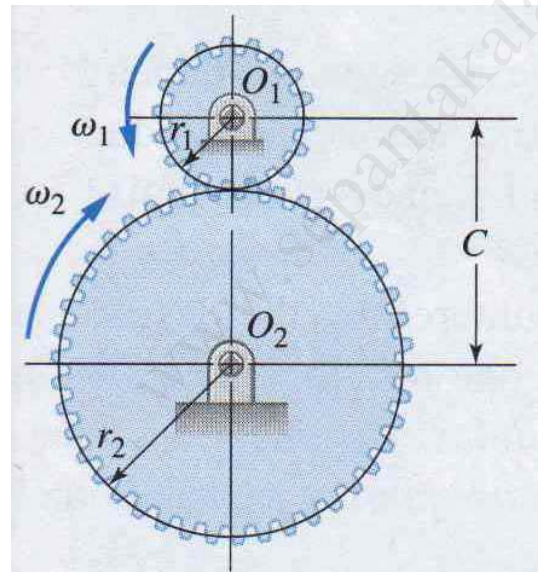


## چرخ دنده ها (Gears)

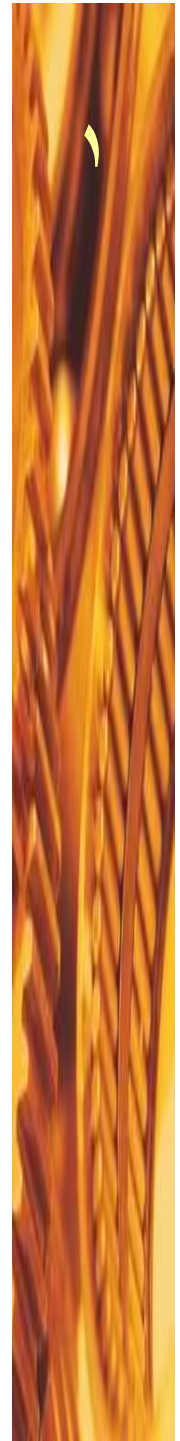
• کاربرد:

– برای انتقال قدرت یا حرکت بین دو محور گردان

$$r_1 \omega_1 = r_2 \omega_2$$



c) Straight tooth spur gear drive with same angular velocity ratio as friction drive shown in (a).

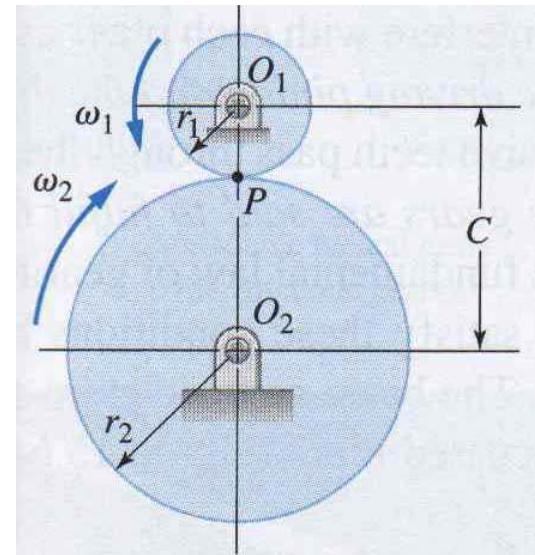
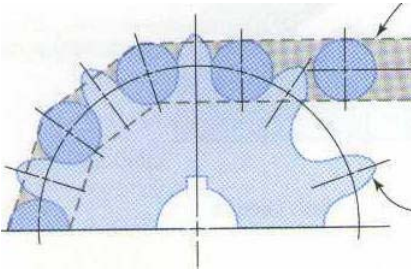
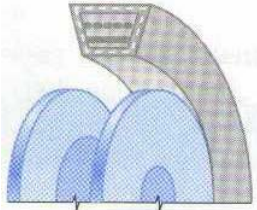


## روش های دیگر انتقال قدرت

• برای انتقال قدرت از وسایل دیگری هم می توان استفاده کرد:

