بسم الله الرحمن الرحیم

کتاب معلّم

(راهنمای تدریس)

محاسبات فنی (۲)

(صنایع چوب)

رشتهٔ صنایع چوب و کاغذ

زمینهٔ صنعت

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

۶۲۰ اسدی، محمود
/۴۲۰۰ کتاب معلّم محاسبات فنی (۲) / مؤلفان : محمود اسدی، علی‌اکبر فرخ‌نیا همدانی . ــ
م ۴۹۹ الف/ تهران : شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران، ۱۳۹۴.
۱۳۹۴ ۲۰۷ص. : مصور. ـ (شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای)
متون درسی رشتهٔ صنایع چوب و کاغذ، زمینهٔ صنعت.
برنامه‌ریزی ونظارت، بررسی و تصویب محتوا : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ صنایع چوب و کاغذ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.
۱. ریاضیات مهندسی . ۲. آنالیز و محاسبات تولید. الف. فرخ‌نیا همدانی، علی‌اکبر. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ صنایع چوب و کاغذ. ج. عنوان.

۱۳۹۴

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب به نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف‌کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار (ایمیل) **info@tvoccd.sch.ir**

وب‌گاه (وب‌سایت) **www.tvoccd.sch.ir**

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

نام کتاب : **کتاب معلّم محاسبات فنی (۲) (صنایع چوب) ـ ۵۵۱/۱**

مؤلفان : **محمود اسدی ، علی‌اکبر فرخ‌نیا همدانی**

اعضاء کمیسیون تخصصی : **محمد علی نیکنام، محمد لطفی‌نیا، حسین رنگ آور، امیر نظری، اردشیر عبدی و علیرضا عبد اللهی**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی**

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگـار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

رسام : **مریم دهقان‌زاده**

صفحه‌آرا : **طرفه سهائی**

ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)**

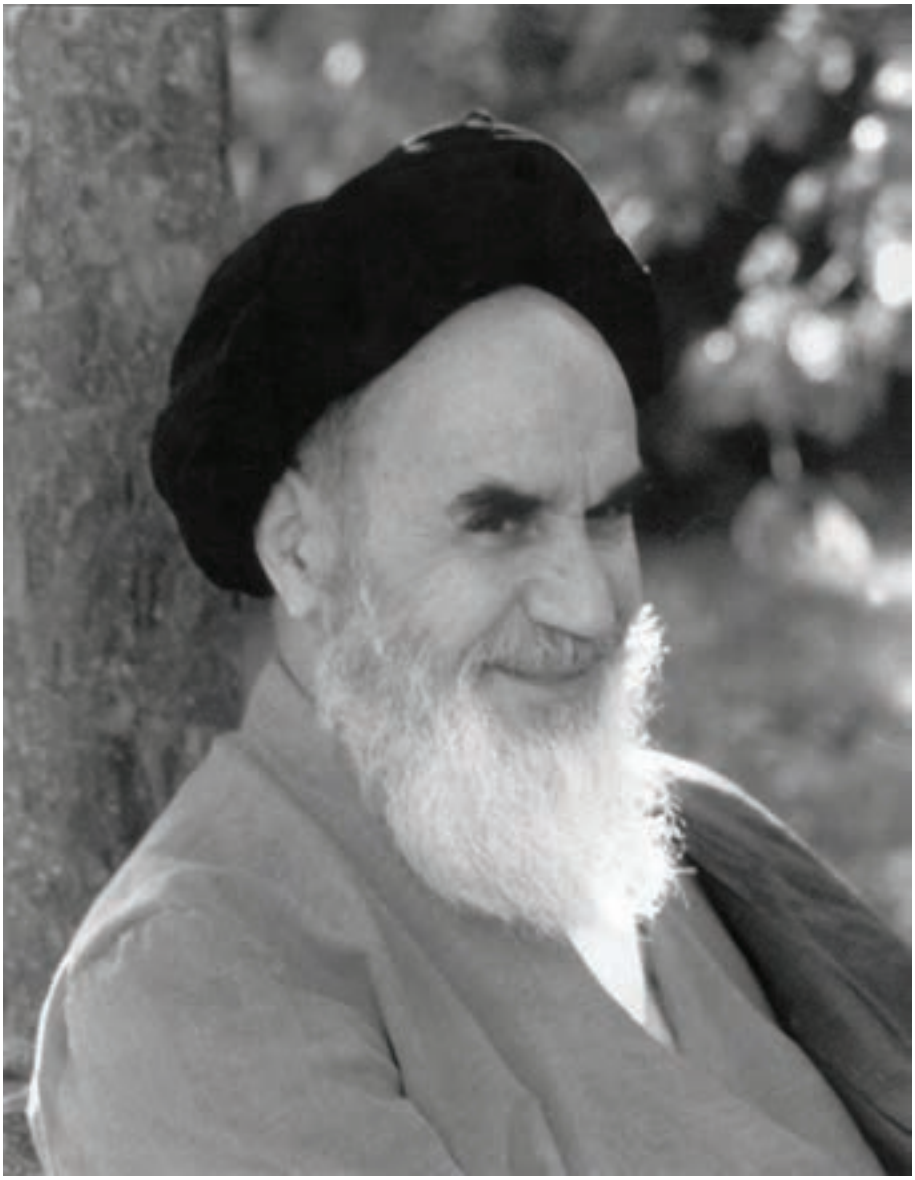
تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»**

سال انتشار و نوبت چاپ : **چاپ اول ۱۳۹۴**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک X-۱۲۹۴-۰۵-۹۶۴ **ISBN 964-05-1294-X**



باید استعدادها را به کار بیندازند و دولت و ملت (ایران) تأیید کنند این کسانی را که اختراع و ابداع می‌کنند؛ تا إن شاءاللّه ایران خودش همه چیز را بسازد و مستقل شود.

«امام خمینی «قدس‌سره‌الشریف

پیشگفتار

در روزگاری به سر می‌بریم که در فاصله نوشتن یک صفحه مطلب جدید، وقتی به انتهای آن صفحه می‌رسیم؛ مطالب نوشته شده کهنه شده و نیاز به بازنگری دارد. در چنین شرایطی سؤالی که مطرح می‌شود این است که : آیا صرفاً به مخاطبین نظام آموزشی باید دانش آموخت؟ برای یافتن پاسخی برای این سؤال بنیادی، می‌بایست نگاهی گذرا به هنرآموز و شغل او بنمائیم.

آیا هنرآموزی هنر است یا حرفه. فن است یا علم؟

به نظر می‌رسد که هنرآموزی مجموعه‌ای از این ویژگی‌ها باشد. از این رو است که برخی از متخصصان تعلیم و تربیت محدود کردن هنرآموزان را در قانون مندی‌ها و دیسیپلین‌های از پیش تعیین شده برای یک نظام آموزشی پویا، روا نمی‌دانند.

ویژگی بارز هنرآموزان در ویژگی‌های بارز انسانی آن هم از نوع برجسته‌اش نهفته است. که اگر غیر از این بیندیشیم، هنرآموز را در حد یک ماشین ناطق تنزل داده‌ایم. آن هم ماشینی که وظیفه‌اش صرفاً انتقال دانش است. در چنین رویکردی چه نیازی به استخدام هنرآموز و آموزش وی وجود دارد؟ تمام امکانات فناوری فعلی بهتر از چنین هنرآموزی می‌تواند وظیفه انتقال دانش را بر عهده بگیرد. از سوی دیگر در ادبیات جدید مورد استفاده در نظام‌های تعلیم و تربیت پیشرفته، اصطلاح بسته آموزشی را به طور مکرر می‌شنویم و با این که ما نیز به طور مکرر آن را تکرار می‌کنیم اما کمتر به اجرای آن توافق کرده‌ایم. یکی از اجرای چنین بسته‌هایی کتاب راهنمای هنرآموز است و سایر عناصر آن کتاب درسی، کتاب کار هنرجو، کتاب‌های مرجع برای هنرآموز و هنرجو، کاربرگ‌های آموزشی ویژه هنرآموز و هنرجو، راهنمای عملی مهارت‌های برنامه درسی، فیلم‌ها و نرم‌افزارهای آموزشی و ... است.

در وضعیتی که اشاره شد از یک سو عصر پس از انفجار اطلاعات را می‌گذرانیم و از سوی دیگر نمی‌توانیم هنرآموزان را در محدوده دستورالعمل‌ها و ضوابط دست و پا گیر محصور نماییم. پس چگونه انتظار داریم هنرآموزان ما شرایط مناسب برای انتقال جریان رو به رشد دانش بشری را برای نسل حاضر و آینده فراهم کنند. هنرآموزان قرار است چگونگی آموختن به مخاطبانشان را بیاموزند. این یک ضرورت حرفه‌ای و یک هنر است تا هنرآموز بتواند تغییرات در حوزه شغلی خود را درک نموده و متناسب با آن تغییرات لازم را در خود و مخاطبانش بوجود آورد. هنرآموز باید خوب اندیشیدن و خوب سئوال کردن را بیاموزد. کسی که خوب سوال می‌کند خوب هم خواهد فهمید.

اشاره شد که یکی از عناصر مهم بسته آموزشی کتاب راهنمای هنرآموز است. کتابی که پیش‌رو دارید از این نوع است. برنامه ریزان و مؤلفین این کتاب یقین دارند که هیچ کتابی قادر نخواهد بود در موقعیت واقعی کلاس درس تمام مشکلات هنرآموزان را برطرف نماید. با این حال تلاش بسیار شده است تا به منظور ایجاد عدالت آموزشی دست کم دانسته‌های پایه هنرآموزان یکدست شود.

گروه برنامه‌ریزی درسی رشتهٔ صنایع چوب انتظار دارد تا همکاران محترم نظرات و پیشنهادهای سازنده خود را جهت هرچه پربارتر شدن این مجموعه به دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای گروه صنایع چوب به آدرس دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و یا به آدرس سایت : WWW.Tvoccd.medu.ir ارسال نمایند.

گروه برنامه‌ریزی درسی

مقدمه

یکی از اهداف کتاب‌های راهنمای هنرآموز، تهیه و ارایهٔ چارچوبی برای تدریس موفق‌تر است، بطوری که کتاب‌های راهنمای هنرآموز؛ این امکان را در اختیار هنرآموزان قرار می‌دهد تا بتوانند برنامه درسی را تجزیه و تحلیل نموده و با توجه به امکانات و محدودیت‌هایی که با آن مواجه هستند و نیز با توجه به شرایط محیطی، ویژگی‌های هنرجویان و امکانات موجود و... . درس مورد نظر را سامان دهی نموده و اجرا نمایند. کتاب‌های راهنمای هنرآموز راهکارهای اولیه‌ای هستند که علاوه بر ارائه دانش‌های بیشتر از کتاب درسی، به هنرآموزان این امکان را می‌دهند تا با خلاقیت خود، شیوه‌های فردی خود را انتخاب نموده و در راستای برنامه درسی، آموزش را اجرا نمایند. راهنمای هنرآموز در واقع «راهنمای حرفهٔ هنرآموزی است» و گاهی پیچیدگی‌های موضوع درس نیز در آن آورده می‌شود.

درواقع وظیفه کتاب‌های راهنمای هنرآموز عبارتند از :

۱ ــ تبیین برنامه درسی (هدایت هنرآموز برای روش مناسب تدریس)

۲ــ هدایت هنرآموز در فرآیند آموزش، تدریس و ارزشیابی

۳ــ دانش‌افزایی

ــ کتاب راهنمای هنرآموز «محاسبات فنی (۲) صنایع چوب» با هدف ارائه راهکارها و روش‌های مناسب در جهت تدریس بهتر و موفق‌تر برای هنرآموزان تألیف شده، و شامل مطالبی است که هنرآموز در طول یک سال تحصیلی با آن مواجه بوده و در راستای آموزش به هنرجویان از آنها استفاده می‌کند. بنابراین سعی شده است، در کتاب پیش رو ابتدا، برخی از واژگان کلیدی و پایه که در حوزه برنامه‌ریزی درسی، کارکردهای عام دارند، توضیح داده شوند و سپس شیوه‌های آموزش «تکنیک‌های حل مسئله» به‌صورت گام به گام تدوین شود.

هنرآموزان گرامی، همزمان با مطالب کتاب، از راهنمای هنرآموز نیز استفاده کنند. برخی از شیوه‌ها و تکنیک‌ها ۲ تا ۳ «راه حل» را به خود اختصاص داده‌اند یعنی این مبحث در ۲ تا ۳ جلسه درسی آموزش داده می‌شوند. همچنین در این بخش مطالبی به صورت دانش‌افزایی آورده شده که ویژه هنرآموزان است تا هر قسمت از آن را که صلاح بدانند با توجه به موقعیت کلاس درس می‌توانند در برنامه آموزشی خود قرار دهند، با این توضیحات؛ کتاب پیش رو شامل بخش‌های زیر است :

ــ رویکردهای آموزشی و روش‌های تدریس

ــ اهداف آموزشی و حیطه‌های آنها

صلاحیت‌های حرفه‌ای هنرآموزان و ویژگی‌های درس و تهیهٔ طرح درس :

ــ روش آموزش هر درس به‌صورت آموزش گام به گام

ــ منابع ومأخذ

مولفان

رویکردهای[1] آموزشی و روش‌های تدریس

آشنایی با برخی از مفاهیم درباره رویکردهای آموزشی

به طور کلی رویکردهای آموزشی عبارتند از :

رویکرد انتقالی

ـ رویکرد اکتشافی

ـ رویکرد تعاملی

ـ رویکرد فرایندی

ـ رویکرد تلفیقی[2]

ـ رویکرد انتقالی؛ (یا سنتی) : در این رویکرد، هنرآموزان همان کتاب‌های گویا هستند و مطالب کتاب را سال‌های متوالی در نظام آموزشی، بدون هیچگونه تغییری با روش و شیوه سخنرانی، اجرا و ارزشیابی می‌کنند. در این رویکرد، هنرجویان نقش فراگیرندهٔ منفعل را دارند و با نوشتن مطالب در اطلاعات هنرآموز شریک می‌شوند.

رویکرد اکتشافی : در این رویکرد، هنرآموزان سعی می‌کنند تا محیطی را فراهم آورند که هنرجویان به کشف مجدد علم و محتوای آموزشی برسند، در واقع در این رویکرد روش‌های آزمایشگاهی، مشاهده و مشارکت هنگام کار، توسط هنرآموزان ساماندهی می‌شود و هنرجویان نقش نسبتاً فعالی دارند و با دیدن و به‌کاربردن مواد و وسایل در دسترس از تجربیات و آزمایش‌ها نتیجه‌گیری می‌کنند.

ـ رویکرد تعاملی[3]؛ (یا مشارکت گروهی) : در این رویکرد، هنرآموزان با استفاده از روش‌ها و شیوه‌های متنوع تدریس[4] (سخنرانی، توضیح و تشریح مسئله، پرسش و پاسخ، حل مسئله، نمایش مراحل انجام کار یا فعالیت هدایت شده و ...) تلاش می‌کنند تا هنرجویان در محیطی با نشاط و سالم و با تکیه بر مهارت‌های فردی و دانش‌های پایه به تبادل تجربه بپردازند و بر یکدیگر تأثیرگذار باشند. در این رویکرد هنرآموزان به هنرجویان این امکان را می‌دهند تا آزادانه با مواد، وسایل و ... ارتباط مستقیم برقرار کنند و بتوانند ضمن تفکر به پرسش بپردازند.

در اینجا نقش هنرآموز ایجاد هماهنگی برای یادگیری است و همکاری در نوشتن گزارش، دادن فرصت آموزش، تحقیق و پژوهش به هنرجویان و تبعیت از علایق هنرجویان به منظور تعمیق یادگیری. هنرجویان در این رویکرد، از طریق تحقیق، جست‌وجو یا انجام کار، به بیان ایده‌های خود در خصوص محتوای درس می‌پردازند و تحقیقات و نتایج آن (یا ارائهٔ یک پروژهٔ عملی) را در کلاس گزارش می‌دهند.

ـ رویکرد فرایندی : در این رویکرد، هنرآموزان یک برنامهٔ درسی متعادل برنامه‌ریزی می‌کنند تا مهارت‌های علمی و عملی هنرجویان را پرورش دهند و با به‌کارگیری روش‌های تدریس مناسب و در اختیار قراردادن امکانات آموزشی، منابع موردنیاز مهارت های مشاهده، برقراری ارتباط، طبقه‌بندی کردن و ... هنرجویان را هدایت می‌کنند، بنابر این در این رویکرد آموزشی، هنرجویان با شرکت فعال در تجربیات یادگیریِ تدارک شده به‌وسیله هنرآموز، به مشاهده می‌پردازند و می‌آموزند که چگونه مشاهدات وتجربیات خود

۱ـ Approach

۲ـ رویکرد تلفیقی یا فعال

۳ـ Tim ticing

۴ـ در صفحات بعدی به طور مفصل به آن‌ها اشاره خواهد شد.

را به‌صورت طبقه‌بندی کردن، پیش‌بینی کردن، فرضیه‌سازی و سازمان دهی یک فرآیند مناسب (یا ارائه یک پروژه عملی) مطرح نمایند.

متخصصین علوم تربیتی معتقدند که : «یادگیری همان **فرایند بیرونی** است که در طی آن یادگیرنده از خود رفتارهایی را نشان می‌دهد که قابل مشاهده و اندازه‌گیری است». بنابراین رویکرد فرایندی که در آن هنرآموز در یک فرآیند آموزشی از ابتدا تا انتها هنرجویان را همراهی، هدایت و مشاورت می‌کند می‌تواند در آموزش و یادگیری مورد توجه بیشتر قرار گیرد.

ـــ **رویکرد تلفیقی (یا فعّال)** : در این رویکرد آموزشی، هنرآموز درس مورد نظر را با توجه به درس‌های دیگر و با تلفیق آنها ارائه می‌کند. در رویکرد تلفیقی بین تجربهٔ حاصل از این درس و تجارب دیگر در سایر دروس و (حتی تجارب زندگی) ارتباط برقرار می‌شود و هدایت هنرآموز به سمت برقراری ارتباطِ کاربردی بین دروس است. در این رویکرد هنرجو با تلفیق دانسته‌های خود از دروس پایه یا درس‌های همجوار در یک سال تحصیلی، به تجارب و نتایج مطلوبی دست می‌یابد.

نوعی تقسیم بندی دیگر و کلی‌تر نیز در رویکردهای آموزشی وجود دارد که از جنبهٔ نقش یادگیرندگان طبقه‌بندی می‌شود و به‌طور کلی در این دسته‌بندی رویکردهای یاددهی و یادگیری به دو گروه فعال و غیرفعال تقسیم می‌شوند که برخی از ویژگی‌های آنها عبارتند از :

ـــ **رویکرد غیرفعال** : در رویکردهای یاددهی و یادگیری غیرفعال، هنرآموز، محور و ارائه دهنده دانش و مهارت است و سعی می‌کند آموزش را از راه سخنرانی یا توضیحی انجام دهد و هنرجو، شنونده است و به روش‌های آموزشی عمل می‌کند. در بیشتر روش‌های غیرفعال هنرجویان منفعل‌اند و هنرآموز نقش فعالی دارد. این روش‌ها ساده، سریع، کم هزینه ولی کم‌اثر و کم بازده هستند و بطور کلی در این رویکرد :

- □ هنرآموز فعال و ارائه دهندهٔ محتوای آموزشی است.
- □ هنرجویان شنونده و غیرفعال‌اند.
- □ هنرجویان با دریافت پاسخ‌ها آنها را حفظ می‌کنند.
- □ هر هنرجو به تنهایی یاد می‌گیرد.
- □ منبع یادگیری فقط کتاب است.
- □ ملاک یادگیری در ارزشیابی بیشتر در مقایسه با دیگر هنرجویان است.
- □ ارزشیابی پایانی بیشتر ملاک عمل است.
- □ موضوعات اجتماعی در دستورکار نیست و مسائل غیرواقعی تحلیل و آموزش داده می‌شوند.
- □ در بیشتر موارد موضوعات آزمایشگاهی نیز به صورت نوشتاری آموزش داده می‌شود.

ـــ **رویکرد فعّال** : در رویکردهای فعّال، هنرآموز نقش راهنما و تسهیل کنندهٔ آموزش را دارد و با توجه به ویژگی‌های هنرجویان و نیازهای آنها فرایند یاددهی را هدایت می‌کند، هنرجو در فرایند تدریس با فعالیت‌های خود، مهارت و توانایی‌های بالقوه خود را رشد می‌دهد. روش‌های فعال هزینه‌بر، زمان‌بر، پیچیده ولی موثرتر است. خلاقیت و حل مسأله، محصول اندیشه است. در کلاس‌هایی که به هنرجویان اجازه داده می‌شود اندیشه کنند، نظر دهند، پرسش نمایند، هنرجو پویاست و احساس خستگی نمی‌کند، یادگیری فعال به دست آوردن فعالانه دانش، اطلاعات و مفاهیم است و بطور کلی در این رویکرد :

- □ هنرآموز هدایت گر و تسهیل کنندهٔ جریان یادگیری است.
- □ هنرجویان در فعالیت‌های کلاسی فعال‌اند.
- □ هنرجویان با همیاری دیگران به یادگیری می‌پردازند.
- □ هنرجویان پژوهش می‌کنند و نتیجه آن را در کلاس گزارش می‌نمایند.
- □ هنرجویان برای یادگیری به جز کتاب‌های درسی، سایر مواد آموزشی دیگر نیز استفاده می‌کنند.

□ سطوح بالای مهارت‌های شناختی تقویت می‌شود.
□ در ارزشیابی علاوه بر دانستنی‌ها به مهارت‌ها ونگرش‌ها نیز توجه می‌شود.
□ هنرجویان با درگیر شدن در فعالیت‌های واقعی‌تر به آموختن می‌پردازند.

روش‌ها و فنون تدریس

آشنایی با برخی از مفاهیم درباره تدریس : «تدریس عبارت است از تعامل یا رفتار متقابل هنرآموز و هنرجو. براساس طرحی منظم و هدف‌دار، برای ایجاد تغییر در رفتار هنرجو. تدریس مفاهیم مختلف مانند نگرش‌ها، گرایش‌ها، باورها، عادت‌ها و شیوه‌های رفتار و به‌طور کلی انواع تغییراتی را که می‌خواهیم در هنرجویان ایجاد کنیم را دربر می‌گیرد»[1]

تدریس و الگوی تدریس: تدریس کاری دوسویه، منظم و هدفمند بین هنرآموز و هنرجو برای رسیدن به اهداف آموزشی است. این کار با ایجاد فرصت و تسهیل یادگیری انجام‌پذیر است. چهار ویژگی تدریس عبارتند از :

ــ وجود تعامل بین هنرآموز و هنرجو؛
ــ انجام کار بر پایهٔ اهداف معین و از پیش تعیین شده؛
ــ سازماندهی بر پایهٔ موقعیت و امکانات؛
ــ ایجاد فرصت و تسهیل یادگیری.

ویژگی‌های چهارگانهٔ تدریس تحت اثر عوامل متعددی است که نمی‌توان همهٔ آنها را بررسی و کنترل کرد، بنابراین چارچوبی به عنوان الگوی تدریس گزینش می‌شود تا با بررسی و واکاوی آن، بتوان فرایند تدریس را سازماندهی کرد. الگوهای تدریس، بررسی عناصر اصلی مؤثر در تدریس را امکان پذیر می‌کند.

روش‌های گوناگونی مانند سخنرانی، پرسش و پاسخ، حل مسأله، بحث گروهی، شبیه‌سازی و... برای تدریس وجود دارند که هنرآموز با دانستن کاربرد و مراحل اجرای آنها می‌تواند، بر پایه شرایط و موضوع آموزشی چند روش را برای آموزش برگزیند. برخی از هنرآموزان در دوره آموزشی و پیش از آغاز خدمت روش‌های تدریس را فرا می‌گیرند. برخی دیگر نیز در طول خدمت آموزشی به تجربه یا با به‌کارگیری منابع مختلف مهارت لازم در این زمینه را به دست می‌آورند. در این بخش از کتاب شیوهٔ عمومی تدریس و برخی از روش‌های تدریس می‌پردازیم.

برخی از روش‌های تدریس:

□ سقراطی
□ توضیحی
□ پرسش و پاسخ
□ حل مسأله
□ .....

صلاحیت‌های حرفه‌ای هنرآموز : هنرآموز این درس علاوه بر تسلط بر مهارت‌های هنرآموزی باید توانایی انجام تکنیک‌های ارائه شده در کتاب را داشته باشد و حداقل مدرک تخصصی موردنیاز برای آموزش این درس لیسانس در رشتهٔ صنایع چوب است.

یاددهی و یادگیری : کمیتهٔ بین المللی آموزش در قرن بیست و یکم یادگیری را بر چهار ستون استوار می‌داند :

ــ یادگیری برای دانستن
ــ آموزش برای عمل کردن

۱ــ میرزا محمدی ــ ص ۱۷ ــ ۱۳۸۳

ـ آموزش برای زیستن

ـ آموزش برای همزیستی

یادگیری برای دانستن: با این رویکرد آموزش و پرورش رسمی باید فرصت‌هایی را در طول دورهٔ تحصیل برای افراد فراهم آورد تا آنان دانسته‌هایی را کسب کنند.

یادگیری برای انجام دادن: در این رویکرد هنرجویان در هنگام آموزش فرصت‌هایی را به دست می‌آورند که توانایی‌های خود را از راه تلاش و درگیر شدن با تجربه‌های علمی و انجام دادن فعالیت‌های اجتماعی گسترش دهند.

یادگیری برای زیستن: تلاش بر این است که شخصیت شاگردان در دوران آموزش با تقویت قوای ذهنی، قدرت استدلال، حس زیبایی شناسی، پرورش استعدادهای جسمانی، افزایش مهارت برای برقراری ارتباط با دیگران و تمرین آن‌چنان رشد یابد که بتواند در آینده خود را هدایت کند، تصمیم بگیرد و درست داوری نماید.

یادگیری برای با هم زیستن: در این رویکرد، آموزش به دنبال تحقق هدف‌هایی است که انسان‌ها همدیگر را بهتر درک کنند و با تفاهم، حق شناسی و همبستگی با هم زندگی کنند و برای حل مشکلات با هم همکاری و همدردی داشته باشند و حرمت کرامت و عطوفت انسانی را پاس دارند.

اهداف آموزشی

هر دوره آموزشی برای رسیدن به اهداف معینی به نام اهداف آموزشی طراحی می‌شود. این اهداف در مرحلهٔ طراحی برنامهٔ درسی، تألیف کتاب‌های درسی، آموزش و ارزشیابی کاربرد دارد. بهتر است هدف‌ها چنان نوشته شوند که رفتاری را که می‌خواهیم هنرجویان به آن برسند و محتوایی را که باید یاد بگیرند نشان دهند.

اهداف آموزشی در شاخهٔ فنی و حرفه‌ای براساس توانایی‌های مورد نیاز حرفه‌ها و مشاغل و براساس دسته‌بندی بلوم طراحی شده است و به دو صورت **هدف کلی** و **رفتاری** نوشته می‌شود. برخی از هدف‌ها فرایند و برخی دیگر فرآورده را نشان می‌دهند که به ترتیب هدف‌های فرایند و هدف‌های فرآورده‌ای خوانده می‌شوند. به هدف‌هایی که در بردارندهٔ چگونگی کوشش‌ها و تلاش یادگیرنده است هدف فرایندی گفته می‌شود ولی هدف فرآورده‌ای در بردارنده نتایج و بازده یادگیری است و به چگونگی رسیدن به آن کار ندارد. متصدیان و مجریان آموزش و سنجش، طراحی هدف‌های آموزشی به صورت فراورده‌ای را بهتر می‌دانند.

هدف کلی

برخی از هدف‌ها به صورت کلی و به گونه‌ای نوشته می‌شوند که دقیق و سنجش‌پذیر نیستند و برای سنجش باید به گونه‌ای دیگر و دقیق‌تر نوشته شوند. نمونه برخی از هدف‌های کلی آشنا شدن، دانستن، یادگرفتن، درک کردن، توانایی به کاربردن و . . . است.

هدف جزئی : نظر به اینکه هدف کلی را نمی‌توان یک‌باره به محتوای آموزشی تبدیل کرد. برنامه‌ریزان آن را به هدف‌های کوچک‌تر جزیی یا رفتاری تبدیل می‌کنند.

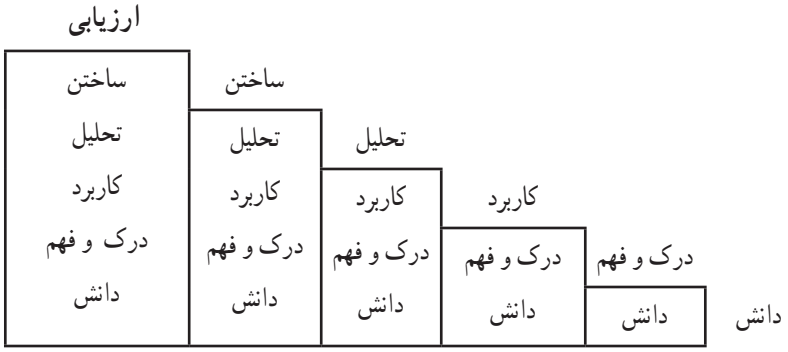
اهداف رفتاری : این هدف‌ها قابل مشاهده و اندازه‌گیری و از هدف کلی کوچک‌ترند که سطح عملکرد و چگونگی آشکار شدن رفتار در آن مشخص باشد. هدف‌های رفتاری را می‌توان حرکات و آثاری دانست که هنرجویان نشان می‌دهند تا آشکار شود که یادگیری صورت گرفته است.

طبقه‌بندی اهداف رفتاری : در رده بندی بلوم[1]، اهداف آموزشی به سه حیطه زیر تقسیم می‌شوند :

الف) شناختی　　ب) عاطفی　　ج) روانی ــ حرکتی

۱ــ در باره مطالب این بخش می‌توانید به کتاب : طبقه بندی پرورشی بلوم، ترجمه علی اکبر سیف مراجعه فرمایید.

هرکدام از حیطه‌ها دارای چندین سطح ساده تا پیچیده است و به صورت سلسله مراتبی است.



سلسله مراتب اهداف در حیطه شناختی، عاطفی و روانی حرکتی

در اینجا به مطالبی دربارهٔ حیطه‌ها و سطوح هدف‌های رفتاری بر پایهٔ دسته بندی بلوم اشاره می‌شود.

حیطه شناختی : اهداف حیطه شناختی با توانایی‌های ذهنی و اندیشهٔ انسان سروکار دارند و دارای شش سطح است.

۱ــ دانش، یادآوری یا شناخت روش‌ها و فرایندها، الگوها. در این سطح هنرجو می‌تواند آنچه که پیش از این در موقعیت یادگیری آموخته است در ذهن نگه‌داری و در هنگام لازم آن را، یادآوری کند یا بشناسد. برخی از افعال (کار واژه) در این سطح تعریف و بیان کند و نام ببرد.

نمونهٔ هدف شناختی در سطح دانش در این درس ــ هنرجو بتواند :

ــ ابزار و وسایل موردنیاز برای شیوهٔ مدادرنگی را بشناسد.

۲ــ درک و فهم، دریافت مفهوم آنچه که آموخته شده است. در این سطح هنرجو افزون بر توانایی نگهداری آموخته‌ها در ذهن، مفهوم آنها را نیز می‌داند و می‌تواند آموخته‌های خود را با بیان دیگر بازگو کند. برخی از افعال در این سطح : توضیح و شرح دهد. نمونه هدف شناختی در سطح درک و فهم ــ هنرجو بتواند :

ــ مداد رنگی و کار با مداد رنگی را توضیح دهد.

۳ــ کاربرد، کاربرد دانش (اندیشه‌های کلی، روش‌ها و الگوها) در موقعیت‌های واقعی، برخی از افعال در این سطح : حل کند، آزمایش کند، به کار برد، محاسبه کند و بنویسد.

نمونهٔ هدف شناختی در سطح کاربرد ــ هنرجو بتواند :

ــ با به کاربردن مداد آبرنگی، سطح هندسی را رنگ کند.

۴ــ تحلیل، تفسیر ساختار، بیان روابط درونی و اجزای تشکیل دهندهٔ یک پدیده یا موضوع، برخی از افعال در این سطح تحلیل کند، ارزیابی کند، دسته بندی کند، جدا کند. منظم کند.

نمونهٔ هدف شناختی در سطح تحلیل ــ هنرجو بتواند :

ــ انواع مدادرنگی و کاربردهای آنها را فهرست کند.

۵ــ ساختن، ایجاد ساختار و ارائهٔ مدل و اندیشه جدید، **در کنار هم گذاشتن اجزا و رسیدن به یک کل** برخی از افعال در این سطح : طراحی کند، رسم کند، شیوه جدید برای ... ارائه دهد.

ــ نمونهٔ هدف شناختی در سطح ساختن هنرجو بتواند :

ــ با به‌کارگیری مداد رنگی تصویرسازی کند.

۶ــ ارزیابی، بررسی ارزش‌ها و نتایج و داوری دربارهٔ آنها. برخی از افعال در این سطح : رد کند، تأیید کند، نقد کند، ارزیابی کند.

نمونهٔ هدف شناختی در سطح ارزیابی ــ هنرجو بتواند :

ــ در داوری (ژوژمان) کلاسی درمورد آثار خود و دیگرهنرجویان نظر بدهد و کارها را نقد کند.

حیطهٔ عاطفی :

حوزهٔ اثرگذاری حیطه عاطفی نگرش، باور، علاقه، حالت و ارزش‌ها است و پنج سطح دریافت، واکنش، ارزش‌گذاری، سازمان‌بندی، درونی سازی دارد.

۱ــ دریافت، آگاه شدن از چیزی و توجه کردن به آن،آمادگی برای یادگیری.

۲ــ واکنش، پاسخ دادن به شنیده‌ها و دیده‌ها، افزون بر دریافت، می‌خواهد داوطلب انجام کاری شود، فعالانه پاسخ می‌دهد :

نمونه : هنرجو برای بررسی اثر داوطلب می‌شود.

۳ــ ارزش‌گذاری، پذیرش یک ارزش و برتری دادن آن به برخی از ارزش‌های دیگر، ارزش گذاشتن، اقدام وفادارانه نسبت به موضوع، آمادگی برای هزینه کردن.

۴ــ سازمان بندی، جای دادن ارزش جدید در نظام ارزشی خود، سازمان بندی و توسعه یک نظام ارزشی.

۵ــ درونی سازی، اتخاذ سیستم باوری و فلسفی، شخصیت پذیری، تثبیت ارزش‌ها برای مدت طولانی و هدایت رفتار.

حیطهٔ روانی ــ حرکتی :

حیطهٔ روانی ــ حرکتی حوزهٔ هدف‌هایی است که به مهارت‌های فیزیکی و جسمانی یا کارهایی که نیاز به هماهنگی ماهیچه‌ها و اعصاب دارند، این حیطه با مهارت‌های جسمی، مانند نوشتن، گرفتن ابزار، هدایت ماشین‌ها سروکار دارد. در این حیطه یاد داده می‌شود حرکت‌ها با دقت، سرعت و مهارت انجام شوند. حیطه روانی حرکتی پنج سطح به شرح زیر دارد.

۱ــ تقلید : در این سطح هنرجو یاد می‌گیرد با مشاهده و کمک و راهنمایی دیگران کاری را که جنبه حرکتی دارد درست انجام دهد مانند حرکت دادن اره برای بریدن، بستن پیچ با ابزار.

۲ــ اجرای مستقل : در این سطح هنرجو بدون مشاهده و کمک دیگران و از روی دستورالعمل کار حرکتی را درست انجام دهد.

۳ــ دقت : هنرجو پس از رسیدن به سطح اجرای مستقل و با تکرار و تمرین در انجام کار چیره شده و به درستی و با دقت کافی آن را انجام می‌دهد مانند اره کردن روی خط راست یا مسیر طرح دار.

۴ــ هماهنگی حرکات : در این سطح مهارت به اندازه‌ای گسترش می‌یابد که او می‌تواند چند فعالیت را به‌طور همزمان و هماهنگ انجام دهد مانند هماهنگی حرکت دست و پا در رانندگی.

۵ــ عادی شدن : در این سطح فرد به انجام کارهای دقیق عادت کرده و برای انجام کار به تمرکز زیاد نیاز ندارد.

ارتباط حیطه و سطح

در هر حیطه برای رسیدن به سطح بالاتر نخست باید اهداف سطح پایین‌تر را کسب کرد. همچنین حیطه‌های سه گانه به همدیگر بستگی‌هایی دارند. برای نمونه کسی که در حیطه شناختی می‌خواهد مسأله‌ای را حل کند باید در حیطه عاطفی انگیزه لازم به او داده شده باشد و در حیطه روانی حرکتی یاد گرفته باشد که چگونه با یک خودکار یا وسیله دیگری بنویسد.

محتوای آموزش

برای رسیدن به اهداف آموزشی باید محتوای آموزشی را گزینش و فراهم کرد. محتوای آموزشی در مرحله طراحی برنامه درسی گزینش شده و در مراحل تدارک بسته‌های آموزشی و تدریس به کار گرفته می‌شوند. برخی از ملاک‌های گزینش محتوا عبارت‌اند از :

□ ارتباط با هدف و پوشش آنها

□ تناسب با پیشرفت‌های علمی
□ تناسب محتوا با نیازها
□ سازگاری با ارزش‌ها و واقعیات اجتماعی
□ اعتبار و روایی کافی
□ تناسب با سطح رشد هنرجو و تجارب قبلی او
□ قابلیت اجرا
□ تناسب با زمان آموزش

طرح درس سالانه

هنرآموز در نخستین روز از دورهٔ آموزشی با نوشتن کلیات مباحث روی تابلو و اشاره‌های کلامی به برخی از جزئیاتی که در ایجاد انگیزه جهت حضور در کلاس‌ها مؤثر است، این طرح را ارائه می‌دهد. این عمل، افق روشنی از انتهای یک دورهٔ آموزشی برای هنرجو مشخص می‌کند و آنها می‌توانند برای خود مطابق با این طراحی سالانه، برنامه‌ریزی کنند.

طرح ارائه شده توسط هنرآموز برای آموزش یک درس در یک محدودهٔ زمانی مشخص با رعایت اصول تدریس و سرفصل‌های آموزشی، «طرح درس سالانه» هنرآموزان می‌باشد. در طرح درس سالانه در واقع هنرآموز نقشهٔ راه یک سال تحصیلی را برای خود و فراگیران تهیه می‌کند تا بتواند در هر جلسهٔ درسی براساس طرح درس از قبل تعیین شده محتوای آموزشی را اجرا نماید.

شایان توجه است که هرگز برای طراحی سالانه به فهرست کتاب‌ها اکتفا نشود، بلکه هنرآموز باید به متن آموزشی رجوع نماید و برخی از مطالب را که در فهرست نیامده است، ولی با مطالب طرح سالانهٔ هنرآموز پیوستگی و یا در جاذبهٔ مطالب تأثیر شگرفی دارد، انتخاب کند و در طرح جای دهد. تعطیلات رسمی کشور درنظر گرفته شود سال را با اجزای کوچک‌تر مثل ماه و هفته و روز تقسیم کرد و محتوای آموزشی را در این قالب‌های زمانی ریخت.

برنامهٔ درسی روزانه : افزون بر طرح سالانه که در بردارندهٔ کلیات متن آموزشی مورد نظر است، هنرآموز باید برای هر روز درسی نیز طرح و برنامهٔ درسی بنویسد. به عبارت دیگر، باید طرح مدوّن و سنجیده برای یک جلسه نوشته می‌شود. در این طرح درسی، کلیات مطالبی که در یک روز درسی مورد تدریس قرار می‌گیرد، نوشته می‌شود و جزئیات و مثال‌ها و نکات ضروری به صورت رمزی و بسیار خلاصه در گوشه‌ای از این طرح نگاشته می‌شود تا در سال‌های بعد مورد استفاده قرار گیرد. بدیهی است که در نخستین سال‌های تدریس به خاطر سپردن مطالب برای هنرآموز میسر نیست و این طرح درس، یاریگر او در به یادآوردن مطالب است و در ضمن، تقدم و تأخّر مطالب نیز منطقی خواهد بود. طرح درس موجب جلب اعتماد هنرجو می‌شود و او به این وسیله می‌فهمد که هنرآموز برای تدریس وقت می‌گذارد و نظم و اعتدال رفتاری هنرآموز در کلام، مرهون همین طرح درس روزانه است که موجب صرفه‌جویی در وقت و استفادهٔ بهینه می‌شود.

اجزای طرح درس روزانه : اجزای طرح درس روزانه عبارتند از :

۱ــ پرسش‌های آغازین برای موضوع یا عنوانی که باید مطرح گردد و هنرجو باید قبل از تدریس آنها را آموخته باشد.
۲ــ اختصاص زمان
۳ــ فعالیت‌هایی که هنرآموز باید در امر یاددهی ــ یادگیری درس انجام دهد؛
۴ــ وسایل کمک آموزشی و تجهیزات؛
۵ــ فعالیت‌هایی که هنرجو باید در امر یاددهی ــ یادگیری انجام دهد؛
۶ــ فضا.

در حقیقت طرح درس روزانه مجموعه فعالیت‌هایی است که هنرآموز برای تحقق اهداف، چگونگی عرضه محتوای درس، سازماندهی فعالیت‌های خود و هنرجویان در زمان معین و ارزش‌یابی از آموخته‌های آنان، از قبل پیش‌بینی و تنظیم می‌کند.

ساختار کلی طرح درس روزانه

<table>
<tr><td>مشخصات کلی</td><td colspan="2">پایه تحصیلی :</td><td colspan="2">رشته تحصیلی :</td><td>تاریخ اجرا :</td></tr>
<tr><td>منابع کلی</td><td colspan="2">موضوع درس :</td><td colspan="2">صفحه : تا</td><td>شماره جلسه :</td></tr>
<tr><td colspan="6">منابع کمکی :</td></tr>
<tr><td colspan="6">اهداف کلی :
حیطه شناختی (دانستنی‌ها)
حیطه عاطفی (نگرشی)
حیطه روانی ـ حرکتی (مهارتی)</td></tr>
<tr><td rowspan="5">کارهای پیش از تدریس</td><td colspan="3" rowspan="5">اهداف رفتاری</td><td colspan="2">اهداف رفتاری</td><td>حیطه و طبقه</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">فعالیت هنرآموز</td><td>رفتار دانش‌آموز</td><td>وسایل</td><td>روش تدریس</td><td>زمان</td></tr>
<tr><td rowspan="3">کارهای آغازین تدریس</td><td>احوالپرسی و حضور و غیاب</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>ارزشیابی تشخیصی</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>آماده‌سازی و ایجاد انگیزه</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>ارائه درس</td><td>ارائه درس جدید</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">کارهای پایانی</td><td>جمع‌بندی</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>ارزشیابی پایانی</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>تکلیف</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

در ادامه فهرست و برنامه زمانبندی سالانه محتوای کتاب برای هر جلسه جداگانه از جلسه یکم تا جلسه سی‌ام تنظیم شده است که می‌توانید وارد جدول فوق نموده مرحله زیر را تنظیم نمایید.

فهرست و برنامه زمان‌بندی سالانه

جلسه	مطالب	صفحه
جلسه اول	معارفه ــ آشنایی با هنرجویان ــ توضیح درباره نحوه تدریس، سؤالات درس، امتحان سنجش سطح دانش‌آموزان ــ یادآوری مطالب محاسبات فنی (۱)	۱
جلسه دوم	حرکت و انواع آن ــ سرعت و انواع آن ــ تبدیل واحدهای سرعت	۴
جلسه سوم	حل تمرین‌های صفحه ۶ و ۷ ــ سرعت دورانی ــ سرعت برش ــ روش استفاده از نمودار سرعت برش	۹
جلسه چهارم	حل تمرین صفحه ۱۱ــ پیشبرد کار در ماشین‌های صنایع چوب	۱۴
جلسه پنجم	حل تمرین صفحات ۱۳، ۱۴ و ۱۵ مقدار برش هر دندانه اره یا تیغه رنده از طریق فرمول و نمودار	۱۷
جلسه ششم	عمق اثر هر تیغه رنده روی چوب از طریق فرمول و نمودار ــ حل تمرین‌های صفحه ۲۴	۲۳
جلسه هفتم	حل تمرین صفحات ۲۵، ۲۶، ۲۷ و ۲۸	۲۸
جلسه هشتم	امتحان از فصل اول (امتحان مستمر)	۳۱
جلسه نهم	انتقال حرکت و نیرو در ماشین‌های عمومی صنایع چوب ــ تسمه و چرخ تسمه ــ انواع تسمه و مشخصات آنها ــ محاسبات مربوط به طول تسمه	۳۵
جلسه دهم	حل تمرین‌های صفحه ۳۷ و ۳۸ ــ محاسبه تعداد دور چرخ تسمه ــ نسبت انتقال	۴۳
جلسه یازدهم	حل تمرین‌های صفحه ۴۰ و ۴۱ ــ محاسبه چرخ‌دنده و چرخ زنجیر ــ نسبت انتقال	۴۶
جلسه دوازدهم	حل تمرین‌های صفحه ۴۳، ۴۴ و ۴۵	۴۹
جلسه سیزدهم	تعریف کار مکانیکی و محاسبات مربوط به آن	۵۲
جلسه چهاردهم	حل تمرین صفحه ۵۰ و رفع اشکال از فصل‌های (۱) و (۲)	۵۷
جلسه پانزدهم	امتحان نیمه اول	۵۸
جلسه شانزدهم	توان مکانیکی ــ بررسی روباط مربوطه ـ تبدیل واحدها ــ راندمان	۶۲
جلسه هفدهم	حل تمرین‌های صفحه ۵۳ و ۵۵ ــ تعیین نیروی محیطی و رابطه توان با گشتاور	۶۶
جلسه نوزدهم	حل تمرین‌های صفحه ۶۱ و ۶۲ ــ اصطکاک ــ انواع اصطکاک	۷۵
جلسه بیستم	حل تمرین‌های صفحه‌های ۶۸ تا ۷۲	۸۵
جلسه بیست و یکم	امتحان از فصل سوم (امتحان مستمر)	۸۸

جلسه بیست و دوم	مقدماتی از انواع الکتریسیته ــ کمیت‌های الکتریکی ــ روابط کمیت‌های الکتریکی	۹۱
جلسه بیست و سوم	کار و توان الکتریکی ــ محاسبه‌های بهای برق مصرفی	۹۷
جلسه بیست و چهارم	حل تمرین صفحات ۷۷ و ۷۸	۱۰۲
جلسه بیست و پنجم	حل تمرین صفحه ۷۹ ــ امتحان از فصل چهارم (امتحان مستمر)	۱۰۳
جلسیه بیست و ششم	تعیین زمان انجام کار ــ زمان‌سنجی ــ روش‌های مشاهده مستقیم	۱۰۶
جلسه بیست و هفتم	حل تمرین‌های صفحه ۸۲ــ زمان‌سنجی با کرنومتر ــ تعاریف قسمت‌های مختلف زمان انجام کار	۱۱۰
جلسه بیست و هشتم	حل تمرین‌های صفحه ۹۱ و ۹۲ ــ زمان‌سنجی به وسیله نمونه‌برداری از کار ــ روش‌های ترکیبی	۱۱۵
جلسیه بیست و نهم	بررسی پرسش‌های صفحه ۹۵ ــ حل تمرین‌های صفحات ۹۸، ۹۹ و ۱۰۰	۱۲۱
جلسیه سی‌ام	رفع اشکال کلی از کتاب و بانک سؤال سال‌های گذشته	۱۶۶

جلسه اول

هنرآموز و هنرجو

معارفه و شناخت	هر هنرجو از جای خود بلند شده، خود را معرفی کند و نمره معدل سال گذشته همچنین نمره درس محاسبات فنی (۱) و نمره درس ریاضی (۱) و (۲) را بیان کند تا هنرآموز مربوطه اطلاعاتی از وضعیت دروس محاسباتی هنرجویان داشته باشد.
آشنایی با اهمیت درس محاسبات فنی	از اهمیت محاسبات فنی در صنعت بحث دوطرفه صورت گیرد. مثلاً : ـ چرا باید محاسبات بدانیم؟ ـ چرا یک فرد صنعتگر باید از محاسبات اطلاعاتی داشته باشد؟ ـ اگر یک فرد اهل صنعت هرچند در حد مقدماتی محاسبات نداند چه اتفاقی می‌افتد؟
هدف کلی درس	در پایان این واحد درسی : شما می‌توانید محاسبات مربوط به حرکت و سرعت در صنعت چوب، انتقال حرکت و نیرو در دستگاه‌های صناعی چوب، کار مکانیکی، توان و کار الکتریکی در ماشین‌های عمومی صنایع چوب، محاسبات بهای برق مصرفی دستگاه‌ها و زمان انجام کار را انجام دهید.
نحوهٔ تدریس و ارزش‌یابی	در هر جلسه مطلبی مشخص تدریس خواهد شد. هنگام تدریس از شما سؤالاتی برای فهم بهتر درس پرسیده می‌شود و از شما انتظار می‌رود که هرچه بیشتر سؤالات مربوط به موضوع مورد بحث را مطرح کنید در پایان بحث همچنین از شما مطالب تدریس شده را سؤال خواهیم کرد. به جواب‌های صحیح و پرسش‌های به جای شما امتیاز داده می‌شود. هر جلسه تمرین‌های مربوط به جلسه پیش‌بازبینی شده، به مرتب‌بودن، صحیح‌بودن و نظم داشتن امتیاز داده می‌شود. ـ پایان هر فصل، امتحانی از همان فصل گرفته خواهد شد. ـ نتیجه این‌ها نمره مستمر شما خواهد بود.

یادآوری بعضی روابط مربوط به محاسبات فنی (۱)

تبدیل واحدهای طول، سطح و حجم :

۲۵/۵cm + ۶/۵dm + ۲/۳m + ۸۵mm=? (mm)

۲km + ۲۵Hm +۸۰Dm +۲۵۰M=? (m)

۳۰cm^2 + ۲/۵dm^2 + ۰/۷۵m^2=? (mm^2)

۷۰mm^3 + ۴۰cm^3 + ۲m^3=? (dm^3) یا lit

تبدیل واحدهای زمان :

۲۵$(min)^3$ + ۱/۲۵(h) + ۳: ۴۰= □ : □

توضیح داده شود : مثلاً ۳: ۴۰ برابر است با ۳ ساعتو ۴۰ دقیقه ولی ۲۵/۱(h) برابر است با یک ساعت و ۰/۲۵ ساعت که می‌شود ۰/۲۵×۶۰=۱۵(min) . پس ۱۵ : ۱=۱/۲۵(h).

تبدیل واحدهای مرکب :

$$۱۸۰\frac{km}{h}=?\left(\frac{km}{min}\right)=?\left(\frac{km}{s}\right)=?\left(\frac{m}{min}\right)=?\left(\frac{m}{s}\right)$$

$$۰/۴۵\frac{g}{m^3}=?\left(\frac{g}{cm^3}\right)=?\left(\frac{kg}{m^3}\right)=?\left(\frac{g}{dm^3}\right)=?\left(\frac{kg}{dm^3}\right)$$

ساده‌کردن روابط ریاضی :

$۲(۳+۰/۲)^2\times۰/۵۲=?$ $\qquad ۳+(۲\times)^2\times۲=?$

$۳+(۲\times)^2\times۲=?$

$$\frac{۲۵۰۰\times۱۸}{۱۵۰}\longrightarrow\frac{۵\times۵\times۱۰۰\times۳\times۶}{۳\times۵\times۱۰}=۳۰۰$$

$$\frac{۳۰۰\times۱۵۰}{۶۰\times۳}=? \qquad \frac{۲۵\times۴۲\times۳}{۱۵۰\times۳۵}=?$$

فصل اول

حرکت

هدفهای رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

۱ ــ انواع حرکت را تعریف کند؛
۲ ــ سرعت و انواع آن را شرح دهد؛
۳ ــ محاسبات مربوط به سرعت را انجام دهد؛
۴ ــ سرعت برش و سرعت پیشرد کار را محاسبه نماید؛
۵ ــ به مقدار برش هر دندانه، محاسبات لازم را انجام دهد؛
۶ ــ محاسبات لازم را در مورد اثر هر تیغه روی چوب در ماشینهای رنده انجام دهد.

زمان تدریس: ۱۴ ساعت

۱ ــ حرکت

۱ ــ ۱ ــ حرکت و انواع آن

در کتاب محاسبات فنی «۱» اطلاعات کلی در مورد حرکت بیان شده است. در این فصل، ضمن یادآوری بعضی از تعاریف با کاربرد حرکت در صنعت چوب آشنا می‌شویم.

بنا به تعریف حرکت، هرگاه محل استقرار جسمی تغییر کند، گوییم آن جسم حرکت کرده است.

مثال: حرکت وسیله نقلیه، حرکت تیغه اره نواری (شکل ۱ ــ ۱) و اره‌گرد، حرکت تخته هنگام رفتن شدن روی دستگاه کف رفند، فرو رفتن میخ و پیچ در چوب، رشد درخت، خروج رطوبت از درون چوب هنگام خشک شدن چوب و نظایر آن.

با توجه به تفاوت مشاهده شده در موارد مذکور می‌توان از انواع حرکت نام برد.

الف ب

شکل ۱ ــ ۱ ــ انواع حرکت. الف: حرکت قایق ب: حرکت تیغه اره نواری.

۱ ــ ۱ ــ حرکت یکنواخت: اگر جسم متحرکی در زمانهای متساوی، مسافتهای متساوی را طی کند، حرکت انجام شده را «حرکت یکنواخت» گویند. این حرکت ممکن است به صورت خطی و یا دورانی صورت گیرد.

مثال: حرکت نسمه نقاله‌ای که پوشال را از دستگاه خردکن به سیلو ذخیره انتقال می‌دهد (حرکت یکنواخت خطی) و حرکت یولی الکتروموتور که نسمه نقاله را به حرکت در می‌آورد (حرکت دورانی یکنواخت). حرکت فورفتن مته در چوب هنگام سوراخ کاری (حرکت یکنواخت خطی) و گردش مته درون چوب از نوع حرکت دورانی می‌باشد.

۲ ــ ۱ ــ ۱ ــ حرکت غیر یکنواخت: هرگاه جسم متحرکی در زمانهای متساوی مسافتهای غیر متساوی را طی کند این حرکت را حرکت غیر یکنواخت (متغیر) گویند.

مثال: حرکت برش تخنهٔ ناهمگن از نظر سختی، به طوری که در قسمتی از چوب که زمخ است، حرکت تخته و حرکت تیغه اره بیشتر خواهد بود تا قسمتی از چوب که سخت‌تر است.

۲ ــ ۱ ــ سرعت و انواع آن

به منظور سنجش حرکت اجسام متحرک از عاملی به نام «سرعت» استفاده می‌کنیم که بنا به تعریف عبارت است از مسافت پیموده شده در واحد زمان. که انواع آن عبارتند از:

حرکت

۱ ــ ۲ ــ ۱ ــ سرعت خطی یکنواخت: سرعت در حرکت یکنواخت خطی را سرعت خطی یکنواخت گویند.

مثال: نسمه نقاله‌ای که پوشال را انتقال می‌دهد اگر در ثانیه اول ۲ متر مسافت را طی کند در ثانیه دوم هر همان مسافت را طی خواهد کرد و به همین ترتیب. برای زمان بعدی هم همان مقدار را طی می‌کند، و با توجه به تعریف خواهیم دانست:

علایم اختصاری:

$$v = \frac{s}{t}$$

v : سرعت

s : مسافت

t : زمان

مسأله نمونه «۱»ــ سرعت حرکت روکشی را در داخل خشک کن، به دست آورید در صورتی که طول خشک کن ۱۲ متر و زمان عبور ۹۶ ثانیه باشد.

$$v = \frac{s}{t}$$

سرعت حرکت روکشی

$$v = \frac{12m}{96s} = 0/125 m/s$$

مسأله نمونه «۲»ــ در مسأله قبل اگر دستگاه خشک کن دارای چهار اتاقک به طول ۳ متر باشد، بعد از چه مدتی روکش وارد اتاقک چهارم می‌شود.

$$v = 0/125 m/s$$

طول سه اتاقک

$$s = 3m \times 3 = 9m$$

$$v = \frac{s}{t} \Rightarrow t = \frac{s}{v} \Rightarrow t = \frac{9m}{0/125 m/s} = 72s$$

۲ ــ ۲ ــ ۱ ــ سرعت خطی غیر یکنواخت: جسمی که در مسیر خطی حرکت غیر ــ یکنواخت داشته باشد، سرعت آن را سرعت خطی غیریکنواخت گویند و جهت سهولت در محاسبات، می‌توان سرعت میانگین آن را دخالت داد.

مثال: لیفتراکی جهت انتقال بالت‌های روکش از محل بسته بندی به انبار روکش یک مسیر ۳۰۰ متری را در ۲ دقیقه طی می‌نماید. مطلوب است محاسبه سرعت متوسط لیفتراک.

حل:

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{300}{2} = 150 m/min$$

۲

از اینجا که سرعت وسایل نقلیه بر حسب کیلومتر بر ساعت است، خواهیم دانست:

سرعت متوسط $v = 150 \times 60 = 9000 m/h \Rightarrow 9000 \div 1000 = 9 km/h$

واحد سرعت: معمولاً در صنعت بر حسب مورد واحدهای مختلفی برای سرعت در نظر گرفته می‌شود که متداولترین آنها عبارتند از:

ــ سرعت حرکت وسایل نقلیه: km/h کیلومتر بر ساعت

ــ سرعت پیشرد کار: m/min متر بر دقیقه

ــ سرعت نقاله‌ها: m/min و m/s متر بر دقیقه یا متر بر ثانیه

ــ سرعت برش تیغه‌های رنده: m/s متر بر ثانیه

تمرین

۱ ــ جرثقیل سقفی درون بارد سرپوشیده گرده بینه دارای دو حرکت عمودی و افقی است. اگر برای حمل یک گرده بینه از محل بارد تا درون حوضچه بخت به طور متوسط ۳ متر حرکت عمودی به طرف بالا و ۲۰ متر حرکت افقی و ۴ متر حرکت عمودی به طرف پایین لازم باشد، برای حمل یک گرده بینه زمان لازم را به دست آورید؛ در صورتی که سرعت عمودی ۲ متر بر ثانیه و سرعت افقی ۴ متر بر ثانیه باشد.

۲ ــ سرعت حرکت صفحات تخته خرده چوب از درون دستگاه سنباده زنی ۳ متر بر دقیقه تنظیم شده است. اگر طول هر صفحه ۳ متر باشد در مدت یک نوبت کار (۷ ساعت مفید) چند صفحه سنباده زده می‌شود؛ (در صورتی که برای هر صفحه ۱ دقیقه وقت اضافه منظور گردد.)

