ، قطره قطره می شود	به شکنندگی PS نیست ، تحت شرایطی توسط تتراکراید کربن حل نمی شود
UF	1,50	قابلیت اشتعال کم ، ذغال شدگی بالبه سفید، بوی آمونیاک دارد	قابلیت خرد شوندگی کم ، (مقایسه با MF)
UP	2,00	شعله روشن کننده ، ذغال می شود، بادود، بوی استیرول ، بقایای پشم شیشه ای	قابلیت خرد شوندگی کم ،



شناسایی پلاستیک‌ها



• تست سوختن

• تست شناوری (بر اساس چگالی نسبی)

• تست انحلال



شناسایی پلاستیک‌ها

- تست سوختن
- تست شناوری
- تست انحلال

Plastic	Gasoline	Toluene	Acetone	Cyclohexanone
ABS	SW	S	S	S
LDPE, HDPE	I	I	I	I
PA (polyamides)	I	I	I	I
PET	I	I	I	I
PP	I	I	I	I
PS	S	S	S	S
PVC	I	SW	SW	S

I = insoluble

SW = swells

S = soluble