- تسمه (belt)
- زنجیر و چرخ زنجیر (chain drive)
- سیستم رانش چرخ اصطکاکی (friction drive)

$$r_1 \omega_1 = r_2 \omega_2$$



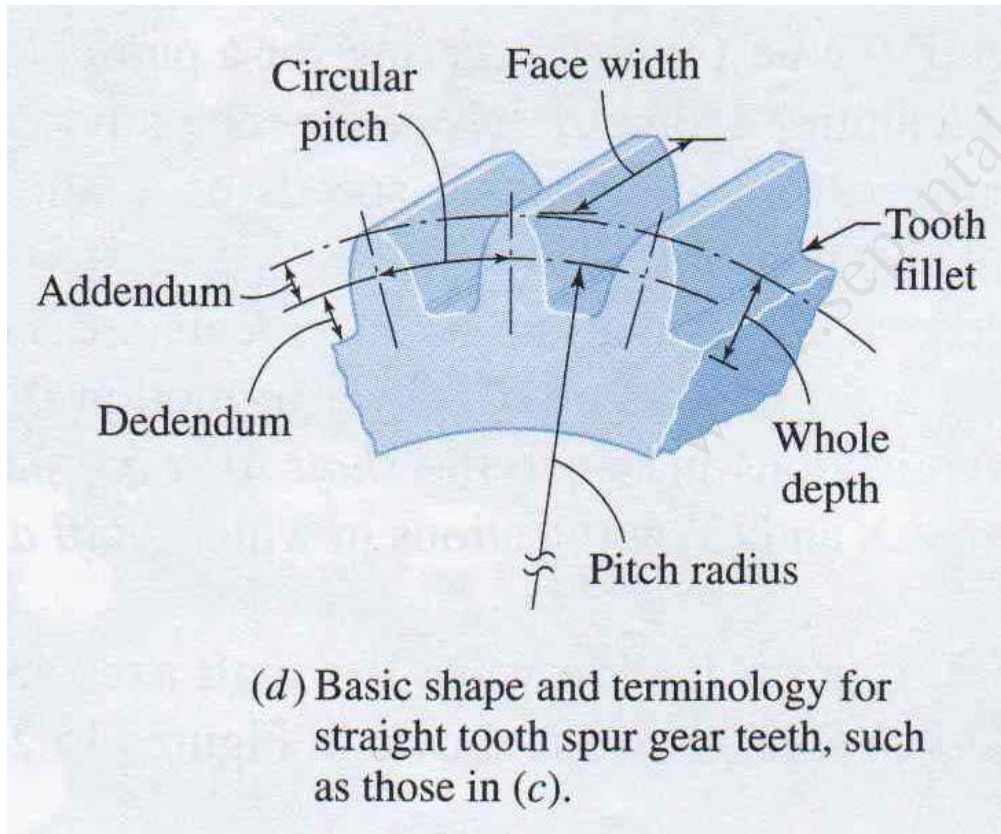
a) Simple external friction drive.

## موارد به کار گیری چرخ دنده

- استفاده از چرخ دنده در مواردی که مشخصات زیر مورد نیاز باشد:
  - حرکت هماهنگ (synchronous) دو محور  
(سرعت لحظه ای دو محور یکی است – حرکت بدون لغزش)
  - بازده بالای انتقال قدرت
  - انتقال قدرت در سرعت بالا
  - محدودیت فضایی برای تجهیزات
- موارد به کارگیری تسمه و تسمه زنجیر:
  - جاهایی که کمتر باید هزینه شود،
  - محورها در فاصله زیادی از هم قرار داشته باشند.
- در درس دینامیک ماشین با نسبت سرعت ها در یک مجموعه چرخ دنده ها، از جمله چرخ دنده های سیاره ای (planetary)، آشنا می شوید.
- در این درس با هندسه دندانه ها، روش های ساخت، محاسبات نیرویی و استحکام چرخ دنده ها آشنا می شوید.

## مشخصات کلی هندسه دندانه

- دایره گام (pitch circle):
- دایره ای که فرض می شود چرخ دنده روی آن با چرخ دنده دیگر در تماس است.
- گام دایره ای (circular pitch):
- فاصله یک نقطه روی یک دندانه تا نقطه نظیر روی دندانه بعدی روی دایره گام



- سر دندانه (addendum)
- پای دندانه (dedendum)
- عمق کامل دندانه (whole depth)
- در یک زوج چرخ دنده:
- چرخ دنده کوچکتر: pinion
- چرخ دنده بزرگتر: gear