۳ ــ سرعت تغذیه یک سیلوی استوانه‌ای ۱/۵ متر مکعب بر ثانیه است. اگر قطر سیلو ۲متر و ارتفاع آن ۵ متر باشد چه زمانی طول خواهد کشید تا سیلو پر شود؟

۴ ــ در یک دستگاه خشک‌کن روکش، سرعت حرکت روکش ۷/۵ متر بر دقیقه تنظیم شده است. اگر لازم باشد حدود ۵۰۰۰ متر مربع روکش با طول متوسط ۲ متر خشک شود، حداقل چند ساعت طول خواهد کشید تا روکشها خشک شوند و در صورتی که سرعت را به ۹ متر بر دقیقه برسانیم در زمان به‌دست آمده چند متر مربع روکش را می‌توان خشک کرد؟ (حرکت روکش در دستگاه خشک‌کن به‌صورت عرضی است.)

۵ ــ روی دستگاه فرزی، پیش برنده‌ای با سرعت متغیر نصب شده است. اگر سرعت این پیش برنده را ۲ متر بر دقیقه تنظیم نماییم در مدت ۴ ساعت چند شاخه زهوار را افزار خواهیم زد؟

جلسه دوم

برنامه زمان‌بندی جلسه دوم		
۱	آماده کردن کلاس	۱۰
۲	تدریس حرکت و انواع آن	۲۰
۳	تدریس سرعت و انواع آن	۲۰
۴	روابط واحدهای سرعت	۲۰
۵	حل مثال نمونه	۲۰

حیات بدون حرکت امکان‌پذیر نیست

فصل اول

حرکت

پرسش:

● از دانش‌آموزان سؤال شود : حرکت چیست؟

بعد از دریافت نظرات دانش‌آموزان و منعکس‌کردن مطالب آن‌ها روی تابلو، چند مثال نیز اضافه شود.

مثلاً :

ــ جابه‌جا شدن وسیله نقلیه

ــ جابه‌جا شدن تیغه اره نواری یا اره گرد

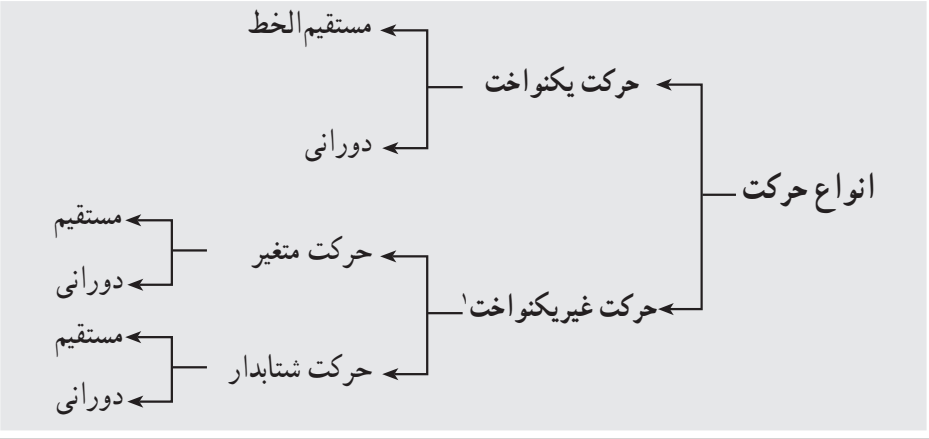
ــ جابه‌جا شدن الوار هنگام رنده کردن روی دستگاه کف رند

ــ جابه‌جا شدن میخ و پیچ هنگام کار کردن با آن‌ها

ــ جابه‌جا شدن رطوبت درون چوب هنگام خشک شدن چوب

تعریف حرکت

هرگاه محل استقرار جسمی تغییر کند، می‌گوییم آن جسم حرکت کرده است.



۱ــ مورد بحث این کتاب نیست.

تعاریف: هر یک از تعاریف فوق از روی کتاب بیان گردد و مثال‌هایی آورده شود.

۱ــ حرکت یکنواخت

۲ــ حرکت مستقیم‌الخط یکنواخت

۳ــ حرکت دورانی یکنواخت

۴ــ حرکت غیریکنواخت

● دانش‌آموز پاسخ دهد : نوع هر حرکت کدام است؟

ــ حرکت روکش داخل دستگاه روکش خشک‌کنی

ــ حرکت نقاله‌های حمل خرده چوب در دستگاه ساخت تخته خرده چوب

ــ حرکت بالا یا پایین آمدن صفحات پرس

ــ حرکت زهوارهای چوبی از مقابله دستگاه فرز توسط پیش برنده‌های اتوماتیک

ــ حرکت تیغه اره نواری و تیغه اره گرد

ــ حرکت توپی دستگاه رنده

ــ حرکت یک اتومبیل از نقطه‌ای به نقطه دیگر شهر

ــ حرکت لیفتراک برای جابه‌جا کردن کالا

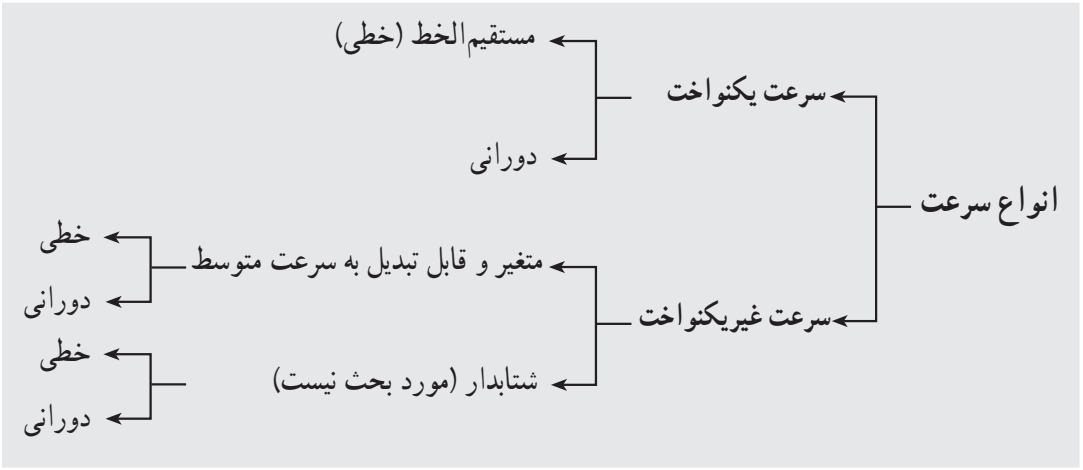
ــ حرکت رشد یک درخت

سرعت

از دانش‌آموزان خواسته شود، با توجه به مشخص شدن مفهوم حرکت حال به نظر شما سرعت چیست؟

نظرات دانش‌آموزان را دریافت نموده در صورت نیاز اصلاح نمایید.

تعریف سرعت: برای سنجش حرکت اجسام از کمیتی به نام سرعت استفاده می‌شود، که همان مسافت پیموده شده در واحد زمان است.



تعاریف: هریک از تعاریف زیر از روی کتاب بیان گردد و مثال‌هایی آورده شود.

۱ــ سرعت خطی یکنواخت

۲ــ سرعت دورانی یکنواخت

۳ــ سرعت خطی غیریکنواخت

توجه: در مورد سرعت خطی غیریکنواخت توضیح داده شد که از سرعت متوسط استفاده می‌کنیم.

مثال:

ــ سرعت تسمه نقاله

ــ سرعت وسایل نقلیه (اتومبیل‌ها و ...)

ــ سرعت اره نواری ــ اره گرد ــ توپی رنده

رابطه و واحدهای سرعت

$$v = \frac{s}{t}$$

s = مسافت t = زمان v = سرعت

$\frac{cm}{s}$, $\frac{m}{s}$ سرعت نقاله ــ $\frac{m}{min}$, $\frac{km}{h}$ پیشبرد کار و سرعت نقاله

تبدیل واحدهای سرعت

$$\frac{km}{h}\times\frac{۱۰۰۰}{۳۶۰۰}=\frac{m}{s}\quad \text{یا}$$

$$\frac{km}{h}\div ۳/۶=\frac{m}{s}\Rightarrow\frac{m}{s}\times ۳/۶=\frac{km}{h}$$

$$\frac{m}{s}\times ۶۰=\frac{m}{min}\quad \text{یا}\quad \frac{m}{min}\div ۶۰=\frac{m}{s}$$

مسئله‌های نمونه کتاب «صفحه ۵» توضیح داده شود.

می‌توان مثال‌های نمونه دیگر خصوصاً در مورد تبدیل واحدها حل نمود.

مثال:

ــ اگر سرعت جسمی ۵ متر بر ثانیه باشد، در مدت ۲۰ دقیقه چه مسافتی را طی می‌کند؟

ــ جسمی با سرعت ۱۰ متر بر دقیقه، یک کیلومتر را در چه مدت زمانی طی می‌کند؟

ــ سرعت اتومبیلی معادل ۶۰ کیلومتر در ساعت می‌باشد، سرعت آن را به متر بر ثانیه تبدیل کنید؟

ــ ۲۰ متر بر دقیقه معادل چند کیلومتر در ساعت است؟

ــ جسمی با سرعت ۱۵ سانتی‌متر بر دقیقه در یک ساعت چند متر را طی خواهد نمود؟

از آنجایی که ممکن است هنرجویان اطلاعات کافی در مورد دستگاه‌ها یا اصطلاحات تخصصی نداشته باشند، برای درک بهتر مسئله لازم می‌شود اطلاعاتی در مورد مسایل داده شود. مثلاً در مورد دستگاه خشک‌کن روکش می‌توان در مدت ۱۰ دقیقه اطلاعات زیر را به هنرجویان داد.

دستگاه خشک‌کن روکش‌های چوبی

روکش‌هایی که به وسیله ماشین‌های مختلف روکش‌گیری تهیه می‌شوند، معمولاً به صورت چوب تر (چوب سبز) و یا به صورت پخته شده در حوضچه‌های پخت به وسیله آب یا بخار آب آماده روکش‌گیری شده‌اند که در هر حالت دارای مقدار زیادی رطوبت هستند، این رطوبت ممکن است در حد اشباع و یا بالاتر از آن باشد و اگر بخواهند آن‌ها را به همین صورت مرطوب به‌کار ببرند، از نظر فنی اشکالاتی به‌وجود می‌آورد. موقع خشک‌شدن آزاد، ترک بر می‌دارد بعد از کار و کشیده شدن روی سطوح مختلف آماس کرده و به شکل تاول از سطح کار کنده می‌شود، هم چنین به علت وجود رطوبت زیاد دچار قارچ‌زدگی و آفات مختلف می‌گردد. بنابراین باید با وسایل مناسبی آن‌ها را خشک نمود و رطوبت آن‌ها را به ۱۰ ــ ۸ درصد رسانید.

البته عوامل زیادی در زمان خشک‌شدن روکش‌ها مؤثر است از جمله می‌توان به ریزی و درشتی بافت چوب ــ راست تار بودن و کج تار بودن چوب ــ همگنی چوب ــ ضخامت چوب ــ برش‌های مختلف چوب، میزان رطوبت درونی چوب ــ گره چوب ــ سوزنی یا پهن برگ بودن چوب و یا عواملی دیگر مانند درجه حرارت محیط و تغییرات آن ــ میزان رطوبت نسبی محیط و تغییرات آن ــ سرعت جریان هوا و امکان تبخیر ــ فاصله ورق‌های روکش یا قطعات چوب از هم و ... اشاره کرد.

بنابراین با توجه به نکات بالا و همچنین روش‌های مختلف خشک کردن روکش باید دقت لازم را هنگام خشک کردن مبذول داشت، یکی از این روش‌ها خشک‌کردن روکش در کوره از نوع تونلی است، بدین صورت که این خشک‌کن‌ها به صورت تونل‌های نسبتاً طولانی که از اتاقک‌های متصل به هم تشکیل شده‌اند که در داخل آن‌ها یک یا چند لایه نوار (توری) مانند، به طور مستمر و پیوسته در جریان و حرکت است. روکش‌ها از یک طرف تونل به‌تدریج در روی این نوارهای متحرک چیده می‌شود و با حرکت نوار جلو می‌رود.

درجه حرارت تونل و میزان رطوبت نسبی آن با محاسبه و طراحی سازنده خشک‌کن با استفاده از انواع گرم‌کن‌ها، بادبزن‌ها و دستگاه‌های تولید رطوبت در هر اتاقک تنظیم می‌شود، به‌طوری که وقتی روکش‌ها به آخر تونل می‌رسد، به اندازه کافی خشک شده‌اند، البته سرعت روکش‌ها از داخل تونل از مهم‌ترین عوامل برای رسیدن به رطوبت نهایی خواهد بود.

سرعت حرکت روکش توسط مکانیسم‌های متفاوتی مانند چرخ‌دنده، زنجیر متحرک و غیره تنظیم می‌شود. که این تنظیم بستگی به درجه حرارت، میزان رطوبت اولیه و نهایی، رطوبت نسبی، جریان هوای بادبزن‌ها، ضخامت روکش‌ها، جنس و گونه آن‌ها و ... دارد، همچنین حرکت روکش‌ها در داخل دستگاه بسته به سیستم دستگاه خشک‌کن ممکن است به صورت عمودی

(طولی) و یا افقی (عرضی) باشد و معمولاً آخرین اتاقک دستگاه خشک‌کن ممکن است سیستم اتو و همچنین سیستم خنک‌کننده داشته باشد.

در پایان جلسه برای ارزش‌یابی و بیان خلاصه مطالب گفته شده سؤالات زیر را از هنرجویان بپرسید.

۱ــ انواع حرکت را بگویید.

۲ــ تعریف انواع حرکت را به طور جداگانه بگویید.

۳ــ تعریف سرعت چیست؟

۴ ــ انواع سرعت را نام ببرید.

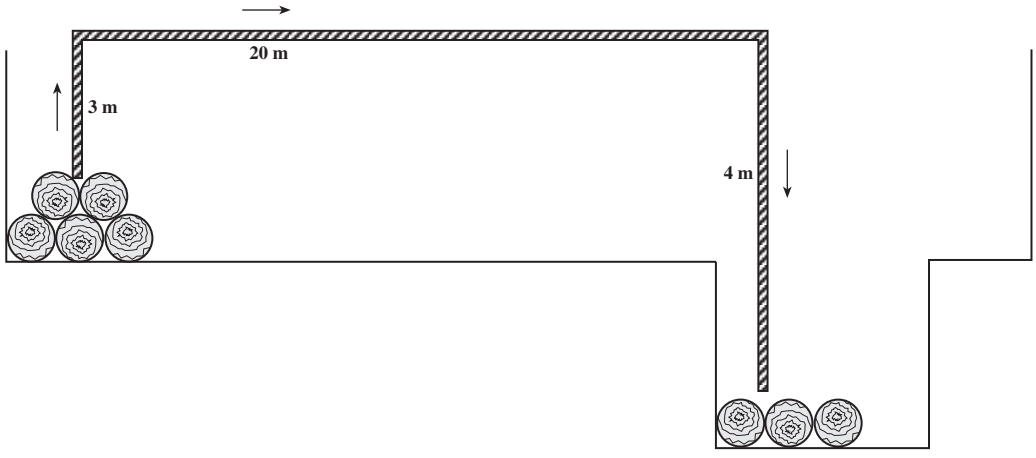
۵ــ رابطه محاسبه سرعت چیست؟

۶ــ واحدهای سرعت کدام است؟

● از دانش‌آموزان خواسته شود تمرین‌های صفحه ۶ و ۷ کتاب را برای جلسه آینده حل کنند و یادآوری می‌شود که تمرین‌های دانش‌آموزان بازبینی خواهد شد و به نظم و ترتیب در طریقه نوشتن مسایل اهمیت داده می‌شود.

● توضیحات در مورد تمرین‌های صفحه ۶ و ۷ در صورت لزوم داده شود.

ــ در مورد مسئله(۱)، شکل ۱ــ۱ گویای مطلب می‌باشد.



شکل ۱ــ۱

(در صورتی که هر شاخه زهوار ۲/۵ متر طول و جمعاً ۲۰ درصد وقت تلف شده منظور گردد.)

۶ ــ برای جا به جایی بالتهای تخته سه لایی از دو لیفتراک استفاده شده است. در مدت ۳ ساعت لیفتراک اولی ۱۲ بالت و دیگری ۱۵ بالت را در یک مسیر ۱۰۰ متری جا به جا نموده‌اند. محاسبه نمایید سرعت لیفتراک دومی چقدر بیشتر از سرعت لیفتراک اولی است؟ (در صورتی که زمان بارگیری و تخلیه هر بالت ۵ دقیقه و سرعت رفت و برگشت هر وسیله ثابت فرض شود و در هر مرتبه لیفتراک فقط یک بالت را جا به جا کند.)

۷ ــ دو اتومبیل A و B همزمان از یک نقطه، حرکت را شروع می‌کنند. بعد از مدت ۵۰ ثانیه اتومبیل A ۱۵ متر از اتومبیل B جلو می‌افتد. اگر اتومبیل B دارای سرعت متوسط ۶۰ متر بر دقیقه باشد، سرعت متوسط وسیله A و مسافت طی شده هر دو را به دست آورید.

۳ ــ ۲ ــ ۱ ــ سرعت دورانی (محیطی): سرعت حرکت اجسام دوار را «سرعت محیطی» نامند؛ مانند حرکت اره گرد، یولی دستگاه فرز، مته و غیره. اگر نقطه‌ای مانند P روی دایره‌ای به قطر d حرکت یکنواختی را انجام دهد، سرعت محیطی آن، مقدار مسافتی خواهد بود که نقطه P در واحد زمان طی می‌کند.

$$v = d.\pi.n$$

علایم اختصاری:

v : سرعت محیطی

d : قطر چرخ

n : تعداد دوران چرخ نسبت به واحد زمان (R.P.m)

مثال نمونه ۱۰: سرعت محیطی چرخ گرداننده الکتروموتور دستگاهی را به دست آورید که تعداد دور موتور آن ۲۸۵۰ دور در دقیقه و قطر یولی آن ۹۰ میلیمتر است.

$d = 9\text{۰mm} \div 1000 = 0/09\text{m}$

$n = 2850\text{l/min} \div 60 = 47/5$

$v = d.\pi.n = 0/09\text{m} \times 3/14 \times 47/5\ \text{l/s} = 13/2225 = 13/2\text{m/s}$

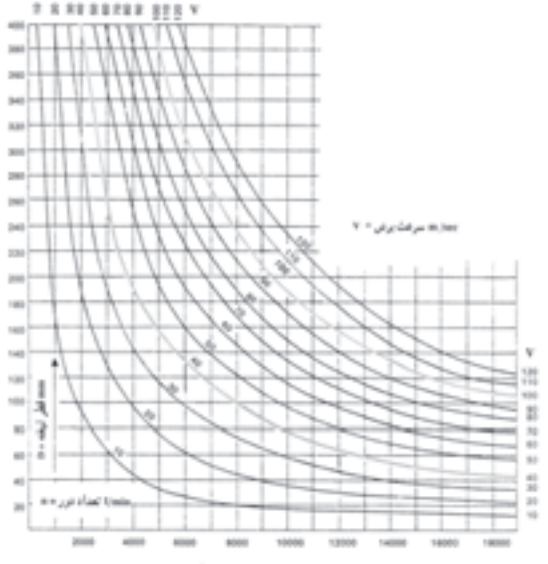
مثال نمونه ۲۰: عدهٔ دوران پره‌های هواکشی را در هر دقیقه حساب کنید، درصورتی که قطر پره‌های آن ۲۵۰ میلیمتر بوده، سرعت محیطی آن $v = 2/35\ \text{m/s}$ باشد.

$d = 25\text{۰} \div 1000 = 0/25\text{m}$

$v = 2/35\text{m/s} \times 60 = 261\text{m/min}$

$n = \frac{v}{d.\pi} \Rightarrow n = \frac{261\text{m/min}}{0/25\text{m} \times 3/14} = 185/7\ \frac{1}{\text{min}}$

حرکت



نمودار ۱ ــ ۱ ــ نمودار سرعت برش

در صنایع چوب یک سرعت برش مناسب برقی بین ۴۰m/s تا ۱۰۰m/s می‌باشد.

روش استفاده از نمودار سرعت برش

مثال: دستگاهی با تعداد دور $7000\ \frac{1}{\text{min}}$ و قطر تیغه‌ای برابر ۱۸۰mm چه سرعت برشی خواهد داشت؟

جواب: قطر تیغه را (۱۸۰mm) از ستون عمودی و تعداد دور را ($7000\ \frac{1}{\text{min}}$) از ردیف افقی انتخاب کرده بر هم عمود می‌کنیم تا منحنی مورد نظر (سرعت برش) به دست آید که در این

۲ ــ ۲ ــ ۱ ــ سرعت برش: سرعت محیطی خارجی‌ترین نقطه لبه برنده تیغه را «سرعت برش» گویند؛ به دیگر سخن، سرعت برش عبارت از طول براده یا پوستالی است که به وسیله تیغهٔ برنده، از روی سطح در واحد زمان (ثانیه) جدا می‌شود. بنابراین سرعت برش برابر است با:

$$v = d.\pi.n$$

مسأله نمونه: یک ماشین مته برقی دستی مطابق شکل (۲ ــ ۱) دارای دو دور ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ دور بر دقیقه است. اگر لازم باشد به وسیله آن و با مته‌ای به قطر ۸ میلیمتر و با سرعت برش ۲۵ متر بر دقیقه قطعه‌ای را سوراخ کنیم، ماشین را روی کدام یک از دورهای موجود باید تنظیم کرد؟

$d = 8\text{mm} \div 1000 = 0/008\text{m}$

$n = \frac{v}{d.\pi} = \frac{25\text{m/min}}{0/008\text{m} \times 3/14} = 995/2\ \frac{1}{\text{min}} \approx 1000\ \frac{1}{\text{min}}$

انتخاب می‌شود.

شکل ۲ ــ ۱ ــ مته برقی دستی

برای سرعت عمل بیشتر در امر محاسبات می‌توان از جدولهای مربوط به آن استفاده نمود؛ مثلاً برای تعیین سرعت برش می‌توان از نمودار ۱ ــ ۱ استفاده کرد.

۳

مثال: محل تقاطع بین دو منحنی ۶۰ و ۷۰ قرار می‌گیرد؛ بنابراین، سرعت برشی تقریباً معادل ۶۵ متر بر ثانیه به دست می‌آید.

در صنایع چوب با توجه به نوع ماده چوبی و جنس تیغه پیشنهاد می‌شود از سرعتهای برش جدول (۱ ــ ۱) استفاده شود.

جدول ۱ ــ ۱ ــ جدول سرعت برش

نوع تیغه / نوع چوب	تیغه از جنس HSS[2]	تیغه از جنس TC[1]
چوبهای نرم	۴۰ ــ ۸۰ m/s	۵۰ ــ ۹۰ m/s
چوبهای سخت	۴۰ ــ ۷۰ m/s	۵۰ ــ ۸۰ m/s
تخته‌های آغشته به چسب	—	۳۵ ــ ۶۰ m/s
تخته خرده چوب	—	۴۰ ــ ۸۰ m/s
تخته فیبر سخت	—	۳۰ ــ ۶۰ m/s
تخته‌های با روکش ملامینه	—	۴۰ ــ ۶۰ m/s

۱ــ TC= Tungsten Carbide

۲ــ HSS= High Speed Steel

جلسه سوم

برنامه زمان‌بندی جلسه سوم		
۱	آماده کردن کلاس شامل : احوالپرسی، حضور و غیاب، بررسی‌های اجمالی وضع ظاهری، روحی روانی هنرجویان و ...	۵
۲	دفتر تمرین هنرجویان بررسی شده، نحوه حل تمرین‌ها، مرتب بودن وتکمیل بودن آن امتیاز داده شود.	۵
۳	تمرین‌های صفحه ۶ و ۷ توسط هنرجویان روی تابلوی کلاس حل شود در صورت نیاز توضیحات کامل داده شود.	۴۰
۴	تدریس سرعت دورانی، سرعت برش و روش استفاده از نمودار سرعت برش	۴۰

حل تمرین‌های صفحه ۶ و ۷

حل تمرین ۱:

$$\begin{cases} S_1 = 3+4 = 7m \\ \overline{V}_1 = 2\,m/s \end{cases} \Rightarrow t_1 = \frac{S_1}{V_1} = \frac{7}{2} = 3/5(s)$$

مدت زمان مربوط به حرکت عمودی (جابه‌جایی عمودی)

$$\begin{cases} S_2 = 20m \\ \overline{V}_2 = 4\,m/s \end{cases} \Rightarrow t_2 = \frac{S_2}{V_2} = \frac{20}{4} = 5(s)$$

مدت زمان مربوط به حرکت افقی (جابه‌جایی افقی)

$$t = t_1 + t_2 = 3/5 + 5 = 8/5(s)$$

زمان کل جابه‌جایی

حل تمرین ۲:

$$\begin{cases} V = 3\,m/min \\ S = 3m \end{cases} \Rightarrow t_1 = \frac{S}{V} = \frac{3}{3} = 1(min)$$

مدت زمان مربوط به حرکت ورق تخته خرده چوب

زمان اضافه + زمان سنباده = زمان کامل برای هر ورق

$$= 1+1 = 2(min)$$

تعداد ورق در هر ساعت سنباده زده می‌شود $n = \frac{60}{2} = 30$

عدد در هر نوبت $7 \times 30 = 210$

حل تمرین ۳ :

$$\begin{cases} V = 0/5(\frac{m^3}{s}) & \text{سرعت تغذیه سیلو} \\ S = \frac{d^2\pi}{4} \times h = \frac{4\pi}{4} \times 5 = 5\pi(m^3) & \text{حجم سیلو} \end{cases}$$

$$\Rightarrow t = \frac{S}{V} = \frac{5\pi}{0/5} = 10\pi \simeq 31/4(s)$$ زمان پرشدن سیلو

حل تمرین ۴ :

الف)
$$\begin{cases} S = \frac{5000}{2} = 2500(m) & \text{پهنای کل روکش‌ها} \\ \overline{V} = 7/5\frac{m}{min} \times 60 = 450\frac{m}{h} & \text{سرعت حرکت} \end{cases}$$

$$\Rightarrow t = \frac{S}{V} = \frac{2500}{450} \approx 5/6(h) = 5:36'$$

زمان خشک شدن روکش‌ها

ب)
$$\begin{cases} t = 5/6(h) \\ \overline{V} = 9\frac{m}{min} \times 60 = 540\frac{m}{h} \end{cases}$$

$$\Rightarrow S = V.t = 540 \times 5/6 = 3024(m)$$

پهنای کل روکش‌ها با توجه به سرعت جدید

$$A = S.L = 3024 \times 2 = 6048m^2$$

سطح کل روکش‌هایی که می‌توانند خشک شوند

حل تمرین ۵ :

$$\begin{cases} V = ۴(m/min) \text{ سرعت پیش‌برنده} \\ t = ۴\times۶۰-(۲۴۰\times۰/۲۰) = \\ \text{زمان مفید } ۲۴۰-۴۸ = ۱۹۲\,min \end{cases}$$

$$\Rightarrow S = V.t = ۴\times۱۹۲ = ۷۶۸(m)$$ طول کل زهوارها

$$۷۶۸ \div ۲/۵ = ۳۰۷$$

تعداد شاخه زهوار که می‌تواند افزار بخورد

به شکل‌های ۱۵ــ۱ و ۱۹ــ۱ اشاره شود.

حل تمرین ۶ :

$$t = ۳\times۶۰ = ۱۸۰(min)$$ لیفتراک اول

$$\begin{cases} t_۱ = ۱۸۰-(۱۲\times۵) = ۱۲۰(min) \\ S_۱ = (۱۰۰+۱۰۰)\times۱۲ = ۲۴۰۰(m) \end{cases}$$

$$\Rightarrow V_۱ = \frac{S_۱}{t_۱} = \frac{۲۴۰۰}{۱۲۰} = ۲۰\,m/min$$

$$\text{لیفتراک دوم} \begin{cases} S_۲ = (۱۰۰+۱۰۰)\times۱۵ = ۳۰۰۰(m) \\ t_۲ = ۱۸۰-(۱۵\times۵) = ۱۰۵(min) \end{cases}$$

$$\Rightarrow V_۲ = \frac{S_۲}{t_۲} = \frac{۳۰۰۰}{۱۰۵} = ۲۸/۶(m/min)$$

تفاوت سرعت‌های این دو لیفتراک

$$= V_۲ - V_۱ = ۲۸/۶ - ۲۰ = ۸/۶\,m/min$$

حل تمرین ۷ :

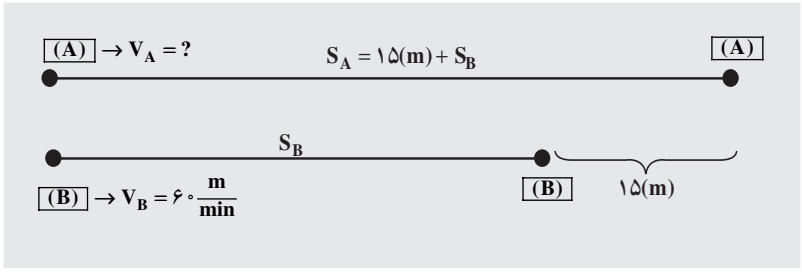
$$\text{اتومبیل B} \Rightarrow \begin{cases} \overline{V}_B = ۶۰\frac{m}{min}\times\frac{۱}{۶۰} = ۱(m/s) \\ t_B = ۵۰(s) \end{cases}$$

$$\Rightarrow S_B = \overline{V}t = ۱\times۵۰ = ۵۰m$$

مسافتی که اتومبیل B طی می‌کند

$$\text{اتومبیل A} \Rightarrow \begin{cases} S_A = ۶۰S_B + ۱۵ = ۵۰+۱۵ = ۶۵(m) \\ t_A = ۵۰(s) \end{cases}$$

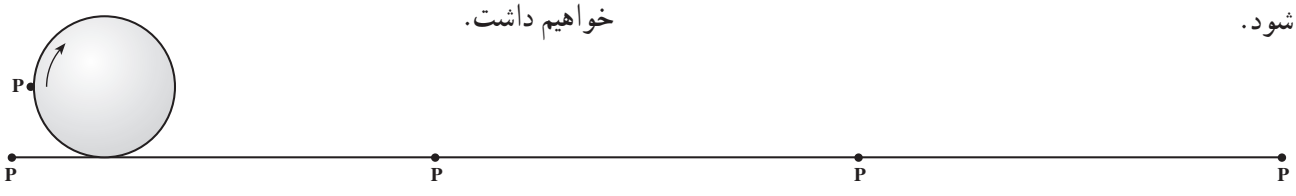
$$\Rightarrow V_A = \frac{S_A}{t_A} = \frac{۶۵}{۵۰} = ۱/۳\frac{m}{s} = ۷۸\frac{m}{min}$$



سرعت دورانی (محیطی)

از هنرجویان سؤال شود منظور از سرعت محیطی چیست؟ با ذکر چند مثال نظرات هنرجویان را روی تابلو نوشته و در مورد صحت آن بحث شود سپس تعریف دقیق آن از روی کتاب بیان شود.

رابطه سرعت دورانی با سرعت خطی: اگر یک نقطه در انتهای قطر دایره‌ای را P بنامیم و آن دایره را روی خط مستقیمی دوران دهیم مقدار مسافت طی شده نقطه P برابر خواهد بود با تعداد محیط دایره که به دوران درآمده است که مطابق شکل خواهیم داشت.



شکل ۲ــ۱

تعداد دوران × (محیط دایره) = مسافت طی شده نقطه P

و اگر تعداد دوران را نسبت به واحد زمان درنظر بگیریم

$$\text{سرعت دورانی} = \text{محیط دایره} \times \frac{\text{تعداد دوران}}{\text{واحد زمان}}$$

پس : $v = d.\pi.n$

n = تعداد دوران در واحد زمان d = قطر دایره

π = عدد پی v = سرعت

واحد سرعت محیطی: معمولاً در الکتروموتورها (n) تعداد دوران در هر دقیقه است و اگر واحد محیط پولی یا جسم دوار را (m) متر درنظر بگیریم واحد سرعت $\frac{m}{min}$ خواهد بود که در صورت نیاز قابل تبدیل به واحدهای دیگر سرعت می‌باشد.

سرعت برش

ماشین آلات برنده دوار را نام ببرید.

۱ــ اره گرد

۲ــ کف رند

۳ــ گندگی

۴ــ فرز

۵ــ دریل و ...

آیا کم یا زیاد بودن سرعت برش ماشین‌آلات در کیفیت کار مؤثر است؟

سرعت حرکت تیغه برنده چه نقشی در کیفیت کار دارد؟

بنابراین لازم است که سرعت برش و مسایل برنده را محاسبه نماییم.

تعریف: سرعت محیط خارجی‌ترین نقطه لبه برنده تیغه را سرعت برش گویند که با سرعت محیطی یا سرعت دورانی هماهنگی بسیار دارد بنابراین برای محاسبه سرعت برش وسایل برنده از همان رابطه محاسبه سرعت محیطی استفاده می‌کنیم، پس

$v = d.\pi.n$

n = تعداد دوران π = عدد پی

d = قطر تیغه v = سرعت برش

واحد سرعت برش: معمول است که سرعت برش را به‌حسب متر بر ثانیه $(\frac{m}{s})$ اندازه می‌گیرند. چون تعداد دوران معمولاً برحسب $\frac{۱}{min}$ داده می‌شود لازم می‌شود که ابتدا تعداد دوران را تقسیم بر ۶۰ نمود که واحد زمان ثانیه شود، سپس با احتساب قطر برحسب (m) متر واحد سرعت موردنظر به‌دست می‌آید.

مثال: اره گردی به قطر ۲۴ سانتی‌متر و با تعداد دور $(\frac{۱}{min})$ ۶۰۰۰ چه سرعت برشی خواهد داشت؟

$d = ۲۴ \div ۱۰۰ = ۰/۲۴(m)$

$n = ۶۰۰۰ \div ۶۰ = ۱۰۰(\frac{۱}{s})$

$v = d.\pi.n = (۰/۲۴)(\pi)(۱۰۰) = ۷۵/۳۶(\frac{m}{s})$

نمودار مربوط به سرعت برش

مزایای نمودار چیست؟

تابلو

۱ــ نیاز به محاسبه ندارد.

۲ــ در زمان صرفه‌جویی می‌شود.

۳ــ با تغییر یک کمیت وضعیت کمیت‌های دیگر به‌راحتی مشخص می‌شود.

با توجه به اهمیت سرعت برش، لازم است با استفاده از نمودارهای که معمولاً روی بدنه ماشین‌آلات یا در دفترچه راهنمای آن‌ها وجود دارد نسبت به تنظیم سرعت برش آن‌ها اقدام نمایید.

طریقه استفاده از نمودار

از بین سه کمیت، سرعت برش (v) تعداد دوران (n) و قطر تیغه (d) لازم است دو کمیت موجود باشد که با رسم خطوط افقی و عمودی از روی این دو، کمیت سوم به‌دست می‌آید.

البته ممکن است که جواب مربوط به‌صورت تقریبی به‌دست آید.

ــ در صنعت چوب یک سرعت برش مناسب معمولاً سرعت برشی بین ۴۰ تا ۱۰۰ متر بر ثانیه می‌باشد.

مثال:

ــ در صورت ثابت بودن تعداد دوران با افزایش قطر، سرعت برش افزایش می‌یابد.

ــ در صورت ثابت بودن قطر با افزایش تعداد دوران، سرعت برش افزایش می‌یابد.

ــ در صورت ثابت بودن سرعت برش با افزایش تعداد دوران، قطر کاهش می‌یابد.

توجه: برای استفاده از نمودار باید واحد قطر mm و واحد تعداد دوران $(\frac{۱}{\min})$ و واحد سرعت برش $(\frac{m}{s})$ باشد.

● **کیفیت برش به‌ویژه در اره گرد به چه عواملی بستگی دارد؟**

۱ــ سرعت برش

۲ــ سرعت پیشبرد کار

۳ــ نوع و جنس تیغه

۴ــ نوع دندانه تیغه

۵ــ نوع ماده چوبی

● همان‌طور که در بالا اشاره شد دو عامل جنس تیغه و نوع ماده چوبی در کیفیت برش مؤثر هستند و برای تعیین سرعت برش این دو عامل با یکدیگر ارتباط دارند که با توجه به این دو عامل از روی جدول (۱ــ۱) می‌توان سرعت برش را تعیین نمود.

احتیاط: تیغه‌های برش با توجه به جنس آن‌ها دوران‌های خاصی را می‌توانند تحمل کنند، لذا سرعت بیش از حد ممکن، باعث متلاشی شدن آن‌ها می‌گردد.

ــ بعد از اتمام تدریس هنرجویان را در گروه‌های مختلفی تقسیم‌بندی نمایید و از هر گروه بخواهید سرعت برش دستگاه‌های موجود در کارگاه را محاسبه نمایند.

ــ تعیین کنید که برای جلسه آینده حل تمرین‌های صفحه ۱۱ که شامل ۸ مسئله می‌باشد را به‌طور خوانا، تکمیل و مرتب در دفتر مربوطه بنویسند.

تمرین

۱ ــ دستگاه سنگ تیغ نیزکنی دو طرفه دارای ۳۰۰۰r/min است. اگر قطر یکی از سنگها ۱۲cm و دیگری ۱۵cm باشد، اختلاف سرعت محیطی دو سنگ را به دست آورید.

۲ ــ فرز برقی دستی با ۲۷۰۰۰ دور در دقیقه موجود است. اگر از تیغ فرزهای با قطرهای داده شده استفاده شود سرعت محیطی برای هر تیغ را به دست آورید:

$d_1 = 12mm$ $d_2 = 25mm$

$d_3 = 18mm$ $d_4 = 30mm$

۳ ــ جهت برش صفحات تخته خرده چوب نیاز به سرعت برشی معادل ۷۰m/s است. اگر تعداد دور میله گردنده دستگاه اره گرد ۴۵۰۰ دور در دقیقه باشد، تیغه اره گرد چه قطری باید داشته باشد؟

۴ ــ سرعت برش ماشین اره‌گردی را با مشخصات زیر محاسبه کرده و با پیرعت به‌دست آمده از نمودار (۱ ــ ۱) مقایسه نمایید.

قطر تیغه اره	تعداد دور
mm	r/min
۳۰۰	۳۲۰۰
۴۰۰	۴۵۰۰

۵ ــ قطر تیغه اره گردی را به دست آورید. (در صورتی که سرعت محیطی آن ۱۲ متر بر ثانیه و تعداد دوران آن ۵۰۰ دور در دقیقه باشد).

۶ ــ تعداد دور یک دستگاه اره گرد ۴۵۰۰ دور در دقیقه است. اگر قطر اره گرد ۴۰۰ میلیمتر باشد، سرعت برش تیغه اره گرد چقدر است؟

۷ ــ اگر تعداد دور محور یک ماشین رنده ۳۰۰۰ دور در دقیقه و قطر آن ۱۴۰ میلیمتر باشد، سرعت برش تیغه رنده را محاسبه کنید.

۸ ــ دستگاه فرزی برای انجام اتصال گرات تنظیم شده است. اگر قطر تیغه فرز ۱۵ میلیمتر و سرعت برش ۲۵ متر بر ثانیه باشد تعداد دوران دستگاه چقدر است؟

۳ ــ ۱ ــ پیشبرد کار در ماشینهای صنایع چوب

مقدار برشی که یک ماشین صنایع چوبی در واحد زمان (دقیقه) انجام می‌دهد، تحت عنوان «سرعت پیشبرد کار» مطرح است و به طور کلی نوعی از سرعت بکنواخت محسوب می‌شود:

بنابراین، رابطهٔ محاسبهٔ سرعت پیشبرد کار بدین شرح است:

$$S = \frac{L}{\frac{t}{1}}$$

علایم اختصاری:

S : سرعت پیشبرد کار بر حسب متر بر دقیقه (m/min)

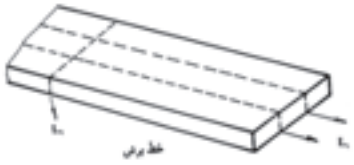
L : طول برش بر حسب متر (m)

t : زمان انجام برش بر حسب دقیقه (min)

سرعت پیشبرد کار به عواملی از جمله موارد زیر بستگی دارد:

۱ــ سرعت برش. ۲ ــ ضخامت و نوع چوب. ۳ ــ تعداد تیغه و کیفیت برش آنها.
۴ ــ دقت مورد انتظار از کار انجام شده. ۵ ــ مقدار نیرویی که به قطعه کار وارد می‌شود.

مثال نمونه: تعداد ۱۰ عدد تخته به طول ۵ متر و به عرض ۲۲ سانتیمتر موجود است. اگر بخواهیم آنها را به قطعاتی به طول ۲/۵ متر و عرض ۷ سانتیمتر تبدیل کنیم (مطابق شکل ۳ ــ ۱)، در صورتی که سرعت پیشبرد کار ۴ متر بر دقیقه و اتلاف وقت ۲۰٪ منظور گردد زمان انجام کار را محاسبه نمایید.



شکل ۳ ــ ۱

حل:

برش طولی $L_1 = 10 \times 5 \times 2 = 100\ m$

برش عرضی $L_2 = 22 \times 10 = 220\ cm = 2/2\ m$

جلسه چهارم

برنامه زمان‌بندی جلسه چهارم		
۱	آماده کردن کلاس	۱۰
۲	حل تمرین‌های جلسه گذشته	۴۰
۳	تدریس پیشبرد کار در ماشین‌های صنایع چوب	۴۰

بعد از حضور و غیاب و آماده کردن کلاس دفتر تکالیف هنرجویان بازبینی می‌شود و اقدام در مورد افرادی که تکلیف نداشته‌اند یا کامل و مرتب ننوشته‌اند صورت گیرد و هنرجویان زرنگ مورد تشویق قرار گیرند.

تابلو

سپس از هنرجویان خواسته شود که به ترتیب تمرین‌های مربوطه را روی تابلو حل نمایند و توضیحات لازم داده شود.

حل تمرین ۱:

$$V_1 = d_1.\pi.n$$

$$V_1 = \frac{12}{100} \times \pi \times 3000 = 360\pi(m/min)$$

$$V_1 = d_2.\pi.n$$

$$V_1 = \frac{15}{100} \times \pi \times 3000 = 450\pi(m/min)$$

$$V_2 - V_1 = 450\pi - 360\pi = 90\pi = 282/6\ m/min$$

حل تمرین ۲:

$$V = d.\pi.n$$

$$V_1 = \frac{15}{1000} \times \pi \times 27000 = 1271/7(m/min)$$

$$V_2 = \frac{18}{1000} \times \pi \times 27000 = 1441/26(m/min)$$

$$V_3 = \frac{25}{1000} \times \pi \times 27000 = 2119/5(m/min)$$

$$V_4 = \frac{30}{1000} \times \pi \times 27000 = 2543/4(m/min)$$

حل تمرین ۳:

$$d = \frac{V}{\pi.n} \Rightarrow d = \frac{70 \times 60}{\pi.4500} = 0/297(m)$$

$$0/297 \times 100 = 29/7 \approx 30cm$$

حل تمرین ۴:

$$V = d.\pi.n$$

$$V_1 = \frac{300}{1000} \times \pi \times \frac{32000}{60} = 50/24(m/s)$$

$$V_1 = \frac{400}{1000} \times \pi \times \frac{25000}{60} = 52/33(m/s)$$

حل تمرین ۵:

$$d = \frac{V}{\pi.n} \Rightarrow d = \frac{(12 \times 60)}{\pi.500} = 0/458(m) \approx 46cm$$

حل تمرین ۶:

$$V = d.\pi.n = \frac{400}{1000} \times \pi \times \frac{25000}{60} = 52(m/s)$$

حل تمرین ۷:

$$V = d.\pi.n = \frac{۱۴۰}{۱۰۰۰} \times \pi \times \frac{۳۰۰۰}{۶۰} = ۲۱/۹۸(m/s)$$

حل تمرین ۸:

$$n = \frac{V}{d.\pi} = \frac{۲۵ \times ۶۰}{\frac{۱۵}{۱۰۰۰} \times \pi} = ۳۱۸۴۷(\frac{۱}{min})$$

پیشبرد کار در ماشین‌های صنایع چوب

سرعت حرکت قطعه کار از جلو تیغه‌های برنده را سرعت پیشبرد کار گویند.

- سرعت پیشبرد کار چه نقشی در کیفیت برش دارد؟
- اگر سرعت پیشبرد قطعه کار بیش از حد معمول باشد چه اتفاقی می‌افتد؟
- اگر سرعت پیشبرد قطعه کار کمتر از حد نیاز باشد چه مشکلی خواهد داشت؟
- سرعت پیشبرد کار به چه عواملی بستگی دارد؟

پاسخ پرسش‌های فوق را از دانش‌آموزان خواسته و آن‌ها را در جهت اهداف سرعت پیشبرد کار هدایت نمایید. به‌طوری که در پایان نتیجه شود برای کیفیت بهتر در برش باید سرعت پیشبرد کار را تنظیم کرد.

روابط: حرکت قطعه کار از مقابل تیغه‌های برنده شباهت بسیار با مبحث حرکت اشیاء دارد، بنابراین رابطه آن با رابطه حرکت یکی می‌باشد و فقط علائم آن متفاوت است.

سرعت پیشبرد کار را با S طول قطعه کار که قرار است از مقابل تیغه عبور کند (همان مسافت طی شده) با L و زمان را با t نمایش می‌دهیم بنابراین :

$$S = \frac{L}{t}$$

البته این حرکت معمولاً حرکتی کند می‌باشد که واحد آن را متر بر دقیقه انتخاب می‌کنیم پس واحد طول (متر) و واحد زمان (دقیقه) درنظر گرفته می‌شود.

در مورد مثال نمونه صفحه ۱۲ توضیح داده شود که طول تخته‌ها را باید از وسط برش زد (یک برش عرضی) و همچنین باید از پهنا به سه قسمت تبدیل نمود (دو برش طولی) بعد از پایان تدریس به سؤالات هنرجویان پاسخ داده، آن‌گاه کارهای تحقیقی هنرجویان که به‌صورت گروهی قرار بود صورت گیرد (به‌دست آوردن سرعت برش دستگاه‌های مختلف موجود در کارگاه) بررسی شود. در صورت امکان بهترین آن‌ها به عنوان تشویق در کلاس مطرح شود. در نهایت برای تکلیف جلسه آینده (حل تمرین‌های صفحه ۱۳ ، ۱۴ و ۱۵) تأکید شود.

مقدار برش $L = L_1 + L_2 = ۱۰۰ + ۲/۲ = ۱۰۲/۲ m$

$S = \frac{L}{t} \Rightarrow t = \frac{L}{s} = \frac{۱۰۲/۲}{۲} = ۲۵/۵۵ min$

$۲۵/۵۵ + (۲۵/۵۵ \times \frac{۲۰}{۱۰۰}) = ۲۵/۵۵ + ۵/۱۱ = ۳۰/۶۶ min$

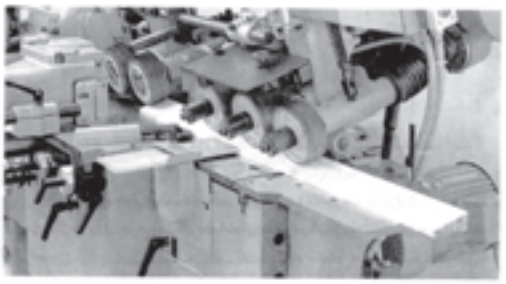
تمرین

۱ ــ قطعه کاری را به دو روش می‌توانیم آماده کنیم. از این دو حالتی که ذکر می‌شود، کدام یک زمان کمتری را می‌برد؟

الف) ۳۰ متر برش به وسیله اره نواری با سرعت پیشرو ۱۲ متر بر دقیقه، همچنین ۶۰ متر رنده کاری با سرعت پیشرو ۱۵ متر بر دقیقه.

ب) ۳۰ متر برش به وسیله اره مجموعه با تیغهٔ المانیه و سرعت پیشرو ۸ متر بر دقیقه.

۲ ــ سرعت پیشرو یک دستگاه فرز مطابق شکل (۲ ــ ۱) ۲ متر بر دقیقه است. اگر ۲۰٪ اتلاف وقت منظور گردد، این دستگاه در هر ساعت چند متر کار را افزار می‌زند.



شکل ۲ ــ ۱ ــ دستگاه فرز اتوماتیک

۳ ــ لوله ۱۰ عدد صفحه می‌گردد به قطر ۹۵ سانتیمتر را می‌خواهیم افزار بزنیم. اگر سرعت پیشرو دستگاه فرز ۲/۵ متر بر دقیقه باشد و زمان آماده سازی قبل از فرزکاری برای هر صفحه ۲ دقیقه در نظر گرفته شود، زمان انجام کار را در مجموع تعیین نمایید.

حرکت

دوم ۱۵ درصد اتلاف وقت در نظر گرفته شود.

۷ ــ برای ساخت پنجره‌ای مطابق شکل (۷ ــ ۱) باید ۸ قطعه چوب یک‌متری از جهار طرف رنده شود. برای رنده کردن چوب ۲۰ پنجره با توجه به دو حالت زیر چه زمانی صرف می‌شود:

الف) پیشروی کار ۱۵ متر بر دقیقه و قطعات ۴ تا ۴ تا از زیر ماشین عبور داده شوند و ۲۰ درصد اتلاف وقت لازم باشد.

ب) پیشروی کار ۸ متر بر دقیقه و همزمان ۶ قطعه با هم رنده شوند و ۲۵ درصد اتلاف وقت در نظر گرفته شود.

شکل ۷ ــ ۱ ــ پنجره

۲ ــ ۱ ــ مقدار برش هر دندانه اره یا تیغه رنده

۱ ــ ۲ ــ ۱ ــ طول برش هر دندانه اره: هنگام برش، یکی از عوامل ایجاد سطحی مطلوب، تعداد دندانه‌های تیغه اره است، زیرا اگر تعداد دندانه‌های تیغه اره کم باشد مقدار برش هر دندانه افزایش یافته سطحی ناصاف ایجاد خواهد شد و بر عکس، اگر تعداد دندانه‌های تیغه اره افزایش یابد مقدار برش هر دندانه کاهش یافته، سطحی صاف به دست می‌آید؛ البته صحبت این مطلب هنگامی مشهودتر است که سرعت پیشرو کار و سرعت برش تیغه، ثابت در نظر گرفته شود.

بنابراین، برای ایجاد سطحی مطلوب در هنگام برش، با در نظر گرفتن تعداد دندانه‌ها می‌توان مقدار برش هر دندانه را با توجه به این رابطه محاسبه نمود:

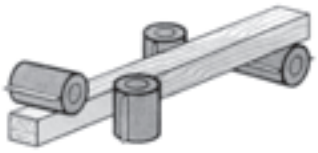
$$t = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n.z}$$

۴ ــ برای پوشش دیواری به تعدادی تخته نیازمندیم. با توجه به کارهای پیشنهادی، زمان ساخت قطعات پوششی را مطابق با شکل (۵ ــ ۱) محاسبه نمایید.

شکل ۵ ــ ۱ ــ مقطع قطعات پوششی

الف) ۴۰ متر برش توسط اره نواری با سرعت پیشرو ۱۰ متر بر دقیقه؛
ب) ۸۰ متر رنده‌کاری با سرعت پیشرو ۵ متر بر دقیقه؛
ج) ۸۰ متر فرزکاری با سرعت پیشرو ۳ متر بر دقیقه؛
در مجموع ۲۰٪ زمان برای جا به جا کردن قطعات افزوده شود.

۵ ــ تعدادی قطعه کار جمعاً به طول ۱۲۰ متر باید از ۴ طرف رنده شوند. برای انجام دادن این کار دو حالت (الف و ب) را بررسی کنید:



شکل ۶ ــ ۱ ــ چهار طرف رنده

الف) دستگاه چهار طرف رنده مطابق شکل (۶ ــ ۱) با سرعت پیشرو ۵ متر بر دقیقه که ۱۰ درصد زمان برای جا به جا کردن قطعات افزوده می‌شود و هزینهٔ دستگاه در هر ساعت ۲۰۰۰ ریال است.

ب) دستگاه گندگی (یک طرف رنده) با سرعت پیشرو ۱۰ متر بر دقیقه و ۲۰ درصد زمان تلف شده برای جا به جا کردن قطعات است که هزینه دستگاه در هر ساعت ۲۵۰۰ ریال می‌باشد.

۶ ــ در یک ماشین رنده ضخامت‌گیر غلتکی سرعت پیشرو کار ۶ متر در دقیقه تنظیم شده است. هرگاه تغییراتی در غلتکهای آن داده شود ممکن است سرعت پیشرو کار دو برابر گردد. معلوم کنید در هر دو حالت چند مترمربع در ساعت می‌توان کار انجام داد. چنانچه عرض صفحه ماشین ۷۰۰ میلیمتر باشد و از ۶۰ درصد آن بتوان استفاده نمود و برای حالت اول ۱۰ درصد و حالت

۵

علایم اختصاری:

t: مقدار برش هر دندانه (mm)

S: سرعت پیشرو کار (m/min)

z: تعداد دندانه

n: تعداد دور دستگاه (t/min)

مثال نمونه ۱۰: تعداد دور دستگاه اره گردی $n = ۱۲۰۰$ t/min می‌باشد، اگر سرعت پیشرو کاری $S = ۲۰$ m/min و تعداد دندانه‌های تیغه اره ۵۰ عدد باشد، مقدار برش هر دندانه را به دست آورید.

$$t = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n.z} \Rightarrow t = \frac{۲۰ \times ۱۰۰۰}{۱۲۰۰ \times ۵۰} = ۰/۳۳ mm$$

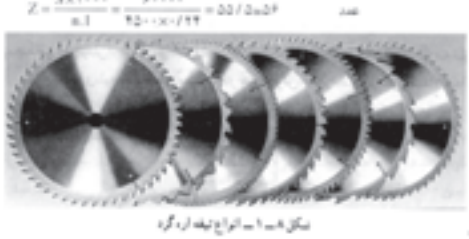
مقدار برش هر دندانه باید نسبت به نوع ماده اولیه انتخاب شود تا کیفیت برش به حد مطلوب برسد. در جدول (۲ ــ ۱) مقدار برش تعدادی از ماده اولیهٔ چوبی نمایان است.

جدول ۲ ــ ۱ ــ مقدار برش هر دندانه اره نسبت به ماده اولیه

ماده اولیه چوبی	چوب ماشین م برای الوار	تخته فرده چوب	تخته لایه	چوبهای فشرده mm	چوبهای پرکاس mm	صفحات پارتکس میلیمتر
مقدار برش هر تیغه t mm	۰/۱۰ ــ ۰/۲۰	۰/۱۵ ــ ۰/۲۵	۰/۱۵ ــ ۰/۲۵	۰/۰۴ ــ ۰/۰۸	۰/۰۴ ــ ۰/۱۰	۰/۰۴ ــ ۰/۰۸

مثال نمونه ۲۰: دستگاه اره گردی با تعداد دور $n = ۲۵۰۰$ t/min موجود است. قرار است صفحات تخته خرده چوبی را با سرعت پیشرو کار $S = ۶۰$ m/min برش بزنیم. اگر مقدار برش هر دندانه $t = ۰/۲۲ mm$ در نظر گرفته شود، تعداد دندانه‌های تیغه اره را محاسبه نمایید.

$$Z = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n.t} = \frac{۶۰۰۰۰}{۲۵۰۰ \times ۰/۲۲} = ۵۴/۵ \approx ۵۴ \quad \text{عدد}$$



شکل ۸ ــ ۱ ــ انواع تیغه اره گرد

جلسه پنجم

برنامه زمان‌بندی جلسه پنجم		
۱	آماده‌سازی کلاس با حضور و غیاب و بررسی حالات هنرجویان صورت گیرد.	۵
۲	تکالیف مربوطه از لحاظ مرتب بودن، نظم و ترتیب، درست بودن حل مسئله و ... بررسی شده و در دفتر یادداشت موارد تشویق و کم‌کاری ذکر شود.	۵
۳	از هنرجویان خواسته شود که تمرین‌های مربوطه را روی تابلو نوشته و تمرینات یک به یک بررسی و سؤالات آن‌ها پاسخ داده شود.	۴۰
۴	تدریس مقدار برش هر دندانه اره یا تیغه رنده از طریق فرمول و نمودار	۴۰

حل تمرین صفحه ۱۳

حل تمرین ۱:

الف) $t_1 = \frac{L}{S} \Rightarrow t_1 = \frac{۳۰}{۱۲} = ۲/۵ \min$

$t_2 = \frac{۶۰}{۱۵} = ۴ \min$

$t = t_1 + t_2 = ۲/۵ + ۴ = ۶/۵ \min$

ب) $t = \frac{L}{s} \Rightarrow t = \frac{۳۰}{۸} = ۳/۷۵ \min$

$t_{(ب)} < t_{(الف)}$

حل تمرین ۲:

$t = ۶۰ - (۶۰ \times \frac{۲۰}{۱۰۰}) = ۴۸ \min$

$L = S.t \Rightarrow L = ۴ \times ۴۸ = ۱۹۲ m$

حل تمرین ۳:

$L = \frac{۹۵ \times ۳/۱۴ \times ۱۰}{۱۰۰} = ۲۹/۸۳ m$

$t_1 = \frac{L}{S} = \frac{۲۹/۸۳}{۲/۵} = ۱۱/۹۳ \min$

$t_2 = ۲ \times ۱۰ = ۲۰ \min$

$t = ۱۱/۹۳ + ۲۰ = ۳۱/۹۳ \min$

حل تمرین ۴:

$t_1 = \frac{L}{s} \Rightarrow t_1 = \frac{۴۰}{۱۰} = ۴ \min$ و

$t_2 == \frac{۸۰}{۵} = ۱۶ \min$ و

$t_3 = \frac{۸۰}{۳} = ۲۶/۶۷ \min$

$t = t_1 + t_2 + t_3 \Rightarrow ۴ + ۱۶ + ۲۶/۶۷ = ۴۶/۶۷ \min$ و

$T = ۴۶/۶۷ + (۴۶/۴۷ \times \frac{۲۰}{۱۰۰}) = ۵۶ \min$

حل تمرین ۵:

$t = \frac{L}{s} \Rightarrow t_1 = \frac{۱۲۰}{۵} = ۲۴$

$۲۴ + (۲۴ \times \frac{۱۰}{۱۰۰}) = ۲۶/۴ \min$

$\frac{۲۶/۴}{۶۰} \times ۴۰۰۰ = ۱۷۶۰$ ریال

$t = \frac{L}{s} \Rightarrow t = \frac{۱۲۰ \times ۴}{۱۰} = ۴۸ \min$

$۴۸ + (۴۸ \times \frac{۲۰}{۱۰۰}) = ۵۸/۶ \min$

$\frac{۵۸/۶}{۶۰} \times ۲۵۰۰ = ۲۴۴۲$ ریال

در خصوص مسئله ۵ توضیح داده شود که به دستگاه چهار طرف رنده همزمان می‌تواند چهار طرف قطعه کار را رنده نماید (اشاره به شکل‌های صفحات ۱۳، ۲۲ و ۲۸). در صورتی که دستگاه یک طرف رنده هر بار فقط یک طرف قطعه کار رنده

می‌شود و به ناچار برای این که چهار طرف قطعه کار را بتوانیم رنده نماییم باید چهار مرتبه قطعه کار را از زیر دستگاه عبور دهیم.