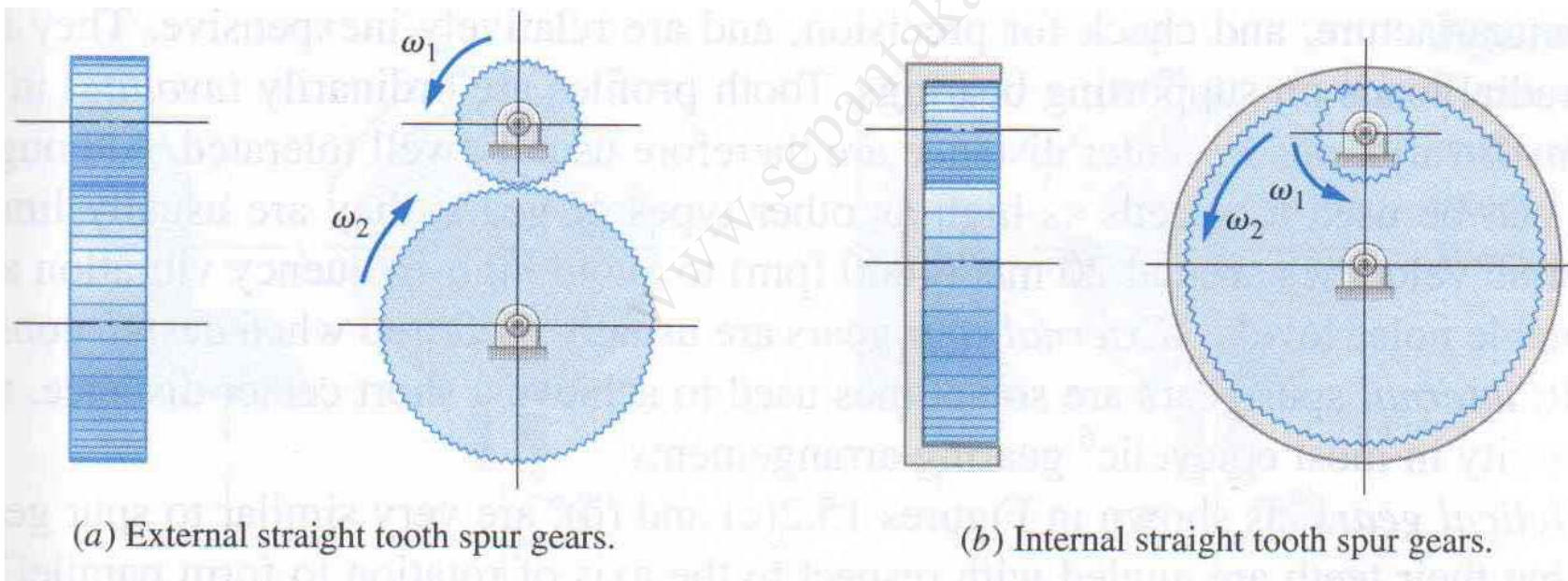
## انتخاب نوع چرخ دنده مناسب

- انتخاب نوع چرخ دنده مناسب بستگی به عوامل زیر دارد:
  - چگونگی قرارگیری محورها نسبت به یکدیگر
  - توان انتقالی
  - سرعت محورها
  - بازده مورد نظر برای انتقال قدرت
  - سر و صدای مجاز چرخ دنده
  - هزینه های ساخت
- انواع قرارگیری محورها نسبت به یکدیگر:
  ۱. محورهای موازی (parallel)
  ۲. محورهای متقاطع (intersecting)
  ۳. محورهای متنافر (skew)



## چرخ دنده ها با محورهای موازی

- چرخ دنده های ساده (spur gears)
  - دندانه ها موازی محور چرخ دنده
  - ساخت ساده تر و کم هزینه تر
  - برای سرعت های پایین و متوسط (تا سرعت روی دایره گام ۲۰ متر در ثانیه)

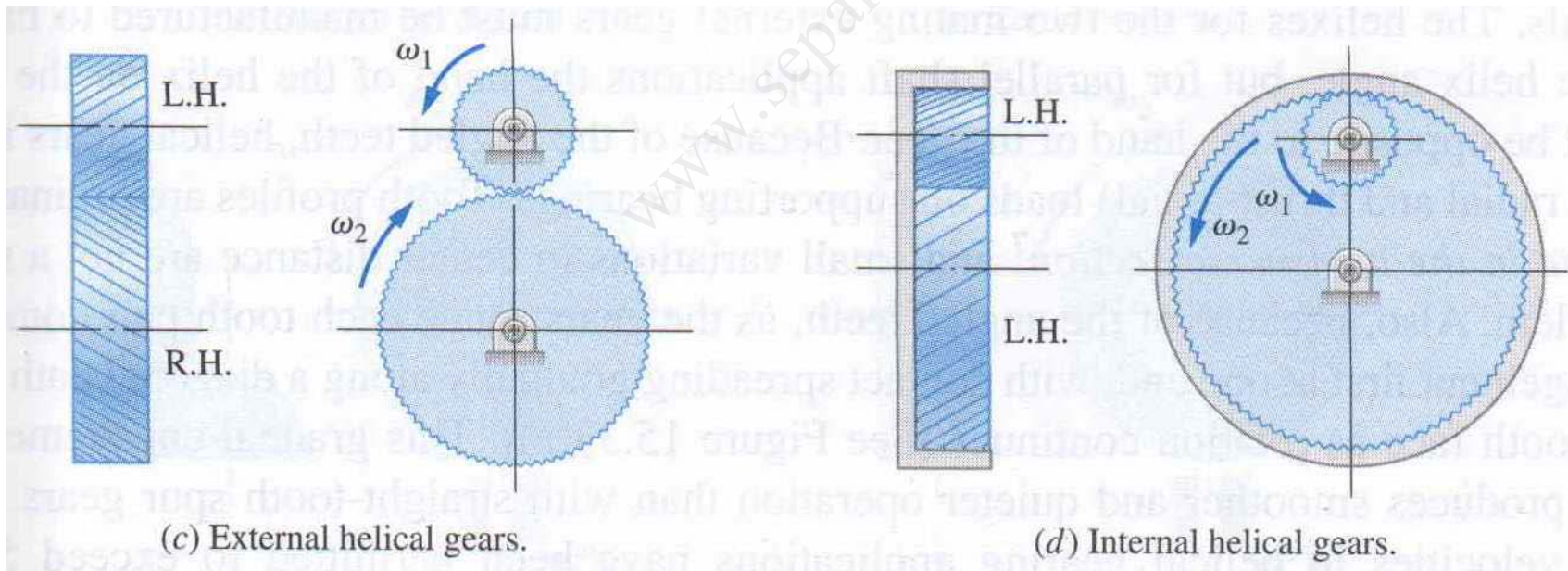


## چرخ دنده ها با محورهای موازی (ادامه)

۷

### • چرخ دنده های مارپیچ (helical gears)

- دندانه ها با محور چرخ دنده زاویه می سازند.
- به علت درگیری تدریجی و جدا شدن تدریجی دندانه ها:
  - انتقال حرکت نرمتر و سر و صدای کمتر
  - برای سرعت های بالاتر قابل استفاده اند (تا سرعت روی دایره گام ۵۰ متر در ثانیه)
  - قابلیت انتقال توان بالاتر به علت نیروهای دینامیکی کمتر



## یک مشکل چرخ دنده های مارپیچ

- ایجاد نیروهای محوری هنگام انتقال قدرت
- محورهایی که این چرخ دنده ها روی آنها قرار می گیرند، باید روی یاتاقان های مناسبی که امکان تحمل نیروی محوری را دارند، نصب شوند.
- گاهی برای رفع این مشکل، از چرخ دنده های جناغی (herringbone) استفاده می شود.