در نهایت با توجه به این که دستگاه چهار طرف رنده هزینه بیشتری دارد ولی چون زمان کمتری را صرف می‌کند نتیجتاً هزینه نهایی کمتر خواهد بود.

حل تمرین۶:

$$S_1 = ۶\,m/min \quad , \quad S_2 = ۱۲\,m/min$$

$$t_1 = ۶۰ - (۶۰ \times \frac{۱۰}{۱۰۰}) = ۵۴\,min$$

$$t_2 = ۶۰ - (۶۰ \times \frac{۱۵}{۱۰۰}) = ۵۱\,min$$

$$L_1 = S_1 t_1 = ۶ \times ۵۴ = ۳۲۴m$$

$$L_2 = S_2 t_2 = ۱۲ \times ۵۱ = ۶۱۲m$$

$$b = ۷۰۰ \times \frac{۶۰}{۱۰۰} = ۴۲۰mm = ۰/۴۲m$$

$$A_1 = L_1 \times b = ۳۲۴ \times ۰/۴۲ = ۱۳۶/۰۸m^2$$

$$A_2 = L_2 \times b = ۶۱۲ \times ۰/۴۲ = ۲۵۷/۰۴m^2$$

حل تمرین ۷:

الف) $$L = \frac{۴۰ \times ۸ \times ۴}{۴} = ۳۲۰m$$

$$t_1 = \frac{L}{s} = \frac{۳۲۰}{۱۵} = ۲۱/۳۳\,min$$

$$t_2 = ۲۱/۳ \times \frac{۲۰}{۱۰۰} = ۴/۲۷\,min$$

$$T = t_1 + t_2 = ۲۱/۳۳ + ۴/۲۷ = ۲۵/۶\,min$$

ب) $$L = \frac{۴۰ \times ۸ \times ۴}{۶} = ۲۱۳/۳m$$

$$t_1 = \frac{L}{s} = \frac{۲۱۳/۳}{۸} = ۲۶/۶۷\,min$$

$$t_2 = ۲۶/۶۷ \times \frac{۲۵}{۱۰۰} = ۶/۶۷\,min$$

$$T = t_1 + t_2 = ۲۶/۶۷ + ۶/۶۷ = ۳۳/۳۴\,min$$

درخصوص مسئله ۷ توضیح داده شود که : از دستگاه گندگی معمولی برای رنده کردن قطعات استفاده می‌شود. در این دستگاه غلتکهای پیش‌برنده قطعات را به‌طرف جلو هدایت می‌کنند. حرکت این غلتکها قابل تنظیم بوده به‌طوری‌که می‌توان سرعت پیشبرد کار را مطابق با نوع چوب، عرض قطعه کار و ضخامت برداشت پوشال تنظیم نمود. بنابراین در حالت (الف) چون همزمان ۴ عدد قطعه کار از دستگاه عبور داده می‌شود. نسبت به حالت (ب) که همزمان ۶ قطعه کار عبور می‌کند، عرض کمتری دارد، می‌توان سرعت پیشبرد بیشتری داشته باشد ولی در عوض اتلاف وقت حالت (ب) برای تنظیم ۶ قطعه نسبت به حالت (الف) بیشتر خواهد بود.

مقدار برش هر دندانه اره یا تیغه رنده

از هنرجو سؤال شود :

ـ هنگام برش توسط اره گرد نقش دندانه‌ها چیست؟

ـ آیا تعداد دندانه‌ها در کیفیت برش مؤثر است؟

ـ وظیفه هر دندانه در برش قطعه کار چیست؟

ـ اگر تعداد دندانه‌ها را کم کنیم نقش هر دندانه چه تغییری می‌کند؟

ـ اگر تعداد دندانه‌ها را زیاد کنیم نقش هر دندانه چه تغییری می‌کند.

از سؤالات بالا نتیجه می‌شود که هر دندانه مقداری از برش را به‌عهده می‌گیرد به‌طوری که هر چه این وظیفه کمتر باشد کیفیت کار بالاتر خواهد بود البته در صورتی که سرعت پیشبرد کار و سرعت برش تیغه ثابت درنظر گرفته شود. بنابراین مقدار برش هر دندانه برای ایجاد سطحی مطلوب مؤثر است، که این مقدار برش را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود.

$$l = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n.z}$$

توجه: چون واحد (S) سرعت پیشبرد کار متر بر دقیقه می‌باشد، آن را در ۱۰۰۰ ضرب کرده تا واحد آن برحسب میلی‌متر بر دقیقه شود و در نهایت واحد برش هر دندانه (l) برحسب میلی‌متر محاسبه گردد. بنابراین ضریب ۱۰۰۰ فقط نقش تبدیل واحد را دارد.

البته در رابطه بالا چهار کمیت وجود دارد که از بین این چهار کمیت، سه‌تای آن‌ها معلوم باشد می‌توان کمیت دیگر را محاسبه نمود. چرا که ممکن است مقدار برش هر دندانه معلوم باشد و نسبت به این مقدار بخواهیم سرعت برش و یا تعداد دندانه‌ها را تنظیم نماییم.

مثال: چه سرعت پیشبردی داشته باشیم تا مقدار برش هر دندانه عدد موردنظر باشد چرا که با افزایش سرعت پیشبرد مقدار برش هر دندانه نیز افزایش یافته به‌عکس.

از طرف دیگر همان‌طور که گفته شد با افزایش تعداد دندانه‌ها مقدار برش هر دندانه کاهش می‌یابد.

خلاصه این که مقدار هر دندانه نسبت به سرعت پیشبرد کار رابطه مستقیم و نسبت به تعداد دندانه‌ها و تعداد دور دستگاه رابطه غیرمستقیم دارد.

ــ مثال‌های نمونه (۱) و (۲) صفحه ۱۶ برای هنرجویان حل شده و توضیح داده شود.

ــ در مورد جدول شماره (۲) همین صفحه نیز توضیح داده شود که، مقدار برش هر دندانه نسبت به نوع ماده اولیه انتخاب شده تا کیفیت کار به حد مطلوب برسد.

همان‌طور که قبلاً اشاره شد برای سرعت عمل بیشتر در به‌دست آوردن کمیت موردنظر می‌توان از نمودار کمک گرفت در مورد هماهنگ کردن کمیت‌های سرعت پیشبرد کار ــ مقدار برش هر دندانه ــ تعداد دندانه‌ها و تعداد دور دستگاه می‌توان از نمودار شماره (۲) استفاده کرد.

روش استفاده از نمودار ۲ــ۱

همان‌طور که مشخص است چهار کمیت مورد نظر با واحدهای مربوطه در محل مخصوص روی نمودار قرار دارند و برای استفاده کردن از نمودار نیاز به دو خط افقی و یک خط عمودی است. به‌طوری که مقدار برش هر دندانه و تعداد دور توپی را با خط افقی به‌هم وصل می‌کنیم.

تعداد دندانه‌ها و تعداد دور توپی را با خط عمودی وصل کرده و تعداد دندانه و سرعت پیشبرد کار را با خط افقی به یک‌دیگر وصل می‌کنیم.

مثال: فرض کنیم :

$l = ۰/۲۴mm$

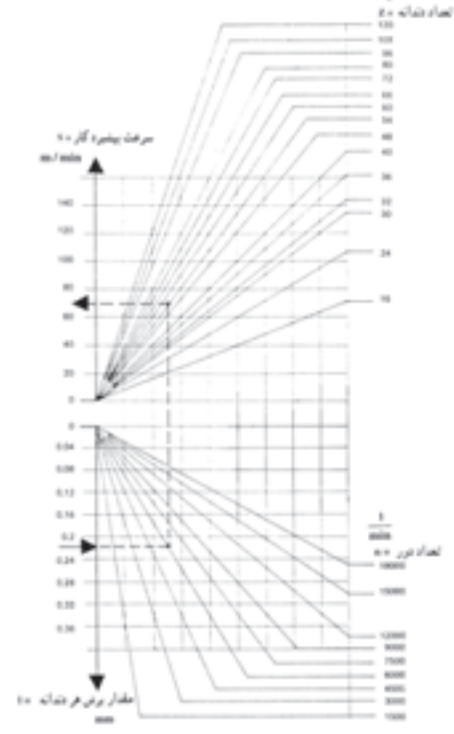
$n = ۷۵۰۰\frac{۱}{min}$

$z = ۴۸$ عدد

راه حل: مقدار $l = ۰/۲۴mm$ را افقی حرکت کرده تا به $n = ۷۵۰۰ \frac{۱}{min}$ برسیم سپس از نقطه به‌دست آمده حرکت عمودی به‌طرف بالا انجام داده تا به $z = ۴۸$ برسیم، سپس حرکت افقی به سمت چپ انجام داده تا به مقدار سرعت پیشبرد کار برسیم که در این حالت حدود $S = ۸۵ m/min$ خواهد بود.

● در پایان اعلام شود که تمرین‌های صفحه ۲۴ دقیقاً نوشته و حل شوند.

به منظور سهولت در امر محاسبات برای تعیین مقدار برش هر دندانه اره می‌توان از نمودار (۲ ــ ۱) استفاده نمود.



نمودار ۲ ــ ۱ــ نمودار مقدار برش هر دندانه

حرکت

روش استفاده از نمودار (۲ ــ ۱)

مثال: تعداد دندانه یک اره گرد $Z = 54$ عدد و تعداد دوران آن ۶۰۰۰ دور در دقیقه است. چنانچه مقدار برش هر دندانه ۰/۲۲ میلیمتر در نظر گرفته شود، سرعت پیشروی کار را محاسبه کنید.

راه حل: عدد ۰/۲۲ را از ستون مربوط به مقدار برش هر دندانه (ستون قسمت پایین نمودار) انتخاب نموده به صورت افقی حرکت می‌کنیم تا خط مورّب مربوط به تعداد دوران، یعنی: $n = 6000$ را قطع کند؛ سپس از تقاطع به دست آمده حرکت عمودی به طرف بالا انجام داده تا خط مورّب مربوط به تعداد دندانه ($Z = 54$) را قطع نماید؛ سپس از تقاطع جدید حرکت افقی به سمت چپ نموده تا مقدار سرعت پیشروی کار در ستون مربوط به دست آید. گفتنی است در این مثال مقدار پیشروی کار ۷۰ m/min به دست خواهد آمد.

۲ ــ ۲ ــ ۱ ــ عرض اثر هر تیغه رنده (گام رنده ــ داغ رنده) روی چوب در ماشینهای رنده: فرورفتگیهایی که هنگام رنده کردن بر اثر تیغه رنده در امتداد طول چوب بهوجود می‌آید، عرض اثر تیغه رنده نامیده می‌شود. به تعداد دور رنده، تعداد تیغه‌های رنده، سرعت پیشروی کار و برنج یا کم تیز بودن ماشین بستگی دارد. هر چه تعداد فرورفتگیها بیشتر و فاصله آنها کمتر باشد، سطح رنده شده صافتر است (شکل ۹ ــ ۱).

شکل ۹ ــ ۱ ــ اثر تیغه رنده

برای محاسبه عرض و عمق اثر تیغه رنده با این روش عمل می‌شود:

الف) عرض اثر هر تیغه رنده روی چوب:

رابطه:

$$a = \frac{S \times 1000}{n \times z}$$

علایم اختصاری:

a: عرض اثر تیغه رنده (mm)

S: پیشروی کار (m/min)

n : تعداد دور دستگاه (1/min)

Z : تعداد تیغه

مثال نمونه ۱۰: عرض اثر هر تیغه رنده را روی چوب ماشین رنده‌ای با این مشخصات به دست آورید:

$n=۲۰۰۰\ \frac{1}{min}$ $Z=۲$ $S=۱۶\ \frac{m}{min}$

عرض اثر هر تیغه روی چوب

$a=\frac{S\times۱۰۰۰}{n.z}$ $a=\frac{۱۶\times۱۰۰۰}{۲۰۰۰\times۲}=۴mm$

مثال نمونه ۲۰: عرض اثر هر تیغه رنده روی چوب ماشینی را با مشخصات یاد شده، در صورتی که تعداد تیغه ۳ عدد باشد، به دست آورید.

$a=\frac{S\times۱۰۰۰}{n.z}=\frac{۱۶\times۱۰۰۰}{۲۰۰۰\times۳}$ $a=۱/۳۳mm$

بنابراین، اگر بخواهیم پیشبرد کار را در ماشین رنده زیاد کنیم و در عین حال، سطح رنده شده همچنان صاف و هموار باشد، باید تعداد تیغه‌های فلکه ماشین را زیاد کنیم؛ در غیر این صورت اگر تعداد تیغه‌ها ثابت باشد و پیشبرد کار زیاد شود، سطح رنده شده ناهموار خواهد شد. طبیعی است که هر چه مقدار پیشبرد کار کمتر باشد سطح چوب صافتر می‌شود؛ با این تفاوت که کار در زمان بیشتر انجام می‌گیرد و از میزان محصول کاسته می‌شود.

۳ ــ ۴ ــ ۱ ــ عمق اثر هر تیغه رنده روی چوب: مطابق شکل (۱۰ ــ ۱) می‌توان با استفاده از رابطه فیثاغورث و حل معادلهٔ درجه دوم عمق اثر تیغه را روی چوب (b) به دست آورد.

شکل ۱۰ ــ ۱ ــ عمق اثر تیغه رنده

رابطه:

$b=R-\sqrt{R^۲-(\frac{a}{۲})^۲}$

علایم اختصاری:

b : عمق اثر هر تیغه رنده (mm)

R : شعاع برندهٔ توپی ماشین رنده (mm)

a : عرض اثر هر تیغه رنده (mm)

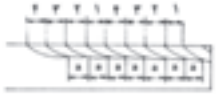
مثال نمونه ۱۰: اگر عرض اثر تیغه رنده روی چوب $a=۱/۵mm$ و شعاع دایره برنده توپی $R=۶۰mm$ باشد، عمق اثر تیغه رنده را روی چوب به دست آورید.

$b=R-\sqrt{R^۲-(\frac{a}{۲})^۲} \Rightarrow b=۶۰-\sqrt{۶۰^۲-(\frac{۱/۵}{۲})^۲}=۰/۰۰۵mm$

از حل این مسأله نتیجه می‌گیریم که اگر یکی از تیغه‌ها $۰/۰۰۵mm$ از تیغه دیگر عقب‌تر نشسته باشد دیگر با آن تیغه نمی‌توان تیزیهای ایجاد شده را بین ضربه تیغه اول و دوم بر طرف ساخت (شکل ۱۱ ــ ۱).

شکل ۱۱ ــ ۱ ــ اثر تیغه رنده تنظیم نشده

طبیعی است که بالا بردن کیفیت و مرغوب بودن رنده کاری هنگامی میسر است که تیغه‌ها آن گونه تنظیم شوند که به یک اندازه به چوب بچسبند (شکل ۱۲ ــ ۱).

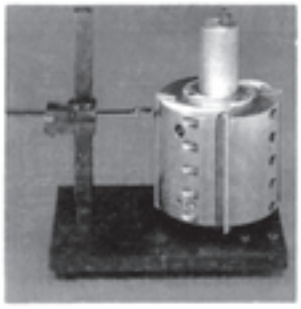


شکل ۱۲ ــ ۱ ــ اثر تیغه رنده تنظیم شده

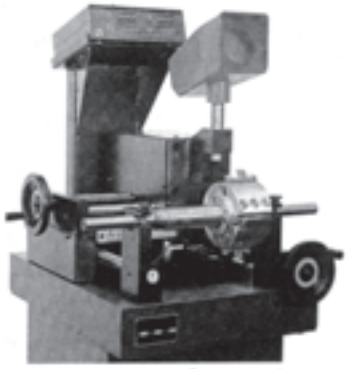
با توجه به اهمیت موضوع در شکلهای (۱۳ ــ ۱) و (۱۴ ــ ۱) دو نمونه دستگاه تنظیم تیغه

حرکت

دستی و دیجیتالی را روی توپی رنده نشان داده شده است.



شکل ۱۳ ــ ۱ ــ دستگاه تنظیم تیغه رنده

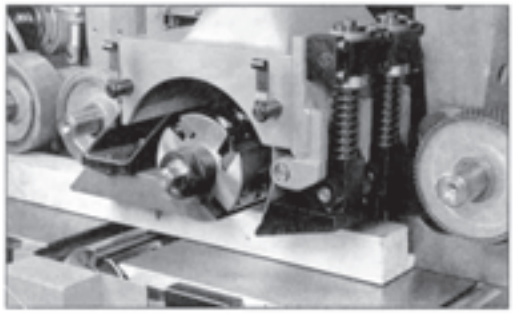


شکل ۱۴ ــ ۱ ــ دستگاه تنظیم تیغه رنده دیجیتالی

۶

مثال نمونه ۲۰: دستگاه رنده‌ای مطابق شکل (۱۵ ــ ۱) با مشخصات زیر موجود است.

$Z=۲$ $n=۶۰۰۰\ \frac{۱}{min}$ (تعداد توپی رنده) $R=Acm$



شکل ۱۵ ــ ۱ ــ دستگاه رنده

الف) اگر کیفیت سطح رنده شده چنان باشد که حداکثر گام رنده ۱ میلیمتر شود سرعت پیشبرد کار تا چه اندازه باید تنظیم گردد.

ب) در این صورت عمق اثر تیغه رنده چه اندازه می‌باشد.

حل:

الف) $a=\frac{S\times۱۰۰۰}{n\times z}$ $S=\frac{a\times z\times n}{۱۰۰۰}$

$S=۶۰۰۰\ \frac{۱}{min}\times۲\times۱mm=۱۲۰۰۰\ mm/min$

سرعت پیشبرد کار

$۱۲۰۰۰=۱۰۰۰\Rightarrow ۱۲\ \frac{m}{min}$

ب) $b=R-\sqrt{R^۲-(\frac{a}{۲})^۲} \Rightarrow b=۸-\sqrt{۸^۲-(\frac{۱}{۲})^۲} \Rightarrow b=۰/۰۰۲mm$

علاوه بر روش محاسباتی برای به دست آوردن عرض اثر تیغه می‌توان از نمودار (۳ ــ ۱)

جلسه ششم

برنامه زمان‌بندی جلسه ششم		
۱	آماده کردن کلاس	۵
۲	تدریس عمق اثر هر تیغه رنده روی چوب از طریق فرمول و نمودار	۵۵
۳	حل تمرین صفحه ۲۴	۳۰

از هنرجویان سؤال شود :

آیا تاکنون سطح تخته‌ای را که با دستگاه کف رند یا گندگی رنده شده است، با کف دست لمس کرده‌اید؟

حال اگر همین سطح تخته را با رنده دستی پرداخت نمایید، سپس با دست لمس کنید، چه تفاوتی نسبت به حالت قبل حس خواهید کرد :

مسلماً تخته‌ای که توسط دستگاه رنده شده است سطح ناصاف داشته که حتی در برخی حالات کاملاً مشهود می‌باشد این ناصافی مربوط به اثر هر تیغه رنده بوده که اصطلاحاً گام رنده یا داغ رنده گویند.

کمیت‌هایی که در عرض اثر هر تیغه رنده مؤثر است عبارتند از :

۱ــ سرعت پیشبرد کار (S)

۲ــ تعداد دور میله (n)

۳ــ تعداد دندانه (z)

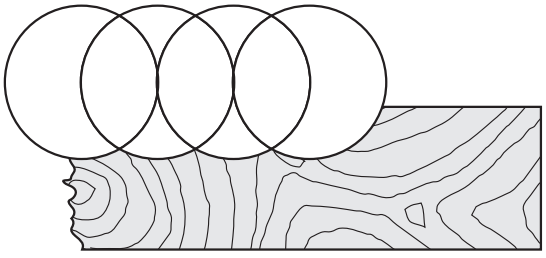
ــ با افزایش سرعت پیشبرد کار عرض اثر تیغه دنده هم زیاد می‌شود.

ــ با افزایش تعداد دور میله و تعداد دندانه، عرض اثر تیغه رنده کاهش می‌یابد.

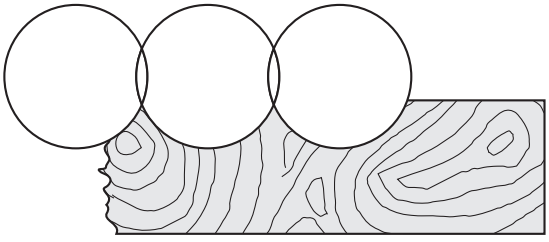
بنابراین عرض اثر هر تیغه با سرعت پیشبرد رابطه مستقیم و با تعداد دور میله و تعداد دندانه رابطه غیرمستقیم دارد بنابراین :

$$a = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n \times z}$$

توجه: ضریب ۱۰۰۰ فقط نقش تبدیل واحد را دارد چون واحد (S) متر بر دقیقه و واحد (a) میلی‌متر خواهد بود. همانطور که ملاحظه شد مقدار برش هر دندانه و عرض اثر هر تیغه رنده طبق یک رابطه محاسبه می‌شوند که کاملاً هر دو حالت ویژگی و مشخصات یکسان دارند.



توپی پر تیغه



توپی کم تیغه

شکل ۳ــ۱

مثال نمونه ۱ و ۲ صفحه ۱۹ حل شود.

مثال: در مدت یک ساعت مفید چه طولی از کار برش زده خواهد شد درصورتی که $l = ۰/۲۲mm$ و $n = ۴۵۰۰\frac{۱}{min}$ و $z = ۵۴$ می‌باشد.

$$t = ۶۰ \ , \ l = ?$$

$$S = \frac{l.n.z}{۱۰۰۰} = \frac{۰/۲۲ \times ۴۵۰۰ \times ۵۴}{۱۰۰۰} = ۵۳/۴۶ \ m/min$$

$$L = S.t = ۵۳/۴۶ \times ۶۰ \Rightarrow L = ۳۲۰۷/۶m$$

خلاصه: برای کیفیت بهتر در برش و یا رنده کردن قطعات می‌توان :

ـ سرعت پیشبرد را کاهش داد که در این حالت زمان بیشتری صرف خواهد شد.

ـ در صورت امکان تعداد دوران میله گردنده را افزایش داد.

ـ در صورت امکان تعداد دندانه‌ها و یا تعداد تیغه را افزایش داد.

عمق اثر هر تیغه رنده روی چوب

منظور از عمق اثر هر تیغه رنده همان عمق گودی است که توسط تیغه روی چوب ایجاد می‌شود (b) برای محاسبه مقدار عمق اثر هر تیغه (b) از مثلث قائم‌الزاویه ایجاد شده در شکل ۱۰ـ۱ کتاب می‌توان کمک گرفت و مطابق قضیه فیثاغورث اعمال زیر را انجام داد.

$$R_۲ = (R-b)^۲ + (\frac{a}{۲})^۲$$

$$(R-b)^۲ = R^۲ - (\frac{a}{۲})^۲$$

$$R-b = \sqrt{R^۲ - (\frac{a}{۲})^۲} \Rightarrow b = R - \sqrt{R^۲ - (\frac{a}{۲})^۲}$$

علایم اختصاری کمیت‌ها و واحدهای آن‌ها کاملاً توضیح داده شود.

ـ مثال نمونه ۱ حل شود.

مثال: در صورتی که شعاع توپی ۵۰ میلی‌متر باشد و عمق اثر تیغه رنده تا ۰/۰۰۵ میلی‌متر مجاز باشد عرض اثر تیغه رنده حدوداً چقدر خواهد بود.

$$b = R - \sqrt{R^۲ - (\frac{a}{۲})^۲}$$

$$۰/۰۰۵ = ۵۰ - \sqrt{۲۵۰۰ - (\frac{a}{۲})^۲}$$

$$(۴۹/۹۹۵)^۲ = ۲۵۰۰ - \frac{a^۲}{۴}$$

$$a^۲ = ۱/۹۹۹۹ \Rightarrow a = ۱/۴۴mm$$

نکته: مقدار عمق اثر هر تیغه رنده بسیار کوچک می‌باشد در مثال (۱) حدود $b = ۰/۰۰۵mm$ از این نتیجه می‌شود که در تنظیم تیغه‌های توپی رنده چقدر باید دقت نمود.

شکل‌های ۱۱ـ۱ و ۱۲ـ۱ در صفحه ۲۰ اثر تیغه رنده تنظیم شده و تنظیم نشده را نشان می‌دهد.

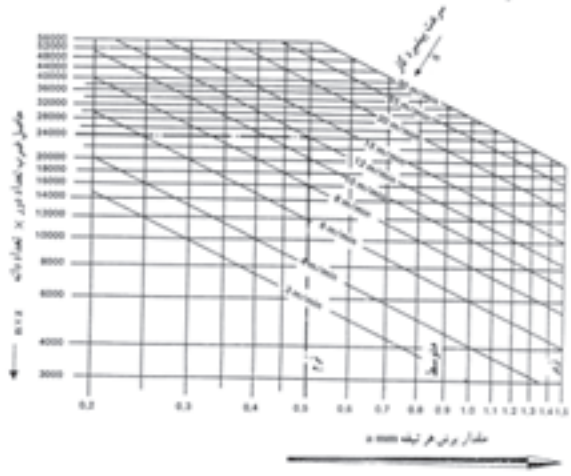
بنابراین به‌دلیل اهمیت موضوع دستگاه‌هایی وجود دارند که توسط آن‌ها می‌توان تیغه‌های توپی را دقیقاً تنظیم نمود که در صفحه ۲۱ دو مدل از این دستگاه‌ها را که به‌صورت دستی و دیجیتالی دقت کار را نشان می‌دهند مشخص شده است.

ـ شکل‌های صفحه ۲۱ توضیح داده شوند.

ـ شکل صفحه ۲۲ دستگاه چندکاره که دارای توپی چهار تیغ است توضیح داده شود.

ـ مسئله نمونه ۲ که هر دو رابطه عرض اثر تیغه‌رنده و عمق اثر تیغه را باید برای حل مسئله به‌کار ببریم توضیح دهید.

استفاده نمود.



نمودار ۳ ــ ۶ــ تعیین مقدار برش هر تیغه

مثال نمونه ۱۰: دستگاه کف رندی با تعداد دور ۶۰۰۰ l/min و دارای ۲ عدد تیغه موجود است. اگر سرعت پیشرو کار را ۱۲ m/min اختیار کنیم، مقدار برش هر تیغه را به دست آورید.

حل: با تعیین مقدار $n \times z$ ($n \times z = 6000 \times 2 = 12000$) در ستون سمت چپ، خطی حرکت کرده تا خط پیشرو کار که به صورت مورب قرار گرفته را قطع کند و از تقاطع به دست آمده به طرف پایین حرکت کرده تا مقدار برش هر تیغه به دست آید.

کیفیت سطح رنده شده را با توجه به عرض اثر تیغه می‌توان مطابق جدول (۳ ــ ۱) درجه‌بندی نمود.

جدول ۳ ــ ۱ ــ کیفیت سطح رنده شده

کیفیت سطح رنده شده (درجه پرداخت)	درجه یک	درجه دو	درجه سه
عرض اثر تیغه	۰/۱ ــ ۰/۵	۰/۵ ــ ۱/۰	۱/۰ ــ ۱/۵

مثال نمونه ۲۰: دستگاه رنده‌ای با این مشخصات موجود است. اگر لازم باشد در هر ساعت ۲۰۰ تخته به طول ۲/۵ متر به صورت یکطرفه رنده شود چه کیفیتی برای سطح رنده شده خواهیم داشت؟

$n = 5000$ l/min $\qquad Z = 2$

حل: طول تخته‌ها $\qquad 200 \times 2/5\,m = 900\,m$

$$s = \frac{900\,m}{60\,min} = 15\,m/min$$

عرض اثر تیغه $\qquad a = \frac{s}{n \times z} \Rightarrow a = \frac{15\,m/min \times 1000}{5000 \frac{1}{min} \times 2} = 0/75\,mm$

کیفیت سطح رنده شده ($1 > 0/75 > 0/5$) درجه ۲ خواهد بود.

تمرین

۱ ــ مقدار برش هر تیغه دستگاه گنده‌گی را به دست آورید؛ در صورتی که تعداد دور آن ۴۰۰۰ l/min و تعداد تیغه‌های آن ۲ عدد و سرعت پیشرو کار ۲۰ m/min در نظر گرفته شود.

۲ ــ در صورتی که تعداد دور دستگاه اره گردی ۳۰۰۰ l/min، و سرعت پیشرو کار ۶۰ m/min در نظر گرفته شود، تعداد دندانه‌های تیغه‌اره حداقل چقدر باشد تا مقدار برش هر تیغه از ۰/۲۵ mm بیشتر نباشد.

۳ ــ اگر دستگاهی دارای تعداد دورهای متعددی باشد؛ دستگاه را روی چه تعداد دوری باید تنظیم نمود؛ در صورتی که این داده‌ها موجود باشد:

$a = 0/75\,mm \qquad S = 15\,m/min \qquad Z = 2$

۴ ــ جواب تمرینهای ۱ الی ۳ را از روی نمودار مربوط به دست آورید. با روش محاسباتی

به‌دست آوردن عرض اثر تیغه رنده با استفاده از نمودار

همانطور که قبلاً اشاره شد، نمودار دارای ویژگی‌های خاصی می‌باشد. از جمله سرعت عمل در به‌دست آوردن کمیت مورد نظر.

طریقه استفاده از نمودار: همانطور که در نمودار مشاهده می‌شود، محور عمودی سمت چپ حاصل ضرب تعداد دور در تعداد دندانه ($n \times z$) محور افقی پایین مقدار برش هر تیغه رنده و منحنی‌های روی منحنی سرعت پیشبرد کار (S) می‌باشد و از بین این چهار کمیت، هر کمیتی که مجهول باشد می‌توان توسط امتداد خطوط از روی نقاط مربوط به کمیت‌های معلوم، آن را پیدا کرد. به‌طوری که از z.n به S خطی افقی و از S به a خطی عمودی رسم نمود.

مثال: به‌طوری‌که $n = ۴۰۰۰\ 1/min$ و $z = ۶$ و $S = ۱۲m/min$ باشد، آنگاه از $n.z = ۲۴۰۰۰$ خطی افقی به $S = ۱۲m/min$ رسم نموده و از این نقطه به‌طرف پایین عمود می‌کنیم تا $a = ۰/۵mm$ به‌دست آید.

مثال: اگر $a = ۰/۳mm$ و $n \times z = ۲۰۰۰۰$ باشد، آن‌گاه خطی افقی از $n \times z = ۲۰۰۰۰$ و خطی عمود از $a = ۰/۳$ رسم کرده تا همدیگر را قطع کنند، محل تقاطع این دو خط مقدار $S = ۶m/min$ را نمایش می‌دهد.

توجه: در نمودار فوق واحد (a) مقدار برش هر تیغه بر میلی‌متر، واحد (S) سرعت پیشبرد کار، متر بر دقیقه و واحد (n) تعداد دور، دور بر دقیقه می‌باشد.

کیفیت سطح رنده شده

مقدار عرض اثر هر تیغه رنده هرچه کوچکتر باشد نشانه صاف‌تر بودن سطح رنده شده است و هرچه مقدار فوق بیشتر باشد نشان‌دهنده ناصاف بودن سطح رنده شده می‌باشد پس برای تعیین کیفیت سطح رنده شده می‌توان براساس مقدار عرض اثر تیغه رنده قضاوت کرد، به‌طوری که اگر $۰/۱ \le a \le ۰/۵$ باشد سطح فوق را درجه یک گویند و اگر $۰/۵ \le a \le ۱$ باشد سطح رنده شده درجه دو و اگر $۱ \le a \le ۱/۵$ باشد سطح رنده شده را درجه سه درنظر می‌گیرند.

توجه: کیفیت هر سطح رنده شده‌ای باید متناسب با کاربرد آن باشد.

مثال: برای سطوحی که باید پرداخت شود و رنگ‌کاری صورت گیرد، بهتر است کیفیت با درجه ۱ داشته باشیم و برای سطوحی که قرار است چسب خورده شود و یا ورق سه‌لایی روی آن‌ها پرس شود. به شرط یک ضخامت بودن سطوح، درجه ۲ مناسب می‌باشد تا چسب کافی در سطوح قرار گیرد.

حل تمرین‌های صفحه ۲۴

حل تمرین ۱:

$$a = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n.z} = \frac{۲۰ \times ۱۰۰۰}{۴۰۰۰ \times ۴} = ۱/۲۵mm$$

حل تمرین ۲:

$$z = \frac{S \times ۱۰۰۰}{l \times n} = \frac{۶۰ \times ۱۰۰۰}{۰/۲۵ \times ۳۰۰۰} = ۸۰ \quad \text{عدد}$$

حل تمرین ۳:

$$n = \frac{S \times ۱۰۰۰}{a \times z} = \frac{۱۵ \times ۱۰۰۰}{۰/۷۵ \times ۴} = ۵۰۰۰(1/min)$$

حل تمرین ۴:

از روی نمودار بررسی گردد.

بعد از اتمام درس اعلام شود که جلسه آینده بقیه تمرین‌ها تا پایان فصل حل شود، ضمناً از فصل اول رفع اشکال خواهد شد و جلسه بعد از آن امتحان مستمر از فصل اول به عمل خواهد آمد.

مقایسه کنید و نتیجه بگیرید.

۵ ــ اره گردی که دارای $z=72$ دندانه و $n=2500\frac{1}{min}$ است: الف) برای به دست آوردن $t=0/2mm$ چه سرعت پیشرو کاری را باید انتخاب نمود؟

ب) اگر سرعت پیشرو کار را دو برابر کنیم مقدار برش هر دندانه چقدر خواهد شد؟

۶ ــ سطح رنده شده قطعه کاری با کیفیت درجه ۳ که عرض اثر تیغه رنده حداکثر $a=1/5mm$ باشد، لازم است. اگر ماشین رنده دارای توپی ۴ تیغه و ۲ تعداد دور $n_1=4000\frac{1}{min}$ و $n_2=6000\frac{1}{min}$ باشد:

الف) کدام دور دستگاه را انتخاب می‌کنید؟ در صورتی که سرعت پیشرو کار $15m/min$ تنظیم شده باشد.

ب) اگر تعداد دور دستگاه را تغییر دهیم چه سرعت پیشرو کاری را می‌توانیم انتخاب کنیم تا همان کیفیت کار را داشته باشیم؟

ج) در مقایسه حالت «الف» و «ب» اگر لازم باشد ۵۰۰ متر قطعه کار رنده شود، اختلاف زمان را به دست آورید.

د) اگر قطر توپی دستگاه ۱۲ سانتیمتر باشد عمق اثر تیغه رنده را به دست آورید.

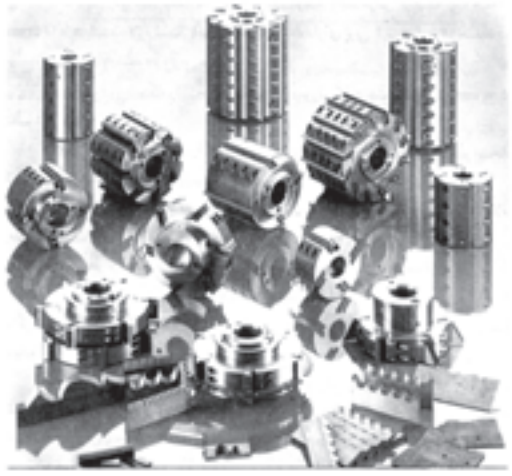
۷ ــ برای سنباده زدن سطح کار با دستگاه سنباده نواری دستی مطابق شکل (۱۶ ــ ۱) ــ اگر عمق اثر تیغه رنده $0/005mm$ باشد ــ با یک مرتبه حرکت دستگاه روی سطح کار عمل سنباده انجام می‌شود.

حال اگر توپی ماشین رنده دارای $12cm$ قطر و چهار تیغ و تعداد دور $n=2500\frac{1}{min}$ داشته باشد سرعت پیشرو کار را برای رنده کردن صفحات به دست آورید.

شکل ۱۶ ــ ۱ ــ ماشین سنباده برقی دستی

۸ ــ انواع توپی‌ها با تعداد تیغه‌های متفاوت مطابق شکل (۱۷ ــ ۱) موجود است؛ که اگر

هر چه تعداد تیغه بیشتر باشد می‌توان سرعت پیشرو کار را افزایش داد یا کیفیت بهتری از کار انتظار داشت. حال اگر فرض شود در یک دستگاه فرز تعداد دور تیغه $n=5000\frac{1}{min}$ و سرعت پیشرو کار $S=20m/min$ باشد، توپی چند تیغه را انتخاب می‌کنید؟ (در صورتی که عرض اثر تیغه روی سطح کار حداکثر $1/2mm$ باشد.)



شکل ۱۷ ــ ۱ ــ انواع توپی با تیغه‌های متفاوت

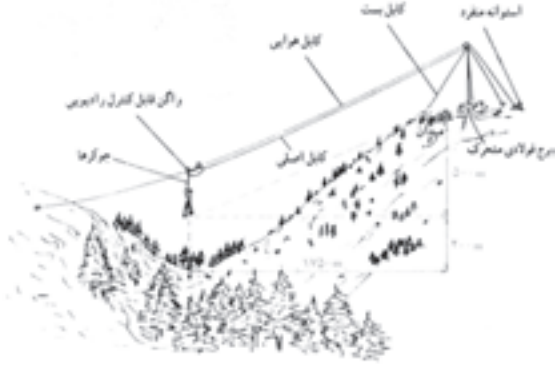
حرکت

سؤالات آزمون پایان فصل اول

۱ ــ زمان انتقال کرده بیه را از پایین دره به بالای تپه مطابق شکل ۱۸۱ ــ ۱) محاسبه نمایید؛ در صورتی که کرده بیه‌ها دو حرکت خواهد داشت:

الف ــ حرکت عمودی به ارتفاع ۲۰۰ متر با سرعت ۲۰ متر بر دقیقه.

ب ــ حرکت در مسیر کابل هوایی با سرعت ۶۰ متر بر دقیقه.

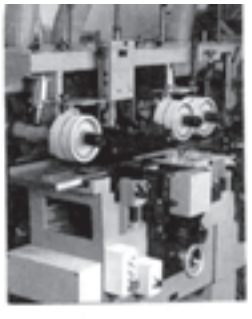


شکل ۱۸ ــ ۱ ــ نمای انتقال کرده بیه از جنگل به میدان جمع‌آوری

۲ ــ قطر تیغه اره گردی را به دست آورید که تعداد دور میلهٔ آن $n=6000\frac{1}{min}$ و سرعت برشی معادل ۸۰ متر بر ثانیه داشته باشد. اگر هر دندانه ۲/۵ میلیمتر عرض داشته باشد، تیغه دارای چند دندانه خواهد بود؟

۳ ــ سرعت پیشرو دستگاه فرز را مطابق شکل (۱۹ ــ ۱) حساب کنید؛ در صورتی که در مدت ۲ ساعت ۷۵۰ تیغه زهوار ۲/۵ متر را افزار زده است؛ همچنین ۱۲ درصد اتلاف وقت برای این دستگاه منظور می‌شود.

۷



شکل ۱۹ ــ ۱ ــ دستگاه فرز اتوماتیک

۴ ــ مشخصات تیغه اره گردی عبارت است از: قطر ۲۵ سانتیمتر، عرض هر دندانه ۸ میلیمتر. اگر با سرعت پیشرو کاری معادل ۸۰ متر بر دقیقه از این تیغه استفاده نموده و برش برای هر دندانه ۰/۲۵ میلیمتر باشد:

الف) کدام یک از تعداد این دورها را برای میله دستگاه انتخاب می‌کنید:

$n_1=3000\frac{1}{min}$ $n_2=9500\frac{1}{min}$ $n_3=6000\frac{1}{min}$

ب) با انتخاب تعداد دور مناسب چه تغییری برای برش هر دندانه صورت می‌گیرد.

۵ ــ تعداد دور میلهٔ کله زدنی ۵۵۰۰ دور بر دقیقه است. اگر توپی دستگاه ۶ تیغه رنده و $12cm$ قطر داشته باشد و برای قطعه کاری انتظار سطح رنده شده درجه ۲ معادل عرض اثر تیغه ۰/۸ میلیمتر باشد چه سرعت پیشروی را انتخاب می‌کنید؟ در این حالت عمق اثر هر تیغه رنده را به دست آورید.

جلسه هفتم

برنامه زمان‌بندی جلسه هفتم		
۱	آماده کردن کلاس	۵
۲	بررسی تمرینات و تکالیف	۵
۳	حل تمرین صفحات ۲۵ تا ۲۸	۷۵
۴	یادآوری امتحان از فصل اول در جلسه آینده	۵

حل تمرین ۵:

الف) $S=\frac{l.n.z}{۱۰۰۰}=\frac{۰/۲\times۴۵۰۰\times۷۲}{۱۰۰۰}=۶۴/۸\,m/min$

ب) $l=\frac{S\times۱۰۰۰}{n.z}=\frac{۶۴/۸\times۲\times۱۰۰۰}{۴۵۰۰\times۷۲}=۰/۴mm$

حل تمرین ۶:

$$n=\frac{S\times۱۰۰۰}{a\times z}=\frac{۱۵\times۱۰۰۰}{۱/۵\times۴}=۲۵۰۰\ ۱/min$$

پس باید کمترین دور یعنی ۴۰۰۰ ۱/min را انتخاب کرد.

ب) $S=\frac{a.n.z}{۱۰۰۰}=\frac{۱/۵\times۶۰۰۰\times۴}{۱۰۰۰}=۳۶\,m/min$

ج) $t_۱=\frac{L}{S_۱}=\frac{۵۰۰}{۱۵}=۳۳/۳۳\,min$

$$t_۲=\frac{L}{S_۲}=\frac{۵۰۰}{۳۶}=۱۳/۸۸\,min$$

$$t_۱-t_۲=۳۳/۳۳-۱۳/۸۸=۱۹/۴۵\,min$$

د) $b=R-\sqrt{R^۲-(\frac{a}{۲})^۲}$

$$=۶۰-\sqrt{(۶۰)^۲-(\frac{۱/۵}{۲})^۲}=۰/۰۰۵mm$$

حل تمرین ۷:

$$b=R-\sqrt{R^۲-(\frac{a}{۲})^۲}$$

$$\Rightarrow ۰/۰۰۵=۶۰-\sqrt{(۶۰)^۲-(\frac{a}{۲})^۲}$$

$$\Rightarrow (۶۰-۰/۰۰۵)^۲=۶۰^۲-(\frac{a}{۲})^۲\Rightarrow a=۱/۵mm$$

$$S=\frac{l.n.z}{۱۰۰۰}=\frac{۱/۵\times۴۵۰۰\times۴}{۱۰۰۰}=۲۷\,m/min$$

حل تمرین ۸:

$$z=\frac{S\times۱۰۰۰}{n.a}\Rightarrow z=\frac{۲۰\times۱۰۰۰}{۵۰۰۰\times۱/۲}\approx ۳$$ عدد

خلاصه فصل اول

- حرکت
  - مستقیم‌الخط یکنواخت: $v = \frac{s}{t}$
  - دورانی یکنواخت: $v = d.\pi.n$
- سرعت پیشبرد کار: $s = \frac{L}{t}$
- مقدار برش هر دندانه اره: $l = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n.z}$
- عرض اثر هر تیغه رنده: $a = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n.z}$
- عمق اثر تیغه رنده: $b = R - \sqrt{R^۲ - (\frac{a}{۲})^۲}$

سؤالات آزمون پایان فصل اول

حل تمرین ۱:

$$t_۱ = \frac{S_۱}{V_۱} = \frac{۲۰۰}{۴۰} = ۵\,min$$

$$S_۲ = \sqrt{(۱۷۵۰)^۲ + (۵۰۰)^۲} = ۱۸۲۰m \;,\; t_۲ = \frac{S_۲}{V_۲} = \frac{۱۸۲۰}{۶۰} = ۳۰/۳۳\,min$$

$$t = t_۱ + t_۲ = ۵ + ۳۰/۳۳ = ۳۵/۳۳\,min = ۳۵' : ۲۰''$$

حل تمرین ۲:

$$d = \frac{V}{n.\pi} = \frac{۸۰ \times ۶۰ \times ۱۰۰}{۶۰۰۰ \times ۳/۱۴} \approx ۲۵/۵cm$$

$$p = d.\pi = ۲۵/۵ \times ۳/۱۴ = ۸۰cm$$

$$z = \frac{P}{e} = \frac{۸۰۰}{۶/۵} = ۱۲۳ \quad \text{عدد}$$

e=عرض هر دندانه

حل تمرین ۳:

$$t = ۲ \times ۶۰ - (۲ \times ۶۰ \times \frac{۱۲}{۱۰۰}) = ۱۰۵/۶\,min$$

$$L = ۷۵۰ \times ۲/۵ = ۱۸۷۵m$$

$$S = \frac{L}{t} = \frac{۱۸۷۵}{۱۰۵/۶} = ۱۷/۷۶ \text{ m/min}$$

حل تمرین ۴:

الف) $z = \frac{d.\pi}{e} = \frac{۲۵۰ \times ۳/۱۴}{۸} = ۹۸$ عدد

$$n = \frac{S \times ۱۰۰۰}{l \times z} = \frac{۸۰۰۰۰}{۰/۲۵ \times ۹۸} = ۳۲۶۵/۳ \frac{۱}{\text{min}} \quad , \quad n \approx n_۱$$

ب) $n = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n \times z} = \frac{۸۰۰۰۰}{۳۰۰۰ \times ۹۸} = ۰/۲۷ \text{ mm}$

حل تمرین ۵:

$$S = \frac{n \times a \times z}{۱۰۰۰} = \frac{۵۵۰۰ \times ۰/۸ \times ۶}{۱۰۰۰} = ۲۶/۴ \text{ m/min}$$

$$b = R - \sqrt{R^۲ - (\frac{a}{۲})^۲} = ۶۰ - \sqrt{(۶۰)^۲ - (\frac{۰/۸}{۲})^۲} = ۰/۰۰۱ \text{ mm}$$

جلسه هشتم

بعد از حضور و غیاب و بررسی اجمالی از حال هنرجویان از آن‌ها خواسته شود اگر سؤال خاصی داشته باشند مطرح کنند.

سپس با آماده کردن کلاس و یا انتقال به سالن امتحانات برگ سؤال بین هنرجویان توزیع گردد.

نمونه سؤالات امتحانی از فصل اوّل

نام و نام خانوادگی:	به نام خدا	تاریخ: ۱۳۸۱/۸/۲۶
کلاس: ۱۶	هنرستان فنی شهید دیباج همدان	وقت: ۶۰ دقیقه
رشته: صنایع چوب و کاغذ	درس محاسبات فنی (۲)	سال تحصیلی ۸۲ــ۱۳۸۱

۱	قرار است در مدت ۲/۵ ساعت لیفتراکی پالت‌های روکش را جابه‌جا کند با توجه به توضیحات زیر معلوم کنید در این مدت چند پالت جابه‌جا می‌شود؟ ــ سرعت حرکت دستگاه به‌طور متوسط ۲ متر بر ثانیه ــ فاصله جابه‌جایی ۱۲۰ متر ــ هربار یک پالت جابه‌جا می‌شود. ــ زمان تخلیه و بارگیری هرکدام ۳ دقیقه ــ زمان تلف شده ۲۰ درصد کل زمان داده شده	۳
۲	می‌خواهیم در مدت ۲ ساعت تعداد ۸۴ شاخه زهوار به‌طول ۲/۵ متر را افزار بزنیم درصورتی که تخمین زده شود، ۷۰ درصد زمان فوق صرف افزار زنی شود، محاسبه نمایید، سرعت پیشبرد کار چقدر باید تنظیم شود؟	۲
۳	جهت برش تخته خرده چوب از تیغه از گرد (TC) استفاده می‌کنیم اگر سرعت برش را ۷۵ متر بر ثانیه انتخاب کنیم و قطر تیغه ۲۵ سانتیمتر باشد، تعداد دوران ماشین چقدر باید تنظیم گردد؟	۱/۲۵
۴	تیغه اره گردی که دارای ۶۰ دندانه و تعداد دور ماشین ۴۵۰۰ دور بر دقیقه است، چه سرعت پیشبردی را باید داشته باشد، تا مقدار برش هر دندانه ۰/۲ میلیمتر شود؟	۱/۲۵
۵	تعداد دور میله رنده‌ای ۶۰۰۰ دور بر دقیقه است، اگر توپی دستگاه ۴ تیغه و ۱۲ سانتیمتر قطر داشته باشد و سرعت پیشبرد کار را ۱۲ متر بر دقیقه تنظیم نموده باشیم، عرض اثر تیغه رنده و عمق اثر هر تیغه را به میکرومتر محاسبه نمایید.	۲/۵

توجه ۳ =π

جمع بارم سؤالات ۱۰ نمره منظور شده است و ۱۰ نمره مابقی از فعالیت در کلاس و سؤالات مستمر کلاسی تکمیل می‌شود.

پاسخنامه سؤالات	**به نام خدا**	**تاریخ: ۸۱/۸/۲۶**
محاسبات فنی (۲)	**هنرستان فنی شهید دیباج همدان**	**سال تحصیلی ۸۲ــ۸۱**
رشته: صنایع چوب و کاغذ	**درس محاسبات فنی (۲)**	

حل مسئله ۱: — ۳

زمان مفید $= (۲/۵\times۶۰)-(۲/۵\times۶۰\times۰/۲۰)=۱۲۰\min$ — ۰/۷۵

مسیر یک رفت و برگشت $= ۱۲۰\times۲=۲۴۰$ — ۰/۲۵

زمان یک رفت و برگشت $= \frac{S}{v}=\frac{۲۴۰}{۲}=۱۲۰(s)$ — ۰/۷۵

زمان مربوط به هربار جابه‌جایی $= (۱۲۰\div۶۰)+(۲\times۳)=۸\min$ — ۰/۷۵

تعداد رفت و برگشت $= \frac{۱۲۰}{۸}=۱۵$ مرتبه $\Rightarrow n=۱۵$ عدد — ۰/۵

حل مسئله ۲: — ۲

طول قطعه کار $L=۸۴\times۲/۵=۲۱۰(m)$ — ۰/۵ — زمان مفید $t=۲\times۶۰\times۰/۷۰=۸۴\min$ — ۰/۷۵

سرعت پیشبرد کار $= S=\frac{L}{t}=\frac{۲۱۰}{۸۴}=۲/۵\ m/min$ — ۰/۷۵

حل مسئله ۳: — ۱/۲۵

$n=۶۰۰۰\frac{۱}{min}$ — ۰/۲۵ — $n=\frac{۷۵\times۶۰}{۰/۲۵\times۳}$ — ۰/۵ — $V=d.\pi.n\Rightarrow n=\frac{V}{d.\pi}$ — ۰/۲۵ — ۰/۲۵

حل مسئله ۴: — ۱/۲۵

۰/۲۵ — ۰/۲۵ — ۰/۵ — ۰/۲۵

$L=\frac{S\times۱۰۰۰}{n.z}\Rightarrow S=\frac{l\times n\times z}{۱۰۰۰}\Rightarrow S=\frac{۰/۲\times۴۵۰۰\times۶۰}{۱۰۰۰}$ — $S=۵۴\ m/min$

حل مسئله ۵: — ۲/۵

۰/۲۵ — ۰/۵ — ۰/۲۵

$a=\frac{S\times۱۰۰۰}{n.z}\Rightarrow$ — $a=\frac{۱۲\times۱۰۰۰}{۶۰۰۰\times۴}$ — $a=۰/۵mm$

$b=R-\sqrt{R^۲-(\frac{a}{۲})^۲}\Rightarrow b=۶۰-\sqrt{۶۰^۲-(\frac{۰/۵}{۲})^۲}=۶۰-\sqrt{۳۵۹۹/۹}=۰/۰۰۰۵$ — $b=۰/۵\mu m$

۰/۲۵ — ۰/۲۵ — ۰/۲۵ — ۰/۵ — ۰/۲۵

فصل دوم

انتقال حرکت و نیرو در ماشینهای عمومی صنایع چوب

هدفهای رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

۱ ــ متداولترین روشهای انتقال حرکت را نام ببرد؛

۲ ــ نمونه‌های مختلف تسمه را بشناسد و ویژگیهای آنها را شرح دهد؛

۳ ــ طول تسمه را محاسبه نماید؛

۴ ــ تعداد دور چرخ تسمه را محاسبه کند؛

۵ ــ محاسبات مربوط به‌چرخ‌دنده و چرخ زنجیر را انجام دهد.

زمان تدریس: ۱۲ ساعت

۲ ــ انتقال حرکت و نیرو در ماشینهای عمومی صنایع چوب

به طورکلی به منظور انتقال حرکت و نیرو از محرک به متحرک روشهای مختلفی وجود دارد؛ از جمله تسمه و چرخ تسمه، زنجیر و چرخ زنجیر، دنده و چرخ دنده.

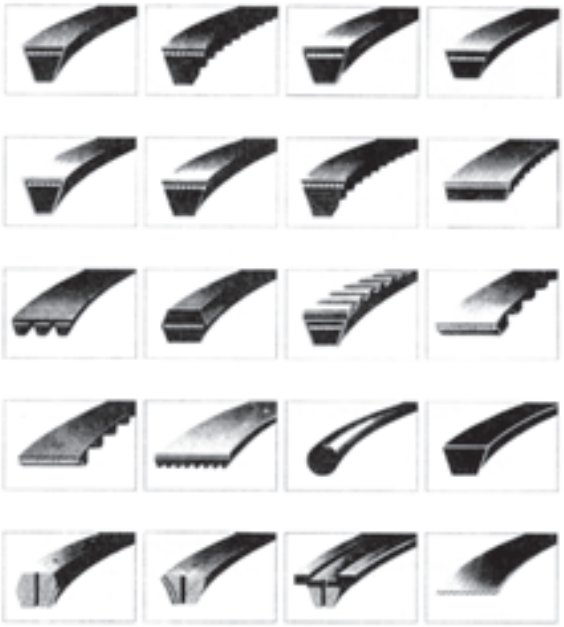
۱ ــ ۲ ــ تسمه و چرخ تسمه

متداولترین روش انتقال حرکت و نیرو تسمه است که اطلاعات کاربردی در این زمینه ارائه خواهد شد.

۱ ــ ۱ ــ ۲ ــ انواع تسمه: با توجه به نوع چرخ تسمه و قدرت الکتروموتور می‌توان از تسمه‌های مختلفی از نظر جنس (ترکیبات شیمیایی برگرفته از مواد نفتی همراه با منسوجهای فلزی، پارچه‌ای، چرمی، برزنت و غیره) و شکل ظاهری تسمه‌ها (شکل ۱ ــ ۲) استفاده نمود.

تسمه‌ها هم به‌صورت آماده در اندازه‌های مختلفی وجود دارد و هم به‌صورت متریک

موجود است که به‌اندازه موردنظر بریده و با روشهای خاص اتصال داده می‌شود.



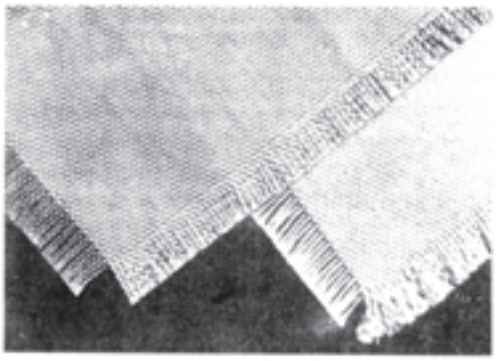
شکل ۱ ــ ۲ ــ نمونه‌های مختلف تسمه

برای نمونه در شکل (۲ ــ ۲) پارچه‌های مورد مصرف در تولید تسمه برزنتی نشان داده

انتقال حرکت

۹

تسمه است که دارای تار و پود و تاب مخصوصی بوده مواد اولیه آن تمامل پنبه خالص بسیار مرغوب و همچنین پلی‌استر درجه یک است که تعداد لایه‌ها با توجه به نیاز تغییرپذیر است.



شکل ۲ ــ ۲ ــ برزنت مورد مصرف در تسمه‌های برزنتی

اتصال در تسمه‌های متریک با توجه به نوع تسمه متفاوت است که در شکل (۳ ــ ۲) نمونه‌ای از اتصال یک تسمهٔ متریک را می‌بینید.

شکل ۳ ــ ۲ ــ نمونه‌ای از اتصال در تسمه‌های متریک

معمولی‌ترین نمونه تسمه با توجه به شکل (۱ ــ ۲) تسمه‌های با مقاطع تخت و یا ذوزنقه‌ای است که در ماشین‌آلات صنایع چوب تسمه با مقطع ذوزنقه کاربرد بیشتری دارد. برای انتخاب نوع تسمه باید این نکات را در نظر داشت:

۱ ــ میزان دور موتور؛

۲ ــ قدرت موتور؛

۳ ــ تعداد شیارهای پولی؛

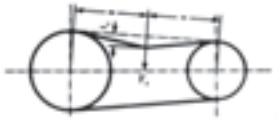
۴ ــ شرایط فیزیکی و شیمیایی محل مورد مصرف.

با توجه به‌رعایت نکات ذکر شده و انتخاب نوع تسمه، اندازهٔ آن را محاسبه و تسمه مورد نظر را می‌توان تهیه نمود.

مواردی‌که در طولانی شدن کاربرد تسمه مؤثر می‌افتد عبارتند از:

۱ ــ جنس پولی: باید از فلزات فولاد و یا چدن یا مواد دیگری باشد که ضمن دارا بودن استحکام و سختی لازم در مقابل سایش نیز مقاوم باشد؛ همچنین کیفیت پولی باید به‌گونه‌ای باشد که در مقابل حرارت مقاوم و فشار وارده برآن در اثر کشش تسمه در آن بارگی ایجاد نماید؛ علاوه برآن، در مقابل فشارهای نیروی گریز از مرکز ــ که در اثر چرخش سریع به‌وجود می‌آید ــ استحکام کافی داشته باشد.

۲ ــ هنگام استفاده از تسمه باید فاصله چرخها به‌گونه‌ای تنظیم گردد که بتوان تسمه‌ها را به‌آسانی در داخل شیار پولی جایگذاری کرد و درجه آزادی تسمه‌ها نیز رعایت شود. میزان آزادی تسمه‌ها در شکل (۴ ــ ۲) نمایان است.



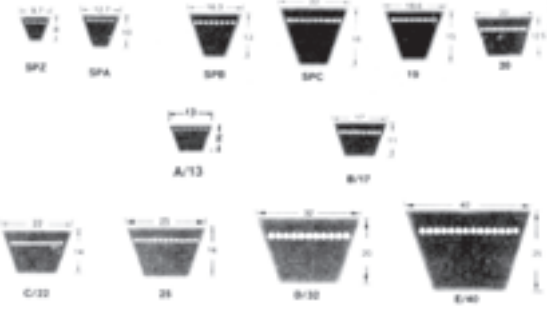
شکل ۴ ــ ۲ ــ درجه‌آزادی تسمه

۳ ــ زاویه تسمه و زاویه شیار پولی در تسمه‌هایی از نوع ذوزنقه باید یکسان باشد.