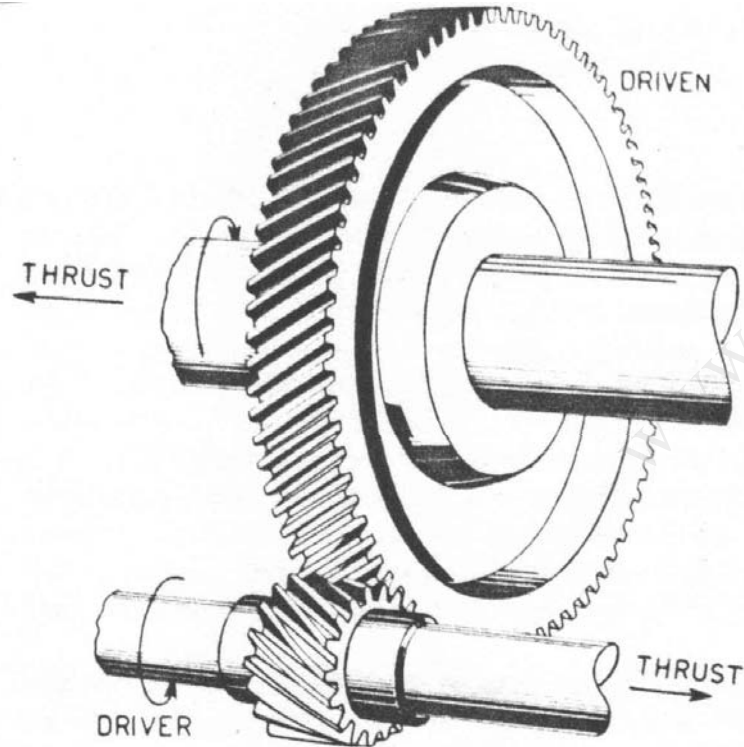
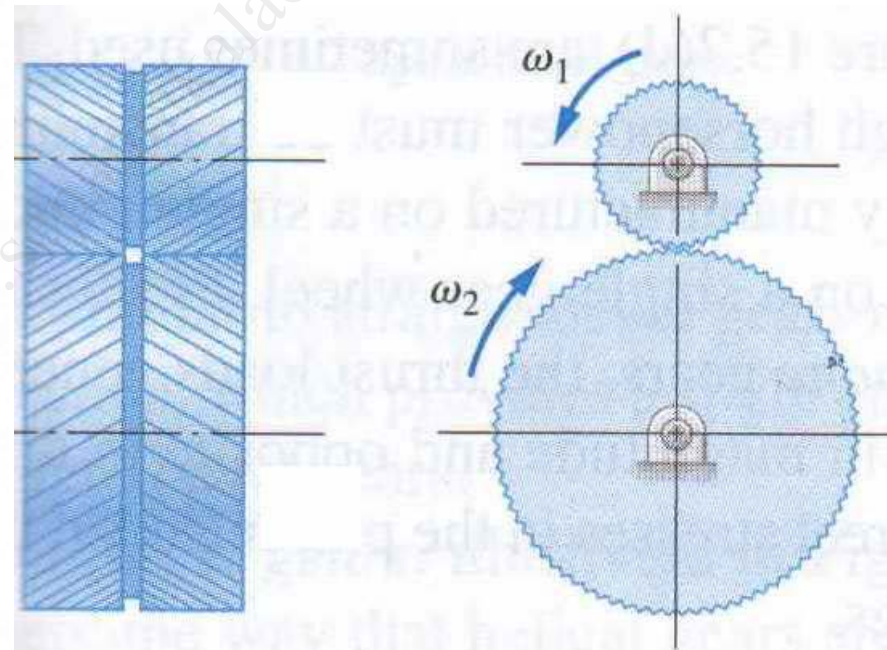


Figure 13-40 Helical gear and pinion. (Courtesy Mobil Oil Corporation.)



(e) Double helical gears (herringbone gears).



## چرخ دنده ها با محورهای متقاطع یا هم‌مرس

۹

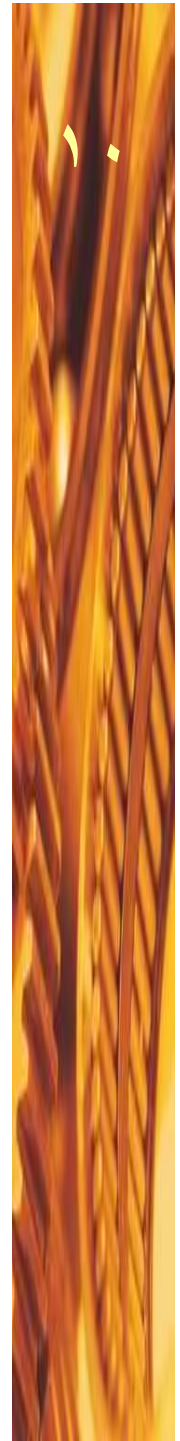
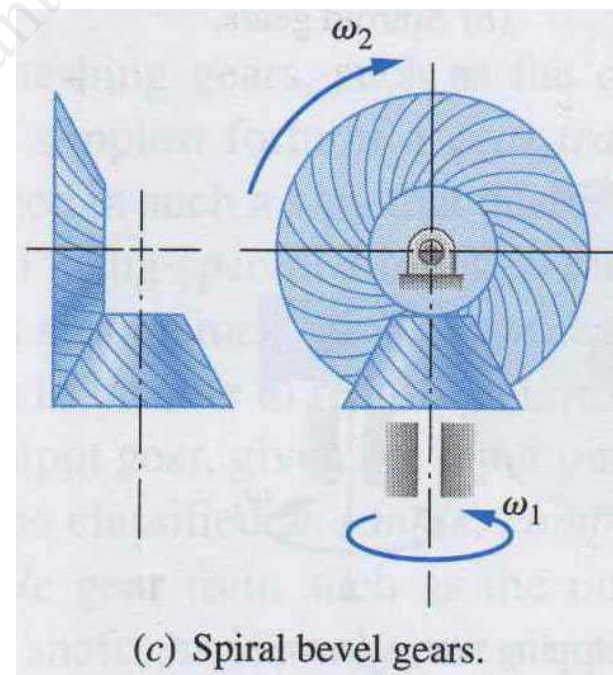
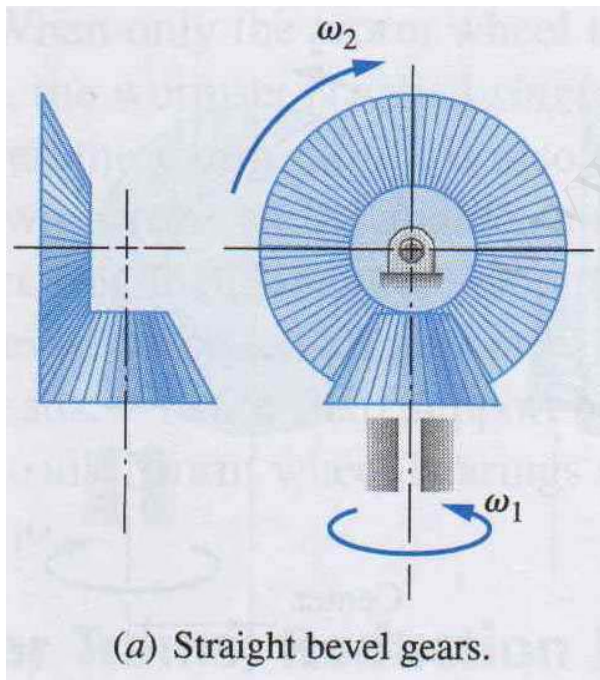
- محورهای چرخ دنده ها در یک نقطه همدیگر را قطع می کنند.
- در این حالت معمولاً از چرخ دنده های مخروطی (bevel) استفاده می شود.
- محور دو چرخ دنده معمولاً زاویه ۹۰° می سازند، هر چند در حالت کلی می تواند زوایای دلخواه دیگری هم باشد.