۲ ــ ۱ ــ ۲ ــ ابعاد تسمه: در تسمه‌های تخت، عرض تسمه با توجه به عرض پولی آن انتخاب و طول تسمه از روابط مربوط به‌آن محاسبه می‌گردد و دو سر تسمه با توجه به‌روش خاص اتصال داده می‌شود.

در تسمه‌های دوزنقه‌ای، عرض تسمه نسبت به ضخامت یکی از گروه مربوط انتخاب و طول تسمه نیز از روابط مربوط محاسبه می‌گردد.

تاکنون تسمه‌هایی در کشور تولید می‌شود که دارای ۲۰ گروه مختلف و ۱۰۰۰ شماره طول می‌باشد. برای انتخاب تسمه باید گروه آن ــ که نشان دهنده عرض تسمه است ــ و طول آن را در نظر داشت. در شکل (۵ ــ ۲) چند گروه از تسمه‌ها نشان داده شده است. همچنین برای اطلاعات بیشتر به جدولهای ضمیمه پایان فصل، شماره‌های طولی تسمه که براساس قطر و ضخامت تسمه می‌باشد، رجوع شود.

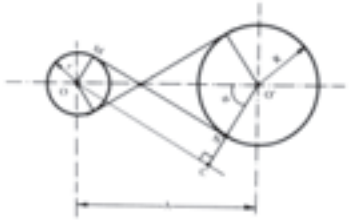


شکل ۵ ــ ۲ ــ گروههای مختلف تسمه

طول تسمه: در چرخ تسمه‌هایی که تسمه آنها به صورت ساده و مستقیم قرار گرفته است گردش دورانی آنها به یک طرف است و چنانچه بخواهیم جهت گردش آنها را نسبت به هم تغییر دهیم تسمه را به صورت متقاطع (ضربدری) قرار می‌دهیم (شکل ۶ ــ ۲).

شکل ۶ ــ ۲ ــ روش قرار گرفتن تسمه روی پولی‌ها

انتقال حرکت



شکل ۸ ــ ۲ ــ تسمه متقاطع

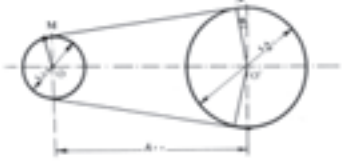
$O'C = R + r$

$\cos\alpha = \frac{R+r}{A}$ (α را می‌توان از جدول مثلثاتی یا ماشین حساب بدست آورد.)

$OC = MN = A \times \sin\alpha$

$$L = 2MN + \frac{(D+d)(180^\circ - 2\alpha)\pi}{360^\circ}$$

مثال نمونه ۱۰: مطلوبست محاسبه طول تسمه از نوع تخت در یک ماشین کف زنه به‌طوری که قطر چرخ محرک ۱۰۰ میلیمتر و قطر چرخ متحرک ۱۵۰ میلیمتر و فاصله دو محور ۸۰۰ میلیمتر باشد.



طول تسمه به طور کلی با این عوامل رابطهٔ مستقیم دارد:

الف) قطر چرخ محرک (d_1)

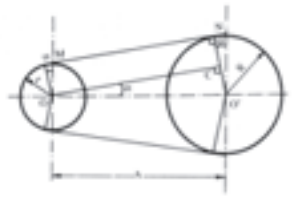
ب) قطر چرخ متحرک (d_2)

ج) فاصلهٔ دو محور (A)

د) زاویه تماس (α)

رابطهٔ محاسبه طول تسمه:

۱ ــ تسمه به صورت ساده و مستقیم:



شکل ۷ ــ ۲ ــ تسمه ساده و مستقیم

برای محاسبه زاویه α در مثلث قائم‌الزاویه OCO' با استفاده از روابط مثلثاتی به‌شرح زیر عمل می‌نمود: $O'C = R - r$

(α را می‌توان از جدول مثلثاتی یا ماشین‌حساب بدست آورد)

$$\sin\alpha = \frac{R-r}{A}$$

$$MN = OC = \sqrt{A^2 - (R-r)^2}$$

$$L = 2MN + \frac{D\alpha(180^\circ + 2\alpha)}{360^\circ} + \frac{d\alpha(180^\circ - 2\alpha)}{360^\circ}$$

۲ ــ تسمه به‌صورت متقاطع: ــ برای محاسبه زاویه α در مثلث قائم‌الزاویه OCO' با استفاده از روابط مثلثاتی به شرح زیر عمل نمود:

۹

حل مثال نمونه ۹:

$$R = \frac{D}{2} = \frac{150}{2} = 75\,mm$$

$$r = \frac{d}{2} = \frac{100}{2} = 50\,mm$$

$$O'C = R - r = 75 - 50 = 25$$

$$\sin\alpha = \frac{25}{800} = 0/03125$$

$\alpha = 1/99^\circ$ یا 2° و $4'$

$$MN = OC = \sqrt{A^2 - (R-r)^2} = \sqrt{(800)^2 - (25)^2}$$

$$MN = \sqrt{639375} = 799/6$$

$$L = 2MN + \frac{D\alpha(180^\circ + 2\alpha)}{360^\circ} + \frac{d\alpha(180^\circ - 2\alpha)}{360^\circ}$$

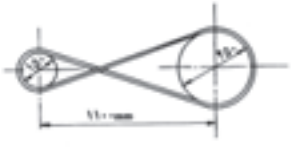
$$L = 1599/21 + \frac{150 \times 3/14(180 + (2 \times 1/99))}{360} + \frac{100 \times 3/14(180 - (2 \times 1/99))}{360}$$

$$L = 1599/21 + \frac{471 \times 184/99}{360} + \frac{314 \times 176/22}{360}$$

$$L = 1599/21 + 239/15 + 153/87 = 1992/2\,mm$$

$L = 1992/2\,mm$

مثال نمونه ۱۰: مطلوبست محاسبه طول تسمه مطابق شکل (۸ ــ ۲) در یک ماشین اره نواری که تسمه آن به‌صورت متقاطع قرار گرفته است؛ در صورتی که قطر چرخ محرک ۱۵ سانتیمتر، قطر چرخ متحرک ۴۵ سانتیمتر، فاصلهٔ دو محور ۱۱۰ سانتیمتر و اتصال دو سر تسمه به‌صورت سرهم باشد.



جلسه نهم

برنامه زمان‌بندی جلسه نهم		
۱	آماده کردن کلاس	۱۰
۲	تدریس انتقال حرکت و نیرو در ماشین‌های عمومی صنایع چوب	۲۰
۳	تدریس تسمه و چرخ تسمه و انواع تسمه و مشخصات آن‌ها	۲۰
۴	محاسبات مربوط به طول تسمه	۴۰

فصل دوم ــ انتقال حرکت و نیرو در ماشین‌های عمومی صنایع چوب

جهت آماده کردن کلاس و متمرکز کردن افکار دانش‌آموزان درباره مبحث موردنظر می‌توان سؤالات زیر را از آن‌ها پرسید.

- منبع حرکت دستگاه اره نواری چیست؟
- فلکه‌های اره نواری چگونه حرکت می‌کنند؟
- تیغه اره گرد چگونه حرکت می‌کند؟
- سه نظام دستگاه دریل برقی دستی چگونه حرکت می‌کند؟
- پروانه پنکه‌های معمولی چگونه حرکت خود را از الکتروموتور می‌گیرند؟
- تیغه اره گرد چگونه بالا و پایین می‌شود؟

از سؤالات بالا می‌توان نتیجه گرفت که :

روش‌های انتقال حرکت و نیرو از الکتروموتور به ماشین

۱ــ بدون واسطه (محور ماشین با محور الکتروموتور یکی است، مانند پنکه)

۲ــ با واسطه

الف ــ تسمه و چرخ تسمه (اکثریت دستگاه صنایع چوب)

ب ــ دنده و چرخ‌دنده (دریل دستی، دریل دستی برقی و حرکت عمودی تیغه اره گرد)

ج ــ زنجیر و چرخ زنجیر (حرکت عمودی برخی از صفحات رنده گندگی)

تابلو

بدون واسطه

تعداد دور ماشین با تعداد دور الکتروموتور یکی است.

با واسطه

می‌توان توسط این واسطه‌ها تعداد دور ماشین را نسبت به تعداد دور الکتروموتور بیشتر و یا کمتر نمود.

تسمه و چرخ تسمه

یکی از ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌ها می‌باشد.

برای استفاده کردن از آن نیاز به دو چرخ تسمه یا پولی است که یکی به محور الکتروموتور و یکی به محور ماشین وصل می‌شود و تسمه‌ای این دو چرخ تسمه را به هم ربط می‌دهد.

ــ تسمه می‌تواند از مواد مختلف و با مدل‌های مختلف طراحی شود که در کتاب اشاره شده است.

ــ برای بالا بردن عمر تسمه می‌بایست به نکاتی که در کتاب اشاره شد توجه داشت :

که در این رابطه می‌توان سؤالاتی به شرح زیر مطرح کرد :

۱ــ تسمه‌ها از چه موادی ساخته می‌شوند؟

۲ــ تسمه‌ها به چه شکلی در بازار وجود دارند؟

۳ــ برای انتخاب تسمه چه نکاتی را باید درنظر گرفت؟

۴ــ مواردی که در طولانی شدن کاربرد تسمه مؤثر است نام ببرید.

۵ــ جنس پولی تسمه از چیست؟ و چه ویژگی باید داشته باشد؟

۶ــ فاصله چرخ تسمه نسبت به تسمه چگونه باید باشد؟

۷ــ در تسمه‌های ذوزنقه، زاویه تسمه و زاویه شیار پولی نسبت به هم چگونه باید باشند؟

محاسبه طول تسمه: طریقه قرار گرفتن تسمه روی چرخ تسمه‌ها :

۱ــ ساده و مستقیم (حرکت چرخ‌ها هم‌جهت است)

۲ــ متقاطع (حرکت چرخ‌ها خلاف جهت یکدیگر است)

برای محاسبه طول تسمه به چهار کمیت زیر نیاز داریم :

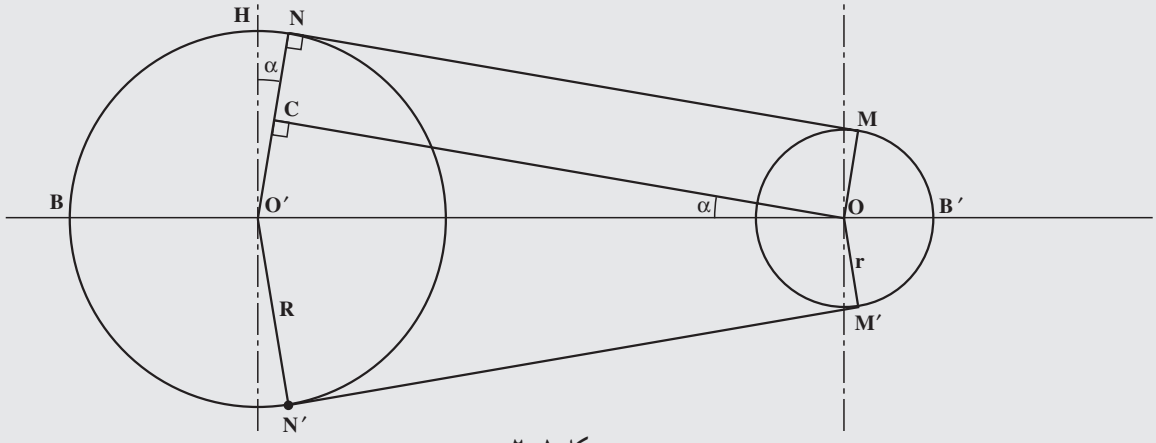
۱ــ قطر چرخ محرک (D)

۲ــ قطر چرخ متحرک (d)

۳ــ فاصله دور محور (A یا O′O)

۴ــ زاویه تماس (α)

الف ــ طول تسمه ساده و مستقیم: برای محاسبه طول تسمه می‌توان طول تسمه را به چهار قسمت تقسیم نمود.



شکل ۱ــ۲

ــ پاره‌خط MN ــ کمان $M\hat{B}'M'$ ــ پاره‌خط $M'N'$ و کمان $N\hat{B}N'$ که با محاسبه این چهار قسمت و جمع آن‌ها، طول تسمه به‌دست می‌آید.

پاره‌خط‌های MN و $M'N'$ بنا به متقارن بودن شکل باهم برابرند.

چهار ضلعی CNMO مستطیل بوده و MN با OC برابر است.

چون $C\hat{O}'O + H\hat{O}'N = 90^\circ$ و از طرفی در مثلث قائم‌الزاویه $\Delta_{O'CO}$ داریم $C\hat{O}'O + O'\hat{O}C = 90^\circ$ نتیجه می‌شود که زاویه $\hat{\alpha} = H\hat{O}'N = O'\hat{O}C$ برای محاسبه طول کمان $N\hat{B}N'$ باید مقدار زاویه $(180^\circ + 2\alpha)$ و برای محاسبه طول کمان $M\hat{B}'M'$ باید زاویه $(180^\circ - 2\alpha)$ به‌دست آید.

● محاسبه پاره‌خط MN = OC : در مثلث قائم‌الزاویه $\Delta_{O'OC}$ مطابق با قانون فیثاغورث

$$MN = OC - \sqrt{A^2 - (R-r)^2}$$

● محاسبه زاویه تماس (α) : در مثلث قائم‌الزاویه $\Delta_{O'CO}$ داریم $O'C = |R-r|$ پس :

$$\sin\alpha = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{O'C}{O'O} =$$

$$\frac{|R-r|}{A} \Rightarrow \alpha = \text{Arc}\sin\frac{|R-r|}{A}$$

● محاسبه کمان‌های $N\hat{B}N'$ ، $M\hat{B}'M'$:

$$M\hat{B}'M' = \frac{\text{زاویه مرکزی مقابل کمان} \times \text{محیط دایره}}{۳۶۰} =$$

$$\frac{d.\pi(۱۸۰-۲\alpha)}{۳۶۰}$$

$$N\hat{B}N' = \frac{\text{زاویه مرکزی مقابل کمان} \times \text{محیط دایره}}{۳۶۰} =$$

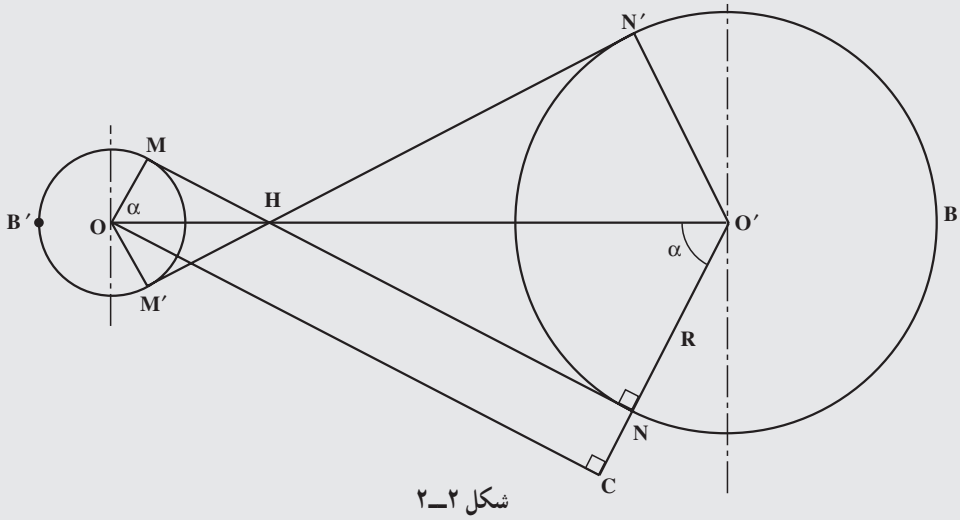
$$\frac{D.\pi(۱۸۰+۲\alpha)}{۳۶۰}$$

که از مجموع چهار قسمت می‌توان رابطه زیر را برای محاسبه طول تسمه ساده و مستقیم به‌کار برد :

$$L = ۲MN + \frac{D\pi(۱۸۰^\circ+۲\alpha)}{۳۶۰} + \frac{d\pi(۱۸۰^\circ-۲\alpha)}{۳۶۰}$$

ب ــ محاسبه طول تسمه که به‌صورت متقاطع روی چرخ تسمه قرار گرفته است: در این حالت نیز شبیه به روش قبل طول تسمه را به چهار قسمت (دو پاره خط و دو کمان) تقسیم نموده و با محاسبه هریک و جمع آن‌ها، طول تسمه به دست خواهد آمد. (روش اول)

$$L = MN + M'N' + N\hat{B}N' + M\hat{B}'M'$$



شکل ۲ــ۲

● بنا به متقارن بودن شکل $MN = M'N'$

● در مستطیل NCOM آن‌گاه $OC = MN$

● در مستطیل NCOM آن‌گاه $CN = OM = r$

● طول پاره‌خط $O'N + NC = R + r = O'C$

● مثلث قائم‌الزاویه $\Delta_{O'CO}$: مطابق با رابطه فیثاغورث

$$MN = OC = \sqrt{(OO')^۲ - (R+r)^۲}$$

● در مثلث قائم‌الزاویه $\Delta O'CO$:

$$\cos\alpha = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}} = \frac{O'C}{O'O} = \frac{R+r}{A}$$

$$\alpha = \text{Arc}\cos\left(\frac{R+r}{A}\right)$$

● طول کمان $N\hat{B}N'$ برابر خواهد بود با :

$$N\hat{B}N' = \frac{D\pi(۳۶۰-۲\alpha)}{۳۶۰}$$

● چون در مثلث قائم‌الزاویه $\Delta_{O'NH}$ و Δ_{OMH} بنا به دو زاویه برابر، متشابه هستند پس :

$$\alpha = N\hat{O}'H = M\hat{O}H$$

● طول کمان $M\hat{B}'M'$:

$$MB'M' = \frac{d.\pi(۳۶۰-۲\alpha)}{۳۶۰}$$

طول تسمه متقاطع :

$$L = ۲MN + \frac{D\pi(۳۶۰-۲\alpha)}{۳۶۰} + \frac{d\pi(۳۶۰-۲\alpha)}{۳۶۰}$$

بعد از فاکتورگیری

$$L = ۲MN + \frac{(D+d)\pi(۳۶۰^\circ-۲\alpha)}{۳۶۰^\circ}$$

برای محاسبه طول تسمه روابط نسبتاً ساده‌تری هم وجود دارد، که با اختلاف بسیار ناچیزی نسبت به روابط گفته شده بالا، طول تسمه را محاسبه می‌نماید. که به شرح زیر است : (روش دوم)

الف ــ محاسبه طول تسمه به‌صورت ساده و مستقیم

$$L = 2A + \frac{\pi(d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4A}$$

ب ــ محاسبه طول تسمه به‌صورت متقاطع

$$L = 2A + \frac{\pi(d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_1 + d_2)^2}{4A}$$

مثال ۱: اگر $A = 50$ و $d = 14$ و $D = 20$ سانتی‌متر و تسمه به‌صورت ساده و مستقیم قرار گرفته باشد، طول تسمه را محاسبه نمایید.

روش اول:

$$\alpha = \text{Arc}\sin\frac{10-7}{50} = 3/44^\circ$$

$$MN = \sqrt{50^2 - (10-7)^2} = 49/91$$

$$L = 2(49/91) + \frac{(20)(3/14)(180 + 2(3/44))}{360} +$$

$$\frac{(14)(3/14)(180 - 2(3/44))}{360} = 153/56\text{cm}$$

روش دوم :

$$L = 2(50) + \frac{(3/14)(20+14)}{2} +$$

$$\frac{(20-14)^2}{4(50)} = 153/56\text{cm}$$

مشاهده می‌شود در این مثال اختلافی در روش اول و دوم دیده نمی‌شود.

مثال ۲ : طول تسمه مسئله بالا را به‌صورت متقاطع به‌دست آورید.

روش اول:

$$\alpha = \text{Arc}\cos(\frac{10+7}{50}) = 70/12^\circ \quad \text{و}$$

$$MN = \sqrt{50^2 - (10+7)^2} = 47/02\text{cm}$$

$$L = 2(47/02) + \frac{(3/14)(20+5)}{2} +$$

$$\frac{(20+15)^2}{4(50)} = 161/12\text{cm}$$

روش دوم:

$$L = 2(50) + \frac{(3/14)(20+15)}{2} + \frac{(20+15)^2}{4(50)} = 161\text{cm}$$

در این مثال اختلاف روش اول و دوم فقط ۱/۲ میلی‌متر خواهد بود. بنابراین با توجه به اختلاف بسیار کم عملاً می‌توان از روش دوم هم به صورت کاربردی استفاده نمود اما روش اول با توجه به اثبات ریاضی اصولی‌تر به‌نظر می‌رسد.

تسمه‌های با مقطع ذوزنقه: این نوع تسمه‌ها از متداول‌ترین تسمه‌های مورد استفاده می‌باشند و نسبت به مدل‌های دیگر کاربرد بیشتری دارند و چون تسمه در درون شیار پولی قرار می‌گیرد، امکان خارج شدن بسیار کم‌تر است.

منتهی باید توجه داشت که عرض تسمه با عرض شیار پولی یکسان بوده، البته وقتی تسمه را درون شیار پولی قرار می‌دهیم نباید تسمه با کف شیار پولی تماس داشته باشد، تماس تسمه با پولی که از طرفین تسمه باید باشد که این امر بستگی به دقت در انتخاب عرض و طول تسمه دارد برای انتخاب طول تسمه در این نوع تسمه‌ها باید قطر مؤثر را به‌دست آورد.

قطر مؤثر در این‌چنین تسمه‌ها برابر است با : $\boxed{dm = d - 2c}$ که در رابطه محاسبه طول تسمه باید به‌جای قطر تسمه‌ها قطر مؤثر آن‌ها را جایگزین نمود.

مثال: اگر $d_1 = 10\text{cm}$ و $d_2 = 20\text{cm}$ و $A = 40\text{cm}$ و $c = 10\text{mm}$ و تسمه به‌صورت متقاطع قرار گرفته باشد. طول تسمه را محاسبه نمایید.

روش اول:

$$d_m = 10 - 2(1) = 8\text{cm} \Rightarrow r = 4\text{cm}$$

$$D_m = 20 - 2(1) = 18\text{cm} \Rightarrow R = 9\text{cm}$$

$$\alpha = \text{Arc}\cos\frac{9+4}{40} = 71/03^\circ$$

$$MN = \sqrt{40^2 - (9+4)^2} = 37/82\text{cm}$$

$$L = 2(37/82) +$$

$$\frac{(18+8)(360 + 2(71/03))\pi}{360} = 125\text{cm}$$

روش دوم:

$$L = 2(40) + \frac{(3/14)(18+8)}{2} +$$

$$\frac{(18+8)^2}{4(40)} = 125\text{cm}$$

در پایان درس از هنرجویان خواسته شود برای جلسه آینده تمرین‌های صفحه ۳۷ و ۳۸ را حل نمایند درضمن هنرجویان در گروه‌های مختلف طول تسمه موجود در کارگاه را محاسبه نموده هفته آینده ارائه نمایند.

محاسبه مقطع تسمه‌ها

تسمه یک قطعه منشوری است که تحت نیروی کششی T قرار گرفته است و مقطع آن از رابطه $S=\frac{T}{\sigma_a}$ محاسبه می‌شود.

S : سطح مقطع برحسب سانتی‌متر مربع

T : نیروی کششی تسمه

σ_a : تنش مجاز برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع که معمولاً در تسمه‌های چرمی معمولی حدود ۳۰ الی ۳۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد و ضریب اصطکاک تسمه معمولی روی فلکه فولادی یا چدنی حدود ۲۸٪ منظور می‌گردد.

فاصله محورها در چرخ تسمه

اگر قطر فلکه‌ها مساوی باشد $E=3D$

اگر قطر فلکه‌ها مختلف باشد $E=2(D+D')$

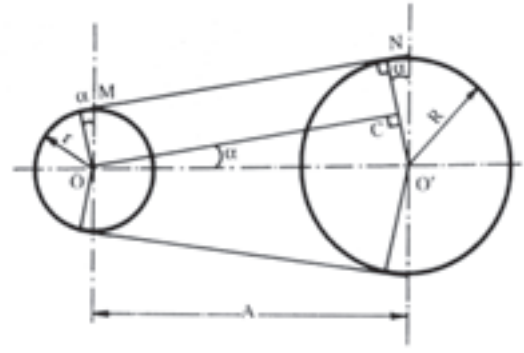
E : فاصله محورها

D و D′ : قطر فلکه‌ها

زاویه درگیری تسمه: زوایای a و B

ـ در تسمه‌های ساده مطابق شکل زیر

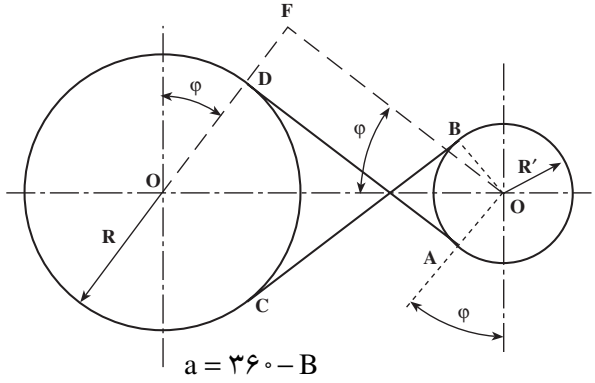
$$\cos\frac{a}{2}=\frac{R-R'}{E}$$



شکل ۳ـ۲

ـ در تسمه‌های متقاطع مطابق شکل زیر

$$\cos\frac{B}{2}=\frac{R+R'}{E}$$



شکل ۴ـ۲

ضخامت تسمه‌ها

برای تسمه‌های چرمی معمولاً به علت قابلیت انعطاف آن‌ها ضخامت را برحسب قطر فلکه کوچک درنظر می‌گیرند.

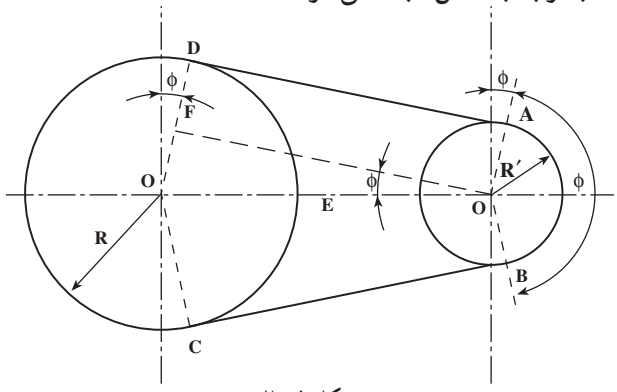
برای قطرها (D) = ۲۰۰ − ۳۰۰ − ۴۰۰ − ۵۰۰ و بزرگتر از ۵۰۰ میلی‌متر باید ضخامت به ترتیب (e) = ۳/۵ ، ۴ ، ۴/۵ ، ۵ و $\frac{D}{100}$ درنظر گرفته شود.

محاسبه طول تسمه (روش سوم)

در تسمه‌های باز (ساده)

$$L=\pi(R+R')+\frac{(R-R')}{E}+2E$$

که با توجه به شکل اثبات می‌شود.



شکل ۵ـ۲

$$L = \overset{\frown}{ArcAB} + \overset{\frown}{ArcCD} + ۲BC$$

$$\overset{\frown}{ArcAB} = \pi R' - ۲\phi R'$$

$$\overset{\frown}{ArcCD} = \pi R + ۲\phi R$$

$$۲BC = ۲E\cos\phi$$

$$L = \pi R' - ۲\phi R' + \pi R + ۲\phi R + ۲E\cos\phi$$

$$L = \pi(R+R') + ۲\phi(R+R') + ۲E\cos\phi$$

در مثلث قائم‌الزاویه OO′F

$$\sin\phi = \frac{R-R'}{E}$$

$$\cos\phi = \sqrt{۱-\sin^۲\phi} = \sqrt{۱-\left(\frac{R-R'}{E}\right)^۲}$$

$$L = \pi(R+R') + ۲\phi(R+R') + ۲E\sqrt{۱-\left(\frac{R-R'}{E}\right)^۲}$$

با توجه به کوچک بودن مقدار ϕ می‌توان آن را با سینوسش برابر گرفت

$$\sin\phi = \phi = \frac{R-R'}{E}$$

و می‌توان بیان کرد

$$\sqrt{۱-\left(\frac{R-R'}{E}\right)^۲} = ۱ - \frac{۱}{۲}\left(\frac{R-R'}{E}\right)^۲$$

که پس از محاسبه خواهیم داشت :

$$۱)\quad L = \pi(R+R') + \frac{(R-R')^۲}{E} + ۲E$$

در تسمه‌های متقاطع خواهیم داشت :

$$۲)\quad L = \pi(R+R') + \frac{(R+R')^۲}{E} + ۲E$$

که با استفاده از روش محاسبه تسمه ساده می‌توان به رابطه فوق دست یافت به شرطی که

الف)

$$\phi = \sin\phi = \frac{R'+R'}{E}$$

ب)

$\sqrt{۱-\left(\frac{R+R'}{E}\right)^۲} = ۱ - \frac{۱}{۲}\left(\frac{R+R'}{E}\right)^۲$ فرض شود.

سرعت تسمه

برای انتقال‌های کمکی $V = ۱۵\,m/s$

بـرای انتقال‌های اصلی $۱۵\,m/s$ الی $V = ۳۰$ می‌باشد و براساس تجربه معمولاً $V = ۲۰\,m/s$ درنظر گرفته می‌شود.

تعیین قطر فلکه

$$D' = \frac{۶۰ \times V}{\pi N'}$$

D' : قطر فلکه محرک V = سرعت تسمه حدود $۲۰\,m/s$

N' : تعداد دوران در دقیقه

$$D = \frac{۶۰ \times V}{\pi N}$$

D : قطر فلکه متحرک V = سرعت تسمه حدود $۲۰\,m/s$

N' : تعداد دوران در دقیقه

اتصال تسمه‌ها

اتصال چسبی، اتصال با قلاب و گیره و اتصال دوختگی

انواع تسمه

الف ــ تسمه‌های چرمی

ــ ***جنس:*** این تسمه‌ها از دباغی پوست گاو (تخته پوست) به‌دست می‌آید. حداکثر طول : ۱/۵ متر است و برای طول‌های بیشتر باید نوارهای متوالی را به‌هم چسبانید یا به هم دوخت. برای افزایش ضخامت نیز نوارها باید روی هم دوخته شوند.

ــ ***ابعاد متداول:***

تسمه‌های ساده : ضخامت ۴ تا ۵ میلی‌متر عرض ۲۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر

تسمه‌های مضاعف : ضخامت ۸ تا ۱۰ میلی‌متر عرض ۶۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر

تسمه‌های سه لایه : ضخامت ۱۲ تا ۱۵ میلی‌متر

ــ ***مزایا:*** این تسمه‌ها نرم و مقاوم به کشش هستند. هم‌چنین مقاوم به فرسایش می‌باشند (مورد استفاده برای تسمه‌اندازی با چنگک.)

ــ ***معایب:*** این تسمه‌ها نسبت به رطوبت، به حرارت و به اسیدها مقاومت ندارند.

ـ ***مقاومت به کشش:*** بار گسیختگی این تسمه‌ها بین ۳۰۰تا ۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع برحسب جنس می‌باشد.

ـ ***اطلاعات عملی:*** در این تسمه‌ها طرفی از پوست را که پشم‌ها روی آن قرار دارد باید روی حلقه فلکه قرار دهیم تا درگیری افزایش یابد و از تشکیل ترک‌خوردگی جلوگیری شود.

ـ در ابتدای شروع کار، تسمه‌ها به مقدار زیاد افزایش طول پیدا می‌کنند. این افزایش طول به کار صحیح و منظم تسمه‌ها لطمه زده و باید تصحیح گردد.

ـ ***نگاهداری تسمه‌های چرمی:*** تسمه‌های چرمی باید از تأثیر گرد و غبار و همچنین ترشح روغن مصون بمانند.

برای تمیز کردن تسمه‌ها از یک پارچه آغشته به محلول رقیق سود استفاده می‌کنند. سپس سطح خارج تسمه را با روغن اندود می‌کنند. البته در صورت امکان بهتر است روغن گرم گردد. توصیه می‌گردد که این عمل سالی یک بار انجام شود. لازم است استفاده از موارد صمغی مانند کولوفان که سبب افزایش درگیری می‌شوند اجتناب گردد، زیرا این مواد صمغی خیلی زود ترک‌ها و شکاف‌هایی را روی تسمه به‌وجود می‌آورند.

ب ـ تسمه‌های نخی

ـ ***جنس:*** جنس این تسمه‌ها از پارچه‌های بافته شده از الیاف پنبه‌ای می‌باشد. این پارچه‌ها که ضخامت آن‌ها ۱/۲۵ میلی‌متر است روی هم قرارگرفته، به‌هم دوخته شده و به روغن کتان یا قطران گیاهی آغشته می‌گردد.

ـ ***ابعاد متداول:*** ضخامت تسمه بستگی به تعداد لایه‌های آن دارد (۴، ۶، ۸ یا ۱۰ لایه) عرض به اندازه‌های متداول

ـ ***مزایا:*** این تسمه‌های چرمی ارزان‌تر هستند و با طول‌های بسیار زیاد ساخته می‌شوند.

ـ ***معایب:*** این نوع تسمه‌ها نسبت به عوامل جوی حساس هستند و برحسب وضعیت رطوبت هوا افزایش یا کاهش طول پیدا می‌کنند (بازده متغیر)

ـ ***مقاومت:*** بارگسیختگی این تسمه‌ها بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است.

ج ـ تسمه‌های بالاتا

ـ ***جنس:*** جنس این تسمه‌ها از پارچه‌های بافته شده از الیاف پنبه‌ای اعلا می‌باشد که با صمغ بالاتای خالص اندود شده است. (***بالاتا:*** ماده‌ای صمغی است که از شیره نباتی به‌دست می‌آید). تعداد لایه‌های این تسمه ۵،۴،۳ یا ۶ عدد می‌باشد.

مقاومت این تسمه به کشش در حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است.

ـ ***مزایا:*** این تسمه‌ها مانند تسمه‌های نخی به ابعاد مختلف ساخته می‌شوند. این تسمه‌ها نسبت به اسیدها و قلیاها مقاومت می‌کنند.

ـ ***معایب:*** این تسمه‌ها در اثر حرارت افزایش طول پیدا می‌کنند. این تسمه‌ها برای تسمه‌اندازی با چنگک مقاومت ندارند.

د ـ تسمه‌های کائوچویی

ـ ***جنس:*** این تسمه‌ها مانند تسمه‌های نوع بالاتا از پارچه‌های نخی بسیار محکم و با مقاومت زیاد تشکیل شده‌اند. منتهی لایه‌های آن از کائوچوی ولگانیزه اندود شده‌اند. تعداد لایه‌های این تسمه‌ها ۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲ یا ۹ عدد بوده و با عرض‌های متداول ساخته می‌شوند.

ـ ***مزایا:*** این تسمه‌ها تحت کلیه ابعاد ساخته می‌شوند. در مقابل رطوبت مقاومت دارند و طول آن‌ها با وضعیت رطوبت تغییر نمی‌کند. از این تسمه‌ها به‌عنوان تسمه نقاله دستگاه‌های حمل و نقل مکانیکی استفاده می‌شود.

ـ ***معایب:*** در مقابل حرارت و اثر روغن مقاومت ندارند.

هـ ـ تسمه‌های فلزی

این تسمه از یک یا چند نوار فولادی آب داده و کشیده شده تشکیل شده‌اند (اره تسمه‌ای در این مورد مثال خوبی است).

ـ ***مزایا:*** این تسمه‌ها در مقابل حرارت و رطوبت افزایش طول پیدا نمی‌کنند. ضمناً جاگیری آن‌ها نیز کم است. همچنین این تسمه‌ها سرعت‌های زیاد را می‌توانند تحمل کنند : ۶۰ تا ۱۰۰ متر در ثانیه.

ـ ***معایب:*** اتصال نوارها در این نوع تسمه مشکل و حساس است. این تسمه‌ها استفاده از فلکه یا چرخ تسمه‌های با قطر بزرگ ایجاب می‌کنند.

و ـ تسمه‌های نایلونی

این تسمه‌ها اخیراً متداول شده و از یک ورقه نایلون مقاوم که دربین دو لایه نازک چرمی (برای درگیری و چسبندگی) قرار گرفته است تشکیل می‌شوند.

حل مثال نمونه ۴:

$$R = \frac{D}{2} = \frac{450}{2} = 225mm$$

$$r = \frac{d}{2} = \frac{150}{2} = 75mm$$

$$OC = R + r = 225 + 75 = 300mm$$

$$\cos\alpha = \frac{R + r}{A} = \frac{300}{1100} = 0/2727$$

$$\alpha = 74/17^\circ \text{ یا } 74^\circ$$

$$OC = MN = A \times \sin\alpha \Rightarrow 1100 \times \sin 74/17^\circ =$$

$$MN = 1100 \times 0/962 = 1058/3mm$$

$$L = 2 \times MN + \frac{(D + d)(360 - (2\alpha))}{360}$$

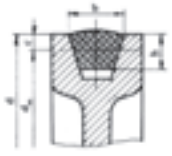
$$L = 2 \times 1058/3 + \frac{(450 + 150)(360 - (2 \times 74/17))}{360}$$

$$L = 2116/6 + \frac{600 \times 211/66}{360} = 2116/6 + 352/76 = 2469/36mm$$

$$\boxed{L = 2469/36mm}$$

یادآوری می‌شود برای محاسبه طول تسمه‌های دوزنقه‌ای، به‌جای قطر خارجی (d)، قطر مؤثر (d_w) را در رابطه‌های مربوطه قرار می‌دهیم (شکل ۹ ـ ۲).

$$\boxed{d_w = d - 2c}$$



شکل ۹ ـ ۲ ـ تسمه دوزنقه

d_w : قطر مؤثر
d : قطر خارجی
c : فاصله قطر مؤثر تا قطر خارجی
h : ارتفاع تسمه
b : عرض تسمه

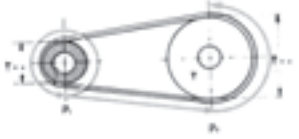
تمرین

۱ ـ در ماشین کف‌زنی مطابق شکل (۱۰ ـ ۲) قطر چرخ محرک ۱۲ سانتیمتر، قطر چرخ

انتقال حرکت

۲ ـ ۲ ـ محاسبه تعداد دور چرخ تسمه

چون تعداد دور و قطر چرخ محرک ثابت فرض می‌شود، از این رو باید برای تنظیم تعداد دور چرخ متحرک، قطر چرخ متحرک را تغییر داد؛ همچنین تسمه و چرخ‌تسمه‌ها، علاوه برانتقال حرکت، تغییر تعداد دوران چرخ متحرک را نیز انجام می‌دهد، که مقدار آن به‌نسبت انتقال (i) بین دو محور بستگی خواهد داشت (شکل ۱۳ ـ ۲).



شکل ۱۳ ـ ۲ ـ انتقال تعداد دور

همان‌گونه که در درس محاسبات فنی (۱) بیان شده بود؛
در محاسبات چرخ تسمه قطر آنها را به d (برحسب میلیمتر) و تعداد دور آنها را به n (دور در دقیقه) نمایش داده در کلیه محاسبات این رابطه‌ها برقرار است:

$$\frac{\text{قطر چرخ متحرک}}{\text{قطر چرخ محرک}} = \frac{\text{تعداد دور چرخ محرک}}{\text{تعداد دور چرخ متحرک}} \Rightarrow \boxed{\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = i}$$

$$\boxed{i = \frac{d_2 \times d_3}{d_1 \times d_4}} \quad i_1 = \frac{d_2}{d_1} \text{ و } i_2 = \frac{d_3}{d_4} \text{ و } \boxed{i = i_1 \times i_2}$$

مثال نمونه ۱۰: یک دستگاه ماشین فرز که قطر پولی آن ۵ سانتیمتر است، توسط الکتروموتوری با قطر پولی ۱۵ سانتیمتر و تعداد دور ۱۴۰۰ دور در دقیقه، کار می‌کند. تعداد دور ماشین فرز را محاسبه کنید.

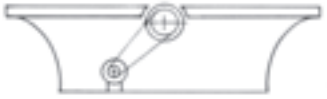
$$n_1 = 1400\ 1/min \text{ و } d_1 = 15cm$$

$$d_2 = 5cm \qquad \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow \frac{1400}{n_2} = \frac{5}{15}$$

$$\Rightarrow n_2 = \frac{1400 \times 15}{5} = 3600\ 1/min$$

مثال نمونه ۲۰: یک ماشین کف‌زنی باید با ۲۰۰۰ دور در دقیقه کار کند؛ در صورتی که قطر پولی غلتک رنده ۱۲۰ میلیمتر است و تعداد دور الکتروموتور ۴۰۰۰ دور در دقیقه می‌باشد. قطر پولی الکتروموتور را محاسبه کنید.

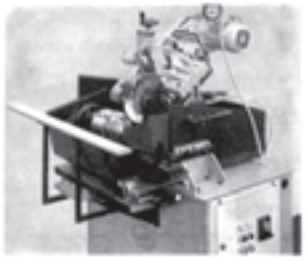
منحرک ۲۵ سانتیمتر و فاصلهٔ دو محور ۶۰ سانتیمتر. اگر تسمه به‌صورت ساده و مستقیم و انصال سرهم باشد، طول تسمهٔ این ماشین را محاسبه نمایید.



شکل ۱۰ ـ ۲ ـ دستگاه کف‌زنده

۲ ـ در مسألهٔ شماره ۱ اگر تسمه به صورت متقاطع و اتصال دو سر آن به‌صورت گره‌ای و با طول ۱۰ سانتیمتر باشد، طول تسمه را محاسبه کنید.

۳ ـ دردستگاه تیغه‌تیزکن مطابق شکل (۱۱ ـ ۲) طول تسمهٔ آن را با توجه به ویژگیهای آن به‌دست آورید.



شکل ۱۱ ـ ۲ ـ دستگاه تیغه تیزکن

d_1 : ۱۶ سانتیمتر
d_2 : ۸ سانتیمتر
A : ۶۵ سانتیمتر
c : ۱۰ میلیمتر

۴ ـ برای به‌حرکت درآوردن یک ماشین فرز، از تسمه‌ای به‌صورت ضربدری و از نوع دوزنقه‌ای استفاده شده است. اگر قطر چرخ محرک ۱۰ سانتیمتر، قطر چرخ متحرک ۱۵ سانتیمتر، فاصلهٔ دو محور ۵۰ سانتیمتر و اختلاف قطر مؤثر و قطر خارجی ۸ میلیمتر باشد طول تسمه این ماشین را به‌دست آورید.

۵ ـ درپمپ بادمطابق شکل (۱۲ ـ ۲) قطر چرخ محرک ۸ سانتیمتر، قطر چرخ متحرک ۱۶ سانتیمتر و اتصال دو سر تسمه به‌صورت گره‌ای با طول ۶ سانتیمتر می‌باشد. طول تسمه را محاسبه کنید.

شکل ۱۲ ـ ۲ ـ پمپ باد

تحقیق: در کارگاه محل آموزش طول تسمه دستگاهها را محاسبه کنید.

۱۰

جلسه دهم

برنامه زمان‌بندی جلسه دهم		
۱	بعد از آماده کردن کلاس برای درک مطالب و حضور و غیاب از دانش‌آموزان خواسته شودکه تکالیف خود را جهت بازبینی آماده نمایند.	۵
۲	بعد از بازبینی تکالیف، از آن‌ها خواسته شود که تمرین‌ها را حل نمایند.	۳۵
۳	تحقیق مربوط به طول تسمه دستگاه‌های موجوددرکارگاه بررسی شده ودرپایان تمرین‌ها،نماینده هر گروه در کلاس کار مربوطه راارائه دهند.	۲۰
۴	تدریس مربوط به محاسبه تعداد دور چرخ تسمه و نسبت انتقال انجام شود.	۳۰

حل تمرین‌های صفحه ۳۷ و ۳۸

حل تمرین ۱:

$d_1 = ۱۲cm \quad d_2 = ۲۵cm \quad A = ۶۰cm$

$\alpha = \text{Arc}\sin\frac{R-r}{A} = \text{Arc}\sin\frac{۱۲/۵-۶}{۶۰} = ۶/۲^\circ$

$MN = \sqrt{A^2-(R-r)^2} =$

$\sqrt{۶۰^2-(۱۲/۵-۶)^2} = ۵۹/۶cm$

$L = ۲MN + \frac{D\pi(۱۸۰+۲\alpha)}{۳۶۰} + \frac{d\pi(۱۸۰-۲\alpha)}{۳۶۰}$

$L = ۲(۵۹/۶) + \frac{(۲۵)(۳/۱۴)(۱۸۰+۱۲/۴)}{۳۶۰} +$

$\frac{d\pi(۱۸۰-۱۲/۴)}{۳۶۰}$

$L = ۱۷۸/۷cm$

حل تمرین۲:

$\alpha = \text{Arc}\cos\frac{R+r}{A} = \text{Arc}\cos\frac{۱۲/۵+۶}{۶۰} = ۷۲/۰۴^\circ$

$MN = \sqrt{A^2-(R+r)^2} =$

$\sqrt{۶۰^2-(۱۸/۵)^2} = ۵۷/۰۷cm$

$L_1 = ۲MN + \frac{(D+d)(۳۶۰-۲\alpha)(\pi)}{۳۶۰}$

$L_1 = ۲(۵۷/۰۷) +$

$\frac{(۲۵+۱۲)(۳۶۰-۱۴۴/۰۸)(۳/۱۴)}{۳۶۰} = ۱۸۳/۸$

$L = L_1 + L_2 = ۱۸۳/۸ + ۱۰ = ۱۹۳/۸cm$

حل تمرین ۳:

$D_M = ۱۶ - ۲(۱) = ۱۴cm$

$d_m = ۸ - ۲(۱) = ۶cm$

$\alpha = \text{Arc}\sin\frac{R-r}{A} = \text{Arc}\sin\frac{۷-۳}{۶۵} = ۳/۵cm$

$MN = \sqrt{A^2-(R-r)^2} =$

$\sqrt{۶۵^2-(۷-۳)^2} = ۶۴/۸۷cm$

$L = ۲(MN) + \frac{D\pi(۱۸۰+۲\alpha)}{۳۶۰} + \frac{d\pi(۱۸۰-۲\alpha)}{۳۶۰}$

$L = ۲(۶۴/۸۷) + \frac{۱۴(۳/۱۴)(۱۸۰+۷)}{۳۶۰} +$

$\frac{(۶)(۳/۱۴)(۱۸۰-۷)}{۳۶۰} = ۱۶۱/۶cm$

حل تمرین ۴:

$d_1 = ۱۰cm \quad A = ۵۰cm$

$D_M = ۱۵ - ۲(۰/۸) = ۱۳/۴cm$

$d_2 = ۱۵cm \quad C = ۸mm$

$d_M = ۱۰ - ۲(۰/۸) = ۸/۴cm$

$\alpha = \text{Arc}\cos\frac{R+r}{A} =$

$\text{Arc}\cos\frac{۶/۷+۴/۲}{۵۰} = ۷۷/۴^\circ$

$MN = \sqrt{A^2-(R+r)^2} =$

$\sqrt{۵۰^2-(۶/۷+۴/۲)^2} = ۴۸/۷۹cm$

$L = ۲MN + \frac{(D+d)(\pi)(۳۶۰-۲\alpha)}{۳۶۰} = ۲(۴۸/۷۹) +$

$$\frac{(۱۳/۴+۸/۴)(۳/۱۴)(۳۶۰-۱۵۴/۸)}{۳۶۰}$$

$$L=۱۳۶/۵۹cm$$

حل تمرین ۵:

$$d_۱=۸cm\ ,d_۲=۱۶cm,$$

$$A=۴۰cm\ ,\ L_۲=۶cm$$

$$\alpha=\ Arc\sin\frac{R-r}{A}=Arc\sin\frac{۸-۴}{۴۰}=۵/۷۳°$$

$$MN=\sqrt{A^۲-(R-r)^۲}=$$

$$\sqrt{۴۰^۲-(۸-۴)^۲}=۳۹/۸cm$$

$$L_۱=۲(MN)+\frac{D\pi(۱۸۰+۲\alpha)}{۳۶۰}+$$

$$\frac{d\pi(۱۸۰-۲\alpha)}{۳۶۰}=۲(۳۹/۸)+$$

$$\frac{۱۶(۳/۱۴)(۱۸۰+۱۱/۴۶)}{۳۶۰}+$$

$$\frac{۸(۳/۱۴)(۱۸۰-۱۱/۴۶)}{۳۶۰}$$

$$L_۱=۱۱۸cm$$

$$L=L_۱+L_۲=۱۱۸+۶=۱۲۴cm$$

محاسبه تعداد دور چرخ تسمه

هنگامی که الکتروموتوری روشن است دارای نوعی حرکت دورانی است و همچنین دارای یک سرعت دورانی خواهد بود که این سرعت دورانی برابر است با :

$$\boxed{V_۱=d_۱.\pi.n_۱}$$

و اگر توسط یک تسمه این حرکت به چرخ دیگری هم منتقل شود، آن چرخ هم دارای سرعتی برابر با سرعت دورانی چرخ تسمه الکتروموتور خواهد بود که می‌توان سرعت آن چرخ را به‌صورت $V_۲=d_۲.\pi.n_۲$ محاسبه نمود و چون سرعت هر دو چرخ یکسان می‌باشد بنابراین خواهیم داشت :

$$V_۱=V_۲\Rightarrow d_۱.\pi.n_۱=d_۲.\pi.n_۱\Rightarrow$$

$$d_۱\pi_۱=d_۲\pi_۲\ \text{ و یا }\Rightarrow\frac{n_۱}{n_۲}=\frac{d_۲}{d_۱}$$

پس حاصل‌ضرب تعداد دور در قطر چرخ‌ها با یکدیگر برابر خواهند بود و با نسبت تعداد دورها با عکس نسبت قطرها یکسان می‌باشد.

که البته این نسبت‌ها را نسبت انتقال می‌نامیم پس :

$$\boxed{i=\frac{n_۱}{n_۲}=\frac{d_۲}{d_۱}}$$

ـ اگر نسبت انتقال $i<۱$ باشد، حرکت را تند شونده یعنی تعداد دور ماشین بیش از تعداد دور الکتروموتور می‌باشد.

ـ اگر نسبت انتقال $i>۱$ باشد، حرکت را کند شونده یعنی تعداد دور ماشین کمتر از تعداد دور الکتروموتور می‌باشد.

ـ اگر نسبت انتقال $i=۱$ باشد، تعداد دور ماشین و الکتروموتور یکسان خواهد بود.

مثال: اگر $i=\frac{۲}{۳}$ باشد، یعنی این که تعداد دور الکتروموتور $\frac{۲}{۳}$ تعداد دور ماشین باشد خلاصه این که نسبت انتقال برابر است با نسبت تعداد دور الکتروموتور به تعداد دور ماشین پس : $i=\frac{n_e}{n_m}$

در ماشین‌هایی که از چندین چرخ و تسمه برای انتقال حرکت استفاده می‌شود نسبت انتقال به شرح زیر به‌دست می‌آید :

در چرخ اول و دوم یعنی اولین تسمه $i_۱=\frac{n_۱}{n_۲}$ و در چرخ سوم و چهارم، یعنی دومین تسمه $i_۲=\frac{n_۳}{n_۴}$ و چون چرخ دوم و سوم هر دو روی یک محور قرار گرفته‌اند یعنی $\frac{n_۳}{n_۲}=۱$ و طبق تعریف خواهیم داشت :

$$i=\frac{n_e}{n_m}\Rightarrow\frac{n_۱}{n_۴}\times\frac{n_۳}{n_۲}\Rightarrow\frac{n_۱}{n_۲}\times\frac{n_۳}{n_۴}\Rightarrow i=i_۱\times i_۲$$

از طرف دیگر :

$$i=i_۱\times i_۲=\frac{d_۲}{d_۱}\times\frac{d_۴}{d_۳}\Rightarrow i=\frac{d_۲\times d_۴}{d_۱\times d_۳}$$

به همین‌ترتیب اگر تعداد چرخ‌ها بیشتر شود می‌توان نوشت :

$$\boxed{i=\frac{d_۲\times d_۴\times d_۶\times\ \cdots}{d_۱\times d_۳\times d_۵\times\ \cdots}}$$

مثال نمونه ۱ و ۲ صفحه ۳۹ حل شود.

ـ از دانش‌آموزان خواسته شود سؤالات خود را مطرح نمایند.

ـ اعلام شود که برای جلسه آینده تمرین‌های صفحات ۴۰ و ۴۱ را حل نمایند.

$n_2 = 2000\,u/min$

$n_2 = 2000\,u/min$ و $d_2 = 12\,cm$

$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow d_1 = \frac{d_2 \times n_2}{n_1} \Rightarrow d_1 = \frac{12 \times 2000}{4000}$

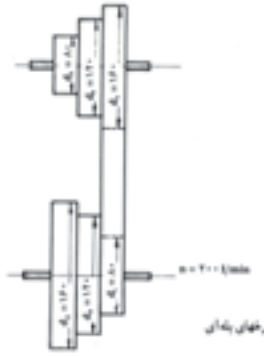
$d_1 = 6\,cm$

تمرین

۱ ــ الکتروموتوری با تعداد دور ۳۶۰۰ دور در دقیقه و قطر چرخ تسمه ۵۰ میلیمتر موجود است. این الکتروموتور یک ماشین سنباده با قطر پولی ۱۰۰ میلیمتر را به‌حرکت درمی‌آورد. تعداد دور دستگاه را محاسبه کنید.

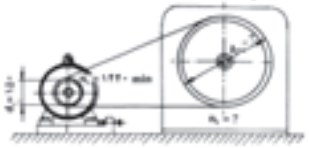
۲ ــ الکتروموتور یک ماشین رنده ۱۵۰۰ دور در دقیقه می‌زند. هر گاه چرخ متحرک ماشین ۱۲۰ میلیمتر و تعداد دوری معادل ۲۰۰۰ دور در دقیقه داشته باشد، قطر چرخ محرک را معلوم کنید.

۳ ــ در یک ماشین خراطی، الکتروموتوری با تعداد دوران ۲۰۰ دور در دقیقه و قطر پولی‌های ۸۰ و ۱۲۰ و ۱۶۰ میلیمتر نصب شده است ــ در صورتی که قطر پولی‌های دستگاه به‌صورت فرینه باشد ــ تعداد دورهای آن را حساب کنید (شکل ۱۴ ــ ۲).



شکل ۱۴ ــ ۲ ــ چرخهای پله‌ای

۲ ــ در دستگاه مطابق شکل (۱۵ ــ ۲) اگر نسبت انتقال ۳ باشد، مطلوب است مقادیر n_2 و d_2.

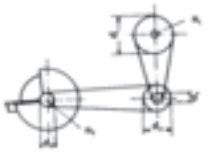


شکل ۱۵ ــ ۲

۵ ــ در دستگاه سنگ سنباده مطابق شکل (۱۶ ــ ۲)، با ویژگیهای که آمده است، حساب کنید:

الف) نسبت کل انتقال دستگاه را (i)

ب) عده دوران سنگ سنباده را در هردقیقه.



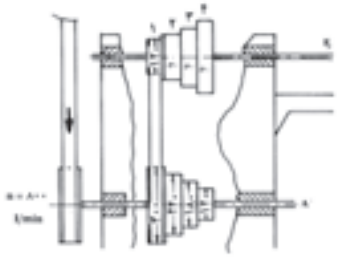
$d_1 = 15\,mm$ $d_2 = 65\,mm$

$d_3 = 65\,mm$ $n_4 = 925\,t/min$

$d_4 = 12\,mm$

شکل ۱۶ ــ ۲ ــ سنگ سنباده

۶ ــ در ماشین خراطی شکل (۱۷ ــ ۲) تعداد دور میله متحرک را در هر یک از چرخهای تسمه حساب کنید.

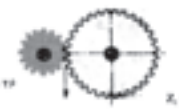


شکل ۱۷ ــ ۲ ــ انتقال حرکت ماشین خراطی

انتقال حرکت

۳ ــ ۲ ــ محاسبات چرخ‌دنده و چرخ زنجیر

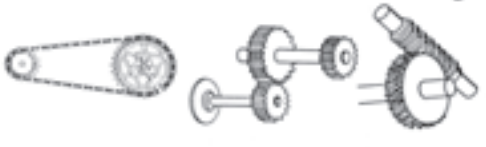
چرخ دنده وسیله‌ای است که حرکت را از محوری به‌محور دیگری منتقل می‌کند. هنگامی از چرخ دنده استفاده می‌شود که باید نیرو به‌تمامی از چرخ محرک (الکتروموتور) به‌چرخ متحرک (ماشین کار) منتقل شود؛ همچنین فاصله دو چرخ به‌یکدیگر نزدیک باشد (شکل ۱۸ ــ ۲).



$z_1 = 20$ $z_2 = 50$

شکل ۱۸ ــ ۲

چنانچه فاصله زیاد باشد می‌توان از زنجیر و چرخ زنجیر استفاده نمود که در این صورت نیز نیرو به‌تمامی از چرخ محرک به‌چرخ متحرک منتقل می‌گردد. جهت گردش دو چرخ دنده که با یکدیگر درگیر هستند، عکس یکدیگرند و اگر بخواهیم که جهت گردش دو چرخ دنده یکی باشد باید از چرخ دنده واسطه استفاده کرد که فقط جهت را تغییر می‌دهد و از لحاظ قطر و تعداد دور و تعداد دندانه هیچ اثری ندارد (شکل ۱۹ ــ ۲).



طوقه و چرخ طوقه دنده و چرخ دنده زنجیر و چرخ زنجیر

شکل ۱۹ ــ ۲

دنده‌های دو چرخ دنده‌ای که با یکدیگر درگیر هستند باید کاملاً متشابه بوده در غیر این‌صورت هنگام گردش چرخ دنده‌ها یکدیگر را خرد می‌کنند.

با انتخاب چرخ‌دنده به‌قطرهای مختلف می‌توان تعداد دور را زیاد یا کم نمود؛ یعنی اگر قطر چرخ دنده محرک را افزایش دهیم سرعت ماشین کار کاهش پیدا خواهد کرد و برعکس، چنانچه قطر چرخ‌دنده متحرک را کم کنیم، سرعت آن زیادتر خواهد شد.

از آن‌جایی که دندانه چرخ دنده‌هایی که با هم کار می‌کنند باید متشابه و یکنواخت باشند؛ از

این رو برای افزایش تعداد دندانه در چرخ متحرک باید محیط چرخ‌دنده، یعنی قطر چرخ دنده را نیز بزرگتر انتخاب نمود.

برای محاسبات تعداد دور در چرخ‌دنده‌ها همان قواعدی که در چرخ تسمه‌ها ذکر شد مورد استفاده قرار می‌گیرند. فقط به‌جای قطر (d) تعداد دندانه‌های چرخ‌دنده (z) را قرار می‌دهند؛ بنابراین روابط محاسبه چرخ‌دنده عبارت است از:

$n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$ $\quad \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = i$

مثال نمونه ۱۰: تعداد دور چرخ دنده محرکی را حساب کنید که تعداد دندانه آن ۳۳ عدد و تعداد دور چرخ‌دنده متحرک ۴۴۰ دور در دقیقه و تعداد دندانه آن ۱۵ عدد باشد.

حل:

$n_1 = ?$

$z_1 = 33$ $\quad n_1 = \frac{n_2 \cdot z_2}{z_1} = \frac{440 \times 15}{33} = 200$

$n_2 = 440\,1/min$

$z_2 = 15$ $\quad n_1 = 200\,1/min$

مثال نمونه ۲۰: تعداد دور چرخ دنده محرکی ۲۰۰ دور در دقیقه و تعداد دندانه‌های آن ۲۲ عدد است. چنانچه بخواهیم تعداد دور چرخ متحرک ۳۰۰ دور در دقیقه باشد. مطلوب است محاسبه تعداد دندانه‌های چرخ دنده متحرک.

$n_1 = 200\,1/min$

$z_1 = 22$

$n_2 = 300\,1/min$

$z_2 = ?$ $\quad z_2 = \frac{n_1 \cdot z_1}{n_2} = \frac{200 \times 22}{300} = 32 \quad z_2 = 32$

تمرین

۱ ــ تعداد دور چرخ محرک را حساب کنید (اگر تعداد دنده آن ۲۰، تعداد دور چرخ متحرک ۶۴۰ دور در دقیقه و تعداد دنده چرخ متحرک ۲۵ دنده باشد).

۲ ــ الکتروموتوری با تعداد دور ۹۰۰ دور در دقیقه و با چرخ دنده‌ای که ۱۵ دنده داشته باشد یک چرخ متحرک را با تعداد دور آن ۲۲۵ دور در دقیقه به‌حرکت درمی‌آورد، تعداد

جلسه یازدهم

برنامه زمان‌بندی جلسه یازدهم		
۱	آماده‌کردن کلاس	۵
۲	بازبینی تکالیف	۵
۳	حل تمرین‌های صفحه ۴۰ و ۴۱	۳۰
۴	تدریس چرخ‌دنده و چرخ زنجیر و نسبت انتقال	۵۰

حل تمرین‌های صفحه ۴۰ و ۴۱

حل تمرین ۱:

$d_1 = 50\,mm \;,\; d_2 = 100\,mm,$

$n_1 = 3600\frac{1}{min} \;,\; n_2 = ?$

$n_2 = \frac{n_1 d_1}{d_2} = \frac{3600\times 50}{100} = 1800\frac{1}{min}$

حل تمرین ۲:

$d_2 = 120\,mm \;,\; n_1 = 1500\frac{1}{min},$

$n_2 = 4000\frac{1}{min} \;,\; d_1 = ?$

$d_1 = \frac{d_2 n_2}{n_1} = \frac{4000\times 120}{1500} = 320\,mm$

حل تمرین ۳:

$d_1 = 80\,mm \;,\; d_3 = 120\,mm \;,$

$n_1 = 200\frac{1}{min} \;,\; d_5 = 160\,mm$

$n_2 = \frac{n\times d_1}{d_2} = \frac{200\times 80}{160} = 100\frac{1}{min}$

$n_4 = \frac{n\times d_3}{d_4} = \frac{200\times 120}{120} = 200\frac{1}{min}$

$n_6 = \frac{n\times d_5}{d_6} = \frac{200\times 160}{80} = 400\frac{1}{min}$

حل تمرین ۴:

$i = 3 \;,\; d_1 = 150\,mm \;,\; n_2 = ? \;,$

$n_1 = 1440\frac{1}{min} \;,\; d_2 = ?$

$n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{1440}{3} = 480\frac{1}{min}$

$d_2 = d_1 \times i = 150\times 3 = 450\,mm$

حل تمرین ۵:

الف) $i = \frac{d_2\times d_4}{d_1\times d_3} = \frac{65\times 65}{150\times 130} = \frac{13}{60} = 0/216$

ب) $n_4 = \frac{n_1}{i} = \frac{925}{\frac{13}{60}} = 4269/21/min$

حل تمرین ۶:

$d_3 = d_6 = 240\,mm \;,\; d_1 = d_8 = 300\,mm \;,$

$d_5 = d_4 = 180\,mm \;,\; n_1 = 800\frac{1}{min} \;,$

$d_1 = d_2 = 120n$

$n_2 = \frac{nd_1}{d_2} = \frac{800\times 300}{120} = 2000\frac{1}{min}$

$n_4 = \frac{n\times d_3}{d_4} = \frac{800\times 240}{180} = 1067\frac{1}{min}$

$n_6 = \frac{n\times d_5}{d_4} = \frac{800\times 180}{240} = 600\frac{1}{min}$

$n_8 = \frac{n\times d_7}{d_8} = \frac{800\times 120}{300} = 320\frac{1}{min}$

محاسبات چرخ‌دنده و چرخ زنجیر

الف ــ دنده و چرخ‌دنده

ــ برای بالا یا پایین‌بردن تیغه اره گرد نسبت به صفحه دستگاه از چه سیستمی استفاده می‌شود؟

ــ برای انتقال حرکت از موتور به سه نظام دستگاه دریل دستی برقی از چه سیستمی استفاده می‌شود؟

ـ در چه ماشین‌آلاتی برای انتقال قدرت و حرکت از دنده و چرخ‌دنده استفاده می‌کنند؟

همان‌طور که در بحث چرخ تسمه گفته شد، یکی از چرخ‌ها به الکتروموتور و دیگری به ماشین متصل است و از طرفی این دو چرخ با هم‌دیگر در تماس می‌باشند بنابراین سرعت محیطی هر دو یکسان می‌باشد و چون سرعت محیطی برابر است با :

$V = d.\pi.n$ یا تعداد دوران × محیط چرخ = V

محیط چرخ می‌تواند با حاصل‌ضرب تعداد دندانه‌ها (Z) در عرض هر دندانه (e) به‌دست آید. بنابراین :

$$V_1 = V_2 \Rightarrow d_1\pi n_1 = d_2\pi n_2 \Rightarrow e_1 z_1 n_1 = e_2 z_2 n_2$$

و چون عرض دندانه‌های هر دو چرخ باید با هم برابر باشند تا درون یک‌دیگر قرار گرفته و حرکت کنند یعنی $e_1 = e_2$ باشد.

خواهیم داشت

$$z_1 n_1 = z_2 n_2$$

در مقایسه با چرخ تسمه فقط این تفاوت را خواهد داشت که به‌جای قطر چرخ، تعداد دندانه‌های چرخ‌ها قرار گرفته است. بنابراین تمامی ویژگی‌های چرخ تسمه را در رابطه با محاسبات خواهد داشت.

ب ــ چرخ زنجیر

- دوچرخه چگونه حرکت می‌کند؟
- بعضی از دستگاه‌های گندگی برای بالا یا پایین بردن صفحه دستگاه از سیستم زنجیر و چرخ زنجیر استفاده می‌کنند.
- بعضی از جرثقیل‌های کارگاه از این سیستم استفاده می‌کنند.

چرخ‌های این سیستم دندانه‌دار بوده که زنجیر مربوطه درون دندانه‌ها قرار می‌گیرد و برای محاسبه تعداد دور چرخ‌ها می‌توان مشابه چرخ دندانه عمل نموده به‌طوری‌که :

$$z_1 n_1 = z_2 n_2$$

و از طرفی نسبت انتقال برای سیستم دنده و چرخ‌دنده و زنجیر و چرخ زنجیر مشابه تسمه و چرخ تسمه می‌باشد.

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

و در چرخ‌های مرکب نسبت انتقال برابر است با :

$$i = \frac{n_e}{n_m} = \frac{z_2 . z_4}{z_1 . z_3}$$

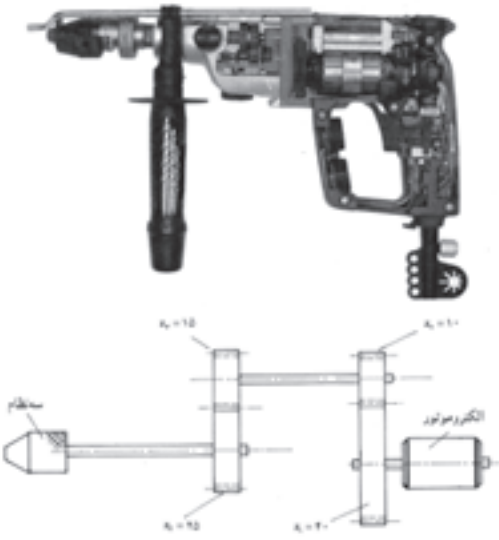
مثال‌های نمونه ۱ و ۲ کتاب حل شود. بعد از پاسخ به سؤالات احتمالی هنرجویان، اعلام شود که برای جلسه آینده مسایل مربوط به صفحات ۴۴،۴۳ و ۴۵ حل شود.

دنده‌های چرخ متحرک را حساب کنید.

۳ ـ تعداد دور الکتروموتور را در شکل (۲۰ ـ ۲) حساب کنید؛ در صورتی که تعداد دور سه‌نظام ۲۵۰۰ دور در دقیقه باشد.

۴ ـ در شکل (۲۰ ـ ۲) اگر تعداد دور الکتروموتور ۱۰۰۰ دور در دقیقه باشد، تعداد دنده‌های چرخ شماره ۴ چه تغییری خواهد کرد؛ در صورتی که تعداد دور سه‌نظام همان ۲۵۰۰ دور در دقیقه باشد.

۵ ـ نسبت کل انتقال را در شکل (۲۰ ـ ۲) به‌دست آورید. اگر تعداد دور الکتروموتور ۱۰۰۰ دور در دقیقه و تعداد دور سه‌نظام ۴۲۰ دور در دقیقه باشد.

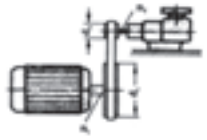


شکل ۲۰ ـ ۲ ـ دریل برقی دستی

انتقال حرکت

سؤالات آزمون پایان فصل دوم

۱ ـ در شکل (۲۱ ـ ۲) طول تسمه را به‌صورت ساده و سریع‌تر به‌دست آورید.
($d_1 = 25cm$ ، $d_2 = 11cm$ ، $A = 55cm$).



شکل ۲۱ ـ ۲ ـ تسمه و انتقال حرکت

۲ ـ در شکل (۲۱ ـ ۲) اگر تعداد دور الکتروموتور $n_1 = 2500\ 1/min$ باشد، تعداد دور ماشین و نسبت انتقال آن را به‌دست آورید ($d_2 = 12cm$ و $d_3 = 25cm$).

۳ ـ به‌منظور انتقال حرکت دستگاهی از دنده و چرخ دنده استفاده شده است. اگر نسبت انتقال $i = 2$، $n_1 = 1000\ 1/min$ و $z_1 = 25$ باشد، n_2 و z_2 را محاسبه کنید.

۴ ـ اگر نسبت انتقال چرخ اول و دوم ۳ باشد و نسبت انتقال چرخ سوم و چهارم ۴ باشد نسبت کل انتقال را در چنین دستگاهی به‌دست آورید.

۵ ـ در یک دستگاه خراطی سه پله‌ای مشغول قطر چرخ تسمه‌های آن به ترتیب $d_1 = 10mm$ و $d_2 = 8mm$ و $d_3 = 6mm$ است و تعداد دور الکتروموتور دستگاه ۲۵۰۰ دور در دقیقه می‌باشد. اگر بخواهیم پایهٔ میزی به قطر ۷۵ میلیمتر را خراطی کنیم سرعت برش تسمه را در مراحل مختلف انجام کار محاسبه کنید.

۱۲

جلسه دوازدهم

در این جلسه فقط مسایل صفحات ۴۳، ۴۴ و ۴۵ توسط هنرجویان حل شود و در صورت فرصت فصل دوم بررسی شود.

حل تمرین ۱:

$z_1 = ۴۰ \ , n_2 = ۶۴۰ \ 1/\min \ , z_2 = ۲۵ \ , n_1 = ?$

$n_1 = \frac{n_2 . z_2}{n_2} = \frac{۶۴۰ \times ۲۵}{۴۰} = ۴۰ \frac{۱}{\min}$ عدد

حل تمرین ۲:

$n_1 = ۹۰۰ \quad 1/\min \ , z_1 = ۱۵ \ , n_2 = ۲۲۵$

$1/\min , z_2 = ?$

$z_2 = \frac{z_1 . n_1}{n_2} = \frac{۱۵ \times ۹۰۰}{۲۲۵} = ۶۰$ عدد

حل تمرین ۳:

$n_4 = ۲۵۰۰ \quad 1/\min \ , \ n_1 = ?$

$n_1 = n_4 \times \frac{z_2 . z_4}{z_1 . z_3} \Rightarrow n_1 = ۲۵۰۰ \times \frac{۱۰ \times ۲۵}{۴۰ \times ۱۵}$

$= ۱۰۴۲ \quad 1/\min$

حل تمرین ۴:

$n_1 = ۱۰۰۰ \ 1/\min , n_4 = ۲۵۰۰ \ 1/\min , z_3 = ?$

$z_3 = \frac{n_4 \times z_2 \times z_4}{n_1 \times z_1}$

$z_3 = \frac{۲۵۰۰ \times ۱۰ \times ۲۵}{۱۰۰۰ \times ۴۰} = ۱۶$ عدد

حل تمرین ۵:

$i = ? \ , \ n_e = ۱۰۰۰ \ 1/\min \ , \ n_3 = ۲۴۰۰ \ 1/\min$

$i = \frac{n_e}{n_m} = \frac{۱۰۰۰}{۲۴۰۰} = \frac{۵}{۱۲}$

سؤالات آزمون پایان فصل دوم

حل تمرین ۱:

$d_1 = ۲۵cm \ , \ d_2 = ۱۲cm \ , \ A = ۵۵cm$

$\alpha = \text{Arc}\sin \frac{R - r}{A} = \text{Arc}\sin \frac{۱۲/۵ - ۶}{۵۵} = ۶/۷^\circ$

$MN = \sqrt{A^2 - (R-r)^2} = \sqrt{۵۵^2 - (۱۲/۵ - ۶)^2} = ۵۴/۶^\circ$

$L = ۲(MN) + \frac{D\pi(۱۸۰ + ۲\alpha)}{۳۶۰} + \frac{d\pi(۱۸۰ - ۲\alpha)}{۳۶۰}$

$L = ۲(۵۴/۶) + \frac{(۲۵)(۳/۱۴)(۱۸۰ + ۲(۶/۷)^\circ)}{۳۶۰} + \frac{(۱۲)(۳/۱۴)(۱۸۰ - ۲ \times ۶/۷)}{۳۶۰}$

$L = ۱۶۸/۸cm$

حل تمرین ۲:

$n_1 = ۲۵۰۰ \ 1/\min \ , d_1 = ۲۵cm \ , d_2 = ۱۲cm \ , n_2 = ? \ , \ i = ?$

$$n_۲ = \frac{n_۱ \times d_۱}{d_۲} = \frac{۲۵۰۰ \times ۲۵}{۱۲} = ۵۲۰۸ \ ۱/\min$$

$$i = \frac{d_۲}{d_۱} = \frac{۱۲}{۲۵} = ۰/۴۸$$

حل تمرین ۳:

$$i = ۴ \ , \ n_۱ = ۱۰۰۰ \ ۱/\min \ , \ z_۱ = ۲۵ \ , \ n_۲ = ? \ , \ z_۲ = ?$$

$$n_۲ = \frac{n_۱}{i} = \frac{۱۰۰۰}{۴} = ۲۵۰ \ ۱/\min$$

$$z_۲ = z_۱ \times i = ۲۵ \times ۴ = ۱۰۰$$

حل تمرین ۴:

$$i_۱ = ۳ \ , \ i_۲ = ۴ \ , \ i = ?$$

$$i = i_۱ \times i_۲ = ۳ \times ۴ = ۱۲$$

حل تمرین ۵:

چون چرخ‌های محرک و متحرک متقارن هستند پس :

$$d_۱ = d_۶ = ۶۰mm \ , \ d_۳ = d_۴ = ۸۰mm \ , \ d_۵ = d_۲ = ۱۰۰mm \Rightarrow V_۱ = ? \ , \ V_۲ = ? \ , \ V_۳ = ?$$

$$n_۲ = \frac{n \times d_۱}{d_۲} \Rightarrow n_۲ = \frac{۲۵۰۰ \times ۶۰}{۱۰۰} = ۱۵۰۰ \frac{۱}{\min}$$

$$V_۱ = d.\pi.n_۲ \Rightarrow V_۱ = \frac{۷۵}{۱۰۰۰} \times ۳/۱۴ \times \frac{۱۵۰۰}{۶۰} = ۵/۸۸ \frac{m}{s}$$

$$n_۴ = \frac{n \times d_۳}{d_۴} \Rightarrow n_۴ = \frac{۲۵۰۰ \times ۸۰}{۸۰} = ۲۵۰۰ \frac{۱}{\min}$$

$$V_۲ = d.\pi.n_۴ \Rightarrow V_۲ = \frac{۷۵}{۱۰۰۰} \times ۳/۱۴ \times \frac{۲۵۰۰}{۶۰} = ۹/۸۱ \frac{m}{s}$$

$$n_۶ = \frac{n \times d_۵}{d_۶} \Rightarrow n_۶ = \frac{۲۵۰۰ \times ۶۰}{۶۰} = ۴۱۶۶/۶۶ \frac{۱}{\min}$$

$$V_۳ = d.\pi.n_۶ \Rightarrow V_۳ = \frac{۷۵}{۱۰۰۰} \times ۳/۱۴ \times \frac{۴۱۶۶/۶۶}{۶۰} = ۱۶/۳۵ \frac{m}{s}$$

فصل سوم

کار مکانیکی

هدفهای رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

۱ ــ کار مکانیکی را تعریف کند؛
۲ ــ کار مکانیکی را محاسبه نماید؛
۳ ــ توان مکانیکی ماشین‌آلات را محاسبه کند؛
۴ ــ راندمان را تعریف نماید؛
۵ ــ راندمان ماشین‌آلات را محاسبه کند؛
۶ ــ رابطهٔ توان را با گشتاور نیروی محیطی تعیین کند؛
۷ ــ محاسبات مربوط به بازوهای ساده (ماشینهای ساده) را انجام دهد؛
۸ ــ اصطکاک را تعریف کند؛
۹ ــ انواع اصطکاک را بیان کند؛
۱۰ ــ اصطکاک لغزشی را محاسبه نماید؛
۱۱ ــ اصطکاک غلتشی را محاسبه کند.

زمان تدریس: ۱۲ ساعت

مقدمه

در گفتگوهای روزانه کلمهٔ «کار» تقریباً به یک نوع فعالیت بدنی یا فکری نسبت داده می‌شود، اما در دانش فیزیک ــ مکانیک ــ کار معنای ویژه‌ای دارد و هنگامی انجام می‌گیرد که نیروی سبب حرکت جسمی شود.

آیا تاکنون به شخصی که اتوازی را رنده می‌کند، نگاه کرده‌اید؟ حال به این پرسشها فکر کنید:

ــ چه نیرویی باید به اتوار وارد شود تا اتوار روی صفحهٔ دستگاه به حرکت درآید و از نظر

علم فیزیک چه عملی انجام می‌شود؟

ــ برای به حرکت درآوردن توپی دستگاه چه انرژی مصرف شده و از کجا پدید می‌آید؟

ــ آیا مرکز مبدل انرژی یا الکتروموتور، توانایی انجام این کار را تا آخرین مرحله خواهد داشت؟

ــ آیا این دستگاه مبدل انرژی بازده یا راندمان مطلوبی دارد و یا از نظر اقتصادی به صرفه است؟

ــ در هنگام تبدیل انرژی چه مقداری از توان دستگاه صرف اصطکاک و یا دیگر مقاومتها می‌شود؟

ــ آیا اصطکاک همیشه باعث کاهش توان دستگاه می‌شود؟ آیا اصطکاک همیشه عمل منفی انجام می‌دهد؟

پیش از آن که به بررسی این پرسشها و پاسخ دادن به آنها بپردازید باید مطمئن شوید که مفهوم فیزیکی کلمات کار، توان، راندمان و اصطکاک را به‌درستی می‌دانید. شما هنرجویان در سالهای پیش با این کلمات به گونه‌ای ساده و ابتدایی آشنا شدید، امّا این فصل را با دیدی که جنبه علمی، فنی و کاربردی بیشتری دارد دنبال خواهید کرد.

۳ ــ کار مکانیکی

۱ــ۳ــ تعریف کار مکانیکی

در صورتی که نیرویی بر جسمی وارد شود و آن جسم به حرکت درآید می‌گوییم «کار» انجام گرفته است. مثلاً وقتی که تخته‌ای را از روی زمین برمی‌داریم و آن‌را بالا می‌بریم تا روی میز کار بگذاریم نیروی مساوی و مخالف جهت نیروی جاذبه زمین بر آن وارد می‌سازیم و آگاهیم که برای جابه‌جا کردن آن تخته، «انرژی» مصرف کرده‌ایم و کاری انجام داده‌ایم. اما هنگامی که تلاش می‌کنیم تا گرده بینه بزرگی را جابه‌جا کنیم و موفق نمی‌شویم، گرچه انرژی مصرف می‌کنیم، امّا کاری انجام نمی‌دهیم؛ بنابراین کار وقتی انجام می‌شود که نیرویی سبب جابه‌جا شدن نقطهٔ اثر خود شود؛ بنابراین، توجه به این امر، مهم است که اگر نیرویی نتواند نقطهٔ اثر خود را جابه‌جا کند کار صورت نمی‌گیرد.

اغلب، برای انجام دادن کار باید بر یک نیروی مقاوم غلبه کرد. این نیروی مقاوم ممکن

است نیروی جاذبه هنگام بالا بردن یک وزنه باشد یا نیروی اصطکاک هنگام کشیدن یا راندن یک جسم برروی یک سطح یا نیروهای چسبندگی و پیوستگی بین مولکولها هنگام جدا کردن دو جسم از یکدیگر باشد؛ همچنین اعمالی مانند شکستن و پاره کردن، سوهان زدن، اره کردن یک جسم و نظایر آن.

شکل ۱ ــ۳ــ اشکال مختلف کار

۱ ــ۱ ــ۳ ــ محاسبه کار مکانیکی: بنابرآنچه گفته شد، دو عامل در اندازهٔ کار مؤثر است: یکی نیرو و دیگری اندازهٔ جابه‌جایی نقطهٔ اثر نیرو و بنا به تعریف، کار برابر است با حاصل ضرب نیرو در اندازهٔ جابه‌جایی نقطهٔ اثر نیرو در راستایی که نیرو اثر می‌کند.

تغییر مکان × نیرو = کار مکانیکی

$$W = F \times S$$

$$1Nm = 1j$$

علایم اختصاری:

F : نیرو بر حسب نیوتن

S : تغییر مکان بر حسب متر

W : کار بر حسب نیوتن متر (ژول)

یک ژول مقدار کاری است که بتواند جسمی را که نیروی وزن آن برابر یک نیوتن می‌باشد به اندازهٔ یک متر از زمین بلند کند.

عامل به وجود آوردهٔ کار را «انرژی» گویند که به صورتهای مختلف یافت می‌شود، یعنی:

الف) انرژی مکانیکی؛

ب) انرژی حرارتی؛

ج) انرژی الکتریکی.

واحد سنجش انرژی حرارتی و مکانیکی ژول (J) و یا کیلوژول (kJ) است. برای سنجش کار الکتریکی از واحد سنجش وات ثانیه (Ws) یا کیلو وات ساعت (kWh) استفاده می‌کنیم.

چون انرژیهای موجود در طبیعت به یکدیگر تبدیل می‌گردند، از این‌رو واحدهای انرژی را به نحوی انتخاب می‌کنند که در عمل معادل یکدیگر باشند تا بتوان به‌سهولت آنها را باهم مقایسه کرد.

$$1Nm = 1J = 1Ws$$

$$1kWh = 3600000Nm = 3600kJ$$

چون در بعضی از وسایل حرارتی واحد کالری و یا کیلوکالری به کار می‌رود، از این‌رو از یک ضریب تبدیل استفاده می‌کنیم.

$$1J = 0/24cal$$

$$1cal = 4/18J$$

جلسه سیزدهم

برنامه زمان‌بندی جلسه سیزدهم		
۱	آماده‌کردن کلاس	۱۰
۲	تدریس کار مکانیکی و محاسبات مربوط به آن	۵۰
۳	حل مثال نمونه	۳۰

کار مکانیکی

مقدمه

در سال اول دبیرستان در کتاب فیزیک (۱) به کمیت‌های اولیه فیزیک مکانیک اشاره شده است، و در این‌جا کمیت‌هایی را که در این فصل لازم است، یادآوری می‌نماییم.

۱ــ جرم: مقدار ماده تشکیل‌دهنده هر جسم را جرم آن جسم می‌نامند که واحد اصلی اندازه‌گیری جرم کیلوگرم است و جرم را معمولاً با m نمایش می‌دهیم.

۲ــ شدت میدان گرانشی (جاذبه زمین): شتابی است که اجسام در حال سقوط آزاد کسب می‌نمایند که واحد آن $\frac{m}{s^2}$ بوده و معمولاً با g نمایش داده می‌شود.

ــ مقدار g برابر است با : $g = 9/8 \approx 10 \ m/s^2$

۳ــ وزن: نیروی اجسام که به‌طرف زمین وارد می‌شوند وزن نامیده می‌شود طبق قانون نیوتن از حاصل‌ضرب جرم در شتاب ثقل زمین به‌دست می‌آید که واحد آن نیوتن (N) می‌باشد و معمولاً با علامت W نمایش داده می‌شود.

$$W = m.g$$

مثال ۱: وزن ۱۰کیلوگرم آب را به‌دست آورید.

$$W = m.g \approx 10 \times 10 = 100N$$

مثال ۲: یک تن بار چه وزنی دارد؟

$$W = m.g \approx 1000 \times 10 = 10000N$$

۴ــ وزن مخصوص (جرم ویژه یا چگالی): نسبت جرم اجسام به حجم آن‌ها را وزن مخصوص گویند و در صنایع چوب واحد اندازه‌گیری جرم ویژه را یا $\frac{kg}{m^3}$ و یا $\frac{g}{cm^3}$ به‌کار می‌برند و با علامت D نمایش می‌دهند.

$$D = \frac{m}{V}$$

از رابطه بالا می‌توان نتیجه گرفت که جرم اجسام برابر است با : $m = D.V$

و همچنین با توجه به رابطه وزن می‌توان نوشت :

$$W = D.V.g$$

مثال ۱: تخته‌ای به ابعاد $2m \times 30cm \times 5cm$ و با جرم ویژه $D = 0/50 \frac{g}{cm^3}$ ، چه وزنی خواهد داشت؟

$$V = a.b.h = 2 \times 0/30 \times 0/05 = 0/03m^3$$ و

$$D = 0/50 \times 1000 = 500 \frac{kg}{m^3}$$

$$W = D.V.g = 500 \times 0/03 \times 10 = 150N$$

مثال ۲: وزن ۲۰۰ لیتر آب را به‌دست آورید. وزن مخصوص آب برابر است با : $D = 1000 \frac{kg}{m^3}$

$$V = 200 \div 1000 = 0/2m^3$$

هر لیتر یک‌هزارم متر مکعب است.

$$W = D.V.g = 1000 \times 0/2 \times 10 = 2000N$$

مثال ۳: گرده بینه‌ای از جنس راش با وزن مخصوص $D = 0/65 \ g/cm^3$ و قطر متوسط ۴۰cm و طول ۳ متر موجود است. نیروی وزن آن را به‌دست آورید.

$$V = \frac{d^2\pi}{4} \times h = \frac{(0/4)^2(3/14)}{4} \times 3 = 0/37m^3$$

$$W = D.V.g = 650 \times 0/37 \times 10 = 2405N$$

کار مکانیکی

تعریف کار مکانیکی از نظر علم فیزیک و از نظر فهم عام کمی با هم تفاوت دارند. به‌طوری‌که از نظر فهم عام کار برابر است با عملیاتی که روی جسمی رخ دهد ولی از نظر علم فیزیک کار زمانی صورت می‌گیرد که نیرویی به جسم وارد شود و آن جسم از راستای نیرو جابه‌جا شود.

مثال:

الف ــ جسمی را به‌طرف جلو هل می‌دهیم و جابه‌جا می‌شود. در این حالت کار صورت گرفته است.

ب ــ جسمی را روی دست گرفته‌ایم و به‌طرف جلو می‌رویم. از نظر تعریف گفته شده کاری صورت نمی‌گیرد. زیرا :

در حالت الف ــ نیرو و جابه‌جایی هر دو به‌طرف جلو و هم‌راستا هستند.

در حالت ب ــ نیروی وزن عمودی و جابه‌جای افقی است و هم‌راستا نیستند.

بررسی شکل‌های صفحه ۴۸

ــ بلندکردن گرده بنیه یا گرده کاتین: نیرو و جابه‌جایی به‌طرف بالا است.

ــ ریختن پوشال: نیروی وزن پوشال و جابه‌جایی ریختن آن‌ها هم‌جهت است.

ــ ضربه چکش: نیروی حاصل از ضربه و فرورفتن میخ درون تخته هم‌جهت هستند.

ــ سوهان‌زدن: نیروی وارد بر سوهان و حرکت سوهان هم‌جهت هستند.

حال اگر جهت نیرو و جابه‌جایی با یک‌دیگر زاویه داشته باشند، نیرو را تجزیه کرده و مؤلفه‌ای را که در راستای جابه‌جایی قرار دارد، مورد محاسبه قرار می‌دهیم.

محاسبه کار مکانیکی: طبق تعریفی که گفته شد، کار برابر است با حاصل‌ضرب نیرو و جابه‌جایی به شرط هم‌جهت‌بودن که واحد اندازه‌گیری آن نیوتن متر می‌باشد.

$$W = F.S$$

و هر نیوتن‌متر را یک ژول گویند (J)

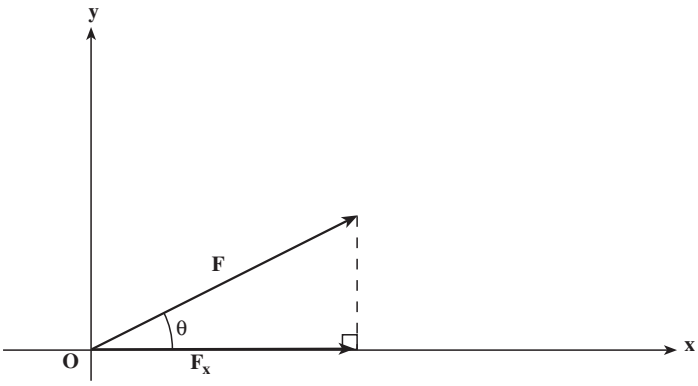
حال اگر نیرو و جابه‌جایی هم‌جهت نباشند می‌توان نوشت :

$$W = F.S.\cos\theta$$

θ همان زاویه بین راستای نیرو و جابه‌جایی است.

دلیل این رابطه به شرح زیر است :

اگر نیرویی با زاویه θ نسبت به افق قرار گرفته باشد و در حال کشیدن جسمی باشد، آن نیرو را روی محورهای دستگاه مختصات تجزیه کنیم مؤلفه افقی که هم‌راستا با جابه‌جایی خواهد بود برابر است با : $F_x = F.\cos\theta$



شکل ۱ــ۳

و اگر این نیرو $F.\cos\theta$ را در جابه‌جایی S ضرب نماییم رابطه مورد نظر به‌دست می‌آید.

مثال ۱: نیرویی به بزرگی ۱۰۰ نیوتن که با افق زاویه ۶۰درجه می‌سازد در حال کشیدن جسمی روی خط افقی است، اگر جسم ۵ متر جابه‌جا شود کار انجام‌شده را محاسبه نمایید.

$$W = F.S.\cos\theta$$

$$W = ۱۰۰ \times ۵ \times \cos ۶۰^\circ = ۲۵۰J$$

مثال ۲: اگر ۲۰۰ لیتر آب را به درون منبعی که در ارتفاع ۵متری قرار گرفته است پمپاژ نماییم، کار انجام شده چه مقدار است؟

کار= وزن آب × ارتفاع $W = F.S = W.h$

$$W = D.V.g.h$$

$$W = ۱۰۰۰ \times ۰/۲ \times ۱۰ \times ۵ = ۱۰۰۰۰J = ۱۰kJ$$

قوانین نیوتن درباره حرکت

اگر بخواهیم علت به‌حرکت درآمدن اجسام را بررسی کنیم باید مفاهیمی از قبیل **جرم و نیرو** را در معادلات **حرکت** وارد کنیم که دراین صورت حرکت را از دیدگاه «دینامیک» بررسی خواهیم نمود. نیوتن نخستین دانشمندی بود که به‌طور اصولی مفاهیم جرم و نیرو را در حرکت وارد کرد و قوانین اساسی دینامیک را که به نام خود او (**قوانین نیوتن در حرکت**) نامیده می‌شوند وضع نمود، که برای پاسخ‌گویی به پرسش‌های مختلف در رابطه با حرکت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

قانون اول نیوتن: هر جسمی حالت سکون یا حرکت مستقیم‌الخط یکنواخت خود را ادامه می‌دهد مگر آن‌که نیرو یا نیروهایی از خارج بر آن اثر کند.

تمایل اجسام بر ماندن در حالت سکون یا در حال حرکت یکنواخت «لختی» یا «اینرسی» نامیده می‌شود.

لختی یا اینرسی خاصیت همه اجسام است یعنی اجسام مادی دارای این خاصیت هستند که در برابر هر تغییری که در سرعت آن‌ها حاصل شود مقاومت می‌کنند : آن‌ها که ساکن هستند می‌خواهند در حال سکون باقی بمانند و آن‌ها که در حرکت هستند می‌خواهند بدون تغییر سرعت (از لحاظ جهت و اندازه) به حرکت خود بر خط راست ادامه دهند. مگر این که نیروی (یا نیروهای) خارجی آن‌ها را مجبور به تغییر سرعت نماید.

پرسش ۱: چرا توصیه می‌شود که سرنشینان اتومبیل هنگام حرکت در جاده‌ها از کمربند ایمنی استفاده نمایند؟

پرسش ۲: چرا در جاده‌ای که سطح آن یخ‌بندان است اتومبیل نمی‌تواند از پیچ جاده تبعیت کند و در امتداد خط راست از جاده خارج می‌شود؟

قانون دوم نیوتن: هرگاه جسمی تحت تأثیر نیرو واقع شود، در جهت آن نیرو شتابی می‌گیرد که با نیرو نسبت مستقیم و با جرم نسبت عکس دارد.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

$$\vec{F} = m \times a$$

شتاب × جرم = نیرو

a شتاب : m/s^2 متر بر مجذور ثانیه

mجرم : kg کیلوگرم F نیرو : N نیوتن

با استفاده از این رابطه می‌توان واحد نیرو را تعریف نمود.

$$N = 1kg \times 1\frac{m}{s^2}$$

یعنی یک نیوتن نیرویی است که به جرم یک کیلوگرم شتابی معادل یک متر بر مجذور ثانیه بدهد.

هم‌چنین می‌توان نوشت : $W = m \times g$

شتاب ثقل × جرم = وزن

اندازه حرکت

حاصل‌ضرب جرم یک جسم در سرعت آن را اندازه حرکت جسم گویند.

سرعت × جرم = اندازه حرکت

$$\boxed{\vec{P} = m\vec{v}}$$

مسئله نمونه: اتومبیل به جرم ۱۸۰۰kg با سرعت ۵۴کیلومتر در ساعت در جاده مستقیم و افقی در حرکت است چه نیروی ثابتی لازم است تا در مدت ۱۰ ثانیه سرعت آن را به ۸۰kg/n برسانیم.

$$V_0 = 54 \times \frac{1000}{3600} = 15/5\,m/s$$

$$V = 90 \times \frac{1000}{3600} = 25\,m/s$$

$$F = m\frac{V - V_0}{A}$$

$$F = 1800 \times \frac{25 - 15}{10} = 1800N$$

قانون سوم نیوتن: قانون اول نیوتن رفتار یک جسم را

در حالت تعادل بیان می‌کند و این حالتی‌است که برآیند نیروهای وارد بر آن جسم صفر است. قانون دوم نیوتن بیان می‌کند که اگر نیرو (یا برآیند نیروها) صفر نباشد، چگونه در حرکت جسم تغییر حاصل می‌شود.

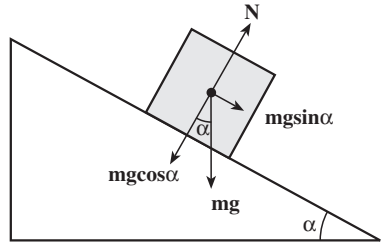
قانون سوم نیوتن اثر متقابل دو جسم را بر یک‌دیگر بیان می‌کند.

ترجمه کلمه به کلمه قانون سوم از کتاب اصول نیوتن چنین است :

برای هرعملی عکس‌العملی است مساوی با آن و در خلاف آن ؛ به‌عبارت دیگر عمل‌های دو جسم بر یک‌دیگر همواره مساوی و در جهت مخالف هم است.

مثال: عقب‌زدن تفنگ هنگام خروج گلوله از آن، حرکت موشک و هواپیمای جت و ... و بسیاری از مشاهدات روزانه قانون سوم نیوتن را آشکار می‌سازد.

مسئله نمونه: محاسبه نمایید شتاب حرکت a یک جسم به‌جرم m بر سطح شیب‌دار بدون اصطکاک شکل زیر :



شکل ۲ــ۳

حل: نیروی وزن mg به دو مؤلفه (همنه) mgcosα و mgsin α که بر یک‌دیگر عمود هستند تجزیه می‌شود و نیروی mgcosα که عمود بر سطح شیب‌دار است با نیروی عمودی سطح N خنثی می‌شود.

اما مؤلفه mgsinα سبب حرکت جسم بر سطح شیب‌دار می‌گردد که اگر اصطکاک سطح ناچیز باشد تنها نیرویی است که به جسم شتاب می‌دهد. بنا به قانون دوم نیوتن خواهیم داشت :

$$mg\sin\alpha = m\times a \quad \text{یا} \quad a = g\sin\alpha$$

می‌بینیم که این شتاب بستگی به جرم جسم ندارد. اگر $\alpha = 90^\circ$ باشد : $a = g$ یعنی شتاب معادل شتاب ثقل خواهد شد.

ضربه:

$$F\times t = m\Delta v$$

تعریف: اگر بر جسمی ضربه‌ای وارد شود دراثر این ضربه سرعت جسم تغییر می‌کند به‌طوری‌که اندازه ضربه برابر با میزان (تغییراندازه حرکت) جسم خواهد بود.

مثال میخ و چکش که در شکل ۱ــ۳ نشان داده شده است مفهوم ضربه را به‌خوبی نشان می‌دهد.

سر چکش به جرم m با سرعت V به میخ برخورد می‌کند و نیرویی در زمان کوتاه t بر میخ وارد می‌سازد که دراثر این ضربه میخ کمی در تخته فرو می‌رود. اگر F اندازه متوسط نیروی وارد بر میخ در این زمان کوتاه (t) باشد اندازه ضربه برابر است با :

$$\text{ضربه} = F\times t$$

مسئله نمونه: جرم سر یک چکش ۵/۰۰ گرم است و با سرعت $6\,m/s$ به سر میخ بزرگی زده می‌شود که موجب فرورفتن میخ در تخته می‌شود اگر مدت ضربه $(t)\ \frac{1}{1000}$ ثانیه باشد مطلوب است.

الف ــ اندازه ضربه چکش

ب ــ اندازه متوسط نیروی وارد بر میخ از طرف چکش

$$F\times t = m\Delta v$$

اندازه ضربه (ضربه) $F\times t = 0/005kg\times 6\frac{m}{s} = 3kgm/s$

اندازه متوسط نیرو $F = \frac{m\Delta v}{t} = \frac{3}{0/001} = 3\times 10^{-3}N$

سرعت حد: وقتی که یک جسم بدون سرعت اولیه دراثر وزن خود در یک مایع یا در یک گاز مانند هوا سقوط می‌کند. سرعت آن و درنتیجه نیروی اصطکاک لحظه به لحظه افزایش می‌یابد تا این‌که اندازه این نیرو برابر وزن جسم می‌شود. در این حالت برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر می‌شود و جسم با سرعت ثابت سقوط می‌کند این سرعت ثابت را (سرعت حد) می‌نامند. مثلاً قطرات باران در هوا با سرعت حدی سقوط می‌کنند که بستگی

به ابعاد آن‌ها دارد نه به ارتفاعی که از آن‌جا فرو می‌ریزند.

سرعت زاویه‌ای: اگر متحرکی روی یک دایره به مرکز O و شعاع R در حال حرکت باشد و در لحظه t_1 مختصه زاویه θ_1 و در لحظه t_2 مختصه زاویه θ_2 را داشته باشد سرعت زاویه‌ای متوسط برابر است با :

$$\bar{\omega} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

در حالت خاصی که سرعت زاویه‌ای متحرک ثابت باشد حرکت را دایره‌ای یکنواخت گوییم در این صورت سرعت زاویه‌ای متوسط آن در هر فاصله زمانی دلخواه، با سرعت زاویه‌ای لحظه‌ای برابر است و خواهیم داشت :

$$\theta = \omega t + \theta_0$$

θ : برحسب رادیان rad

ω : برحسب رادیان بر ثانیه $\frac{rad}{s}$

و می‌دانیم که : $2\pi \ rad = 360^\circ$

$$1rad = \frac{360}{2 \times 3/14} \approx 57/3^\circ$$

برای به‌دست‌آوردن یک زاویه برحسب رادیان کافی است طول قوس مقابل آن را بر شعاع دایره تقسیم کنیم.

$$\text{زاویه برحسب رادیان} = \frac{\text{طول قوس مقابل به زاویه}}{\text{طول شعاع دایره}}$$

$$\theta_{rad} = \frac{S}{d}$$

که از این رابطه طول قوس پیموده شده در زمان t محاسبه می‌شود $S = R\theta$

سرعت در حرکت دایره‌ای یکنواخت

$$\boxed{V = R\omega}$$

V : سرعت برحسب متر بر ثانیه

R : شعاع دوران برحسب متر

W : سرعت زاویه‌ای متوسط یا تعداد دوران در ثانیه و $W = 2\pi f$ (f تعداد دوران در ثانیه)

مثال: اندازه سرعت یک نقطه از نوک یک اره گرد به قطر ۴۰ سانتی‌متر و تعداد دوران ۳۰۰۰ دور در ثانیه چقدر است؟

$$V = R\omega$$

$$V = 2\pi f \times R = 2 \times 2/14 \times \frac{3000}{60} \times \frac{40}{100}$$

$$V = 125/6 \ m/s$$

جلسه چهاردهم

در این جلسه تمرین‌های صفحه ۵۰ کتاب حل شده و بقیه وقت کلاس را به رفع اشکال از اول کتاب تا صفحه ۵۰ بپردازید.

حل تمرین ۱:

$S = ۲m \ , \ F = ۲۵۰N \ , \ W = ?$

$W = F.S = ۲۵۰ \times ۲ = ۵۰۰J$

حل تمرین ۲:

$\theta = ۴۵^\circ \ , \ F = ۵۰N \ , \ S = ۱۰m$

$W = F.S \times \cos\theta \ , \ W = ۵۰ \times ۱۰ \times \cos ۴۵^\circ$

$= ۳۶۳/۵J$

حل تمرین ۳:

$S = ۱۵۰cm \ , \ W = ۲۵۰۰۰J \ , \ m = ۸۰۰kg$

$F = \frac{W}{S} = \frac{۲۵۰۰۰}{۱/۵} = ۱۶۶۶۶/۷N$

$m = ۱۶۶۶۶/۷ \div ۱۰ = ۱۶۶۶/۷kg$

$n = \frac{۱۶۶۶/۷}{۸۰۰} \approx ۲$ پالت

مثال نمونه: کار انجام شده با یک جرثقیل برای بالا بردن تخته‌های بریده شده تا ارتفاع ۴ متری معادل ۶۴kJ است. اگر هر تخته ۱۶۰ نیوتن وزن داشته باشد هربار جرثقیل چند تخته را می‌تواند جابه‌جا نماید.

جواب:

$W = F.S \Rightarrow F = \frac{W}{S}$

$F = \frac{۶۴۰۰۰J}{۴m} \Rightarrow F = ۱۶۰۰۰ N$

تعداد تخته‌ها عدد $n = ۱۶۰۰۰ \div ۱۶۰ = ۱۰۰$

تمرین

۱ـ برای انتقال یک دستگاه اتو تا فاصلهٔ ۲ متری، نیروی افقی معادل ۲۵۰ نیوتن لازم است. محاسبه کنید چند ژول کار انجام گرفته است؟

۲ـ برای جابه‌جایی پمپ باد در سطح کارگاه به وسیله طنابی که با سطح افق زاویهٔ ۴۵° دارد، ۵۰ نیوتن نیرو لازم است. پس از ۱۰ متر جابه‌جایی چقدر کار انجام شده است؟

۳ـ حداکثر کار انجام شده یک لیفتراک مطابق شکل (۲ـ۳) برای بالا بردن بالشتهای روکش تا ارتفاع ۱۵۰ سانتیمتری معادل ۲۵۰۰۰J می‌باشد. اگر جرم هر بالت روکش ۸۰۰ کیلوگرم باشد، لیفتراک هربار چند بالت را می‌تواند جابه‌جا کند؟

شکل ۲ـ۳ـ لیفتراک

جلسه پانزدهم

امتحان پایان ترم نیمه اول (۵۰ درصد کتاب)

نام و نام خانوادگی:	به نام خدا	تاریخ ۸۱/۱۰/۱۵
کلاس: ۱۶	هنرستان فنی شهید دیباج همدان	زمان: ۹۰ دقیقه
رشته: صنایع چوب و کاغذ	«امتحان پایانی نیمه اول»	سال تحصیلی: ۸۲ــ۱۳۸۱
درس: محاسبات فنی (۲)	«صفحه اول»	

ردیف	توجه $\pi = 3$ $g = 10$	نمره
۱	سرعت حرکت بالابری ۲۵۰ سانتی‌متر بر دقیقه تنظیم شده است. برای یک ارتفاع ۱۰ متری اگر قرار باشد، ۵ مرتبه بالابر حرکت کند، چه زمانی صرف حرکت رفت و برگشت خواهد شد؟	۱/۵
۲	برای پرداخت کردن تخته چندلایی پس از پرس و دوربری، قرار است سنباده‌زنی شوند، اگر از دستگاه سنباده‌زنی، غلتکی دوطرفه استفاده شود، سرعت حرکت دستگاه را ۰/۵ متر بر دقیقه تنظیم نماییم، در طول یک شیفت کاری ۸ساعته چند صفحه سنباده زده می‌شود؟ درصورتی‌که طول صفحات ۲۲۰ سانتی‌متر، یک دقیقه فاصله بین صفحات منظور شود، ۱۰ درصد زمان فوق زمان تلف شده در نظر گرفته شود.	۲/۵
۳	قرار است در مدت ۲ ساعت تعداد ۵۴ شاخه زهوار به طول ۲/۵ متر را افزار بزنیم درصورتی که تخمین زده شود ۷۰درصد از زمان فوق صرف افزارزنی شود، محاسبه نمایید سرعت پیشبرد کار چقدر باید تنظیم شود؟	۲
۴	قطر تیغه اره گردی را به‌دست آورید که تعداد دور میله آن $۶۰۰۰\frac{۱}{min}$ و سرعت برشی معادل ۸۰ متر بر ثانیه داشته باشد. اگر تیغه ۸۰ دندانه داشته باشد. فاصله نوک دندانه‌ها چه‌قدر است؟	۲
۵	تعداد دور میله کف رندی ۵۵۰۰ دور بر دقیقه است. اگر توپی دستگاه ۶ تیغه رنده و ۱۲ سانتی‌متر قطر داشته باشد و برای قطعه کاری انتظار سطح رنده‌شده درجه (۲) معادل عرض اثر تیغه ۰/۸ میلی‌متر باشد، چه سرعت پیشبردی را انتخاب می‌کنید؟ در این حالت عمق اثر هر تیغه رنده را به میکرومتر به‌دست آورید.	۲/۵
۶	در ماشین کف رندی قطر چرخ محرک ۱۲ سانتی‌متر، قطر چرخ متحرک ۲۴/۵ سانتی‌متر و فاصله دو محور ۶۰سانتی‌متر است، اگر تسمه به‌صورت ساده و مستقیم باشد، طول تسمه این ماشین را محاسبه نمایید. $\sin 84^\circ = ۰/۹۹۴$ و $\cos 84^\circ = ۰/۱۰۴$ و $\cos 6^\circ = ۰/۹۹۴$ و $\sin 6^\circ = ۰/۱۰۴$	۳
۷	برای خراطی قطعه‌ای به قطر ۱۰ سانتی‌متر نیاز به سرعت برشی معادل ۳۰ متر بر ثانیه است. اگر قطر چرخ‌های محرک دستگاه خراطی پله‌ای به ترتیب ۳۰ــ۲۵ــ۲۰ سانتی‌متر و قطر چرخ‌های متحرک ۱۰ــ۱۵ــ۲۰ سانتی‌متر و تعداد دور الکتروموتور ۳۶۰۰ دور بر دقیقه باشد، تسمه روی کدام چرخ‌ها باید قرارگیرد؟	۳
۸	به منظور، انتقال حرکت دستگاهی از دنده و چرخ‌دنده استفاده شده است، اگر نسبت انتقال $i = ۴$ ، $n_۱ = ۱۰۰۰\frac{۱}{min}$ و $z_۱ = ۲۵$ باشد، $n_۲$ و $z_۲$ را محاسبه نمایید.	۱/۵
۹	حداکثر کار انجام‌شده یک لیفتراک برای بالابردن پالت‌های روکش تا ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متری معادل ۲۵ کیلوژول می‌باشد، اگر جرم هر پالت روکش ۸۰۰ کیلوگرم باشد، لیفتراک هر بار چند پالت را می‌تواند جابه‌جا کند؟	۲
جمع		۲۰

پاسخنامه:	به نام خدا	تاریخ ۸۱/۱۰/۱۵
درس محاسبات فنی (۲)	هنرستان فنی شهید دیباج همدان	زمان: ۹۰ دقیقه
رشته: صنایع چوب و کاغذ	«امتحان پایانی نیمه اول»	سال تحصیلی: ۸۲ــ۱۳۸۱
	«صفحه اول»	

۱	$S=۱۰\times۱۵\times۲=۱۰۰(m)=۱۰۰۰۰(cm)$ $t=\frac{S}{V}=\frac{۱۰۰۰۰}{۲۵۰}=۴۰(min)$	۱/۵
۲	$t_۱=\frac{S}{V}=\frac{۲۲}{۰/۵}=۴/۴(min)$ $t_۲=۴/۴+۱=۵/۵(min)$ $T=۸-(۸\times۰/۱۰)=۷/۲(h)=۴۳۲(min)$ $n=\frac{۴۳۲}{۵/۵}\approx$ ۷۸ عدد	۲/۵
۳	$L=۵۴\times۲/۵=۱۳۵(m)$ $t=۲\times۶۰\times۰/۷۰=۸۴(min)$ $S=\frac{L}{t}=\frac{۱۳۵}{۸۴}\approx۱/۶(m/min)$	۱
۴	$d=\frac{v}{n.\pi}=\frac{۸۰\times۶۰}{۶۰۰۰\times۳}=\frac{۴}{۵\pi}(m)=\frac{۸۰۰}{\pi}(mm)$ $e=\frac{d.\pi}{n}=\frac{۸۰۰}{۸۰}=۱۰(mm)$	۲
۵	$S=\frac{a.n.z}{۱۰۰۰}=\frac{۰/۸\times۵۵۰۰\times۶}{۱۰۰۰}=۲۶/۴\frac{m}{min}$	۲/۵
۶	$b=R-\sqrt{R^۲-(\frac{a}{۲})^۲}=۶۰-\sqrt{۳۶۰۰-۰/۱۶}=۰/۰۰۱mm=۱\mu m$	۳
۶	$R=۲۴/۵\div۲=۱۲/۲۵cm$ $r=۱۲\div۲=۶cm$ $\alpha=Arcsin\frac{\lvert R-r\rvert}{A}\quad \alpha=Arcsin\frac{۱۲/۲۵-۶}{۶۰}\quad \alpha=Arcsin(۰/۱۰۴)$ $\alpha=۶^\circ$ $MN=\sqrt{A^۲-(R-r)^۲}\Rightarrow MN=\sqrt{۶۰^۲-(۱۲/۲۵-۶)^۲}\Rightarrow MN=۵۹/۷cm$ $L=۲MN+\frac{D\pi(۱۸۰+۲\alpha)}{۳۶۰}+\frac{d\pi(۱۸۰-۲\alpha)}{۳۶۰}=۲(۵۹/۷)+\frac{(۲۴/۵)(۳)(۱۸۰+۱۲)}{۳۶۰}+\frac{(۱۲)(۳)(۱۸۰-۱۲)}{۳۶۰}$ $L=۱۷۵/۴cm$	۳

۷	$n=\frac{۳۰}{۰/۳}=۱۰۰$ $V=d.\pi.n$ $۳۰=۰/۱\times۳\times n$ $d=۱۰\div۱۰۰=۰/۱m$ $n_۲=\frac{n.d_۱}{d_۲}=\frac{۳۶۰۰\times۳۰}{۱۰}=۱۰۸۰۰\frac{۱}{min}$ $n=۱۰۰\times۶۰=۶۰۰۰\frac{۱}{min}$ $n_۲=\frac{n.d_۵}{d_۶}=\frac{۳۶۰۰\times۲۰}{۲۰}=۳۶۰۰\frac{۱}{min}$ $n_۴=\frac{n.d_۳}{d_۴}=\frac{۳۶۰۰\times۲۵}{۱۵}=۶۰۰۰\frac{۱}{min}$ پس چرخ ۳ و ۴ انتخاب می‌شوند.	۳
۸	$z_۲=۴\times۲۵=۱۰۰$ $z_۲=i\times z_۱$ $n_۲=\frac{۱۰۰۰}{۴}=۲۵۰\frac{۱}{min}$ $n_۲=\frac{n_۱}{i}$	۱/۵
۹	$F=\frac{۲۵۰۰۰}{۱/۵}=۱۶۶۶۶/۶N$ $W=F.S\Rightarrow۲۵۰۰۰=F.۱/۵$ $۲۵\times۱۰۰۰۰=۲۵۰۰۰J$ $n=\frac{۱۶۶۶۶/۶}{۸۰۰۰}\approx۲$ پالت $۱۵\times۱۰۰=۱/۵m$ $۸۰۰\times۱۰=۸۰۰۰N$	۲

۲ــ ۳ــ توان مکانیکی

اغلب لازم می‌شود که علاوه برتعیین کار انجام شده، بدانیم کار در چه زمانی انجام گرفته است؛ بنابراین، مقدار کار انجام شده رادر واحد زمان «توان» گویند.

برای تعیین توان متوسط یک دستگاه یا یک ماشین کافی است کاری را که دستگاه انجام می‌دهد بر زمان انجام آن تقسیم کنیم:

روابط:

$$P=\frac{W}{T}$$

$$W=F\times S$$

$$V=\frac{s}{T}$$

$$P=F\times V$$

علایم اختصاری:

P : توان متوسط دستگاه برحسب وات

W : کار انجام شده برحسب ژول

T : زمان برحسب ثانیه

F : نیروی وارد بر جسم برحسب نیوتن

V : سرعت برحسب متر برثانیه

واحد توان از روابط فوق برحسب Nm/s به دست می‌آید که در دستگاه بین‌المللی واحدها «وات» است و با علامت اختصاری W نمایش داده می شود. (یک وات برابر یک ژول کار است که در مدت یک ثانیه انجام گرفته است.)

$$1Nm/s=1W=1J/s$$
$$1J/s=0/24cal/s$$

برای سنجش توان مکانیکی قبلاً از واحد دیگری به نام «اسب بخار» (P_S) استفاده می‌شد که امروزه متداول نیست، بلکه توان مکانیکی را بر حسب وات و یا کیلووات می‌سنجند و برای تبدیل کیلووات به اسب بخار و برعکس، از این ضرایب تبدیل می‌توان استفاده کرد:

$$1kW=1/36P_S$$
$$1P_S=0/736kW$$

مثال نمونه ۱: توان موتور پمپی که ۲۰۰ کیلوگرم آب را در ۱۰ ثانیه به ارتفاع ۶ متر بالا

می برد (به ازای $g=9/8m/s^2$) بر حسب کیلووات چنین حساب می‌شود:

$$F=200kgf=200\times9/8N=1960N$$
$$W=F\times S$$
$$W=1960\times6=11760J$$
$$P=\frac{W}{T}\Rightarrow P=\frac{11760}{10}=1176W=1/176kW$$

مثال نمونه ۲: یک موتور مکنده درهر دقیقه یک متر مکعب خرده چوب (چیپس) مطابق شکل (۳ ــ ۳) تا ارتفاع ۱۲ متری به درون سیلوی ذخیره انتقال می‌دهد. اگر جرم هر متر مکعب چیپس ۲۰۰ کیلوگرم باشد، توان موتور فوق را بر حسب نیوتن متر بر ثانیه، کیلووات و اسب بخار حساب کنید:

$$m=200kg$$
$$F=200\times10=2000N$$
$$P=\frac{F\times S}{t}=\frac{2000\times12}{1\times60}=400Nm/s \qquad P_{kW}=\frac{400}{1000}=0/4kW$$
$$1Nm/s=1W \qquad P_{PS}=0/4\times1/36=0/544P_S$$

شکل ۳ــ۳ــ خردچوب (چیپس) چوبنده

تمرین

۱ ــ در یک دستگاه اگر تعداد دوران چرخ تسمه $n=720r/min$ و قطر چرخ تسمه $d=20cm$ و نیروی کشش تسمه $F=360N$ باشد توان انتقالی را حساب کنید.

۲ــ موتور پمپی در مدت ۱۰ ثانیه ۲۰۰ لیتر آب را ۱۰ متر بالا می‌برد، توان موتور پمپ را برحسب قوه اسب بخار به دست آورید.

۳ ــ گرده بینه‌ای با قطر متوسط ۶۵ سانتیمتر و به طول ۷ متر و جرم ویژه ۰/۶ گرم بر سانتیمتر مکعب با یک جرثقیل ۱۰ متر بالا برده می شود، این موارد را محاسبه کنید:

الف) کار انجام شده.