www.sepehri.kalaco.ir



## انواع چرخ دنده های مخروطی

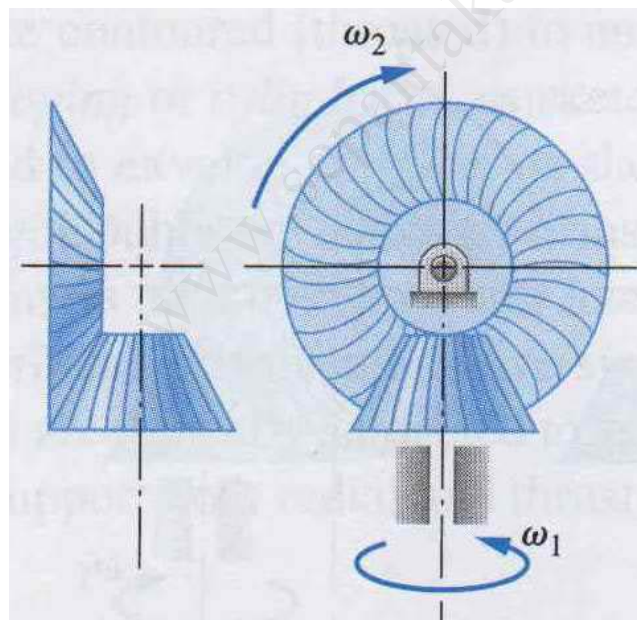
- چرخ دنده مخروطی با دندانه های صاف (straight bevel gears)
  - به علت درگیری کم دندانه ها، برای سرعت های کمتر از ۵ متر بر ثانیه (روی دایره گام) استفاده می شوند.
- چرخ دنده های مخروطی مارپیچ (spiral bevel gears)
  - دندانه نسبت به محور چرخ دنده زاویه می سازد.
  - به علت مخروطی بودن، دندانه ها مارپیچ کامل (helical) نیستند، بلکه شکل مارپیچ بازشونده (spiral) دارند.



## انواع چرخ دنده های مخروطی (ادامه)

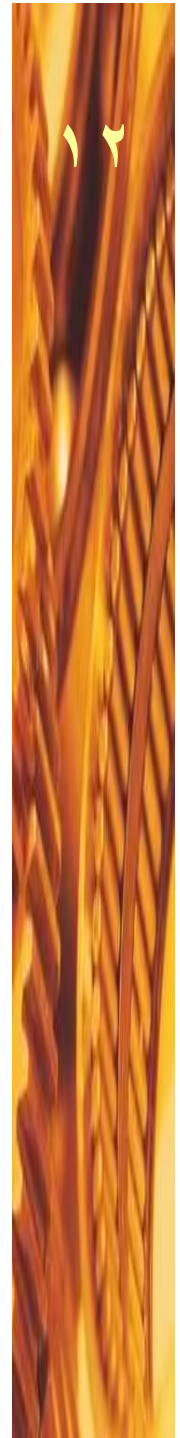
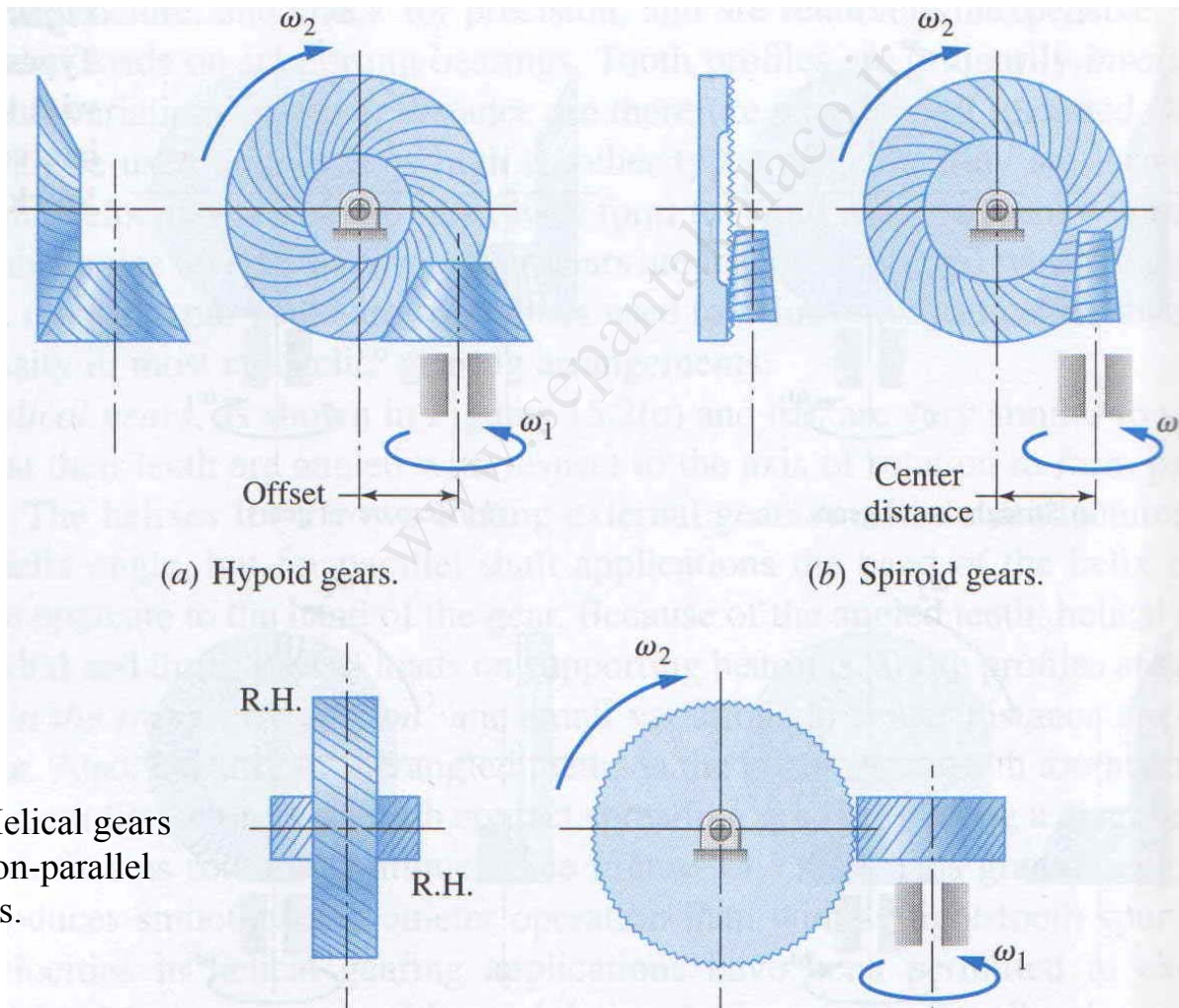
### — چرخ دنده های مخروطی زیروول (Zerol bevel gears)

- متوسط زاویه دندانه ها نسبت به محور چرخ دنده صفر است، ولی زاویه در عرض چرخ دنده بین یک مقدار مثبت و منفی تغییر می کند.
- به علت منحنی بودن دندانه ها، درگیری آنها نسبت به دندانه های صاف بهتر است.
- این نوع دندانه یک اختراع ثبت شده است و اطلاعات زیادی در مورد آن در کتاب ها ارائه نمی شود.