ب) توان مصرفی (در صورتی که زمان بالا بردن گرده بینه یک دقیقه باشد).

۴ ــ تخته‌ای را به ابعاد $2/1m\times2cm\times5mm$ از روی زمین بلند کرده روی صفحه ماشین رنده قرار می‌دهیم. اگر جرم ویژه این گونه ۰/۶۵ گرم بر سانتیمتر مکعب و زمان انجام کار ۱۰ ثانیه و ارتفاع دستگاه ۷۰ سانتیمتر باشد، کار انجام شده و توان مصرفی چقدر است؟

۵ ــ کار مکانیکی و توان انجام شده دستگاه جرثقیل را مطابق شکل (۳ــ۴) محاسبه کنید؛ در صورتی که:

ــ جرم متوسط هر گردبینه ۸۰ کیلوگرم؛

ــ ارتفاع حمل ۲/۵ متر؛

ــ زمان انجام کار ۴۰ ثانیه است.

شکل ۴ــ۳ــ جرثقیل حمل گرده بینه

۳ــ ۳ــ راندمان

در ماشینهای مبدل انرژی و یا در وسایل انتقال حرکت، مقداری از توان گرفته شده صرف برطرف کردن عواملی مثل اصطکاک، مقاومت الکتریکی و غیره می‌شود یا بخشی از آن تبدیل به حرارت می‌گردد و بقیه را به صورت توان بازده ــ که آن‌را «توان مفیده» نیز می گویند ــ پس

^{1} $Kg/m^3=1000$ ، وزن مخصوص آب

می‌دهند (شکل ۵ ــ ۳).

شکل ۵ــ۳ــ اغوایند، کاهند

بنابراین در کلیه این گونه وسایل، توان بازده کمتر از توان گرفته شده است و نسبت توان بازده را به توان گرفته شده «راندمان» یا «ضریب بهره» گویند.

$$\eta=\frac{P_2}{P_1}$$

علایم اختصاری:

η : راندمان یا ضریب بهره

P_1 : توان گرفته شده

P_2 : توان بازده (توان مفید)

در این رابطه می‌توان مقدار توان را بر حسب هریک از واحدهای توان مکانیکی، توان الکتریکی و حرارتی قرار داد، اما باید توجه داشت که واحد هردو از یک جنس باشد.

مسأله نمونه ۱: راندمان الکتروموتوری را حساب کنید که توان گرفته شده آن از شبکه برق معادل $P_1=3kW$ و توان بازده آن $P_2=2kW$ باشد.

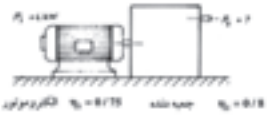
$$\eta=\frac{P_2}{P_1}=\frac{2}{3}=0/75=\%75$$

مسأله نمونه ۲: در دستگاه انتقال حرکت شکل (۶ــ۳) که از یک الکتروموتور و یک جعبه دنده تشکیل شده است این موارد را حساب کنید:

الف) توان بازده موتور،

ب) توان بازده جعبه دنده،

ج) راندمان کل دستگاه.



شکل ۶ــ۳ــ دستگاه انتقال حرکت

جلسه شانزدهم

برنامه زمان‌بندی جلسه شانزدهم		
۱	آماده‌کردن کلاس	۵
۲	تدریس توان مکانیکی	۱۵
۳	روابط مربوط و حل تمرین نمونه	۳۰
۴	راندمان (بازده)	۱۵
۵	روابط و حل مثال‌های نمونه	۲۵
جمع ساعات		۹۰

توان مکانیکی

تعریف: کار انجام‌شده نسبت به زمانی که صرف انجام آن شده است را توان مکانیکی گویند.

محاسبه : برای محاسبه توان طبق تعریفی که بیان شد می‌توان نوشت :

$$P = \frac{W}{T}$$

اما با توجه به روابط مربوط به کمیت‌های سرعت و کار، می‌توان روابط دیگری برای محاسبه توان به‌دست آورد.

$$P = \frac{W}{T} = \frac{F.S}{T} = F.V_1$$

W = کار بر حسب ژول یا نیوتن متر

F = نیرو یا وزن برحسب نیوتن

S = جابه‌جایی برحسب متر

$$P = \frac{mg.S}{T} = \frac{P.V_2.g.S}{T}$$

V_1 = سرعت برحسب متر بر ثانیه

m = جرم

g = شدت میدان گرانشی برحسب نیوتن بر کیلوگرم

V_2 = حجم برحسب مترمکعب

t = زمان برحسب ثانیه

یکای توان: یکایی که برای سنجش کمیت توان در دستگاه SI می‌توان در نظر گرفت با توجه به روابط بالا یا یک ژول بر ثانیه (J/S) و یا یک نیوتن‌متر بر ثانیه ($\frac{N.m}{S}$) می‌باشد که البته به افتخار آقای جیمز وات[1] معمولاً «وات» را بیان می‌کند به‌طوری که یک نیوتن‌متر بر ثانیه همان یک وات است و از طرف دیگر در دستگاه مهندسی بریتانیایی یکای توان یک فوت پوند بر ثانیه بوده و چون این واحد برای عملیات علمی خیلی کوچک است یکای بزرگ‌تری که اسب بخار[2] نامیده می‌شود، انتخاب شده است و با علامت اختصاری hp یا p_s نشان داده می‌شود. یک اسب‌بخار برابر ۵۵۰ فوت پوند بر ثانیه می‌باشد و یا یک اسب‌بخار برابر ۰/۷۳۶ کیلووات بالعکس یک کیلووات تقریباً برابر ۱/۳۶ اسب بخار است.

مثال ۱: نیروی جلوبرنده یک وسیله ۵۰۰ نیوتن است، اگر سرعت معادل ۳۰ متر بر دقیقه داشته باشد. توان آن را به‌دست آورید.

$$P = F.V \Rightarrow P = (500)(\frac{30}{60}) = 250\,Wat$$

مثال ۲: شخصی به جرم ۶۵ کیلوگرم می‌تواند در مدت یک دقیقه از پله‌های ساختمانی به ارتفاع ۶ متر بالا رود توان متوسطی که او صرف می‌کند چه‌قدر است؟ g = ۱۰

$$P = \frac{F.S}{t} = \frac{(65)(10)(6)}{60} = 65\ Wat$$

مثال ۳: بالابری یک دستگاهی به جرم ۳ تن را برای جابه‌جایی در مدت ۶ ثانیه، ۳ متر بالا می‌برد، توان متوسط این بالابر را برحسب اسب‌بخار به‌دست آورید.

$$P = \frac{F.S}{t} = \frac{3\times1000\times10\times3}{6} = 15000\ Wat$$

$$= 15kWat = 15\times1/36 = 20/4(hp)$$

مثال ۴: بالابری یک پالت تخته چندلایه که دارای ۱۵۰عدد تخته سه‌لایه ۴ میلی‌متر است، را برای انبارکردن در مدت ۵ ثانیه ۳ متر بالا می‌برد اگر ابعاد هر تخته سه‌لایه (۲/۲۰m×۹۰cm) و جرم ویژه آن ۰/۶ گرم بر سانتی‌مترمکعب باشد. توان بالابر را برحسب اسب بخار به‌دست آورید.

۱ــ James watt ۲ــ horse power

روش اول:

$$\text{حجم پالت } V = ۲/۲۰ \times \frac{۹۰}{۱۰۰} \times \frac{۳}{۱۰۰۰} \times ۱۵۰$$

$$= ۰/۸۹۱ m^۳$$

$$\text{جرم پالت } m = P.V = ۰/۶ \times ۱۰۰۰ \times ۰/۸۹۱$$

$$= ۵۳۴/۶ kg$$

$$\text{وزن پالت } F = mg = ۵۳۴/۶ \times ۱۰ = ۵۳۴۶ (N)$$

$$\text{کار } W = F \times S = ۵۳۴۶ \times ۳ = ۱۶۰۳۸ \ (J)$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{۱۶۰۳۸}{۵} = ۳۲۰۷/۶ \quad Wat = ۳/۲۰۷۶ kWat$$

$$= ۳/۲۰۷۶ \times ۱/۳۶ \approx ۴/۳۶ (hp)$$

روش دوم:

$$P = \frac{\rho.V.g.S}{t} = \frac{(۶۰۰)(۰/۸۹۱)(۱۰)(۳)}{۵}$$

$$= ۳۲۰۷/۶ Wat$$

$$P = ۳۲۰۷/۶ \times \frac{۱/۳۶}{۱۰۰۰} \approx ۴/۳۶ hp$$

مثال ۵: یک منبع ۱۵۰۰ لیتری آب که در بالای آپارتمان ۱۲ متری قرارگرفته است در مدت ۱۵ دقیقه توسط یک موتور پمپ از یک چاه آب با عمق ۶ متری، پر از آب می‌شود. توان موتور را به‌دست آورید.

توضیح: چون جرم ویژه آب یک گرم بر سانتی‌مترمکعب یا ۱۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب است، پس هر لیتر آب (۰/۰۰۱ مترمکعب) یک کیلوگرم خواهد بود.

$$P = \frac{m.g.s}{t} = \frac{۱۵۰۰ \times ۱۰ \times (۱۲+۶)}{۱۵ \times ۶۰}$$

$$= ۳۶۰۰ Wat = ۳/۶ kWat = ۴/۸۹۶ (hp)$$

راندمان

هر الکتروموتوری دارای یک پلاک می‌باشد که مشخصات الکتروموتور روی پلاک آن درج شده است از جمله توان آن، البته این مقدار توان (روی پلاک) توانی است که با توجه به ساختمان الکترموتور به‌دست آمده است و یا به عبارتی الکتروموتور این مقدار توان را از شبکه برق می‌گیرد، ولی آیا واقعاً به همین توان هم در واحد زمان کار انجام می‌شود؟ عملاً خیر، امکان ندارد، توان گرفته شده از شبکه توسط موتور با توان مفید یکسان باشد، چرا که هنگام حرکت دورانی، عواملی چون اصطکاک، مقاومت الکتریکی و ... باعث می‌شوند مقداری از انرژی موتور صرف انجام کار نشود. بنابراین در هر دستگاهی اگر توان گرفته شده با توان مفید اختلاف کم‌تری داشته باشد، آن دستگاه ایده‌آل خواهد بود یا به‌عبارتی دیگر نسبت آن‌ها نزدیک به یک باشد، نشان‌دهنده آن است که انرژی به‌هدررفته بسیار اندک است.

روابط: برای محاسبه راندمان از نسبت راندمان مفید ($P_۲$) به راندمان گرفته شده از شبکه ($P_۱$) استفاده می‌شود

$$\text{ⁱ}\eta = \frac{P_۲}{P_۱}$$

و چون واحد صورت و مخرج کسر با هم برابر می‌باشند، گوییم راندمان واحد ندارد، اما اگر حاصل به‌دست‌آمده را در ۱۰۰ ضرب کنیم می‌توان جواب را به درصد بیان نمود.

راندمان را می‌توان از نسبت کار مفید به کار گرفته و همچنین نیروی مفید به نیروی گرفته شده هم محاسبه نمود.

$$\eta = \frac{P_۲}{P_۱} = \frac{\frac{W_۲}{t}}{\frac{W_۱}{t}} = \frac{W_۲}{W_۱} = \frac{F_۲.S}{F_۱.S} = \frac{F_۲}{F_۱}$$

مثال ۶: روی پلاک الکتروموتوری توان $P_۱ = ۳/۲ hp$ ثبت شده است. اگر این الکتروموتور بتواند توسط بالابری جسمی به جرم ۱۰۰۰ کیلوگرم را در مدت ۱۰ ثانیه، ۲ متر بالا ببرد چه راندمانی دارد؟

$$P_۲ = \frac{mg.h}{t} = \frac{۱۰۰۰ \times ۱۰ \times ۲}{۱۰} = ۲۰۰۰ Wat.$$

$$\Rightarrow P_۲ = ۲۰۰۰ \times \frac{۱/۳۶}{۱۰۰۰} = ۲/۷۲ (hp)$$

$$\eta = \frac{P_۲}{P_۱} = \frac{۲/۷۲}{۳/۲} = ۰/۸۵ \rightarrow ٪۸۵$$

مثال ۷: الکتروموتور دستگاه اره نواری با توان $P_۱ = ۲ kWat$ با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه فلکه دستگاه اره را به حرکت درمی‌آورد اگر نیروی معادل ۱۰۰ نیوتن هنگام برش بر روی قطعه چوب وارد کند، راندمان دستگاه چقدر است؟

$$P_۲ = F.V = ۱۰۰ \times ۱۵ \times ۱۰^{-۳} = ۱/۵ kWat$$

۱ــ اتا (یکی از حروف یونانی)

$$\text{یا} \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{1/5}{2} = 0/75$$

معمولاً در یک ماشین انرژی الکتریکی توسط الکتروموتور به حرکت دورانی تبدیل می‌شود و این حرکت دورانی را قسمت‌های مختلف ماشین به انواع حرکت‌های دیگری که باعث انجام کار می‌شوند، تبدیل می‌کنند، که در این میان مقداری انرژی توسط الکتروموتور و نیز مقداری انرژی توسط ماشین به هدر می‌رود (اصطکاک و ...) بنابراین یک راندمان برای الکتروموتور و یک راندمان برای ماشین می‌توان در نظر گرفت و برای محاسبه راندمان کل سیستم می‌توان راندمان تک تک قسمت‌ها را در هم ضرب کرد.

$$\eta_T = \eta_1 \times \eta_2 \times \ldots$$

مثال ۸: اگر راندمان الکتروموتور ۰/۸ و راندمان ماشین ۰/۷۵ باشد، راندمان کل دستگاه چند درصد است؟

$$\text{یا} \quad \eta_1 \times \eta_2 = 0/8 \times 0/75 = 0/6$$

$$0/6 \times 100 = \%60$$

مثال ۹: الکتروموتوری با راندمان (بازده) ۸۰ درصد، تعداد دور خود را به جعبه‌دنده‌ای منتقل می‌کند. اگر توان گرفته‌شده الکتروموتور $P_{1E} = 2kWat$ باشد، و جعبه‌دنده در مدت ۵ ثانیه جسمی به جرم ۲۰۰ کیلوگرم را ۳ متر بالا آورد، محاسبه نمایید توان مفید جعبه‌دنده ــ راندمان جعبه‌دنده ــ و راندمان کل سیستم را.

(**توجه:** الکتروموتور : E و جعبه دنده : M و $g = 10$)

$$P_{2E} = 2 \times 0/80 = 1/6kWat$$

$$P_{1M} = P_{2E} = 1/6kWat$$

$$P_{2M} = \frac{F.d}{t} = \frac{200 \times 10 \times 3}{5}$$

$$= 1200Wat = 1/2kWat$$

$$\eta_M = \frac{P_{2M}}{P_{1M}} = \frac{1/2}{1/6} = 0/75$$

$$\eta_T = \eta_E . \eta_M = 0/80 \times 0/75 = 0/6 \quad \text{یا}$$

$$\eta_T = \frac{P_{2M}}{P_{1E}} = \frac{1/2}{2} = 0/6$$

الف) $\eta_{M} = \frac{P_2M}{P_1M}$

$P_2M = \eta_{M} \times P_1M = ۰/۷۵ \times ۴ = ۳kW$

ب) $P_1M = P_1G$

$\eta_{G} = \frac{P_2G}{P_1G} \Rightarrow P_2G = \eta_{G} \times P_1G = ۰/۸ \times ۳ = ۲/۴kW$

ج) $\eta = \frac{P_2G}{P_1M} = \frac{۲/۴}{۴} = ۰/۶۰$ یا

$\eta = \eta_{M} \times \eta_{G} = ۰/۷۵ \times ۰/۸ = ۰/۶۰$

بنابراین، راندمان کل یک دستگاه برابر حاصلضرب راندمانهای موجود در آن است.

$\eta = \eta_1 \times \eta_2 \times \ldots$

و از رابطه $\eta = \frac{P_2}{P_1}$ نتیجه می‌گیریم که راندمان هر دستگاهی همیشه کوچکتر از یک است. و هر دستگاهی که راندمان آن به عدد یک نزدیکتر باشد از نظر اقتصادی باصرفه‌تر است.

تمرین

۱ ـ توان الکتروموتورهای مطابق شکل (۷ ـ ۳)، ۱/۸ کیلووات است. حساب کنید توان بازده محور متحرک هریک را در صورتی که راندمان چرخ دنده ساده $\eta = ۰/۹۵$ و راندمان حلزون و چرخ حلزون $\eta = ۰/۶۵$ باشد.

ب الف

شکل ۷ـ۳

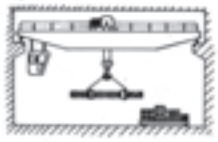
۲ ـ توان گرفته شده الکتروموتور دستگاهی مطابق شکل (۸ـ۳)، $P_1E = ۰/۹۱$ کیلووات و راندمان آن $\eta_{E} = ۰/۹۰$ می‌باشد. اگر این توان از طریق حلزون و چرخ حلزونی با راندمان $\eta = ۰/۸۰$ منتقل شود، این موارد را حساب کنید:

الف) راندمان کل دستگاه.

ب) توان محور متحرک.

شکل ۸ـ۳

۳ـ نیروی موجود در قلاب جرثقیلی مطابق شکل (۹ـ۳) $F = ۰/۵kN$ بوده و سرعت حرکت بار $V = ۴/۳\frac{m}{min}$ و راندمان جرثقیل $\eta = ۰/۸۰$ می‌باشد. توان لازم را بر حسب کیلووات حساب کنید.



شکل ۹ـ۳

۳ـ۴ـ تعیین نیروی محیطی و رابطه توان با گشتاور

در بعضی از موارد لازم می‌شود که با دانستن توان، گشتاور انتقال‌پذیر دستگاه محاسبه شود یا آن که با داشتن تعداد دوران و نیروی محیطی و توان بخواهیم قطرچرخ تسمه و یا چرخ‌دنده و یا قطر محوری را محاسبه کنیم (شکل ۱۰ـ۳).

رابطه موجود بین عوامل یاد شده بدین شرح محاسبه می‌شود:

شکل ۱۰ـ۳

علایم اختصاری:

F : نیروی محیطی بر حسب نیوتن

r : شعاع چرخ یا محور برحسب متر

M : گشتاور چرخ یا محور برحسب نیوتن متر.

n : تعداد دوران چرخ یا محور برحسب دور در هر دقیقه.

V : سرعت محیطی چرخ یا محور بر حسب متر بر ثانیه.

رابطه توان برحسب نیرو و سرعت برابراست با:

$P = F \times V$

اگر در این فرمول به جای سرعت محیطی مقدار آن را قرار دهیم، خواهیم داشت:

$V = \frac{۲ \times r \times \pi \times n}{۶۰}$

$P = F \times V \Rightarrow P = F \times \frac{۲ \times r \times \pi \times n}{۶۰} \Rightarrow P = \frac{F \times r \times n}{۱} \times \frac{۲ \times \pi}{۶۰}$ یا

$\frac{F \times r \times n}{۱} \times \frac{۱}{۹۵۵}$

$P = \frac{F \times r \times n}{۹۵۵} Nm/s$ یا W

توان بر حسب کیلووات برابر است با $P_{kw} = \frac{F \times r \times n}{۹۵۵۵}$

اگر در رابطه بالا به جای F×r مقدار آن، یعنی گشتاور را قرار دهیم خواهیم داشت:

$P_{kw} = \frac{M \times n}{۹۵۵۵} \Rightarrow M = F \times r = ۹۵۵۵ \frac{P_{kw}}{n}$

مسأله نمونه: الکتروموتور دستگاهی که توان بازده آن ۵ کیلووات است دارای تعداد دوران $n = ۱۴۴۰ r/min$ است. حساب کنید: اولاً، گشتاوری را که بوسیله آن می‌توان منتقل کرد؛ ثانیاً، اگر نیروی گشتاور لازم در تسمه‌ای که به وسیله الکتروموتور می‌گردد $F = ۳۳۱/۷N$ باشد قطر چرخ تسمه آن را حساب کنید.

$M = \frac{P_{kw} \times ۹۵۵۵}{n} = \frac{۵ \times ۹۵۵۵}{۱۴۴۰} = ۳۳/۱۷ mN$

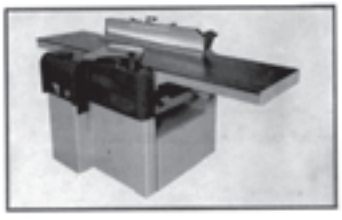
$M = F \times r \Rightarrow r = \frac{M}{F} = \frac{۳۳/۱۷}{۳۳۱/۷} = ۰/۱m$

$d = ۲ \times r = ۲ \times ۰/۱ = ۰/۲m = ۲۰۰mm$

تمرین

۱ ـ یک اره مجموعه‌ای به قطر $D = ۳۶۰mm$ به وسیله الکتروموتوری که توان بازده آن ۲/۲ کیلووات و تعداد دوران آن ۲۸۲۰ دور در هر دقیقه است، کار می‌کند. نیروی محیطی اره را حساب کنید.

۲ـ الکتروموتور ماشین تقدیری، مطابق شکل (۱۱ ـ ۳) با ۳۰۰۰ دور در هر دقیقه، توانی معادل $P_1 = ۳/۵kW$ از شبکه برق می‌گیرد. اگر راندمان الکتروموتور $\eta_{E} = ۰/۹۰$ و راندمان ماشین $\eta_{M} = ۰/۷$ باشد، نیروی محیطی را حساب کنید اگر قطر پولی $d = ۱۲۰mm$ باشد.



شکل ۱۱ـ۳ـ ماشین تقدیری

جلسه هفدهم

برنامه زمان‌بندی جلسه هفدهم		
۱	آماده‌کردن کلاس	۵
۲	حل تمرین‌های صفحه ۵۳ و ۵۵	۴۵
۳	تدریس تعیین نیروی محیطی و رابطه توان با گشتاور	۳۰
۴	حل مسئله نمونه	۱۰

توجه $g = ۱۰$

حل تمرین‌های صفحه ۵۳

حل تمرین ۱:

$$V = d.\pi n \Rightarrow V = \frac{۲۰ \times ۳/۱۴ \times ۷۲۰}{۱۰۰ \times ۶۰} = ۷/۵۴ m/s$$

$$P = F.V \Rightarrow P = ۳۶۰ \times ۷/۵۴ = ۲۲۶/۲ Wat$$

حل تمرین ۲:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F.S}{t} = \frac{mgs}{t} = \frac{\rho V.gh}{t}$$

$$= \frac{۱۰۰۰ \times ۰/۲ \times ۱۰ \times ۱۰}{۱۰} = ۲۰۰۰ Wat$$

$$P = ۲۰۰۰ \times \frac{۱/۳۶}{۱۰۰۰} = ۲/۷۲ (hp)$$

حل تمرین ۳:

الف) $W = F.h = mg.h = \rho V.gh$

$$= (۰/۶ \times ۱۰۰۰) \times ((\frac{۶۵}{۱۰۰})^۲ \times \frac{۳/۱۴}{۴} \times ۷) \times ۱۰ \times ۱۰$$

$$W = ۱۳۹۲۹۸/۲۵ J$$

ب) $P = \frac{W}{t} = \frac{۱۳۹۲۹۸/۲۵}{۶۰} = ۲۳۲۱/۶۳ Wat$

$$\approx ۲/۳۲ kWat$$

حل تمرین ۴:

الف) $W = F.h = \rho.V.g.h$

$$= (۰/۶۵ \times ۱۰۰۰)(۲/۱ \times \frac{۲۰}{۱۰۰} \times \frac{۵۰}{۱۰۰۰}) \times ۱۰ \times \frac{۷۰}{۱۰۰}$$

$$W = ۹۵/۵۵ J$$

ب) $P = \frac{F}{t} = \frac{۹۵/۵۵}{۱۰} = ۹/۵۵۵ Wat$

حل تمرین ۵:

$$W = Mgh = ۸۰ \times ۱۰ \times ۲/۵ = ۲۰۰۰ J$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{۲۰۰۰}{۴۰} = ۵۰ Wat$$

حل تمرین‌های صفحه ۵۵

حل تمرین ۱:

$$P_۲ = P_۱ \times \eta \Rightarrow \quad P_۲ = ۱/۸ \times ۰/۹۵ = ۱/۷۱ kWat$$

$$P_۲ = P_۱ \times \eta \Rightarrow \quad P_۲ = ۱/۸ \times ۰/۶۵ = ۱/۱۷ kWat$$

حل تمرین ۲:

الف) $\eta_r = \eta_E \times \eta_M = ۰/۹۰ \times ۰/۸۰ = ۰/۷۲$

ب) $P_۲ = P_۱ \times \eta_r = ۰/۹۱ \times ۰/۷۲ = ۰/۶۶ kWt$

حل تمرین ۳:

$$P_۲ = F \times V = ۰/۵ \times ۱۰۰۰۰۰۰ \times \frac{۳/۳}{۶۰}$$

$$= ۲۷/۵ kWat$$

$$P_۱ = P_۲ \times \eta \quad ۲۷/۵ \times ۰/۸ = ۲۲ kWat$$

تعیین نیروی محیطی و رابطه توان با گشتاور

ـ قطعه سنگی را به یک طرف نخی محکم ببندید و طرف دیگر آن‌را با دست گرفته و بچرخانید. اگر ناگهان نخ را رها کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟

ـ چه نیرویی باعث پرتاب سنگ می‌شود؟

ـ اگر طول نخ را کوتاه و یا بلند کنیم چه تغییری می‌کند؟

ـ اگر با سرعت بیشتری آن را بچرخانیم و سپس رها کنیم چه تغییری خواهد کرد؟

نتیجه می‌گیریم که حرکت دورانی باعث نیروی محیطی خواهد شد و این نیرو با سرعت دورانی رابطه مستقیم دارد. همان‌طورکه قبلاً اشاره شده بود حاصل‌ضرب این نیرو و سرعت دورانی کمیت توان را ایجاد می‌کنند. پس

$$\boxed{P = F.V}$$

و از طرف دیگر رابطه سرعت محیطی برابر است با :

$$V = d.\pi.\frac{n}{۶۰} = ۲r.\pi.\frac{n}{۶۰} = r.n.\frac{۲\pi}{۶۰}$$

حال اگر دو رابطه را در هم ادغام کنیم :

$$P = F.r.n.\frac{۲\pi}{۶۰}$$

و چون حاصل‌ضرب نیرو در بازو گشتاور خواهد بود، پس :

$$P = M.n.(\frac{۱}{۹/۵۵۵})$$

و اگر واحد توان را کیلووات در نظر بگیریم :

$$P_{(kW)} = \frac{M.n}{۹۵۵۵}$$

و همچنین مقدار گشتاور حاصل برابر خواهد بود با :

$$\boxed{M = \frac{(۹۵۵۵)P_{(kW)}}{n}}$$

مثال ۱: الکتروموتوری با توان $P = ۲/۵kWat$ و تعداد دور $n = ۳۶۰۰\frac{۱}{min}$ اگر دارای پولی به قطر ۲۰ سانتی‌متر باشد، چه نیرویی را برای حرکت تسمه ایجاد خواهد کرد؟

$$P_{(kW)} = \frac{F \times r \times n}{۹۵۵۵} \Rightarrow F = \frac{۹۵۵۵ \times P_{(kW)}}{r \times n}$$

$$\Rightarrow F = \frac{۹۵۵۵ \times ۲/۵}{۰/۱ \times ۳۶۰۰} = ۶۶/۳۵N$$

توجه: در این رابطه واحد تعداد دور (n) دور بر دقیقه، واحد شعاع (r) متر، واحد توان (p) کیلووات و واحد نیرو (F) نیوتن می‌باشد.

مثال ۲: الکتروموتوری برای به‌حرکت‌درآوردن ماشینی می‌بایست نیرویی معادل ۸۰ نیوتن، گشتاوری معادل ۹/۶ نیوتن متر و تعداد دوری معادل ۳۹۸۲ دور بر دقیقه ایجاد نماید، محاسبه نمایید توان و قطر چرخ تسمه آن‌را.

$$M = F.r \Rightarrow r = \frac{M}{F} = \frac{۹/۶۰}{۸۰} = ۰/۱۲m$$

$$d = ۲r = ۲ \times ۰/۱۲ \times ۱۰۰ = ۲۴cm$$

$$P = \frac{M \times n}{۹۵۵۵} = \frac{۹/۶ \times ۳۹۸۲}{۹۵۵۵} = ۴kWt$$

تحقیق: از هنرجویان خواسته شود مشخصات مربوط به الکتروموتورهای دستگاه‌های موجود در کارگاه را یادداشت نموده (توان ـ تعداد دور ـ قطر چرخ تسمه) و نیرویی که برای به حرکت درآوردن ماشینی ایجاد می‌کنند را محاسبه نمایند.

۵ـ۳ـ بالابرهای ساده (ماشینهای ساده)

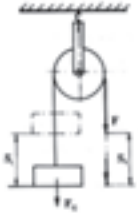
تعریف: ماشینهای ساده، وسایلی هستند که بدون تغییر در مقدار کار، انجام آن را آسان نموده انسان را قادر می سازد با نیروی کم، اجسام سنگین‌تری را جابه‌جا نماید؛ مانند: قرقره‌ها، جرثقیلها و غیره (شکل ۱۲ ـ۳).

جرثقیل　　قرقره ثابت　　قرقره متحرک

شکل ۱۲ـ۳ـ انواع بالابرهای ساده

۱ـ ۵ـ ۳ـ قرقره‌ها: برای حمل بار از قرقره‌ها به دو روش می‌توان استفاده کرد:

الف) **قرقره‌های ثابت:** این نوع قرقره‌ها در مقدار نیرو تغییری ایجاد نکرده، فقط جهت نیرو را عوض می‌کنند (شکل ۱۳ ـ ۳).



$S_c = S_t$

$F = F_G$

شکل ۱۳ـ۳

علایم اختصاری:

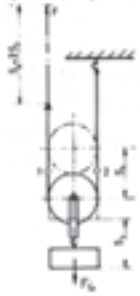
S_t : مقدار جابه‌جایی بار (جابه‌جایی حمل شونده)

S_c : مقدار جابه‌جایی که باید انجام داد (جابه‌جایی حمل کننده)

F : نیروی حمل کننده (نیروی که باید اعمال شود تا بار جابه‌جا شود)

F_G : وزن نیروی بار

ب) **قرقره‌های متحرک:** این قرقره‌ها همراه بار تغییرمکان پیدا کرده در مقدار نیرو تغییری ایجاد می‌کنند (شکل ۱۴ـ۳).



$S_c = 2S_t$

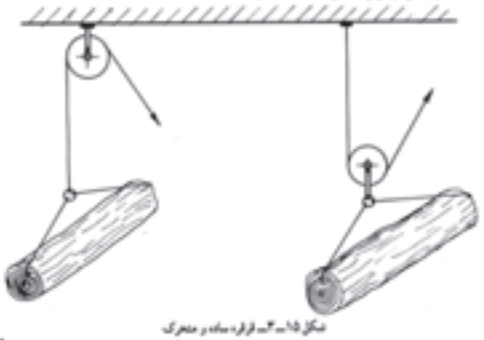
$F = \frac{F_G}{2}$

شکل ۱۴ـ۳

مسأله نمونه: یک الوار به وزن $F_G = 12000N$ را می‌خواهیم به اندازه ۸۰ سانتیمتر از زمین بلند کرده روی دستگاه اره رام قرار دهیم. نیروی لازم و مقدار تغییر مکان زنجیر را در این دو مورد حساب کنید (شکل ۱۵ ـ۳).

الف) اگر از قرقره ثابت استفاده شود.

ب) اگر از قرقره متحرک استفاده شود.



شکل ۱۵ـ۳ـ قرقره ساده و متحرک

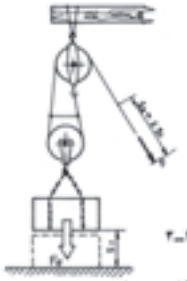
حل:

الف) $S_t = S_c = 80cm$ و $F = F_G = 12000N$

ب) $S_c = 2S_t \Rightarrow S_c = 2 \times 80 = 160cm$ و $F = \frac{F_G}{2} = \frac{12000}{2} = 6000N$

۲ـ۵ـ ۳ـ جرثقیلهای قرقره‌دار: برای این که بتوان با نیروی کم بارهای بسیار سنگینی را بلند کرد، از جرثقیلهای مرکبی ـ که در ساختمان آنها تعدادی قرقره ثابت و متحرک به کار رفته است ـ استفاده می‌گردد (شکل ۱۶ـ۳).

الف) یک قرقره ثابت و یک قرقره متحرک.



$S_c = 2S_t$

$F = \frac{F_G}{2}$

شکل ۱۶ـ۳

ب) چند قرقره ثابت و متحرک با تعداد مساوی (شکل ۱۷ ـ ۳).

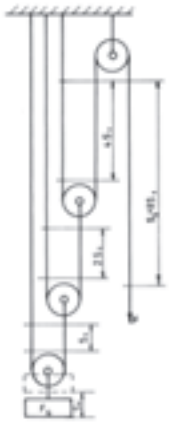
$S_c = nS_t$

$F = \frac{F_G}{n}$

n = تعداد کل قرقره‌ها (ثابت و متحرک)

شکل ۱۷ـ۳ـ چند قرقره ثابت و متحرک با تعداد مساوی

ج) چند قرقره متحرک و یک قرقره ثابت (شکل ۱۸ ـ۳).



$S_c = 2^{(n-1)} \times S_t$

$F = \frac{F_G}{2^{(n-1)}}$

شکل ۱۸ـ۳ـ چند قرقره متحرک و یک قرقره ثابت

تمرین

۱ ـ ضربایی از جنس LVL[1] مطابق شکل (۱۹ ـ۳) به جرم 500kg را باید تا ارتفاع ۸ متری از زمین بلند کنیم. حال، این موارد را حساب کنید:

شکل ۱۹ـ۳

۱ ـ Laminated Veneer Lumber

جلسه هجدهم

برنامه زمان‌بندی جلسه هجدهم		
۱	آماده کردن کلاس	۵
۲	حل مسئله‌های مربوط به صفحه ۵۷	۱۵
۳	تدریس مبحث قرقره‌ها و جرثقیل‌های قرقره‌دار	۴۰
۴	گزارش تحقیق مربوط به جلسه گذشته	۳۰

حل مسئله‌های صفحه ۵۷

حل مسئله ۱:

$$F = \frac{P_{(kW)} \times 9555}{r \times n} = \frac{2/2 \times 9555}{0/18 \times 2820} = 41/4N$$

حل مسئله ۲:

$$P_2 = P_1 \times \eta_E \times \eta_M = 3/5 \times 0/9 \times 0/7$$

$$= 2/205kW$$

$$F = \frac{P_{kW} \times 9555}{r \times n} = \frac{2/205 \times 9555}{0/06 \times 3000} = 117/05N$$

بالابرهای ساده (ماشین‌های ساده)

□ اگر لازم باشد باری را به بالای ساختمانی ببریم.

□ اگر لازم باشد باری سنگین را که توانایی انجام آن‌را نداریم به ارتفاع بالاتری منتقل نماییم چه راه‌هایی را پیشنهاد می‌کنید که در زمان کم‌تر، بدون خطر و هزینه مناسب این کار را انجام داد.

□ یکی از ساده‌ترین راه‌ها استفاده از بالابرهای ساده می‌باشد. به‌طوری که با یک یا چند قرقره ساده و متحرک می‌توان با نیروی کم، اجسام سنگین را جا به جا نمود.

تعریف: بالابرهای ساده، وسایلی هستند که بدون تغییر در مقدار کار، انجام آن را آسان نموده و انسان را قادر می‌سازد تا با نیروی کم اجسام سنگین‌تری را به ارتفاع بالاتری منتقل نمایند.
مانند : قرقره‌های ساده، جرثقیل‌های قرقره‌دار و ... .

قرقره‌ها: برای حمل بار به ارتفاع بالاتر می‌توان از قرقره‌ها استفاده کرد که به دو روش امکان‌پذیر است.

انواع قرقره‌ها
- قرقره‌های ثابت
- قرقره‌های متحرک

الف ــ قرقره‌های ثابت

مشخصات قرقره‌های ثابت:

۱ــ قرقره باید در بالاتر از محل انتقال بار ثابت شود.

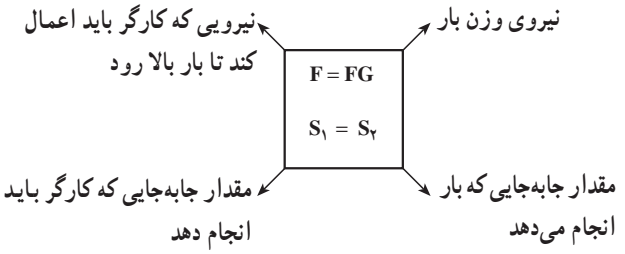
۲ــ در مقدار نیرو تغییری ایجاد نمی‌کنند (نیرو واردکننده با نیروی وزن جسم برابر است) چون یک طرف ریسمان نیروی بار و طرف دیگر نیروی واردکننده می‌باشد.

۳ــ مقدار جابه‌جایی بار با مقدار جابه‌جایی در جهت دیگر ریسمان یکسان است.

۴ــ برای بالا بردن بار باید طرف دیگر ریسمان را به سمت پایین بکشیم.

۵ــ احتمال سقوط برای کارگر مربوطه وجود ندارد چون در پایین ایستاده است.

روابط و علائم اختصاری:



نکته: در این حالت (یک قرقره ثابت) باید توجه داشت که قرقره را بسیار محکم نصب نمود، زیرا در محلی که قرقره در آن‌جا نصب شده است دو برابر وزن جسم نیرو وارد می‌شود. (نیروی وزن جسم و نیروی کارگر مربوطه)

مثال نمونه ۱: برای بالا بردن جسمی به وزن ۲۰۰ نیوتن به‌ارتفاع ۳ متر از یک قرقره ثابت استفاده نموده‌ایم ؛ محاسبه نمایید :

الف ــ حداقل نیرویی که باید به طرف دیگر ریسمان وارد نماییم؟

ب ــ چه مقدار ریسمان را باید بکشیم (جابه‌جا نماییم؟)

ج ــ به چه جهتی باید ریسمان کشیده شود؟

د ــ به نقطه‌ای که قرقره در آن‌جا نصب شده است چه نیرویی وارد می‌شود؟

جواب:

الف) $F = F_G \Rightarrow F = ۲۰۰(N)$

ب) $S_۱ = S_۲ \Rightarrow S_۱ = ۳(m)$

ج) به طرف پایین

د) $N = ۲F_G = ۲(۲۰۰) = ۴۰۰(N)$

مثال نمونه ۲: برای بالا بردن تخته‌ای به ابعاد $(۲/۵m \times ۳۰cm \times ۱۰cm)$ و وزن مخصوص ۰/۶ گرم بر سانتی‌مترمکعب، به ارتفاع ۲ متری از یک قرقره ثابت استفاده نموده‌ایم، محاسبه نمایید :

الف ــ حداقل نیرویی که باید به طرف دیگر ریسمان وارد نمود.

ب ــ چه مقدار باید ریسمان را کشید؟

ج ــ کار انجام شده به چه مقدار می‌باشد؟

جواب:

الف) $F = F_G = mg = \rho\ g = (۰/۶ \times ۱۰۰۰)$

$(۲/۵ \times ۰/۳۰ \times ۰/۱۰)(۱۰) = ۴۵۰(N)$

ب) $S_۱ = S_۲ = ۲(m)$

ج) $W = F.S = ۴۵۰ \times ۲ = ۹۰۰(j)$

ب ــ قرقره‌های متحرک

مشخصات قرقره‌های متحرک:

۱ــ قرقره همراه بار جابه‌جا می‌شود.

۲ــ یک طرف ریسمان باید ثابت شود.

۳ــ مقدار نیروی وارد شده کم‌تر از وزن جسم می‌باشد.

۴ــ جابه‌جایی ریسمان بیش‌تر از جابه‌جا شدن بار می‌باشد.

۵ــ جهت جابه‌جایی ریسمان به طرف بالا می‌باشد.

۶ــ احتمال سقوط کارگر وجود دارد.

روابط:

$$S_۲ = ۲S_۱$$

$$F = \frac{F_G}{۲}$$

نکته: نیرویی که باید برای جابه‌جایی بار وارد نمود حداقل برابر با نصف نیروی وزن جسم می‌باشد. زیرا نیم دیگر نیروی وزن جسم را به طرف دیگر ریسمان که ثابت شده تحمل می‌کند.

مثال نمونه ۳: دیسکی فلزی به شکل تاج دایره با مشخصات قطر خارجی ۶۰ سانتی‌متر، قطر داخلی ۲۰ سانتی‌متر، ضخامت ۲۰ میلی‌متر و چگالی ۵/۴ کیلوگرم بر دسی‌متر مکعب را قرار است با یک قرقره متحرک، ۳ متر بالا ببریم محاسبه نمایید :

الف ــ حداقل چند متر باید ریسمان را بکشیم؟

ب ــ حداقل چند نیوتن باید به طرف دیگر ریسمان نیرو وارد نمود؟

ج ــ کار انجام شده چند ژول خواهد بود؟

الف) $S_۲ = ۲S_۱ = ۲ \times (۳) = ۶m$

ب) $V = \frac{(D^۲ - d^۲)\pi.e}{۴} = \frac{(۰/۶^۲ - ۰/۲^۲)(\pi)(۰/۰۲)}{۴}$

$= ۰/۰۰۵m^۳$

ج) $F = \frac{۱}{۲}F_G = \frac{۱}{۲}(mg) = \frac{۱}{۲}(\rho\ g) =$

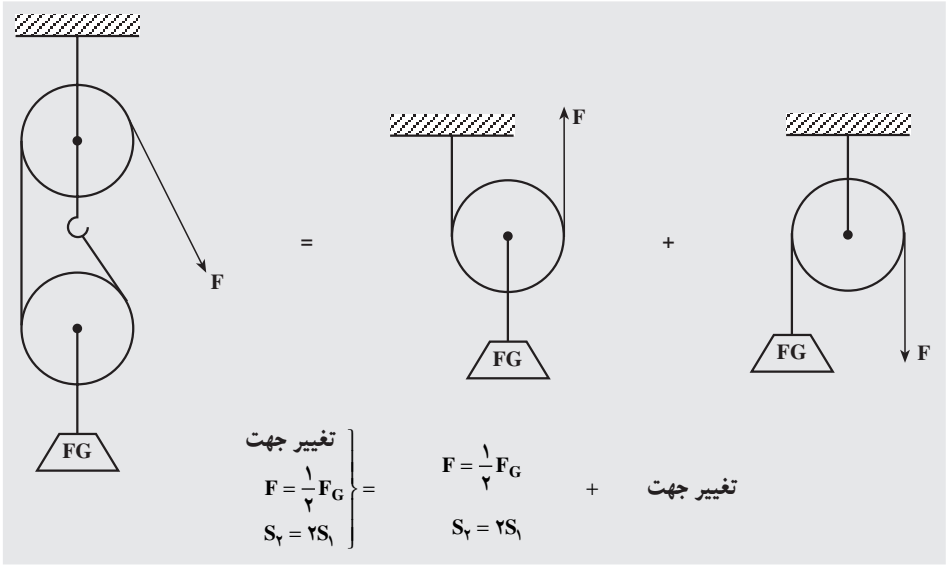
$\frac{۱}{۲}(۵/۴ \times ۱۰۰۰ \times ۰/۰۰۵ \times ۱۰) = ۱۳۵N$

$W = F.h = ۱۳۵ \times ۶ = ۸۱۰J$

جرثقیل‌های قرقره‌دار: جرثقیل‌های قرقره‌دار ماشین‌هایی هستند که از قرقره‌های ثابت و متحرک، به صورت مرکب استفاده می‌کنند و قادر خواهند بود، با نیروی کم بارهای سنگین را به ارتفاع بالاتری ببرند.

الف ــ یک قرقره ثابت و یک قرقره متحرک:

همان‌طور که گفته شد قرقره ثابت اثری روی مقدار بار و یا جابه‌جایی نمی‌گذارد، فقط جهت کشش را تغییر می‌دهد و قرقره متحرک مقدار بار را نصف و جابه‌جایی را دو برابر می‌کند، بنابراین ترکیب این دو باعث می‌شود که هم بار نصف شود و هم جهت کشش تغییر کند.



ب ــ چند قرقره ثابت و متحرک با تعداد مساوی: در این حالت می‌توان گفت بار به تعداد قرقره‌ها تقسیم می‌شود. مثلاً با دو جفت قرقره، نیروی کشش (F) یک چهارم وزن بار (F_G)، و با سه جفت قرقره نیروی کشش یک ششم نیروی وزن بار خواهد بود. بنابراین در حالت کلی روابط زیر قابل اجرا خواهد بود.

$$\boxed{F=\frac{1}{n}F_G} \qquad \boxed{S_2=nS_1}$$

n = تعداد کل قرقره‌ها (ثابت و متحرک)

مثال نمونه ۴: با سه جفت قرقره ثابت و متحرک قرار است جسمی به جرم ۱۲۰ کیلوگرم را ۲ متر بالا ببریم، محاسبه نمایید.

ــ حداقل نیرویی که باید وارد کنیم.

ــ حداقل جابه‌جایی که باید به ریسمان اعمال شود.

$$F=\frac{1}{n}F_G=\frac{1}{6}(120\times10)=200N$$

$$S_2=nS_1=6(2)=12(m)$$

ج ــ چند قرقره متحرک و یک قرقره ثابت: قرقره ثابت وظیفه تغییر جهت و قرقره‌های متحرک هر کدام وظیفه نصف کردن بارهای وارده را دارند، مثلاً به سه قرقره متحرک وزن بار سه مرتبه باید در ضریب ($\frac{1}{2}$) ضرب شود پس اگر تعداد کل قرقره‌ها را n در نظر بگیریم و بخواهیم قرقره ثابت را کنار بگذاریم، خواهیم داشت :

$$\boxed{\begin{aligned}&F=\frac{1}{2^{(n-1)}}.F_G\\&S_2=2^{(n-1)}.S_1\end{aligned}}$$

مثال نمونه ۵: از بالابری که دارای یک قرقره ثابت و سه قرقره متحرک می‌باشد، برای بالا بردن باری به جرم ۰/۵ تن استفاده نموده‌ایم، محاسبه نمایید : حداقل چه نیرویی باید وارد نمود و چقدر باید طناب را بکشیم تا بار مورد نظر یک متر بالا رود؟

$$F=\frac{1}{2^{(n-1)}}F_G=\frac{1}{2^{(4-1)}}(500\times10)=\frac{1}{8}(5000)$$

$$=625(N)$$

$$S_2=2^{(n-1)}.S_1=2^{4-1}.(1)=8(m)$$

مثال نمونه ۶: برای بالا بردن جسمی به جرم ۸۰۰ کیلوگرم فقط توانایی وارد نمودن نیرویی معادل ۵۰۰ نیوتن امکان‌پذیر است؟ اگر لازم باشد از یک قرقره ثابت و چند متحرک استفاده نماییم، چند قرقره نیاز داریم؟

$$F=\frac{1}{2^{(n-1)}}F_G\Rightarrow \quad 2^{(n-1)}=\frac{F_G}{F}$$

$$2^{n-1}=\frac{8000}{500}=16\Rightarrow 2^{n-1}=16=2^4\Rightarrow$$

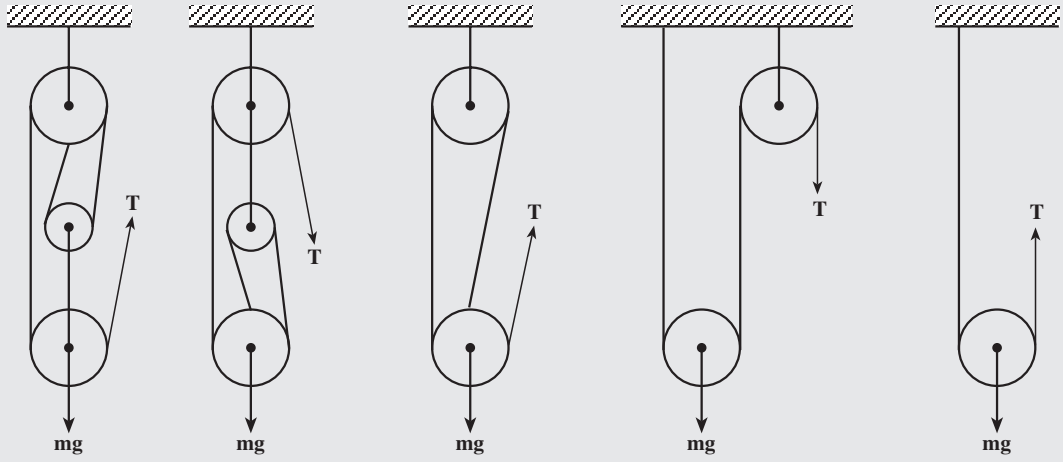
$$n-1=4\Rightarrow n=5$$

□ پس از اتمام درس و جوابگویی به سؤالات هنرجویان، از آن‌ها خواسته شود که نتایج تحقیقات جلسه گذشته را ارائه نمایند.

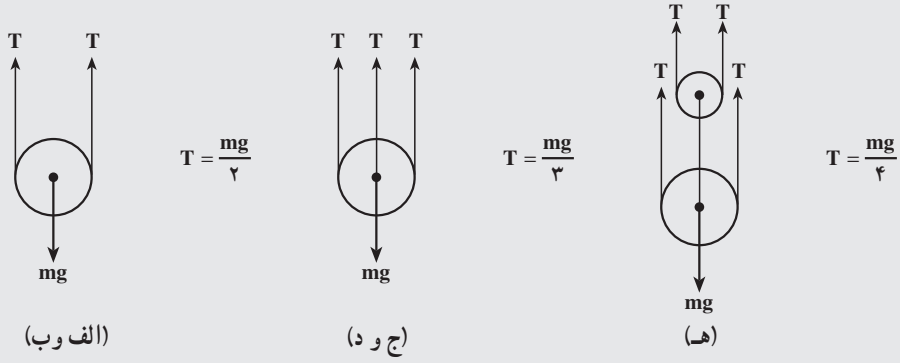
سپس یادآوری شود که سؤالات صفحات ۶۱ و ۶۲ را برای جلسه آینده حل نمایند.

مطالعه آزاد

* برای هر یک از وضعیت‌های شکل زیر، مقدار کشش در طناب را برحسب mg پیدا کنید.



توضیح: (از اصطکاک قرقره صرفنظر می‌شود) کشش در دو سر یک قطعه طناب یکسان است.



* باری به جرم m را با طناب و قرقره مطابق شکل نگه داشته‌اند. اگر $\beta = 20^\circ$ باشد :

الف ــ به سر آزاد طناب باید چقدر نیرو وارد کرد تا وزنه در تعادل بماند؟

ب ــ زاویه α در این حالت چقدر است؟

جواب:

$$\sum F_x = 0$$

$$2T\cos 70^\circ = T\cos\alpha$$

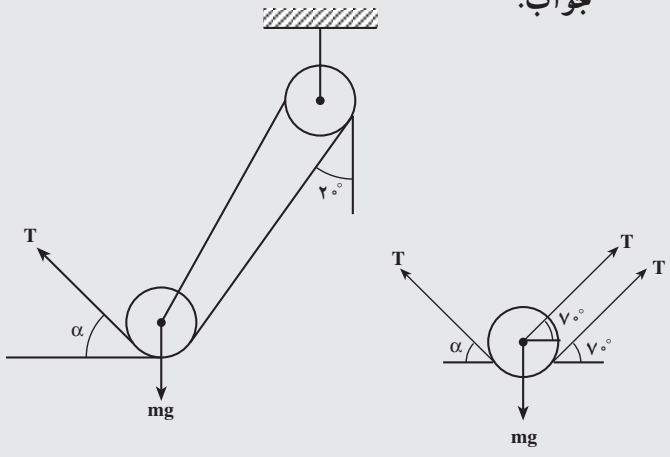
$$\cos\alpha = 2\cos 70 \Rightarrow \alpha = 46/8^\circ$$

$$\sum F_y = 0$$

$$T\sin\alpha + 2T\sin 70 = mg$$

$$T(\sin 46/8 + 2\sin 70) = mg$$

$$T = \frac{mg}{2/6}$$



الف) مقدار جابه‌جایی و نیروی لازم اگر از یک قرقره متحرک استفاده شود.

ب) مقدار جابه‌جایی و نیروی لازم اگر از یک قرقره متحرک و یک قرقره ثابت استفاده شود.

ج) کار انجام شده در هر دو مورد یاد شده.

۲ ــ برای بالا بردن باری به جرم یک تن فقط توانایی به کار بردن ۲۵۰۰ نیوتن نیرو وجود دارد. تعداد قرقره‌های مورد نیاز و نسبت جابه‌جایی $\frac{S_2}{S_1}$ را در این دو حالت به دست آورید:

الف) از چند قرقره ثابت و متحرک به طور مساوی استفاده شود.

ب) از یک قرقره ثابت و چند قرقره متحرک استفاده شود.

۳ ــ برای بالا بردن باری به جرم ۱۲۰۰ کیلوگرم در ارتفاع ۵ متری، اگر از قرقره‌های ثابت و متحرک استفاده شود، چه نیرویی (F) و چه مقدار جابه‌جایی (S_2) لازم است؟ و اگر برای هرمتر جابه‌جایی (S_2) ۱۰ ثانیه وقت لازم باشد توان مکانیکی دستگاه را به دست آورید.

۴ ــ برای تعمیر الکتروموتور دستگاهی می‌خواهیم آن را از زمین بلند کنیم. اگر از بالابری که یک قرقره ثابت و سه قرقره متحرک دارد، استفاده نماییم، چه نیرویی باید به دستگاه وارد شود؟ (در صورتی که جرم الکتروموتور ۶۰ کیلوگرم باشد.)

۵ ــ درتمرین شماره ۴ اگر لازم باشد مقدار بار، ۳ متر بلند شود (S_2) و برای هر متر جابه‌جایی (S_2) ۲۰ ثانیه وقت لازم باشد، توان مکانیکی بالابر را در هر دو حالت حساب کنید.

۶ــ۳ــ اصطکاک

هرگاه جسمی بر روی سطح جسم دیگری بلغزد هریک از دو سطح بریکدیگر نیروی وارد می‌کند که اولاً: این نیرو در امتداد سطح است، ثانیاً: مانع حرکت دو جسم بر روی یکدیگر می‌شود. این نیرو راهنیروی اصطکاک» می‌نامند؛ مثلاً اگر جسمی برروی میزی به طرف چپ به حرکت درآید نیروی اصطکاک وارد بر آن به طرف راست است. این نیرو (نیروی اصطکاک) مانع حرکت جسم می‌شود. حتی وقتی که جسم ساکن است ممکن است بر آن نیروی اصطکاکی وارد شود؛ مثلاً اگر جسم سنگینی را روی زمین با نیروی کمی در امتداد افقی بکشیم این نیرو برای به حرکت درآوردن جسم کافی نیست و جسم به حال سکون باقی می‌ماند. در این حال، عملاً نیروی مساوی و مخالف نیروی خارجی وارد بر جسم آن را خنثی کرده است. این نیروی اخیر همان «نیروی اصطکاک در حال سکون» است. به طور کلی تا هنگامی که نیروی وارد بر یک جسم کمتر

از نیروی اصطکاک باشد جسم به حرکت درنخواهد آمد. هرگاه نیروی وارد بر جسم بیشتر از نیروی اصطکاک باشد جسم به حرکت درمی‌آید و این نیروی اصطکاک را که با نیروی خارجی وارد بر جسم مقابله می‌کند «نیروی اصطکاک در حال حرکت یا اصطکاک جنبشی» نامند (شکل ۲۰ــ۳).

نیروی اصطکاک به این عوامل بستگی دارد:

۱ــ نیروی عمود بر سطح تماس؛

۲ــ صافی یا زبری سطح تماس؛

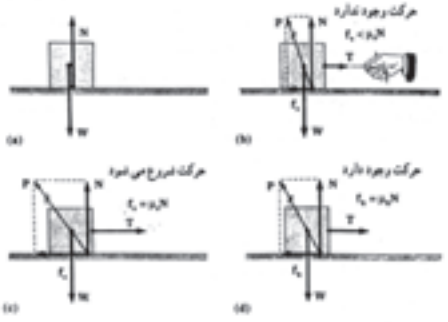
۳ــ جنس دو قطعه در سطح تماس؛

۴ــ استفاده یا عدم استفاده از موادی که باعث تقلیل اصطکاک می‌شود؛ مانند روغن و مانند آن.

● تذکر:

الف) نیروی اصطکاک در لحظه شروع به حرکت (اصطکاک در حال سکون) بیشتر از نیروی اصطکاک در حین حرکت (اصطکاک جنبشی) است.

ب) مقدار نیروی اصطکاک به اندازهٔ سطح تماس بستگی ندارد.



شکل ۲۰ــ۳ــ اندازه نیروی اصطکاک وقتی حرکت وجود نداشته باشد کوچکتر یا مساوی $f_{s_{max}}$ و وقتی حرکت وجود داشته باشد برابر $f_{s_{max}}$ است.

مثال نمونه ۱۰: نیروی لازم برای جابه‌جا کردن دستگاهی را که نیروی وزن آن برابر $W = ۸۰۰\ N$ است به دست آورید؛ در صورتی که ضریب اصطکاک در حال سکون ۰/۵ درنظر گرفته شود.

$$N = W = ۸۰۰\ N$$

$$f_s = \mu_s \times N = ۰/۵ \times ۸۰۰ = ۴۰۰\ N$$

مثال نمونه ۱۱: قطعه‌ای مطابق شکل (۲۱ــ۳) روی سطح شیب‌داری قرار گرفته است. حساب کنید زاویه سطح شیب‌دار را برای لحظه‌ای که جسم بخواهد به سمت پایین به حرکت درآید (لحظه تعادل).

حل: در این حالت اگر جسم به سمت پایین حرکت کند، نیروی اصطکاک (f_s) به سمت بالا اثر کرده در لحظه تعادل این نیرو باید برابر مؤلفه نیروی وزن در امتداد سطح شیب‌دار (F) باشد (N:مؤلفه‌قائم نیروی W)

$$F = f_s$$

$$f_s = \mu_s \times N$$

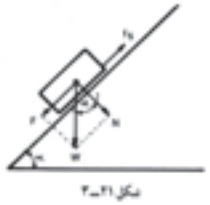
$$N = W \times \cos\alpha$$

$$F = W \times \sin\alpha$$

با جانشین کردن مقادیر محاسبه شده برای (F) و (f_s) خواهیم داشت:

$$W \times \sin\alpha = \mu_s \times W\cos\alpha \Rightarrow \mu = \frac{W\sin\alpha}{W\cos\alpha} = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \tan\alpha$$

$$\boxed{\mu = \tan\alpha}$$



شکل ۲۱ــ۳

از حل این مسأله نتیجه می‌گیریم که اگر ضریب اصطکاک دو قطعه روی هم، برابر با

۱ــ۶ــ۳ــ انواع اصطکاک جنبشی: اصطکاک لغزشی مانند اصطکاک بین لنت ترمز و کاسه چرخ درآتومبیل ــ حرکت جسم سطحی روی سطح افق یا سطح شیب‌دار که خود نیز بر دو نوع است اصطکاک در حال سکون و اصطکاک غلتشی مانند اصطکاک چرخ با سطح تماس در وسایط نقلیه، اصطکاک در یاتاقان‌ها و غیره.

الف) اصطکاک لغزشی

رابطه‌های اصطکاک لغزشی:

$$\boxed{f_k = \mu_k . N} \qquad \boxed{f_s = \mu_s . N}$$

علایم اختصاری:

f_s: نیروی اصطکاک در حال سکون

μ_s : ضریب اصطکاک در حال سکون

N : نیروی عکس‌العمل سطح بر جسم

f_k : نیروی اصطکاک در حال حرکت

μ_k : ضریب اصطکاک در حال حرکت

ضرایب اصطکاک μ_k و μ_s بستگی به اندازه‌های سطوح تماس نداشته هر دو ضریب به طور محسوس تابع نوع و جنس وماهیت مواد، درجه صیقلی بودن سطوح، دما و غیره است. مقادیر آنها را با دقت بسیار زیاد حدود پنج درصد تقریب می‌توان محاسبه نمود.

جدول تقریبی مقادیر ضرایب اصطکاک در حال سکون برای سطوح مختلف اجسام خشک در جدول (۱ــ۳) نوشته شده که مقادیر مربوط به ضریب اصطکاک جنبشی آنها حدود ۲۵ درصد کوچکتر است.

نام جسم	ضریب اصطکاک
فلز روی فلز	۰/۱۵ ــ ۰/۶۰
فلز روی چوب	۰/۲۰ ــ ۰/۶۰
فلز روی سنگ	۰/۳۰ ــ ۰/۷۰
فلز روی چرم	۰/۳۰ ــ ۰/۶۰
چوب روی چوب	۰/۲۵ ــ ۰/۵۰
چوب روی چرم	۰/۲۵ ــ ۰/۵۰
سنگ روی سنگ	۰/۴۰ ــ ۰/۷۰
خاک روی خاک	۰/۲۰ ــ ۱/۰۰
لاستیک روی سیمان	۰/۶۰ ــ ۰/۹۰

جدول ۱ ــ ۳

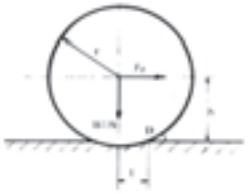
تازانت زاویه سطح شیب‌دار باشد جسم در حال تعادل است. اما هنگامی که تازانت زاویه سطح شیب‌دار کوچکتر از ضریب اصطکاک باشد، جسم در محل خود در حال سکون بوده و اگر تازانت زاویه سطح شیب‌دار بزرگتر از ضریب اصطکاک باشد جسم با یک شتاب تقشوته به سمت پایین به حرکت درمی‌آید.

بنابراین:

$\mu = \tan\alpha$	تعادل
$\mu > \tan\alpha$	سکون
$\mu < \tan\alpha$	حرکت

ب) اصطکاک غلتشی : وقتی یک چرخ یا یک استوانه روی سطحی بغلتد چون جسم صلب مطلوب وجود ندارد چرخ با سطح و یا هردو تغییر شکل می‌دهند. مقدار این تغییر شکلها به جنس چرخ و سطح اتکاء بستگی دارد.

چنانچه در شکل (۲۲ـ۳) مشاهده می‌شود برای ایجاد حرکت غلتشی یک چرخ روی سطح بایستی چرخ بتواند برجستگی حاصل از تغییر شکل را خنثی نماید. برای محاسبه نیروی محرک لازم برای این کار نقطه D (مرکز دوران) گشتاور گرفته، شرط تعادل را برای آن می‌نویسیم.



شکل ۲۲ـ۳

علایم اختصاری:

F_r	: نیروی اصطکاک غلتشی بر حسب نیوتن
$\Sigma M_D = 0$	
h	: طول بازوی گشتاور محرک برحسب cm
$F_r \times h - N \times l = 0$	
N	: نیروی عمود بر سطح برحسب نیوتن
$F_r \times h = N \times l$	
l	: طول بازوی گشتاور مقاوم بر حسب cm

چون در عمل اختلاف اندازه r و h بسیار ناچیز است می‌توان به جای h مقدار r را قرار

داد:

$$F_r \times r = N \times l$$

حال اگر از این رابطه مقدار نیروی اصطکاک مورد نظر باشد، می‌توان آن را بدین صورت به دست آورد:

$$F_r = \frac{l}{r} \times N$$

مقدار طول بازوی گشتاور مقاوم (l) به جنس چرخ و جنس سطح اتکا بستگی دارد که مقدار آن دراین جا داده شده است.

چوب صنوبر روی چوب کاج	$l = 0/08cm$
(چدن ـ فولاد ریختگی ـ فولاد) روی فولاد	$l = 0/05 - 0/1cm$

در بلبرینگها چون قطر آنها استاندارد است، در عمل به جای $\frac{l}{r}$ که در اصل ضریب اصطکاک غلتشی است معادل آن μ_1 را قرار می‌دهند که مقدار آن با درنظر گرفتن سایر عوامل ۰/۰۰۳ـ۰/۰۰۱ درنظر گرفته می‌شود؛ بنابراین، رابطه یاد شده در بلبرینگها به این صورت خواهد بود:

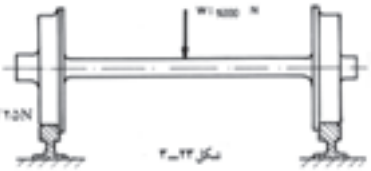
$$F_r = \mu_1 \times N$$

مسأله نمونه ۲۰: نیروی لازم را برای به حرکت درآوردن یک واگن کوره چوب خشک‌کنی، مطابق شکل (۲۳ـ۳) حساب کنید؛ اگر نیروی وزن آن $W = 5000N$ و قطر چرخهای آن ۱۶ سانتیمتر و طول بازوی گشتاور مقاوم آن $l = 0/05$ سانتیمتر باشد.

$$N = W = 5000N$$

$$F_r = \frac{l}{r} \times N$$

$$F_r = \frac{0/05}{8} \times 5000 = 31/25N$$



شکل ۲۳ـ۳

مسأله نمونه ۲۱: لکوموتیو باری جهت انتقال گرده بینه از جنگل به کارخانه مطابق شکل (۲۴ـ۳) چه توانی باید داشته باشد تا نیروی وزن $W = 1MN$ را با سرعتی معادل ۷۲ کیلومتر در ساعت به حرکت درآورد؛ در صورتی که ضریب اصطکاک $\mu_1 = 0/005$ و نیروی مقاومت باد

$F_w = 8000N$ به حساب آید.

شکل ۲۴ـ۳ـ لکوموتیو حمل گرده بینه

حل:

$$N = W = 1MN = 1000000N$$

$$F_r = N \times \mu_1 = 1000000 \times 0/005 = 5000N$$

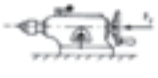
$$F = F_r + F_w = 5000 + 8000 = 13000N$$

$$V = \frac{72 \times 1000}{3600} = 20 m/s$$

$$P = \frac{F \times V}{1000} = \frac{13000 \times 20}{1000} = 260 kW$$

تمرین

۱ـ مقدارنیروی لازم را برای به حرکت درآوردن دستگاه سرفک روی میز ماشین خراطی مطابق شکل (۲۵ـ۳) حساب کنید، اگر نیروی وزن آن $W = 200N$ و ضریب اصطکاک $\mu = 0/15$ باشد.



شکل ۲۵ـ۳

جلسه نوزدهم

برنامه زمان‌بندی جلسه نوزدهم		
۱	آماده نمودن کلاس	۵
۲	حل مسایل مربوط به مباحث قرقره‌ها	۲۰
۳	تدریس مطالب جدید شامل :	۶۰
	ــ تعریف و مفهوم اصطکاک	
	ــ انواع اصطکاک	
	ــ روابط اصطکاک	
	ــ مثال نمونه	
۴	تعیین تاریخ امتحان از فصل سوم برای دو هفته دیگر	۵

حل تمرین‌های صفحه ۶۱ و ۶۲

حل تمرین ۱:

الف) $S_۲ = ۲S_۱ \Rightarrow S_۲ = ۲ \times ۸ = ۱۶\,m$

$$F = \frac{۱}{۲}F_G \Rightarrow F = \frac{۱}{۲}(۵۰۰ \times ۱۰) = ۲۵۰۰N$$

ب) $S_۲ = ۲S_۱ \Rightarrow S_۲ = ۲ \times ۸ = ۱۶\,m$

$$F = \frac{۱}{۲}F_G \Rightarrow F = \frac{۱}{۲}(۵۰۰ \times ۱۰) = ۲۵۰۰N$$

ج) $W = F \times S = ۲۵۰۰ \times ۱۶ = ۴۰۰۰۰J = ۴۰kJ$

حل تمرین۲:

الف) $F = \frac{۱}{n}(F_G) \Rightarrow n = \frac{F_G}{F} = \frac{۱۰۰۰ \times ۱۰}{۲۵۰۰} \Rightarrow$

$n = ۴$

$$S_۲ = nS_۱ \Rightarrow n = \frac{S_۲}{S_۱} \Rightarrow \frac{S_۲}{S_۱} = ۴$$

ب) $F = \frac{۱}{۲^{n-۱}}(F_G) \Rightarrow ۲^{n-۱} = \frac{F_G}{F} = \frac{۱۰۰۰۰}{۲۵۰۰}$

$= ۴ \Rightarrow ۲^{n-۱} = ۲^۲ \Rightarrow n - ۱ = ۲ \quad n = ۳$

$$S_۲ = ۲^{n-۱}(S_۱) \qquad ۲^{n-۱} = \frac{S_۲}{S_۱} \Rightarrow$$

$$۲^{۳-۱} = \frac{S_۲}{S_۱} \Rightarrow \frac{S_۲}{S_۱} = ۴$$

حل تمرین ۳:

$$F = \frac{F_G}{n} \Rightarrow F = \frac{۱۲۰۰۰}{۲} \Rightarrow F = ۶۰۰۰N$$

$$S_۲ = nS_۱ \Rightarrow S_۲ = ۲(۵) \Rightarrow S_۲ = ۱۰m$$

$$P = \frac{F.S}{t} = \frac{۶۰۰۰ \times ۱۰}{۱۰ \times ۱۰} = ۶۰۰Wat$$

حل تمرین ۴:

$$F = \frac{F_G}{۲^{n-۱}} = \frac{۶۰۰}{۲^۳} = \frac{۶۰۰}{۸} = ۷۵N$$

حل تمرین ۵:

$$S_۲ = nS_۱ \Rightarrow S_۲ = ۴(۳) = ۱۲m$$

$$P = \frac{F.S_۲}{t} = \frac{۲۵۰۰ \times ۱۲}{۲۰ \times ۱۲} = ۱۲۵Wat.$$

اصطکاک

از هنرجویان سؤال شود اصطکاک چیست؟

با توجه به جمع‌بندی پاسخ آن‌ها به‌طور خلاصه بیان می‌شود که هرگاه جسمی بر روی سطح دیگری بلغزد اصطکاک رخ داده است.

نیروی اصطکاک: بر اثر اصطکاک دو سطح با هم، هر یک از دو سطح بر یکدیگر نیرویی وارد می‌کنند که این نیرو را نیروی اصطکاک گویند.

ویژگی‌های نیروی اصطکاک

ــ این نیرو در امتداد سطح است.

ــ در حرکت دو جسم بر روی یکدیگر اثر می‌گذارد.

ــ جهت آن بر خلاف جهت حرکت می‌باشد.

ــ بزرگی آن در لحظه شروع حرکت بیش‌تر از بزرگی آن در حین حرکت می‌باشد.

عوامل مؤثر بر نیروی اصطکاک

ـ نیروی وزن اجسام بر یکدیگر (نیروی عمود بر سطح تماس)

ـ صافی یا زبری سطح تماس (درجه صیقلی بودن سطوح)

ـ جنس دو قطعه در سطح تماس (جنس و ماهیت مواد)

ـ استفاده یا عدم استفاده از موادی که باعث تقلیل اصطکاک می‌شود، مانند روغن و ...

ـ عوامل جانبی دیگر مانند دما و ...

بنابراین عوامل یاد شده بالا در مقدار نیروی اصطکاک مؤثرند، حال اگر سه عامل صافی و زبری سطح تماس، جنس دو قطعه و استفاده یا عدم استفاده از موادی که باعث تقلیل اصطکاک می‌شوند را با ضریبی به‌نام ضریب اصطکاک به میان آوریم، می‌توان گفت که نیروی اصطکاک بستگی به نیروی عمود بر سطح تماس و ضریب اصطکاک دارد.

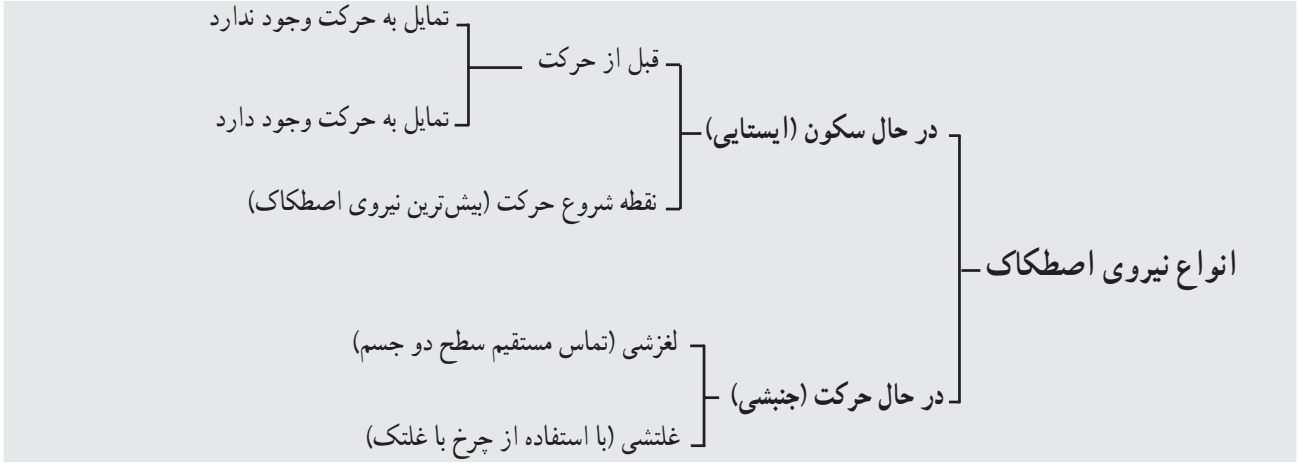
رابطه اصطکاک: با توجه به دو عامل اصلی (ضریب اصطکاک و نیروی عمود بر سطح تماس) می‌توان مقدار نیروی اصطکاک را از رابطه زیر به‌دست آورد :

f = نیروی اصطکاک

N = نیروی عمود بر سطح تماس

μ = ضریب اصطکاک

$$f = N.\mu$$



نیروی اصطکاک قبل از حرکت: در صورتی که جسم تمایل به حرکت نداشته باشد یعنی نیرویی برای حرکت جسم وجود نداشته باشد، پس نیروی اصطکاک هم صفر است.

و اما اگر جسم تمایل به حرکت داشته باشد ولی نیروی اصطکاک کوچک‌تر از $N.\mu$ باشد.

نیروی اصطکاک در لحظه شروع حرکت: زمانی است که نیروی اصطکاک به حداکثر خود برسد و توانایی مقاومت در برابر نیروهای وارد بر جسم را نداشته باشد، حرکت آغاز می‌شود که در این لحظه بیش‌ترین مقدار نیروی اصطکاک را داشته و به‌صورت زیر نمایش می‌دهیم.

$$f_S = N.\mu_S$$

نیروی اصطکاک لغزشی: زمانی که سطح جسمی روی سطحی دیگر در تماس بوده و حرکت شروع شده باشد بین دو سطح نیروی اصطکاک لغزشی وجود دارد و به‌صورت زیر نمایش داده می‌شود.

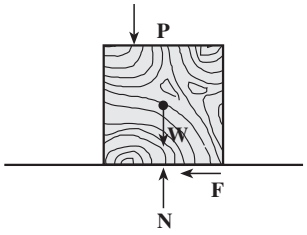
$$f_K = N.\mu_K$$

در مقایسه این دو می‌توان گفت :

$$f_S > f_K$$

نیروی اصطکاک غلتشی: زمانی که از چرخ یا غلتک برای حرکت استفاده کرده باشیم، نیروی اصطکاک حاصل را نیروی اصطکاک غلتشی گویند. در این حالت ضریب اصطکاک برابر با نسبت نیمی از عرض اثر چرخ روی سطح به شعاع چرخ که البته بستگی به جنس چرخ و سطح اتکاء دارد بنابراین رابطه نیروی اصطکاک غلتشی را می‌توان به صورت زیر نوشت :

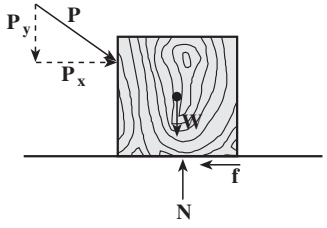
$$f_r = \frac{l}{r}.N = \mu_i N$$



تمایلی برای حرکت وجود ندارد

$$F = ۰$$

$$N = P + W$$

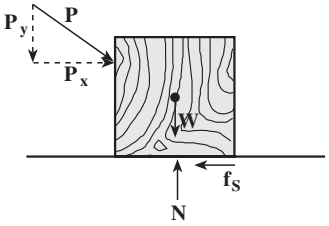


تمایلی برای حرکت وجود دارد ولی جسم همچنان ساکن است.

$$f = P_x$$

$$N = P_y + W$$

$$f \leq \mu_S . N$$

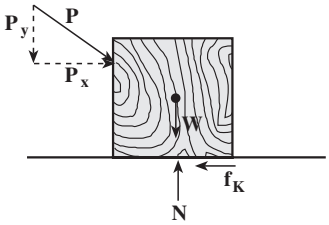


در لحظه شروع حرکت

$$f_S = P_x$$

$$N = P_y + W$$

$$f_S = \mu_S . N$$



در حال حرکت

$$f_K = P_x$$

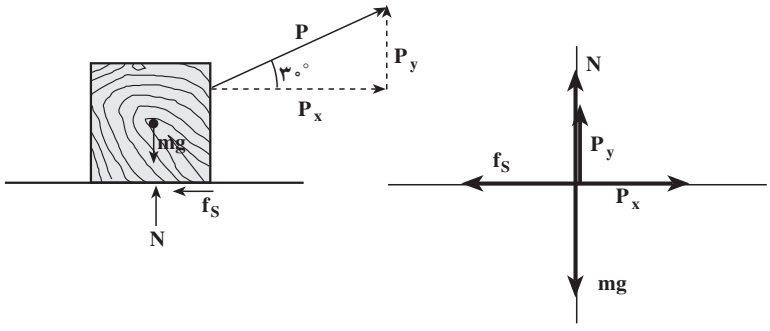
$$N = P_y + W$$

$$f_K = \mu_K . N$$

مثال نمونه ۱: جسمی به جرم ۵۰ کیلوگرم را که روی سطح افقی قرار دارد، قرار است با یک ریسمان کشیده و آن را جابه‌جا نماییم اگر زاویه ریسمان با افق ۳۰ درجه و ضریب اصطکاک ۰/۳۰ باشد، محاسبه نمایید :

الف ــ نیروی اصطکاک

ب ــ حداقل نیروی کششی که باید به ریسمان وارد نمود.



جواب:

$$P_x = P\cos ۳۰^\circ = \frac{\sqrt{۳}}{۲}P$$

$$P_y = P\sin ۳۰^\circ = \frac{۱}{۲}P$$

$$W = mg = ۵۰ \times ۱۰ = ۵۰۰N$$

$$W = N + P_y \Rightarrow N = W - P_y \Rightarrow N = ۵۰۰ - \frac{۱}{۲}P$$

$$f_S = N.\mu_S \Rightarrow f_S = (۵۰۰ - \frac{۱}{۲}P)(۰/۳۰) \qquad (۱)$$

$$f_S = P_x \Rightarrow f_S = P\cos ۳۰ = \frac{\sqrt{۳}}{۲}P \qquad (۲)$$

$$(۱) \text{ و } (۲) \Rightarrow \quad (۵۰۰ - \frac{۱}{۲}P)(۰/۳) = \frac{\sqrt{۳}}{۲}P \Rightarrow$$

$$۱۵۰ = ۰/۱۵P + ۰/۸۶۶P \Rightarrow P = ۱۴۷/۶N$$

$$f_S = ۱۲۷/۸N$$

مثال نمونه ۲: جسمی به جرم ۵۰ کیلوگرم را که روی سطح افقی قرار دارد، قرار است با یک نیرویی فشاری که نسبت به افق زاویه ۳۰ درجه می‌سازد به طرف جلو ببریم اگر ضریب اصطکاک ۰/۳ باشد، محاسبه نمایید :

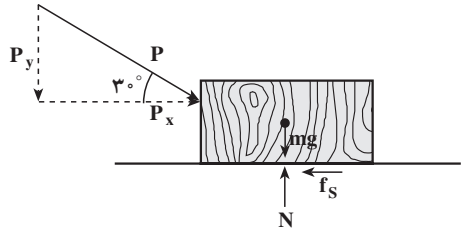
الف ــ نیروی اصطکاک

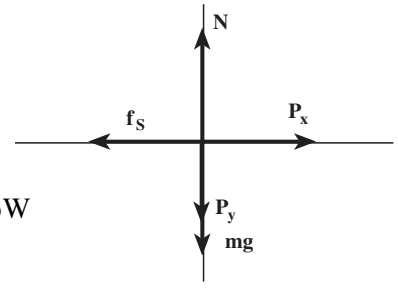
ب ــ حداقل نیروی فشاری که باید به جسم وارد نماییم.

$$P_x = P\cos ۳۰ = \frac{\sqrt{۳}}{۲}P$$

$$P_y = P\sin ۳۰ = \frac{۱}{۲}P$$

$$W = mg = ۵۰۰N$$





$$N = W + Py = ۵۰۰ + \frac{۱}{۲}P$$

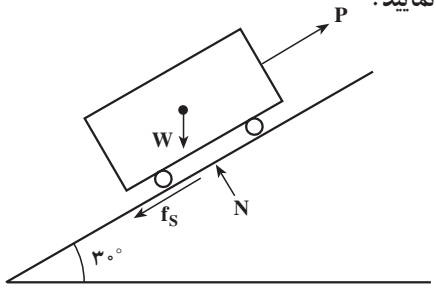
$$\left.\begin{aligned} f_S &= N.\mu_S = (۵۰۰ + \frac{۱}{۲}P)(۰/۳) \\ f_S &= P_x = \frac{\sqrt{۳}}{۲}P \end{aligned}\right\} \Rightarrow$$

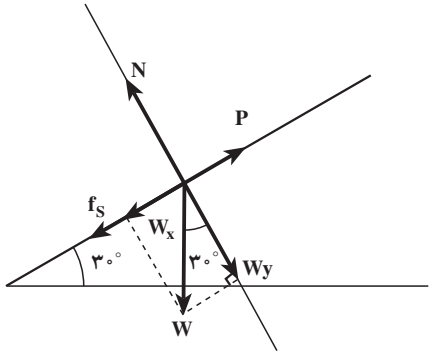
$$(۵۰۰ + \frac{۱}{۲}P)(۰/۳) = \frac{\sqrt{۳}}{۲}P$$

$$۱۵۰ = ۰/۸۶۶P - ۰/۱۵P \Rightarrow P = ۲۰۹/۵N$$

$$f_S = ۱۸۱/۴N$$

مثال نمونه ۳: مطابق شکل قرار است جسمی را روی سطح شیب‌داری به طرف بالا بکشیم اگر بزرگی نیروی $P = ۱۰۰۰N$ و ضریب اصطکاک ۰/۵ باشد حداکثر وزن بار را محاسبه نمایید.





جواب:

$$W_x = W\sin ۳۰^\circ = ۰/۵W$$

$$W_y = W\cos ۳۰^\circ = ۰/۸۶۶W$$

$$N = W_y = ۰/۸۶۶W$$

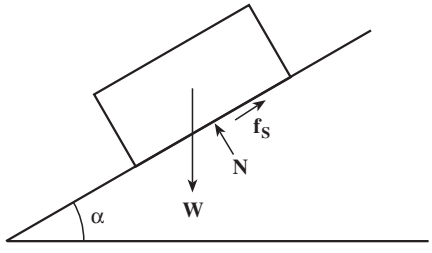
$$\left.\begin{aligned} f_S &= N.\mu_S = (۰/۸۶۶W)(۰/۰۵) = ۰/۰۴۳۳W \\ f_S + W &= P \Rightarrow f_S = P - W_x = ۱۰۰۰ - ۰/۵W \end{aligned}\right\} \Rightarrow ۰/۰۴۳۳W = ۱۰۰۰ - ۰/۵W$$

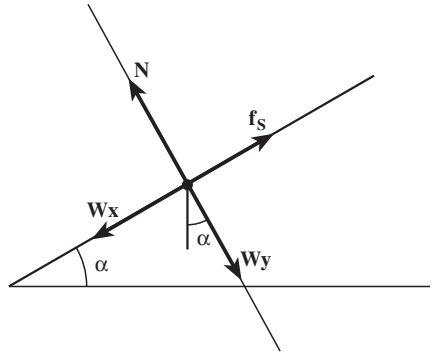
$$W = ۱۸۴۰/۶N$$

مثال نمونه ۴: جسمی را روی سطح با شیب متغیری قرار داده‌ایم. شیب را زیاد نموده و زمانی که به ۳۱ درجه می‌رسد. جسم به طرف پایین شروع به حرکت می‌کند، ضریب اصطکاک آن جسم را با سطح شیب‌دار به‌دست آورید.

$$N = W_y = W\cos\alpha$$

$$\left.\begin{aligned} f_S &= W_x = W\sin\alpha \\ f_S &= \mu.N = \mu W\cos\alpha \end{aligned}\right\} \Rightarrow W\sin\alpha = \mu\ W\cos\alpha$$





$\mu = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \tan\alpha$ $\quad \tan ۳۱ = ۰/۶$

$\mu = \tan\alpha$ لحظه شروع حرکت

نتیجه : سکون $\mu > \tan\alpha$

حرکت $\mu < \tan\alpha$

مطالب تکمیلی اصطکاک

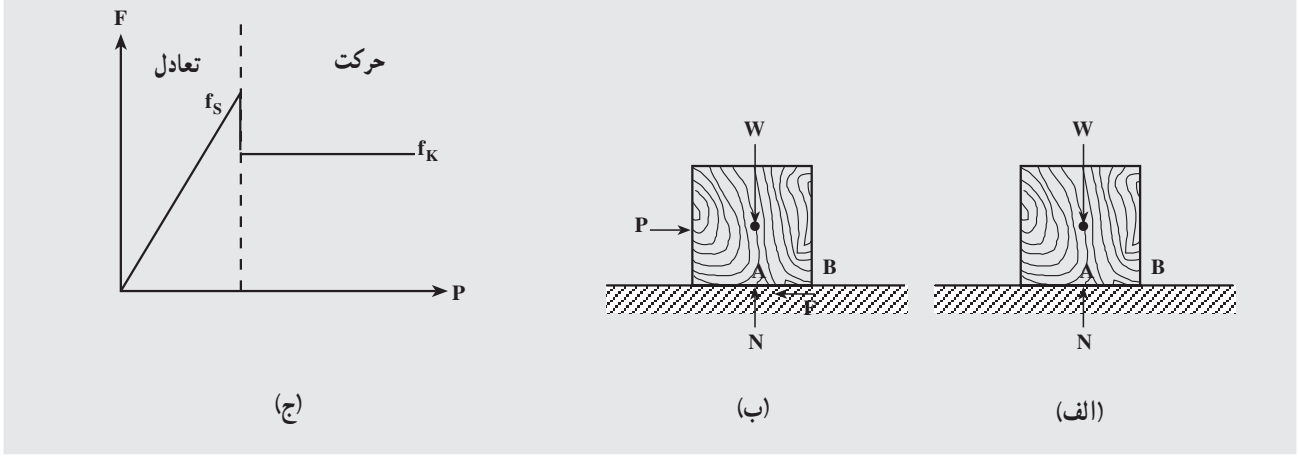
اگر سطوح بدون اصطکاک بودند، نیرویی که هر سطح بر سطح دیگر وارد می‌کرد عمود بر سطوح بود و دو سطح می‌توانستند آزادانه نسبت به یکدیگر حرکت کنند که در واقع چنین حالتی، یعنی سطح کاملاً صیقلی و بدون اصطکاک وجود ندارد. وقتی دو سطح در تماس‌اند، نیروهای مماسی که نیروهای اصطکاک نامیده می‌شوند به خوبی ظاهر می‌شوند. اگر بخواهند یک سطح را نسبت به سطح دیگر حرکت دهند، این نیروها پیوسته گسترش می‌یابند. البته نیروهای اصطکاک از نظر مقدار محدودند و در صورتی که نیروی کافی وارد کنیم نمی‌توانند از حرکت جلوگیری کنند. تمایز بین سطوح بدون اصطکاک و ناصاف در واقع یک چیز مقایسه‌ای است.

دو نوع اصطکاک وجود دارد : اصطکاک خشک، که بعضی اوقات آن را (اصطکاک کولنی) می‌نامند و اصطکاک سیالی، اصطکاک سیالی در میان لایه‌هایی از سیال که با سرعت‌های متفاوت حرکت می‌کنند پدید می‌آید. اصطکاک سیالی در مسئله‌های مربوط به جریان سیال در لوله‌ها و روزنه‌ها یا بررسی اجسامی که سیال‌های متحرک شناور هستند، اهمیت بسیار دارد. اصطکاک سیالی در تحلیل حرکت مکانیسم‌های روغن‌کاری شده هم نقش اساسی دارد. چنین مسئله‌هایی در مبحث مکانیک سیالات بررسی می‌شوند. در حال حاضر مطالعه خودمان را به‌اصطکاک خشک، یعنی به مسئله‌های مربوط به اجسام صلب در تماس با سطوح روغنکاری نشده محدود می‌کنیم.

در این فصل، تعادل اجسام صلب و سازه‌های مختلف را با فرض وجود اصطکاک خشک در سطوح تماس، تحلیل خواهیم کرد. سپس تعدادی از کاربردهای خاص مربوط به صنایع چوب را در نظر خواهیم گرفت. البته این مسایل می‌تواند مربوط به‌پیچ‌های دنده چهار گوش، یاتاقان‌های بوشی، یاتاقان‌های کف‌گرد، مقاومت غلتشی، حرکت شیئی روی سطح، اصطکاک تسمه و ... باشد.

قوانین اصطکاک خشک و ضرایب اصطکاک

قوانین اصطکاک خشک به کمک آزمایش زیر بهتر فهمیده می‌شوند. قطعه‌ای به وزن W، بر روی یک سطح تخت افقی قرار داده شده است.



الف ــ نیروهای وارد بر قطعه عبارت‌اند از وزن آن W و عکس‌العمل سطح. از آن‌جا که وزن فاقد مؤلفه افقی است، عکس‌العمل سطح هم مؤلفه افقی ندارد، بنابراین عکس‌العمل بر سطح عمود است که با N نشان داده شده است.

حالا فرض می‌کنیم که یک نیروی افقی P به قطعه وارد شود.

ب ــ اگر P کوچک باشد، قطعه حرکت نخواهد کرد، بنابراین باید نیروی افقی دیگری وجود داشته باشد که نیروی P را خنثی کند. این نیروی دیگر، نیروی اصطکاک ایستایی F است که در واقع برایند تعداد زیادی از نیروهای وارد بر سطح کل تماس میان قطعه و صفحه است. ماهیت این نیروها دقیقاً معلوم نیست، ولی به‌طورکلی فرض می‌شود که این نیروها از ناهمواری‌های سطوح تماس و تا حدودی از جاذبه مولکولی ناشی می‌شوند.

اگر نیروی P زیاد شود، نیروی اصطکاک F هم افزایش می‌یابد و همواره در جهت مخالفت P عمل می‌کند، تا این‌که مقدارش به مقدار معینی حداکثر f_S برسد.

ج ــ اگر P باز هم افزایش پیدا کند، نیروی اصطکاک نمی‌تواند بیش از این P را خنثی کند و قطعه شروع به لغزش می‌کند. به محض این‌که قطعه شروع به حرکت کند، مقدار F از f_S به مقدار کوچک‌تر f_K تنزل پیدا می‌کند، دلیلش آن است که وقتی دو سطح در تماس نسبت به یکدیگر در حرکت باشند، ناهمواری‌های‌شان کم‌تر برهم اثر می‌کنند. از این به بعد، جسم هم‌چنان می‌لغزد و رفته رفته سرعتش زیاد می‌شود و در حالی که نیروی اصطکاک که با f_K نشان داده می‌شود و آن را نیروی اصطکاک جنبشی می‌نامند تقریباً ثابت می‌ماند.

شواهد تجربی نشان می‌دهد که حداکثر مقدار نیروی اصطکاک ایستایی f_S متناسب با مؤلفه قائم عکس‌العمل سطح N است یعنی :

$$f_S = \mu_S N$$

که در آن μ_S مقدار ثابتی است که آن را ضریب اصطکاک ایستایی می‌نامند و به همین ترتیب مقدار نیروی اصطکاک جنبشی f_K را می‌توان به این صورت نوشت :

$$f_K = \mu_S N$$

که در آن μ_K مقدار ثابتی است که آن را ضریب اصطکاک جنبشی می‌نامند. ضرایب اصطکاک μ_S و μ_K مساحت به سطوح تماس بستگی ندارند، ولی هر دو شدیداً به ماهیت سطوح تماس وابسته‌اند. از آن‌جا که این ضریب‌ها به وضعیت دقیق سطوح همبستگی دارند، به ندرت می‌شود مقدار آن‌ها را با دقتی بیش از ۵ درصد به‌دست آورد. مقادیر تقریبی ضریب اصطکاک ایستایی برای سطوح خشک مختلف در جدولی در متن درس آمده است. مقادیر ضرایب اصطکاک جنبشی متناظر در حدود ۲۵ درصد کوچک‌تر خواهند بود.

از آن‌جا که ضرایب اصطکاک کمیت‌های بدون بعد هستند می‌توانیم مقادیر داده شده را با یکاهای SI و هم با یکاهای رایج آمریکا به‌کار ببریم.

با توجه به مطالبی که ذکر کردیم معلوم می‌شود که در هنگام تماس یک جسم صلب با یک سطح افقی ممکن است چهار حالت اتفاق بیفتد.

۱ــ نیروهای وارد بر جسم تمایل به حرکت دادن آن در امتداد سطح تماس ندارند. بنابراین نیروی اصطکاک وجود ندارد.

۲ــ نیروهای وارد بر جسم تمایل به حرکت دادن آن را امتداد سطح تماس دارند ولی به اندازه کافی بزرگ نیستند تا آن را به حرکت درآورند. نیروی اصطکاک F حاصل را می‌شود از حل معادله تعادل جسم به‌دست آورد. چون معلوم نیست که F به‌مقدار حداکثرش رسیده است یا نه، معادله $f_S = \mu_S N$ را نمی‌شود برای تعیین نیروی اصطکاک به‌کار برد.

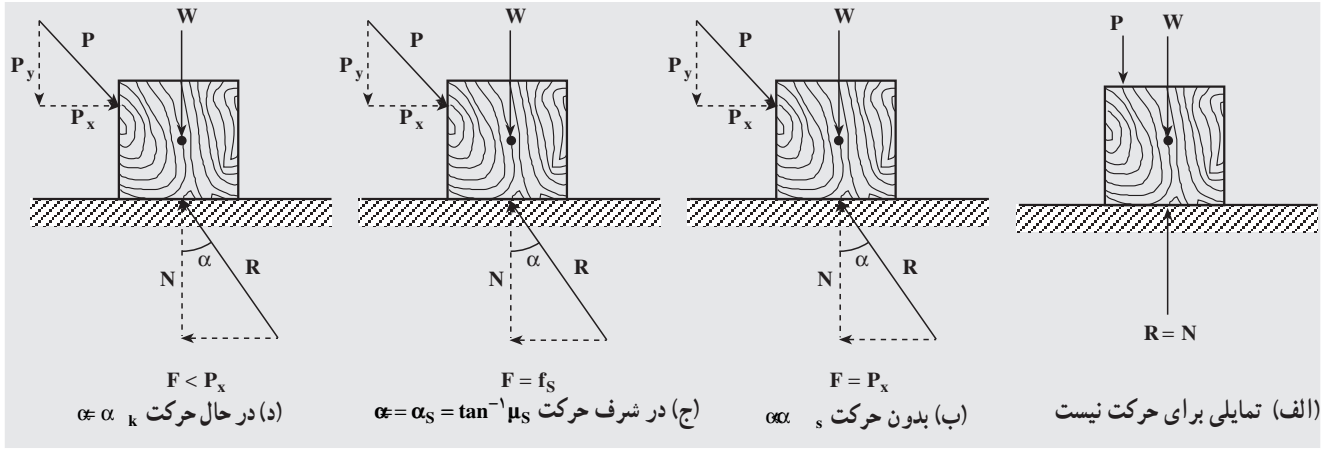
۳ــ نیروهای وارد چنان‌اند که جسم در آستانه لغزش است و می‌گوییم حرکت در شرف وقوع است. نیروی اصطکاک F به‌مقدار حداکثرش f_S رسیده است و همراه با نیروی قائم N، نیروهای اعمال شده را خنثی می‌کند. هم معادله‌های تعادل و هم معادله $f_S = \mu_S N$ را می‌شود به‌کار برد. هم‌چنین توجه می‌کنیم که نیروی اصطکاک جهتی خلاف جهت حرکت در شرف وقوع دارد.

۴ــ جسم تحت تأثیر نیروهای وارد می‌لغزد و دیگر نمی‌شود معادله‌های تعادل را به‌کار برد. با وجود این، F در این وضع برابر با F_K است و می‌شود معادله $f_K = \mu_K N$ را به‌کار برد. جهت f_K در خلاف جهت حرکت است.

زاویه‌های اصطکاک

بعضی وقت‌ها بهتر است که به جای نیروی قائم N و نیروی اصطکاک F برایندشان R را قرار بدهیم. قطعه‌ای را در نظر بگیرید به وزن W که روی سطحی افقی قرار گرفته است. اگر هیچ نیروی افقی به قطعه وارد نشود برآیند R تبدیل به نیروی قائم N می‌شود.

الف ــ اما اگر نیروی وارد شده P دارای مؤلفه‌های افقی P_x باشد که تمایل به حرکت دادن قطعه دارد، نیروی R مؤلفه‌ای، افقی مانند F خواهد داشت و در نتیجه زاویه معینی را با امتداد قائم تشکیل خواهد داد.



(الف) تمایلی برای حرکت نیست (ب) بدون حرکت (ج) در شرف حرکت (د) در حال حرکت

ب ــ اگر P_x به اندازه‌ای افزایش یابد که حرکت در آستانه وقوع باشد، زاویه میان R و امتداد قائم بزرگ‌تر می‌شود و به یک مقدار حداکثر می‌رسد.

ج ــ این مقدار را زاویه اصطکاک ایستایی می‌نامند و اگر آن را با α_s نشان دهیم، با توجه به شکل (ج) می‌بینیم که :

$$\tan\alpha_s = \frac{f_S}{N} = \frac{\mu_S N}{N} = \mu_S$$

اگر حرکت واقعاً اتفاق بیفتد مقدار نیروی اصطکاک به f_K تنزل پیدا می‌کند، به همین ترتیب زاویه میان R و N به‌مقدار کم‌تر α_k می‌رسد که آن را زاویه اصطکاک جنبشی می‌نامند. با توجه به شکل (د) می‌نویسیم :

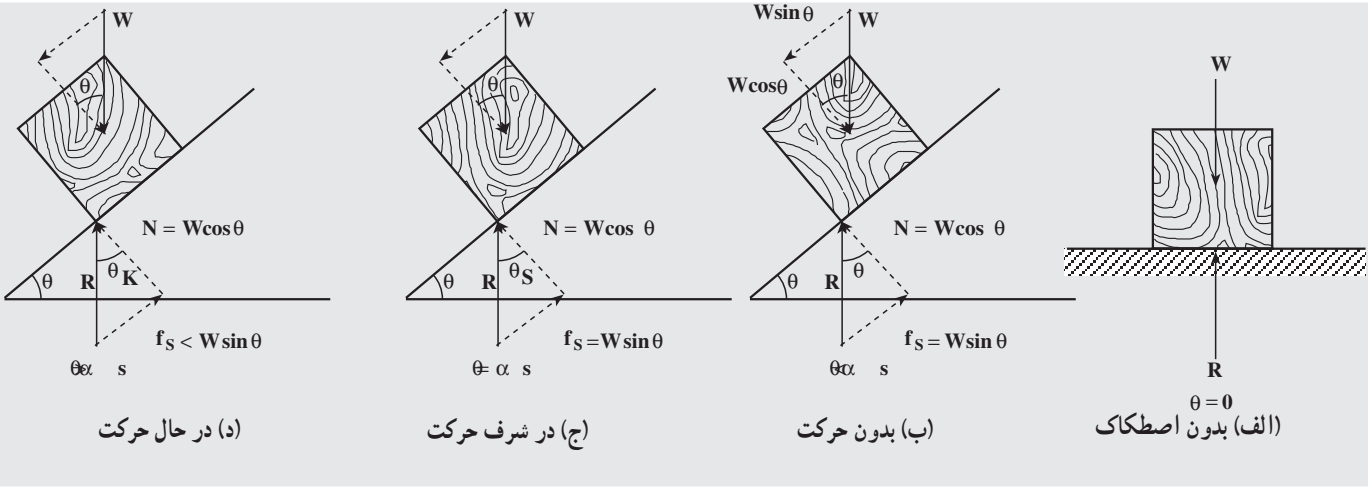
$$\tan\alpha_k = \frac{F_k}{N} = \frac{\mu_k N}{N} = \mu_k$$

با یک مثال دیگر نشان می‌دهیم که از زاویه اصطکاک می‌شود برای تحلیل بعضی از مسایل استفاده کرد. قطعه‌ای را در نظر بگیرید که بر روی تخته‌ای، قرار گرفته است که می‌شود آن را نسبت به افق به میزان دلخواه شیب داد و به قطعه به جز وزنش W و عکس‌العمل تخته R نیروی دیگری وارد نمی‌شود.

اگر تخته افقی باشد، نیروی R وارد از تخته به قطعه، بر تخته است و وزن W را خنثی می‌کند.

الف ــ اگر به تخته زاویه شیب کوچکی مانند θ بدهیم نیروی R به اندازه زاویه θ از حالت عمود بر تخته منحرف می‌شود و باز هم W را خنثی می‌کند.

ب ــ در این صورت R مؤلفه قائم مانند N به بزرگی $N = W\cos\theta$ در مؤلفه‌ای مماسی مانند F به بزرگی $F = W\sin\theta$ خواهد داشت.



(الف) بدون اصطکاک (ب) بدون حرکت (ج) در شرف حرکت (د) در حال حرکت

ج ــ اگر زاویه شیب را باز هم افزایش بدهیم، طولی نمی‌کشد که حرکت در آستانه وقوع قرار می‌گیرد. در آن لحظه زاویه میان R و امتداد قائم به مقدار حداکثرش α_s می‌رسد.

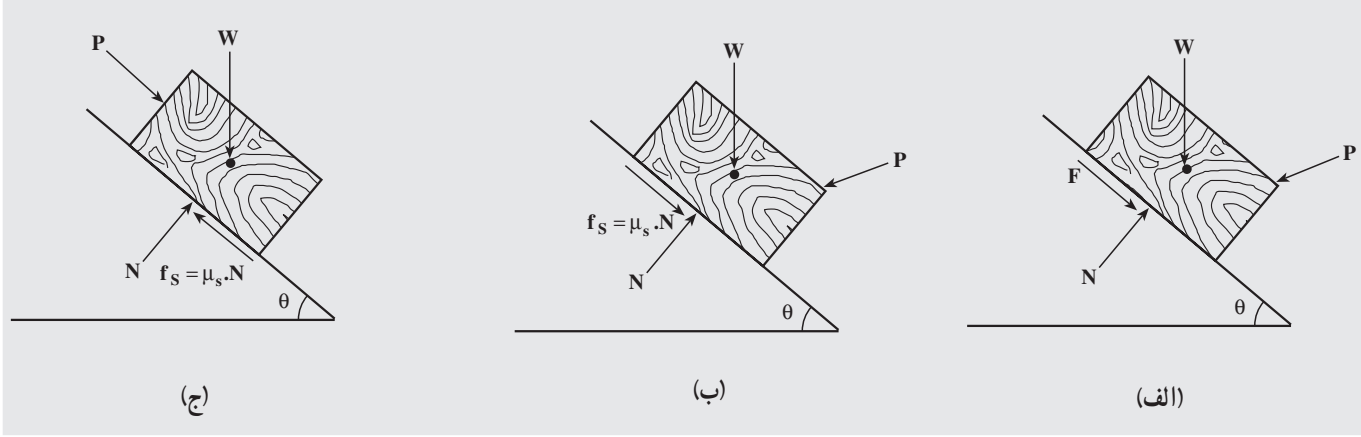
د ــ مقدار زاویه شیب متناظر با آستانه حرکت را زاویه قرار می‌نامند. واضح است که زاویه قرار برابر با زاویه اصطکاک ایستایی α_s است. اگر زاویه شیب θ باز هم افزایش پیدا می‌کند، حرکت شروع می‌شود و زاویه میان R و امتداد قائم به مقدار کم‌تر α_k کاهش می‌یابد.

دیگر عکس‌العمل R عمودی نیست و نیروهای وارد بر قطعه یکدیگر را خنثی نخواهند کرد.

مسئله‌های مربوط به اصطکاک خشک

اگر به جسم موردنظر بیش از سه نیرو وارد شده باشد (شامل عکس‌العمل‌ها در سطوح تماس)، نیروها را در دستگاه مختصات تجزیه نموده و مسئله را به کمک معادله‌های تعادل $\Sigma F_x = O$ و $\Sigma F_y = O$ حل خواهیم کرد. اگر به جسم موردنظر تنها سه نیرو وارد شده باشد، ممکن است با نشان دادن هر عکس‌العمل توسط تک نیروی R کار آسان‌تر شود و بتوان مسئله را با رسم مثلث نیرو حل کرد.

بیش‌تر مسئله‌های مربوط به اصطکاک در یکی از سه دسته زیر قرار می‌گیرند :در مسئله‌های دسته اول، همه نیروهای وارد معین‌اند و ضرایب اصطکاک نیز معلوم‌اند، باید تعیین کنیم که آیا جسم موردنظر در حال سکون باقی می‌ماند یا می‌لغزد. نیروی اصطکاک F لازمه حفظ تعادل، مجهول است (مقدارش برابر با $\mu_s N$ نیست) و می‌بایست همراه با نیروی عمودی N با رسم نمودار جسم آزاد و حل مسئله‌های تعادل تعیین شود (شکل پایین).



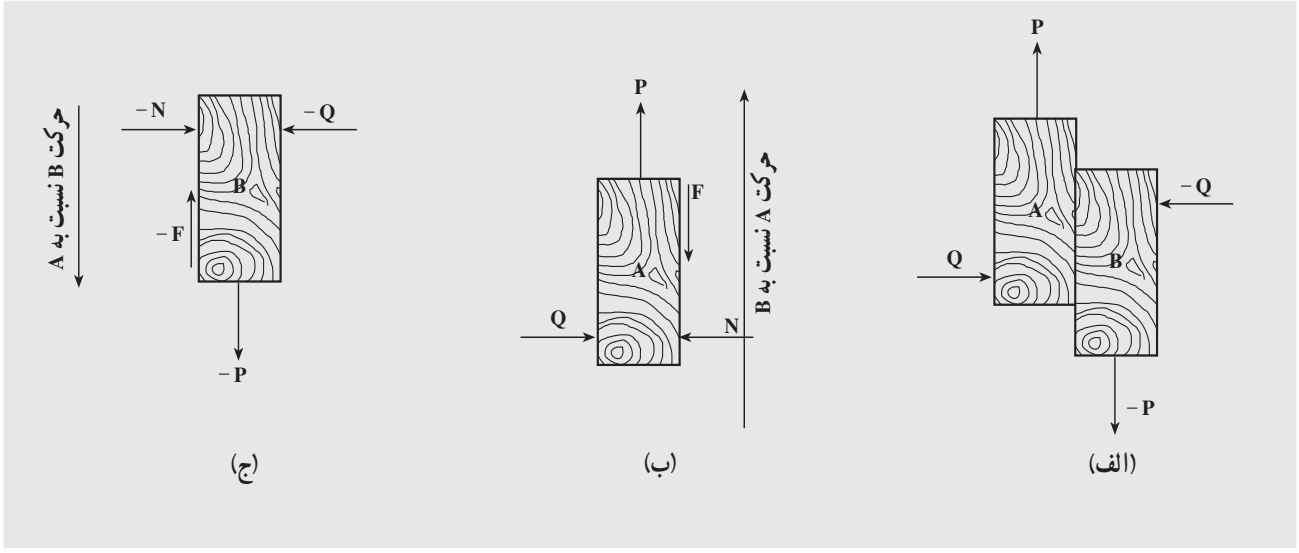
مقدار به‌دست آمده برای نیروی اصطکاک F را با مقدار حداکثر $f_S = \mu_S N$ مقایسه می‌کنیم.

اگر F کوچک‌تر از، یا برابر با f_S باشد، جسم در حال سکون باقی می‌ماند. اگر مقدار به‌دست آمده برای F بزرگ‌تر از f_S باشد، تعادل نمی‌تواند برقرار بماند و حرکت اتفاق می‌افتد، در این صورت مقدار واقعی نیروی اصطکاک برابر $F_k = \mu_k N$ است.

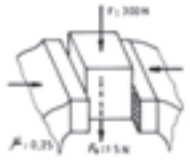
در مسئله‌های دسته دوم، همه نیروهای اعمال شده معین‌اند و می‌دانیم که حرکت در آستانه وقوع است، باید مقدار ضریب اصطکاک ایستایی را تعیین کنیم. در این‌جا مجدداً با رسم نمودار جسم آزاد و حل معادله‌های تعادل، نیروی اصطکاک و نیروی قائم را تعیین می‌کنیم (شکل ب) چون می‌دانیم که مقدار به‌دست آمده برای F، همان مقدار حداکثر f_S است، می‌توانیم ضریب اصطکاک را با نوشتن و حل معادله $f_S = \mu_S N$ به‌دست بیاوریم.

در مسئله‌های دسته سوم، ضریب اصطکاک ایستایی معین است و می‌دانیم که جسم در راستای معینی در آستانه حرکت است، باید بزرگی یا راستای یکی از نیروهای اعمال شده را تعیین کنیم. باید در نمودار جسم آزاد جهت نیروی اصطکاک را در خلاف جهت حرکت در آستانه وقوع و بزرگی آن را برابر با $f_S = \mu_S N$ نشان بدهیم (شکل ج). آن گاه ما می‌توانیم معادله‌های تعادل را بنویسیم و نیروی مطلوب را تعیین کنیم. چنان‌چه در بالا گفته شد، وقتی تنها سه نیرو در کار باشد ممکن است بهتر باشد که عکس‌العمل سطح تماس را با تک نیروی R نشان دهیم و مسئله را از طریق رسم مثلث نیروها حل کنیم.

وقتی دو جسم A و B در تماس‌اند (شکل پایین) نیروهای اصطکاک وارد از A به B و از B به A برابر و در جهت مخالف‌هم‌اند (قانون سوم نیوتن). موقع رسم نمودار جسم آزاد یکی از جسم‌ها، مهم است که نیروی اصطکاک مربوط را با جهت درست نشان بدهیم. بنابراین باید قاعده زیر را رعایت کنید : از دید ناظر واقع در B، جهت نیرو اصطکاک وارد بر A در خلاف جهت حرکت (یا حرکت در آستانه وقوع) A است (شکل ب). جهت نیروی اصطکاک وارد بر B به روش مشابهی تعیین می‌شود (شکل ج). توجه داشته باشید که حرکت A از دید ناظر واقع در B یک حرکت نسبی است. مثلاً اگر جسم A ساکن باشد و جسم B حرکت کند، جسم A نسبت به B یک حرکت نسبی خواهد داشت. همچنین اگر A و B هر دو در حال حرکت به طرف پایین باشند ولی سرعت B بیش‌تر از A باشد، از دید ناظر واقع در B به نظر می‌رسد که A دارد بالا می‌رود.



۲ ـ قطعه کاری که نیروی وزن آن W = ۱۵۰N است به وسیله گیره‌ای مطابق شکل (۲۶ـ۳) محکم شده است. حساب کنید، نیروی وارد ازطرف فکهای گیره به سطح کار را اگر نیروی عمودی وارد بر قطعه کار ۳۰۰N و ضریب اصطکاک سطح $\mu_s = 0/25$ باشد.



شکل ۲۶ـ۳

۳ ـ برای رنده کسردن الواری روی دستگاه کف رنده در صورتی که وزن الوار W = ۲۵۰N، $\mu_s = 0/30$ ، $\mu_k = 0/22$ باشد، نیروهای لازم داده شده را محاسبه نمایید.

الف) مقدار نیروی لازم برای شروع حرکت؛

ب) مقدار نیروی لازم در حال حرکت قبل از رنده شدن؛

ج) مقدار نیروی لازم در حال رنده شدن؛ در صورتی که تیغه نیرویی افقی معادل F = ۲۰N به الوار وارد نماید.

۴ ـ بعد از تولید تخته خرده چوب، برای مرتب چیده شدن آنها مطابق شکل (۲۷ ـ۳) لازم است که صفحات روی هم کشیده شوند. اگر جرم یک ورق m = ۶۰kg و ضریب اصطکاک $\mu_s = 0/5$ باشد، نیروی لازم را برای کشیدن و جابه‌جا کردن یک ورق به دست آورید.

شکل ۲۷ـ۳ـ چیدن صفحات تخته خرده چوب

کار مکانیکی

الف) حداقل نیرویی که باعث شروع حرکت الوار روی صفحهٔ دستگاه می‌شود؛

ب) مقدار نیرویی که باعث خنثی شدن نیروی اصطکاک جنبشی می‌شود؛

ج) اگر در هنگام برش الوار نیروی عمودی معادل ۱۰۰ نیوتن و نیروی افقی معادل ۸۰ نیوتن از طرف اره به الوار وارد شود، برای حرکت الوار روی دستگاه مقدار نیروی لازم را با سرعت ثابت به دست آورید.

۱۰ ـ نیرویی که به یک واگن حمل چوب می‌توان وارد نمود حدود ۷۰۰ نیوتن است. حساب کنید حداکثر باری را که به وسیله این واگن می‌توان حمل کرد؛ در صورتی که نیروی وزن خود واگن ۲۰۰ نیوتن و ضریب اصطکاک غلشتی $\mu_k = 0/025$ باشد.

سؤالات آزمون پایان فصل سوم

۱ ـ کار مکانیکی را تعریف کنید.

۲ ـ در کدام یک از این موارد کار انجام می‌گیرد.

الف) بلند کردن یک الوار بر روی دست.

ب) حرکت کردن در صورتی که الوار روی دست قرار دارد.

۳ ـ یک ژول کار را تعریف کنید.

۴ ـ صور مختلف انرژی را نام ببرید.

۵ ـ توان مکانیکی را تعریف کنید.

۶ ـ منظور از راندمان دستگاه چیست؟

۷ ـ نیروی اصطکاک را تعریف نمایید.

۸ ـ منظور از نیروی اصطکاک در حال سکون چیست؟

۹ ـ نیروی اصطکاک جنبشی را تعریف کنید.

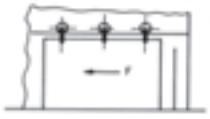
۱۰ ـ نیروی اصطکاک به چه عواملی بستگی دارد؟

۱۱ ـ تفاوت اصطکاک لغزشی را با اصطکاک غلشی بنویسید.

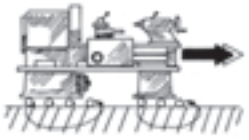
تمرین

۱ ـ ظرفیت بالابری ۵۲ کیلونیوتن است. اگر لازم باشد از این بالابر برای حمل صندوق روکش استفاده شود، درهر دفعه چند صندوق را می‌توان تا ارتفاع ۳ متری بالا برد؛ در صورتی که هر صندوق ۶۰۰ کیلوگرم جرم داشته باشد.

۵ ـ در انبساری به وسیله پلی‌رینگ مطابق شکل (۲۸ـ۳) حرکت می‌کند. نیروی لازم باز و بسته شدن آن را حساب کنید اگر نیروی وزن آن W = ۲۰۰۰N و ضریب اصطکاک $\mu_s = 0/005$ باشد.


شکل ۲۸ـ۳

۶ ـ برای جابه‌جا کردن دستگاهی مطابق شکل (۲۹ـ۳) نیروی لازم آن را در دو حالت محاسبه کنید (اگر نیروی وزن آن W = ۸۰۰۰N باشد).


شکل ۲۹ـ۳

الف) اگر بخواهیم آن را روی کف کارگاه به حرکت درآوریم؛ در صورتی که ضریب اصطکاک آن $\mu_s = 0/5$ باشد.

ب) اگر برای همین منظور، زیر آن غلتکهایی به قطر d = ۱۲۰ میلیمتر قرار دهیم؛ در حالی که طول بازو گشتاور مقاوم l = ۰/۰۵ سانتیمتر باشد.

۷ ـ در باناقان‌بندی میله ترانسمیسیونی که نیرویی برابر F = ۲۰۰۰N بر آن وارد می‌آید، اگر از باناقان‌بندی لغزشی با ضریب اصطکاک $\mu_s = 0/1$ و یا از باناقان‌بندی غلشتی با ضریب اصطکاک $\mu_k = 0/002$ استفاده کنیم، نیروهای اصطکاک را با هم مقایسه کنید.

۸ ـ صندوق مخصوص حمل قطعات چوبی با جرم ۷۵ کیلوگرم را روی کف افقی کارگاه با نیروی معادل ۳۵۰ نیوتن به وسیله یک طناب که امتداد آن با راستای افقی زاویه ۳۷° می‌سازد با سرعت ثابت کشیده می‌شود. ضریب اصطکاک بین کف کارگاه و صندوق را حساب کنید.

۹ ـ الواری به جرم ۶۰ کیلوگرم را می‌خواهیم به وسیله اره نواری برش بزنیم؛ در صورتی که ضرایب اصطکاک بین الوار و صفحه دستگاه به ترتیب $\mu_s = 0/35$ و $\mu_k = 0/25$ باشد، محاسبه کنید:

۲۰

۲ ـ نقالهٔ زنجیره‌ای برای حمل گردنبنه تا ارتفاع ۱/۵ متری موجود است. اگر زمان حمل ۳۰ ثانیه و مشخصات گردنبنه با قطر ۷cm طول ۲/۲m و جرم ویژه ۱۶۵۰ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد، توان موتور این نقاله را برحسب کیلووات و اسب بخار به دست آورید.