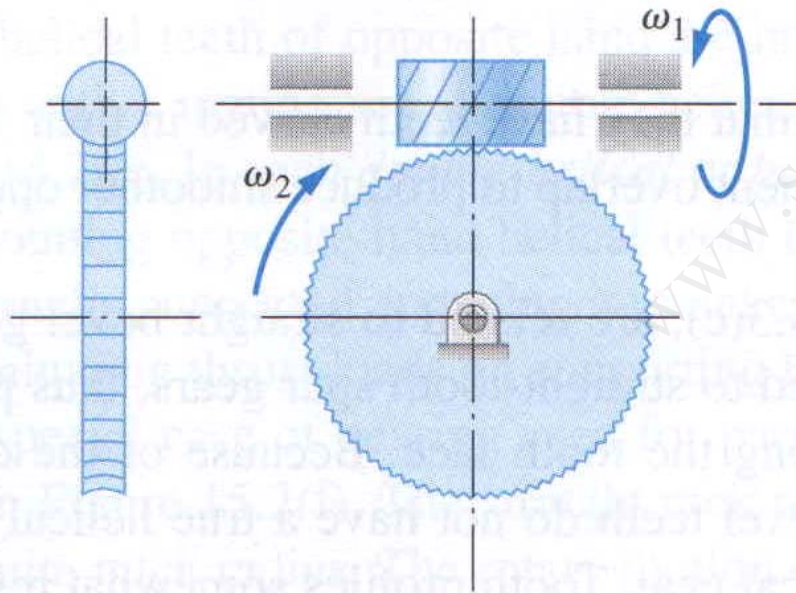
## چرخ دنده ها با محورهای غیر همس و غیر موازی یا متنافر (skew)

- چرخ دنده های مخروطی با خروج از مرکز (offset) و چرخ دنده های مارپیچ:
  - لزوم وجود **فاصله بین مراکز** محورها به علت محدودیت های فضایی
  - وجود **لغزش** بین سطوح به علت وجود حرکت نسبی بین دندانه ها و **اتلاف** مقداری انرژی

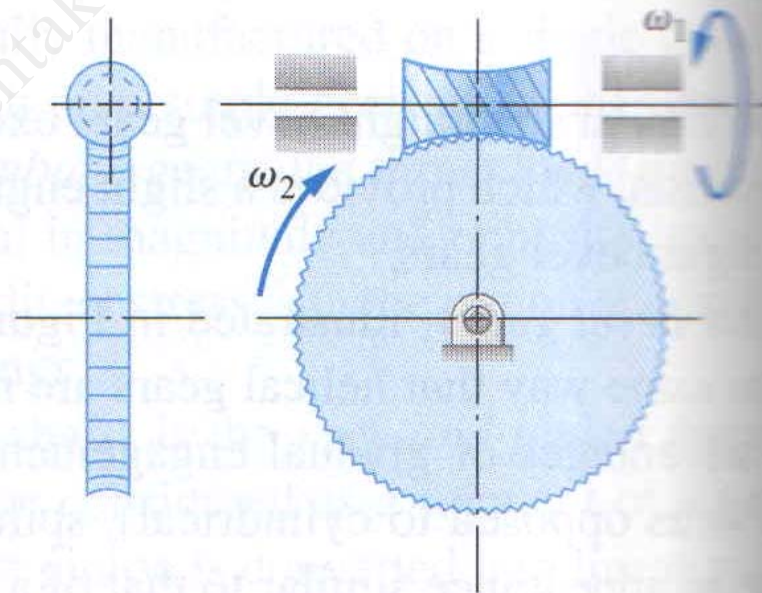


## چرخ دنده ها با محورهای هم‌مرس یا متنافر (ادامه)

- چرخ دنده های حلزونی (worm gears):
  - قابلیت انتقال حرکت با **نسبت سرعت های بالا**
  - به علت لغزش دندانه ها روی هم، مقداری از انرژی در اثر **اصطکاک** تلف می شود و دندانه ها گرم می شوند که باید با روغن خنک شوند.
  - **ایجاد صدا** در اثر لغزش سطوح روی یکدیگر



(d) Single-enveloping (cylindrical) worm gear.



(e) Double-enveloping worm gear.

## نمونه هایی از انواع چرخ دنده ها

۱۴

- برای تبدیل حرکت دورانی به خطی از چرخ دنده شانه ای (rack) استفاده می شود.