۳ ـ توان گرفته شده الکتروموتور دستگاهی $P_1 = 8000W$ وراندمان آن $\eta_{EE} = 0/85$ می‌باشد، اگر این توان به وسیله چرخ دنده‌ای با راندمان $\eta = 0/95$ منتقل شود، این موارد را حساب کنید:

الف) راندمان کل دستگاه؛

ب) توان محور متحرک.

۴ ـ دستگاه فرزی با قطر پولی ۱۰۰ میلیمتر موجود است. اگر دارای الکتروموتوری با این مشخصات باشد، نیروی محیطی آن را حساب کنید:

ـ تعداد دور موتور 1/min ۶۰۰۰

ـ توانی معادل $P_1 = 3/5kW$

ـ راندمان الکتروموتور $\eta_{EE} = 0/90$

ـ راندمان ماشینی $\eta_{EM} = 0/75$

جلسه بیستم

برنامه زمان‌بندی جلسه بیستم		
۱	آمادگی کلاس	۵
۲	حل تمرین‌های صفحه‌های ۶۸ تا ۷۲	۸۰
۳	یادآوری : امتحان میان ترم از فصل سوم	۵

حل تمرین‌های صفحه‌های ۶۸ ، ۶۹ و ۷۰

حل تمرین ۱:

$f_S = N.\mu_S \Rightarrow \quad f_S = ۲۰۰ \times ۰/۱۵ = ۳۰N$

حل تمرین ۲:

$۲f_S = N.\mu_S \Rightarrow \quad ۳۱۵ = N(۰/۲۵)$

$N = \frac{۳۱۵}{۰/۲۵} = ۱۲۶۰(N)$

حل تمرین ۳:

الف) $F = f_S = N.\mu_S \quad \Rightarrow F = ۴۵۰ \times ۰/۳۰ = ۱۳۵(N)$

ب) $F = f_K = N.\mu_K \quad \Rightarrow F = ۴۵۰ \times ۰/۲۲ = ۹۹(N)$

ج) $F = f_K + F_l \quad \Rightarrow F = ۹۹ + ۲۰ = ۱۱۹(N)$

حل تمرین ۴:

$F = f_S = N \times \mu_S = ۶۰ \times ۱۰ \times ۰/۵ = ۳۰۰N$

حل تمرین ۵:

$F = f_i = N \times \mu_i = ۴۰۰۰ \times ۰/۰۰۵ = ۲۰N$

حل تمرین ۶:

الف) $F = f_S = N.\mu_S \quad ۸۰۰۰ \times ۰/۵ = ۴۰۰۰N$

ب) $F = f_r = \frac{l}{r} \times N = \frac{۰/۰۵}{۶} \times ۸۰۰۰ = ۶۶/۷N$

حل مسئله ۷:

$f_S = N.\mu_S = ۲۰۰۰ \times ۰/۱ = ۲۰۰N$

$f_r = N.\mu_r = ۲۰۰۰ \times ۰/۰۰۲ = ۴N$

حل مسئله ۸:

$N = W - T\sin\alpha$

$f_S = T\cos\alpha \quad \Rightarrow \quad N.\mu = T\cos\alpha \Rightarrow$

$\mu = \frac{T\cos\alpha}{W - T\sin\alpha} = \frac{۳۵۰\cos ۳۷^\circ}{۷۵۰ - ۳۵۰\sin ۳۷^\circ}$

$\mu = \frac{۲۸۰}{۵۴۰} \approx ۰/۵۲$

حل مسئله ۹:

الف) $F = f_S = N.\mu_S = ۶۰۰ \times ۰/۳۵ = ۲۱۰N$

ب) $F = f_K = N.\mu_K = ۶۰۰ \times ۰/۲۵ = ۱۵۰N$

ج) $F = F_x + (F_y + W)\mu = ۸۰ + (۱۰۰ + ۶۰۰) \circ/۲۵ = ۲۵۵N$

حل مسئله ۱۰:

$F = f_s = (W_۱ + W_۲)\mu \Rightarrow$

$۷۰۰ = (۴۰۰ + W_۲)(۰/۰۲۵)$

$W_۲ = \frac{۷۰۰ - (۴۰۰ \times ۰/۰۲۵)}{۰/۰۲۵} = ۲۷۶۰۰N$

پاسخ سؤالات آزمون پایان فصل سوم

پاسخ سؤال ۱: هرگاه به جسمی نیروی چنان وارد شود آن جسم بر اثر آن نیرو جابه‌جا شود، کار صورت گرفته است و مقدار کار انجام شده برابر است با حاصل‌ضرب نقطه‌ای بردار نیرو در بردار جابه‌جایی به‌شرط آن‌که هم راستا و هم‌جهت باشند.

پاسخ سؤال ۲:

الف ــ چون جهت وارد کردن نیرو جهت جابه‌جایی هر دو به‌طرف بالا بوده و جسم جابه‌جا شده است پس کار صورت گرفته است.

ب ــ چون جهت وارد کردن نیرو به طرف بالا و جهت حرکت کردن و جابه‌جا شدن به‌طرف جلو می‌باشد، کار مکانیکی صورت نمی‌گیرد.

پاسخ سؤال ۳: یک ژول مقدار کالری است که بتواند جسمی را که نیروی وزن آن برابر یک نیوتن می‌باشد به اندازه یک متر از زمین بلند کند.

پاسخ سؤال ۴: انرژی مکانیکی ــ انرژی حرارتی ــ انرژی الکتریکی

پاسخ سؤال ۵: مقدار کار انجام شده را در واحد زمان توان گویند.

پاسخ سؤال ۶: نسبت توان بازده را به توان گرفته شده راندمان یا ضریب بهره گویند.

پاسخ سؤال ۷: هرگاه جسمی بر روی سطح جسم دیگری بلغزد هر یک از دو سطح بر یکدیگر نیرویی وارد می‌کنند که اولاً : این نیرو در امتداد سطح است و ثانیاً : مانع حرکت دو جسم بر روی یکدیگر می‌شود این نیرو را نیروی اصطکاک می‌نامند.

پاسخ سؤال ۸: نیروی اصطکاک در لحظه شروع به‌حرکت را نیروی اصطکاک ایستایی یا در حال سکون گویند.

پاسخ سؤال ۹: نیروی اصطکاک در حین حرکت را نیروی اصطکاک جنبشی گویند.

پاسخ سؤال ۱۰: نیروی عمود بر سطح تماس، صافی یا زبری سطح تماس، جنس دو قطعه در سطح تماس و استفاده یا عدم استفاده از موادی که باعث تقلیل اصطکاک می‌شود.

پاسخ سؤال ۱۱: در اصطکاک لغزشی سطح دو جسم با هم تماس دارند ــ در اصطکاک غلتشی جسم توسط یک چرخ یا یک استوانه روی جسم دیگر حرکت می‌کند.

حل تمرین‌های صفحه ۷۱ و ۷۲

حل تمرین ۱:

$$W = F \times S \Rightarrow ۵۴۰۰۰ = (n \times ۶۰۰۰)۳$$

$$n = \frac{۵۴۰۰۰}{۱۸۰۰۰} = ۳ \text{ عدد}$$

حل تمرین ۲:

$$P = \frac{\rho . V . g . h}{t}$$

$$= \frac{(۰/۶۵ \times ۱۰۰۰)(۰/۳۵^۲ \times \pi \times ۲/۲)(۱۰)(۱/۵)}{۳۰}$$

$$= ۲۷۵(Wat)$$

$$P = ۲۷۵ \times \frac{۱/۳۶}{۱۰۰۰} = ۰/۳۷۴hp$$

حل تمرین ۳:

الف) $\eta = \eta_E \times \eta_M = ۰/۸۵ \times ۰/۷۵ \approx ۰/۶۴$

ب) $P_۲ = P_۱ \times \eta = ۸۰۰ \times ۰/۶۴ = ۵۱۲Wat$

حل تمرین ۴:

$$P_۲ = P_۱ \times \eta_E \times \eta_M = ۳/۵ \times ۰/۹ \times ۰/۷۵$$

$$= ۲/۳۶kWat$$

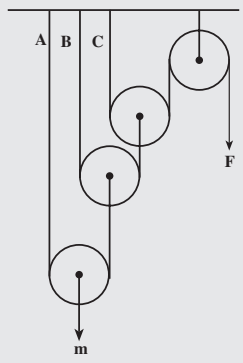
$$F = \frac{P \times ۹۵۵۵}{r \times n} = \frac{۲/۳۶ \times ۹۵۵۵}{۰/۰۵ \times ۶۰۰۰} = ۷۵/۲(N)$$

جلسه بیست و یکم
امتحان از فصل سوم

امتحان از فصل سوم محاسبات فنی (۲)

رشته صنایع چوب و کاغذ **زمان:**

نام و نام خانوادگی: **تاریخ:**

ردیف	توجه: $g=10$ $\pi=3$	نمره
۱	کار انجام شده یک بالا برای بالا بردن تخته‌هایی تا ارتفاع ۳ متری معادل ۱۸/۹ کیلوژول می‌باشد اگر ابعاد هر تخته (۲m×۱۵cm×۱۰cm) و وزن مخصوص ۰/۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب باشد، همزمان چند تخته را می‌توان بالا برد؟	
۲	موتور پمپی در مدت ۵ دقیقه می‌تواند یک بشکه استوانه‌ای به ارتفاع یک متر و قطر نیم‌متر را از یک چاه به عمق ۴ متری پر از آب کند، اگر بشکه در ارتفاع ۳ متر از سطح زمین قرار گرفته باشد، توان بازده را محاسبه نمایید.	
۳	ماشینی از یک الکتروموتور و یک جعبه دنده تشکیل شده است، اگر توان گرفته شده الکتروموتور ۴/۱ اسب بخار، راندمان الکتروموتور ۰/۸ و توان بازده جعبه دنده ۱/۸ کیلووات باشد، محاسبه نمایید. الف) راندمان جعبه دنده ب) راندمان کل دستگاه	
۴	الکتروموتوری با مشخصات زیر مفروض است، نیروی کشش لازم در تسمه‌ای که به‌وسیله آن ایجاد می‌گردد را محاسبه نمایید. ۱ــ توان گرفته شده ۲/۷۲ اسب بخار ۲ــ بازده ۹۰ درصد ۳ــ تعداد دور ۱۵۰۰ دور در دقیقه ۴ــ قطر چرخ تسمه ۲۰ سانتی‌متر	
۵	از بالابری مطابق شکل برای بالابردن باری به جرم ۱۶۰ کیلوگرم استفاده نموده‌ایم، اگر بار ۲/۵ متر بالا رود، محاسبه نمایید : الف) نیرویی که باید به ریسمان وارد نمود (F) ب) مقدار جابه‌جایی که ریسمان دارد (S_2) ج) مقدار نیروی کششی که به ریسمان‌های A و B و C ایجاد می‌شود. 	
۶	باری به جرم ۲۰۰ کیلوگرم را روی یک واگن به جرم ۲۰ کیلوگرم قرار داده و با یک نیرویی معادل ۱۰۰ نیوتن که با افق زاویه ۳۰ درجه می‌سازد می‌کشیم، محاسبه نمایید : الف) نیروی اصطکاک ب) ضریب اصطکاک	

پاسخنامه امتحان از فصل سوم محاسبات فنی (۲)
رشته صنایع چوب و کاغذ

۱

$V = ۲ \times ۰/۱۵ \times ۰/۱۰ = ۰/۰۳ m^۳$

$\rho = ۰/۷ \times ۱۰۰۰ = ۷۰۰ kg/m^۳$ $\qquad F = \rho . V . g = ۰/۰۳ \times ۷۰۰ \times ۱۰ = ۲۱۰ N$

$W = nF \times S \quad \Rightarrow ۱۸۹۰۰ = n(۲۱۰) \times ۳ \quad \Rightarrow \quad n = \frac{۱۸۹۰۰}{۶۳۰} = ۳۰$ عدد

۲

$V = r^۲ \pi h = (۰/۲۵)^۲ \pi (۱) = ۰/۱۹۶ m^۳$

$W = \rho V g H = (۱۰۰۰)(۰/۱۹۶)(۱۰)(۳+۴) = ۱۳۷۲۰ J$

$P = \frac{W}{t} = \frac{۱۳۷۲۰}{۵ \times ۶۰} = ۴۵/۷ Wat.$

۳

$P_{۱E} = ۴/۱ \times \frac{۱}{۱/۳۶} = ۳ kWat$

$P_{۲E} = \eta_E . P_{۱E} = ۰/۸ \times ۳ = ۲/۴ kWat$

$P_{۱M} = P_{۲E} = ۲/۴ kWat$ $\qquad \eta_T = \eta_E . \eta_M = ۰/۸ \times ۰/۷۵ = ۰/۶$

$\eta_M = \frac{P_{۲M}}{P_{۱M}} = \frac{۱/۸}{۲/۴} = ۰/۷۵$

۴

$P_۲ = \eta . P_۱ = ۰/۹ \times ۲/۷۲ \times \frac{۱}{۱/۳۶} = ۱/۸ kWat$

$F = \frac{P_{kW} \times ۹۵۵۵}{r \times n} = \frac{۱/۸ \times ۹۵۵۵}{۰/۱ \times ۱۵۰۰} = ۱۱۴/۶۶ (N)$

۵

$F = \frac{F_G}{۲^{n-۱}} = \frac{۱۶۰۰}{۲^۳} = ۲۰۰ N$

$S_۲ = ۲^{n-۱} . S_۱ = ۲^۳ \times ۲/۵ = ۲۰ m$

$T_A = ۱۶۰۰ \times \frac{۱}{۲} = ۸۰۰ N$

$T_B = ۸۰۰ \times \frac{۱}{۲} = ۴۰۰ N$

$T_C = ۴۰۰ \times \frac{۱}{۲} = ۲۰۰ N$

۶

$N + F_y = W_۱ + W_۲$

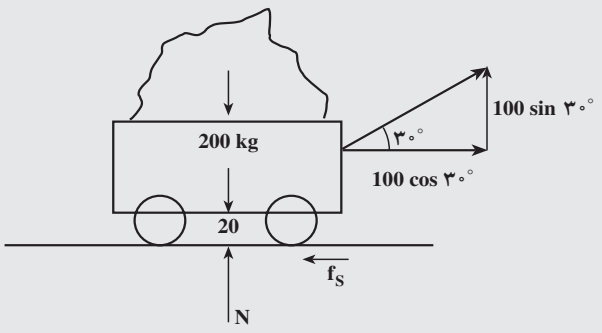
$N + (۱۰۰ \sin ۳۰^\circ) = (۲۰۰ + ۲۰) \times ۱۰$

$N = ۲۲۰۰ - ۵۰ = ۲۱۵۰ (N)$

$f_S = F_x = ۱۰۰ \cos ۳۰ = ۸۶۶ (N)$

$f_S = N . \mu \Rightarrow \quad ۸۶۶ = ۲۱۵۰ \mu$

$\mu = \frac{۸۶۶}{۲۱۵۰} = ۰/۴$



فصل چهارم

محاسبه توان الکتریکی و کار الکتریکی ماشینهای صنایع چوب

هدفهای رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:
۱ ــ توان الکتریکی وسایل برقی، به‌ویژه دستگاههای عمومی صنایع چوب را انجام دهد؛
۲ ــ کار الکتریکی دستگاههای صنعتی را محاسبه نماید؛
۳ ــ بهای برق مصرفی دستگاهها و وسایل برقی را محاسبه کند.

زمان تدریس: ۱۲ ساعت

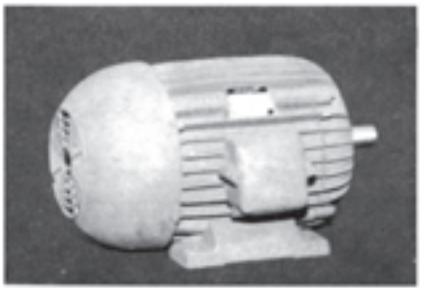
۴ ــ محاسبه توان الکتریکی و کار الکتریکی ماشینهای عمومی صنایع چوب

۱ ــ ۴ ــ الکتروموتور

امروزه برای به‌حرکت درآوردن ماشینهای صنعتی از الکتروموتورها استفاده می‌شود. الکتروموتورها دستگاههایی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند (شکل ۱ ــ ۴).

الکتروموتورها در نوعها و اندازه‌های مختلف با قدرتهای متفاوت وجود دارند که توان الکتریکی و کار الکتریکی ماشینهای صنعتی به‌قدرت و نوع آنها بستگی دارد.

هر الکتروموتور دارای مشخصاتی است که بر روی آن، این مشخصات درج شده است. برای مثال در شکل (۲ ــ ۴) مشخصات درج شده یک الکتروموتور را می‌بینید که مشخصات عبارتند از: نام الکتروموتور، نوع آن، توانایی کار کردن به صورت دائم، شماره ساخت، ولت، آمپر، توان، ضریب توان، تعداد دور و غیره.



شکل ۱ ــ ۴ ــ الکتروموتور

شکل ۲ ــ ۴ ــ پلاک روی الکتروموتور

۲ ــ ۴ ــ توان الکتریکی

توان الکتریکی وسایل برقی به‌اختلاف سطح و شدت جریان آنها بستگی دارد و این گونه

محاسبه می‌گردد.
روابط:

$$P = u.I \quad و \quad u = I.R$$

$$P = I^2.R \quad \text{یا} \quad P = \frac{u^2}{R}$$

علایم اختصاری:
P: توان برحسب وات
u: اختلاف سطح برحسب ولت
I: شدت جریان برحسب آمپر
R: مقاومت برحسب اهم

رابطه‌های ذکر برای محاسبهٔ توان در جریان مستقیم و در جریان متناوب بدون بار القایی معتبر است. توان الکتروموتورها و وسایل برقی که دارای بار القایی هستند و با جریان تک‌فاز کار می‌کنند از این رابطه استفاده می‌شود:

$$P = u.I.\cos\varphi$$

$\cos\varphi$: ضریب توان

امّا الکتروموتورهایی که از جریان سه‌فاز استفاده می‌کنند رابطهٔ توان الکتریکی آنها عبارت است از:

$$P = \sqrt{3}.u_L.I_L.\cos\varphi$$

مسأله نمونه ۱: برای آن‌که بتوانیم سریشم را در حرارت ۶۰ الی ۷۰ درجه نگهداری کنیم از یک ظرف سریشم الکتریکی ۲۲۰ ولتی استفاده می‌کنیم. اگر شدت جریان ۱/۵ آمپر باشد توان مصرفی دستگاه چقدر است؟

$P = U.I$

$P = ۲۲۰ \times ۱/۵ = ۳۳۰ W$

مسأله نمونه ۲: در یک دستگاه اره برقی که با برق ۲۲۰ ولت کار می‌کند اگر شدت جریان ۶ آمپر و ضریب توان $\cos\varphi = ۰/۸$ باشد توان مصرفی دستگاه چند وات است؟

$P = u.I.\cos\varphi$

$P = ۲۲۰ \times ۶ \times ۰/۸ = ۱۰۵۶ W$

توجه: در اکثر موارد توان مصرفی الکتروموتورها با قوه اسب (P_s) بیان می‌گردد که

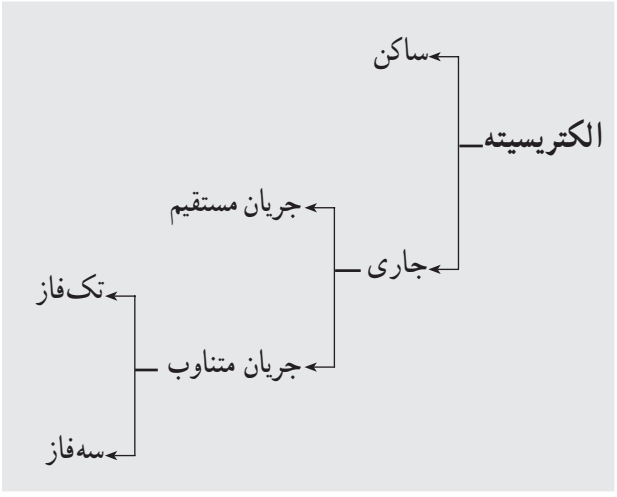
جلسه بیست و دوم

برنامه زمان‌بندی جلسه بیست و دوم		
۱	آماده کردن کلاس	۵
۲	توضیحات مختصری در مورد الکتریسیته و انواع آن	۳۰
۳	کمیت‌های الکتریکی (اختلاف پتانسیل، شدت جریان و مقاومت الکتریکی)	۲۵
۴	روابط بین کمیت‌های الکتریکی (قانون اهم) و حل مثال‌های نمونه	۳۰

۴ــ محاسبه توان الکتریکی و کار الکتریکی ماشین‌های صنایع چوب

مقدماتی در رابطه با الکتریسیته

بطور کلی می‌توان الکتریسیته را به‌صورت زیر تقسیم‌بندی نمود.



الکتریسیته ساکن

بطور طبیعی در هر اتم تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها مساوی است. می‌دانیم که الکترون‌ها دارای بار منفی و پروتون‌ها دارای بار مثبت می‌باشند. بنابراین بارهای مساوی و مخالف مثبت و منفی همدیگر را خنثی می‌کنند و اتم را از نظر الکتریکی خنثی نگه می‌دارند.

تعداد پروتون‌های داخل هسته یک اتم قابل تغییر نیست و درواقع خصوصیات اتم وابسته به تعداد پروتون‌هاست. اما تعداد الکترون‌ها ممکن است تغییر کند.

اگر در اتمی تعداد الکترون‌ها کمتر از پروتون‌ها، باشد اتم بار مثبت دارد و یون مثبت ایجاد می‌کند. چنان‌چه تعداد الکترون‌های اتمی بیش‌تر از پروتون‌هایش، باشد اتم بار منفی دارد و یون منفی ایجاد می‌کند. اگر اتم‌های یک جسم خنثی الکترون‌های خود را از دست دهد، یا الکترون زیادی بگیرند، آن جسم باردار خواهد شد. باردار شدن اجسام به طریق زیر امکان‌پذیر است.

۱ــ اصطکاک (مالش)

۲ــ تماس (هدایت)

۳ــ القاء

۱ــ باردار شدن اجسام از طریق اصطکاک (مالش): اگر یک میله شیشه‌ای را به یک تکه ابریشم مالش دهیم، میله شیشه‌ای به ابریشم الکترون خواهد داد و درنتیجه میله به‌طور مثبت و ابریشم به‌طور منفی باردار خواهند شد. اگر یک میله کائوچویی را به یک تکه پشم مالش دهیم، میله کائوچویی از پارچه ابریشمی الکترون می‌گیرد و در نتیجه میله کائوچویی بطور منفی و پارچه ابریشمی به‌طور مثبت باردار می‌شود. به این روش، باردار کردن از طریق اصطکاک (مالش) می‌گویند.

۲ــ باردار کردن اجسام از طریق تماس: با استفاده از یک میله کائوچویی باردار می‌توان جسم دیگری مانند مس را فقط با تماس این دو با یکدیگر باردار کرد. بدین‌ترتیب که بار منفی میله کائوچویی سعی دارد که الکترون‌های سطح میله مسی خنثی را دفع کند. الکترون‌های سطح میله کائوچویی به سطح میله مسی وارد می‌شوند به آن‌بار منفی می‌دهند.

اگر از یک میله شیشه‌ای با بار مثبت به‌جای میله کائوچویی

که بار منفی دارد استفاده شود الکترون‌ها از سطح میله مسی جذب میله شیشه‌ای می‌شوند و آن را به‌طور مثبت باردار می‌کنند. به این روش باردار کردن از طریق برخورد یا تماس می‌گویند.

۳ــ باردار کردن از طریق القاء: چون الکترون‌ها و پروتون‌ها نیروهای جاذبه و دافعه دارند جسم را می‌توان بدون تماس دادن به جسم باردار، باردار کرد. اگر یک میله کائوچویی باردار منفی را به یک میله آلومینیومی خیلی نزدیک کنیم، نیروی منفی میله کائوچویی الکترون‌های میله آلومینیومی را دفع می‌کند و به سر دیگرش می‌راند. درنتیجه یک سر میله آلومینیومی منفی و سر دیگر آن مثبت می‌شود. حال اگر میله کائوچویی را کنار بکشیم، الکترون‌های میله آلومینیومی دوباره تغییر آرایش می‌دهند، تا میله به حالت خنثی درآید. حال اگر بخواهیم میله آلومینیومی باردار باقی بماند، دوباره میله کائوچویی را به میله آلومینیومی نزدیک می‌کنیم و انتهای منفی را با انگشت لمس می‌کنیم. الکترون‌ها از طریق بدن، میله آلومینیومی را ترک می‌کنند (بارها بسیار کم بوده و عبور آن‌ها از بدن نامحسوس است) اگر قبل از کنار کشیدن میله کائوچویی انگشتان را کنار بکشید، میله آلومینیومی باردار باقی خواهد ماند. به این روش باردار کردن از طریق القاء می‌گویند.

خطرات الکتریسیته ساکن و چگونگی خنثی کردن آن: برقی که بین دو توده ابر باردار (از انواع مخالف) یا بین یک توده ابر و زمین می‌جهد، به اصطلاح علمی تخلیه الکتریکی نامیده می‌شود، این تخلیه الکتریکی (صاعقه) ممکن است به ساختمان‌های بلند آسیب رساند. برای جلوگیری از آسیب، برقگیر به‌کار می‌رود. برقگیر میله آهنی نوک تیز بلندی است که بالای ساختمان نصب می‌شود و قسمت انتهایی آن به زمین متصل می‌گردد. هنگامی که یک توده ابر با بار الکتریکی مثلاً منفی از بالای برقگیر می‌گذرد در نوک آن الکتریسیته مثبت و در پایین آن الکتریسیته منفی القاء می‌شود. الکتریسیته منفی (یعنی الکترون‌ها) به زمین منتقل می‌شوند و الکتریسیته مثبت با مقداری از الکتریسیته منفی ابر خنثی می‌شود. درنتیجه از شدت تراکم بار الکتریکی در ابر کاسته می‌شود و احتمال تخلیه الکتریکی به‌صورت صاعقه بین ابر و برقگیر کاهش می‌یابد.

ــ در بیمارستان‌ها برای بیهوش کردن مریض از ماده‌ای به نام اتر استفاده می‌شود. اتر ماده ایست فرار و بخار آن در فضای اتاق پخش می‌شود. اگر چرخ‌های تخت حامل بیمار لاستیکی باشد، بر اثر مالش این چرخ‌ها با پتو یا روکش مریض ممکن است در آن‌ها الکتریسیته ساکن تولید شده و جرقه بزند. همین جرقه باعث انفجار و خطر جانی خواهد شد. امروزه برای جلوگیری از این خطر احتمالی بدنه فلزی تخت حامل مریض زنجیر فلزی کوتاهی آویزان می‌کنند که با سطح زمین تماس دارد. درنتیجه بارهای الکتریکی تولید شده از راه این زنجیر به زمین منتقل می‌شود و از تولید جرقه و پیشامد ناگوار جلوگیری می‌شود.

ــ در بعضی از دستگاه‌های صنعتی برای به‌حرکت درآوردن بار (انتقال قدرت) از تسمه لاستیکی استفاده می‌شود و برای از بین بردن الکتریسیته ساکن تولید شده معمولاً بدنه دستگاه‌ها را به زمین وصل می‌کنند.

کاربرد الکتریسیته ساکن: الکتریسیته ساکن کاربردهای فراوانی دارد :

۱ــ الکتریسیته ساکن در ماشین‌های چاپ الکترواستاتیکی: (زیراکس و ...) نقش اصلی را بازی می‌کند و سبب می‌شود که ذرات پودر مرکب در نقاط معینی روی کاغذ سفید جذب شوند.

۲ــ دستگاه غبارگیر الکترو استاتیکی: در این دستگاه به‌کمک، الکتریسیته ساکن ذرات پراکنده در فضا را جذب می‌کنند و بدین‌ترتیب هوا تبخیر می‌شود. چنان‌چه هوای آلوده از میان یک میدان الکتریکی قوی عبور کند و ذرات غبار موجود در آن در اثر برخورد و تماس با صفحات منفی دارای بار منفی می‌شوند و وقتی این ذرات باردار از میان میدان الکتریکی دیگری عبور داده می‌شوند، ذرات غبار که بار منفی گرفته‌اند جذب صفحه مثبت می‌شوند و هوای تمیز از دستگاه خارج می‌شود.

۳ــ دستگاه رنگ‌پاش الکترواستاتیکی: رنگ‌آمیزی کاملاً یکنواخت سطح بعضی اجسام، بسیار مشکل است. استفاده الکتریسیته ساکن این مشکل را حل کرده است. جسمی که قرار است رنگ شود به پتانسیل قسمت بالایی وصل می‌کنند و ذرات رنگ در دستگاه بار منفی می‌گیرد. سپس این ذرات به‌وسیله رنگ‌پاش به جسم پاشیده می‌شوند و به‌طور کاملاً یکنواخت سطح آن را می‌پوشانند.

الکتریسیته جاری

الکتریسیته ساکن در صنعت و زندگی روزمره کاربرد زیادی ندارد، برای اینکه بتوانیم از انرژی الکتریکی برای انجام کار استفادنماییم، الکتریسیته باید جاری باشد و این عمل وقتی صورت می‌گیرد که الکترون‌های آزاد در جهت معینی به‌حرکت درآیند.

هنگامی که تعداد زیادی الکترون‌های آزاد در یک سیم در یک جهت حرکت کنند می‌گوییم جریان الکتریکی از سیم عبور می‌کند.

هر الکترونی مقدار معینی انرژی دارد که می‌تواند اثرات خاصی را به‌وجود آورد. در حالت عادی الکترون‌ها در جهات مختلف حرکت می‌کنند و درنتیجه اثرات یکدیگر را خنثی می‌کنند. ولی هنگامی که این الکترون‌ها در جهت معینی حرکت کنند جریان الکتریکی از مدار عبور می‌کند. بنابراین اثر الکترون‌ها با یکدیگر جمع می‌شود و انرژی آزاد شده می‌تواند کار انجام دهد. هم‌چنین هرچه تعداد الکترون‌های آزاد که در یک جهت حرکت می‌کنند بیش‌تر باشد شدت جریان بیش‌تر است و مقدار انرژی بیش‌تری برای انجام کار خواهیم داشت.

برای این‌که جریان الکتریکی تولید شود، الکترون‌های آزاد در سیم مسی، به‌عوض اینکه بدون ترتیب حرکت کنند باید همه در یک جهت حرکت کنند. این عمل را می‌توان با قرار دادن بارهای الکتریکی در ابتدا و انتهای سیم مسی انجام داد، بدین‌ترتیب که، یک بار منفی در یک سر، و بار مثبت در سر دیگر قرار گیرد.

الکترون‌های آزاد به وسیله بارهای منفی دفع و بوسیله بارهای مثبت جذب شده‌اند و درنتیجه مدارات آن‌ها عوض شده و به طرف بارهای مثبت جذب شده‌اند. چون بار الکتریکی الکترون‌ها منفی است پس به‌وسیله بارهای منفی اعمالی دفع و به‌وسیله بارهای مثبت اعمالی جذب می‌شوند. به‌همین علت نمی‌توانند به مداری تغییر مکان دهند که باعث حرکت آن‌ها در خلاف جهت نیروی بارهای الکتریکی شود. درعوض مدارهایشان را چنان تغییر می‌دهند که حرکتشان در جهت بار مثبت باشد. بدین لحاظ جریان الکتریکی در جهت بار منفی به طرف بار مثبت برقرار می‌شود. قبل از کشف حرکت الکترون‌ها (که منشأ جریان الکتریکی است) چنین درنظر گرفته می‌شود که جریان از پتانسیل بیش‌تر (مثبت) به طرف پتانسیل کم‌تر (منفی) برقرار می‌شود. پس جهت جریان انرژی الکتریکی را نیز از قطب مثبت به طرف قطب منفی درنظر می‌گرفتند. اکنون ما با این‌که می‌دانیم حرکت الکترون‌ها از قطب منفی به طرف مثبت است، اما طبق همان قرارداد قدیمی، در خارج از منبع جهت جریان را از قطب مثبت به طرف قطب منفی درنظر می‌گیریم.

منابع ولتاژی وجود دارند که جریانی را در یک مدار برقرار می‌کنند. معمول‌ترین و مناسب‌ترین منابع ولتاژ، باتری و ژنراتور هستند که معمولاً باتری‌ها جریان مستقیم و ژنراتورها جریان متناوب تولید می‌کنند.

● **تعریف جریان مستقیم DC:** جریان مستقیم جریانی است که جهت آن ثابت است و بستگی به زمان ندارد و دامنه‌ی آن نیز ثابت می‌باشد.

● **تعریف جریان متناوب AC:** جریان متناوب جریانی است که جهت آن طی زمان تغییر می‌کند و دامنه‌ی آن نیز نسبت به زمان، از صفر تا حداکثر مثبت و از حداکثر مثبت تا صفر و از صفر تا حداکثر منفی و از حداکثر منفی تا صفر تغییر می‌کند.

همان‌طور که اشاره شد، ولتاژ تولید شده توسط یک باتری، ولتاژ مستقیم است که باعث عبور جریان مستقیم می‌شود. به این ترتیب، جریان همیشه در یک جهت جاری است، بنابراین جریان مستقیم یک جهتی است جریان متناوب دو جهتی است، یعنی الکترون‌ها ابتدا در یک جهت و سپس در جهت دیگر ــ مخالف جهت قبل ــ جاری می‌شوند. اگر بتوانیم قطب‌های یک باتری را در یک زمان معینی به‌طور دائم تغییر دهیم، جریانی دو جهت و درنتیجه جریانی متناوب خواهیم داشت.

کمیت‌های الکتریکی

برای برقراری جریان الکتریکی دریک مدار دو شرط لازم است :

الف ــ اختلاف بار الکتریکی منبع برای به‌حرکت درآوردن الکترون‌های آزاد

ب ــ وجود یک مدار بسته

بار الکتریکی را که جسم دریافت می‌کند، پتانسیل الکتریکی می‌نامند، زیرا الکترون‌هایی که جابه‌جا شده‌اند مقداری انرژی دارند که برای حرکت دادن الکترون‌های دیگر به‌کار می‌رود.

چون دو بار الکتریکی متفاوت برای ایجاد یک مدار کامل لازم است، این اختلاف پتانسیل بین دو بار الکتریکی است که نیروی الکتریکی تولید می‌کند و نه مقدار بارها.

اختلاف پتانسیل (ولتاژ) U: هنگامی که دو منبع بار الکتریکی اختلاف پتانسیل داشته باشد، نیروی الکتریکی‌ای که بین دو بار به‌وجود می‌آید ولتاژ نام دارد واحد آن ولت V است. اگر یک منبع ولتاژ کاری معادل یک ژول برای جابه‌جایی یک کولن بار (الکترون $۶/۲۸\times ۱۰^{۱۸}$ = کولن) انجام دهد، منبع ولتاژی برابر یک ولت دارد.

بعضی از ولتاژهایی که معمولاً با آن‌ها سر و کار خواهید داشت : ۱/۵ ولت برای یک باتری چراغ قوه، ۱۲ ولت برای باتری اتومبیل‌ها، ۲۲۰ ولت برای وسایل خانگی، ۳۸۰ ولت برای مصارف صنعتی.

در واقع ولتاژها از چند میکروولت (هزارم ولت) تا چند مگاولت (میلیون ولت) موجود هستند.

شدت جریان I: تعداد الکترون‌هایی که از یک نقطه مدار می‌گذرند، مقدار جریان عبوری از مدار را تعیین می‌کنند. اگر از یک نقطه سیم در یک ثانیه ۱ کولن الکتریسیته ($۶/۲۸\times ۱۰^{۱۸}$ الکترون) در جهت مشخص بگذرد می‌گوییم شدت جریان عبوری یک آمپر است و بنابراین تعریف، رابطه شدت جریان را می‌توان به صورت $I=\frac{q}{t}$ که در آن q مقدار الکتریسیته برحسب کولن، tزمان برحسب ثانیه و I شدت جریان برحسب آمپر (A) است. نام این واحد یعنی آمپر از نام یک فیزیکدان ایتالیایی قرن هجدهم به نام آندره ماری آمپر گرفته شده است. آمپر نیز دارای اجزاء و اضعاف است.

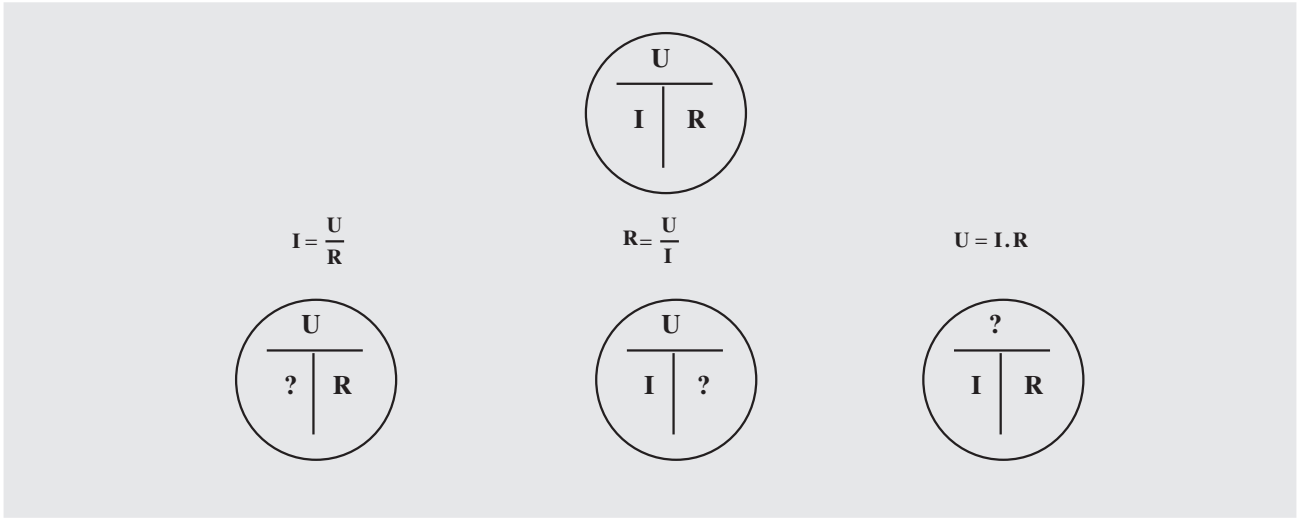
مقاومت الکتریکی: R در یک مدار الکتریکی هرگاه مانعی در سر راه عبور الکترون‌ها وجود داشته باشد گوییم مقاومت الکتریکی وجود دارد.

در حدود سال‌های ۱۸۰۰ یک دانشمند آلمانی به نام گئورگ سیمون اهم آزمایشهایی در مورد مدارها و هادی‌ها به عمل آورد و نکات مهمی در مورد ماهیت مقاومت الکتریکی کشف کرد. برای قدردانی از این شخص، واحد مقاومت به نام او، اهم و علامت آن Ω گذاشته شد.

یک اهم مقاومت رسانایی است که تحت اختلاف پتانسیل یک ولت شدت جریانی معادل یک آمپر از آن عبور کند، درصورتی که با ولتاژ یک ولت شدت جریان عبوری نیم‌آمپر شود مقاومت دو برابر حالت قبلی یعنی دو اهم خواهد بود با استفاده از این نسبت مقاومت مطلق تمام هادی‌ها به هر اندازه و شکل که باشند قابل محاسبه خواهد بود.

البته عواملی چون سطح مقطع هادی، طول هادی و حرارت روی مقدار مقاومت تأثیر می‌گذارد. هر وسیله‌ای که با جریان الکتریکی کار کند می‌تواند یک مقاومت الکتریکی محسوب شود مثل لامپ، اتو، رادیو و...

رابطه بین اختلاف پتانسیل، شدت جریان و مقاومت الکتریکی (قانون اهم) در مدارهای DC.

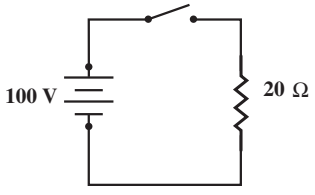


مثال ۱: اگر در یک مدار، ولتاژی برابر ۱۰ ولت به دو سر مقاومتی برابر ۵ اهم اعمال شود، شدت جریان مدار چقدر است؟

$$I = \frac{U}{R} = \frac{۱۰}{۵} = ۲(A)$$

مثال ۲: اگر در مداری مطابق شکل جریان مجاز مقاومت ۸ آمپر باشد، درصورت بسته شدن کلید مقاومت خواهد سوخت یا خیر؟

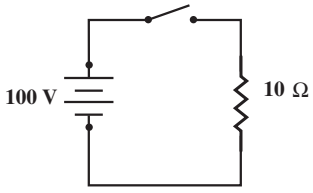
$$I = \frac{U}{R} = \frac{۱۰۰}{۲۰} = ۵(A)$$



چون شدت جریان مدار ۵ آمپر بوده و از جریانی مجاز مقاومت که ۸ آمپر است کوچک‌تر است بنابراین مشکلی برای مقامت بوجود نمی‌آید و نخواهد سوخت.

مثال ۳: اگر در مدار زیر جریان مجاز مقاومت ۱۰ اهمی ۸ آمپر باشد در صورت بسته شدن کلید مقاومت خواهد سوخت یا خیر؟

$$I = \frac{U}{R} = \frac{۱۰۰}{۱۰} = ۱۰A$$



چون شدت جریان عبوری از مقاومت ۱۰ آمپر شده و از جریان مجاز آن که A آمپر است بیش‌تر است بنابراین مقاومت خواهد سوخت.

مثال ۴: اگر لامپی به مقاومت ۱۰۰ اهم جریانی به شدت یک آمپر عبور کند، ولتاژ منبع چند ولت است؟

$$U = I.R = ۱ \times ۱۰۰ = ۱۰۰V$$

رابطهٔ تبدیل آن به وات و کیلووات عبارت است از:

$$1(P_s) = 736(W)$$

$$1(kW) = 1/36(P_s)$$

۳ــ۲ــ انرژی الکتریکی

از تعریف کلی توان که برابر است با کار انجام شده در واحد زمان، می‌توان رابطهٔ انرژی الکتریکی را نیز نتیجه گرفت:

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = P.t$$

علایم اختصاری:

W : انرژی الکتریکی برحسب وات ثانیه (Ws)

P: توان برحسب وات (W)

t: زمان برحسب ثانیه (s)

چون لازم است انرژی الکتریکی را برحسب کیلووات ساعت نیز بدست آورد، بنابراین، از این رابطه می‌توان استفاده کرد:

$$1kWh = 3/6 \times 10^{6} Ws$$

۴ــ۲ــ محاسبهٔ بهای برق مصرفی

هزینهٔ برق مصرفی از حاصل‌ضرب انرژی الکتریکی مصرف شده در قیمت هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی تعیین می‌گردد.

الغلب به غیر از هزینهٔ برق مصرفی، یک مبلغ ثابت ماهانه بنام «اشتراک» نیز در نظر گرفته می‌شود که حاصل‌جمع دو مقدار فوق مبلغی است که از مشترکین دریافت می‌گردد.

مسأله نمونه: یک وسیلهٔ برقی با توان ۲۰۰۰W در هر روز ۵ ساعت کار می‌کند، حساب کنید جمع پول برق ماهیانه را در صورتی که بهای برق برای هر کیلووات ساعت ۱۰ ریال و حق اشتراک ماهیانه ۳۰۰ ریال باشد.

$P = 2000W = 2kW$

$t = 30 \times 5 = 150$ ساعت در ماه

۷۶

توان و کار الکتریکی

۲۳

جلسه بیست و سوم

برنامه زمان‌بندی جلسه بیست و سوم		
۱	آماده کردن کلاس	۵
۲	پرسش سؤالاتی از مطالب جلسه گذشته	۱۵
۳	کار و توان الکتریکی	۳۰
۴	محاسبه بهای برق مصرفی	۲۰
۵	حل مثال‌های نمونه	۲۰

کار و توان الکتریکی

منظور از منبع تغذیه یک مدار الکتریکی این است که انرژی الکتریکی را برای مصرف کننده تأمین کند. مصرف‌کننده این انرژی را برای انجام وظایفی به‌کار می‌برد و یا به‌عبارت دیگر مصرف‌کننده (بار) از انرژی منبع برای انجام کار استفاده می‌کند. در هنگام انجام کار، مصرف‌کننده انرژی را مصرف می‌کند. به‌همین علت است که باتری‌ها خالی می‌شوند و احتیاج به شارژ مجدد دارند و باید آن‌ها را عوض کرد. مقدار کار انجام شده به‌وسیله مصرف‌کننده به انرژی که در اختیار دارد و سرعت استفاده از این انرژی بستگی دارد. به‌عبارت دیگر، با در اختیار داشتن مقدار معینی انرژی برای انجام یک کار مساوی، بارهای مختلف انرژی را در زمان‌های متفاوتی مصرف می‌کنند. بنابراین بعضی از بارها تندتر از سایرین کار می‌کنند. برای اینکه بدانیم بار با چه سرعتی کار انجام می‌دهد، می‌باید کمیت توان الکتریکی را تعریف کرد. توان عبارت است از مقدار کار انجام شده در واحد زمان.

نکته مهمی که باید همواره درنظر داشت این است که کار انجام شده در یک مدار ممکن است کار مفید و یا غیرمفید باشد. در هر دو حالت سرعت انجام کار را برمبنای توان اندازه می‌گیرند. گردش موتور الکتریکی و همچنین گرمای حاصل از اجاق برقی کار مفید است. از طرف دیگر گرمای حاصل در سیم‌های رابط و مقاومت‌ها نمونه‌هایی از کار غیر مفیدند. زیرا هیچ عمل مفیدی به‌وسیله این گرما حاصل نمی‌شود. هنگامی که توان برای کار غیرمفید مصرف می‌شود آن را توان تلف شده می‌گویند.

واحد کار الکتریکی

واحد کار الکتریکی ژول است و آن مقدار کاری است که اختلاف پتانسیل یک ولت برای جابه‌جایی یک کولن الکتریسیته انجام می‌دهد. درصورتی که اگر اختلاف پتانسیل یک ولت باعث عبور ۵ کولن الکتریسیته شود می‌گوییم ۵ ژول کار انجام شده است. این مطالب را می‌توان از طریق رابطه $W = q.u$ نشان داد. در این رابطه W انرژی برحسب ژول، q بار عبوری برحسب کولن و u اختلاف پتانسیل برحسب ولت است. به خاطر دارید که یک آمپر برابر است با عبور یک کولن الکتریسیته از یک نقطه مدار در یک ثانیه $I = \frac{q}{t}$ پس از ترکیب دو رابطه ذکر شده می‌توان نوشت :

$$W = I.t.U$$

واحد توان الکتریکی

توان الکتریکی را قبلاً تعریف کردیم که عبارت بود از میزان کار انجام شده در واحد زمان. پس با توجه به روابط بالا خواهیم داشت.

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow P = \frac{I.t.U}{t} \Rightarrow \qquad P = U.I$$

بنابراین واحد توان الکتریکی را می‌توان بدین صورت تعریف کرد : اگر با اختلاف پتانسیل یک ولت شدت جریانی معادل یک آمپر از مداری عبور کند، گوییم توان مصرف شده مدار یک وات W است.

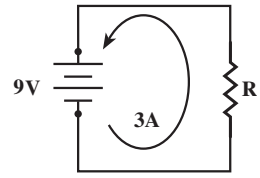
توان مکانیکی معمولاً برحسب اسب بخار hp نیز سنجیده می‌شود. هر اسب بخار معادل ۷۳۶ وات است و در صورتی که روابط را درهم ترکیب نماییم می‌توان برای توان روابط زیر را هم نوشت

$$P = U.I \qquad P = RI^2 \qquad P = \frac{U^2}{R}$$

مثال ۱: در مدار شکل زیر مقدار مقاومت الکتریکی و توان مصرفی آن را محاسبه کنید.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{9}{3} = 3\Omega$$

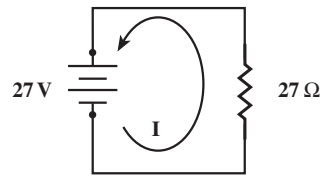
$$P = U = 9 \times 3 = 27W$$



مثال ۲: در مدار شکل زیر مقدار شدت جریان و توان مصرفی مقاومت را محاسبه کنید.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{27}{27} = 1A$$

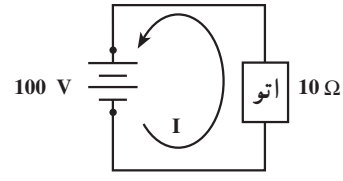
$$P = RI^2 = 27 \times 1^2 = 27(w)$$



مثال ۳: شدت جریان و توان مصرفی اتو برقی مطابق شکل زیر را محاسبه کنید.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{100}{10} = 10A$$

$$P = RI^2 = 10 \times 10^2 = 1000w = 1kw$$



محاسبه توان در جریان‌های تک‌فاز و سه‌فاز

در جهان امروز تقریباً کل تولید برق و اکثر خطوط انتقال به شکل مدارهای AC سه‌فاز هستند. یک سیستم قدرت سه‌فاز متشکل از ژنراتورهای سه‌فاز، خطوط انتقال و بارها می‌باشد. به‌گونه‌ای که سیستم‌های قدرت AC دارای مزیت بزرگی نسبت به سیستم‌های DC هستند که برای کاهش تلفات انتقال، میزان ولتاژ آن‌ها را می‌توان تغییر داد. سیستم‌های قدرت AC سه‌فاز نسبت به سیستم‌های قدرت تک‌فاز مزیت بزرگی دارند، زیرا امکان به‌دست آوردن قدرت از ماشین سه‌فاز بیش‌تر است و نیز به‌علت این‌که توان تحویل شده به بار سه‌فاز در تمام اوقات، به‌جای این‌که مانند سیستم‌های تک‌فاز ضرباتی باشد، ثابت است. هم‌چنین سیستم‌های سه‌فاز این امکان را بوجود می‌آورند که بدون نیاز به سیم‌پیچی‌های کمکی راه‌انداز، بتوان از موتورهای القایی سه‌فاز استفاده کرد.

یک ژنراتور سه‌فاز متشکل از سه ژنراتور تک‌فاز است، که ولتاژهای آن از لحاظ مقدار با هم برابر هستند لکن از لحاظ زاویه فاز ۱۲۰° با هم اختلاف دارند. هریک از این سه ژنراتور بایستی توسط یک جفت سیم به یکی از سه بار برابر وصل شود، که البته چنین سیستمی واقعاً سه مدار تک‌فاز است که به‌سادگی ۱۲۰° نسبت به‌هم اختلاف زاویه فاز دارند.

و از آن‌جایی که کمیت‌های«اختلاف پتانسیل» و «شدت جریان» کمیت‌های برداری می‌باشند و در ضرب نقطه‌ای کمیت‌های برداری رابطه توان در جریان‌های تک‌فاز به‌صورت زیر تبدیل می‌شود.

$$P = U.I.\cos\varphi$$

البته $\cos\varphi$ را ضریب توان نام نهاده‌اند و در جریان‌های سه‌فاز رابطه توان را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه نمود.

$$P = \sqrt{3}.U_L.I_L.\cos\varphi$$

یادآوری: همان‌طور که قبلاً ذکر شد معمولاً اختلاف پتانسیل در سیستم شبکه شهری درصورتی که تک‌فاز باشد ۲۲۰ ولت و در صورتی که سه‌فاز باشد ۳۸۰ ولت درنظر گرفته می‌شود.

مثال ۱: حداکثر توانی که در یک کنتور ۲۵ آمپری می‌توان گرفت چقدر است؟ درصورتی که از شبکه شهری تک فاز استفاده شود و $\cos\varphi = 0/8$ محاسبه می‌گردد.

$$P = U.I.\cos\varphi = ۲۲۰\times۲۵\times۰/۸$$

$$= ۴۴۰۰W = ۴/۴kW = ۵/۹۷hp$$

مثال ۲: روی لامپی مقادیر ۲۲۰V و ۲۰۰W به چشم می‌خورد، شدت جریان و مقاومت لامپ را محاسبه کنید. درصورت کاهش ولتاژ به میزان ۱۸۰ ولت شدت جریان و توان جذب شده توسط لامپ چقدر می‌شود؟

$$P = U.I \Rightarrow ۲۰۰ = ۲۲۰\times I \Rightarrow I = ۰/۹A$$

$$P = \frac{U}{I} = \frac{۲۲۰}{۰/۹} = ۲۴۴\Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{۱۸۰}{۲۴۴} = ۰/۷۳A$$

$$P = RI^{۲} = ۲۴۴\times۰/۷۳^{۲} = ۱۳۰W$$

بنابراین بر اثر کاهش ولتاژ، شدت جریان و توان تقلیل یافته و روشنایی لامپ کم‌تر می‌شود.

مثال ۳: توان مفید الکتروموتوری یک اسب بخار و راندمانش ۰/۸۵ است. توان ورود و توان تلف شده آن را محاسبه نمایید. درصورتی که ولتاژ آن ۲۲۰ ولت باشد شدت جریان چقدر است؟

$$\eta = \frac{P_{۲}}{P_{۱}} \Rightarrow P_{۱} = \frac{P_{۲}}{\eta} = \frac{۱\times۷۳۶}{۰/۸۵} = ۸۶۶W$$ توان ورودی

$$\Delta P = P_{۱} - P_{۲} = ۸۶۶ - ۷۳۶ = ۱۳۰W$$ توان تلف شده

$$P_{۱} = U.I \Rightarrow I = \frac{P_{۱}}{U} = \frac{۸۶۶}{۲۲۰} = ۳/۹A$$

اندازه‌گیری انرژی الکتریکی

انرژی الکتریکی مصرفی موردنیاز یک کشور به‌وسیله شرکت‌های برق تأمین می‌شود. انرژی الکتریکی از محل تولید ازطریق یک سیستم الکتریکی متشکل از سیم‌ها و کابل‌ها و پست‌ها بین مصرف‌کنندگان توزیع می‌شود. انتهای این سیستم توزیع انرژی کارخانه‌ها و منازل هستند. شرکت‌های برق که انرژی الکتریکی عرضه می‌کنند باید از مقدار مصرف مشترکین مطلع باشند. اندازه‌گیری انرژی مصرفی منازل، فروشگاه‌ها و کارخانه‌ها به‌وسیله دستگاهی به نام کنتور برق انجام می‌شود. هر مشترک براساس مقدار کاری که به‌وسیله انرژی الکتریکی انجام داده است باید مبلغی پول پرداخت کند. می‌دانیم که سرعت کار انجام شده را برحسب وات اندازه می‌گیرند. بنابراین برای محاسبه کل کار انجام شده باید زمان مورد مصرف در توان ضرب شود. مثلاً اگر یک لامپ ۱۰۰ واتی مدت یک ساعت روشن باشد انرژی مصرفی لامپ ۱۰۰ وات ساعت می‌شود. وات ــ ساعت واحد کوچکی است. بنابراین به جای آن از کیلووات ساعت استفاده می‌کنیم. همین لامپ ۱۰۰ واتی، در مدت یک ساعت انرژی مصرفی معادل ۰/۱kWh خواهد داشت.

محاسبه قیمت برق مصرفی

اگر بخواهیم قیمت انرژی مصرفی کل را محاسبه کنیم، کافی است، ابتدا مقدار انرژی مصرفی هر وسیله الکتریکی را حساب و سپس با هم جمع کنیم تا انرژی مصرفی کل به‌دست آید. آن‌گاه انرژی مصرفی کل را در قیمت هر k.W.h ضرب کنیم تا بهای انرژی مصرفی محاسبه شود.

بهای هر کیلووات ــ ساعت × مقدار انرژی مصرف شده برحسب (کیلووات ــ ساعت) = بهای انرژی برق مصرفی

مثال ۴: اگر ۵ لامپ ۱۰۰ واتی روزانه ۵ ساعت و یک اتوی برقی یک کیلوواتی روزانه یک ساعت و یک دستگاه تلویزیون ۵۰۰ واتی روزانه ۵ ساعت روشن باشند، هزینه انرژی مصرف کل مصرف‌کننده‌ها در یک ماه (۳۰ روز) چقدر است، درصورتی که قیمت هر کیلووات ساعت ۱۰۰ ریال باشد.

$$W_{۱} = P_{۱}\times t_{۱} = ۵\times۱۰۰\times۵$$

$$= ۲۵۰۰Wh = ۲/۵kWh$$ انرژی مصرفی لامپ

انرژی مصرفی اتوروزانه $W_۲ = P_۲ \times t_۲ = ۱ \times ۱ = ۱kW.h$

$W_۳ = ۵۰۰ \times ۵ = ۲۵۰۰Wh$

انرژی مصرفی تلویزیون روزانه $= ۲/۵kW.h$

$W = \sum W_i = ۲/۵ + ۱ + ۲/۵$

کل انرژی مصرفی در روز $= ۶kW.h$

کل انرژی مصرفی در ماه $W_t = ۶ \times ۳۰ = ۱۸۰kW.h$

بهای انرژی مصرفی در ماه ریال $۱۸۰ \times ۱۰۰ = ۱۸۰۰۰$

مثال ۵: در یک کارگاه درودگری وسایل برقی زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر هر بهای کیلووات ــ ساعت ۲۵۰ ریال باشد بهای برق مصرفی روزانه، ماهانه (۲۶ روز کاری) و سالانه را محاسبه نمایید.

۱ــ یک دستگاه اره نواری با الکتروموتور ۲/۵ کیلو وات

۲ــ یک دستگاه سه کاره با قدرت ۳ اسب بخار

۳ــ هرکدام بطور متوسط ۴ ساعت در روز

۴ــ یک دستگاه فرز با قدرت ۲ اسب بخار، ۲ ساعت در روز

۵ــ دستگاه‌های دریل برقی دستی، فرز دستی، رنده برقی دستی هرکدام با قدرت ۵۰۰ وات و هرکدام به مدت یک ساعت در روز

۶ــ ۴ لامپ ۲۰۰ واتی هرکدام به مدت ۳ ساعت در روز.

$\boxed{W = P.t}$

$W_۱ = [۲/۵ + (۳ \times ۰/۷۳۶] \times ۴ = ۱۸/۸۳۲kW.h$

انرژی مصرفی دستگاه اره و سه کاره در روز

$W_۲ = ۲ \times ۰/۷۳۶ \times ۲ = ۲/۹۴۴kW.h$

انرژی مصرفی دستگاه فرز در روز

$W_۳ = ۳ \times ۵۰۰ \times ۱ = ۱۵۰۰Wh = ۱/۵kWh$

انرژی مصرفی دریل، فرز و رنده دستی در روز

$W_۴ = ۴ \times ۲۰۰ \times ۳ = ۲۴۰۰Wh = ۲/۴kWh$

انرژی مصرفی روشنایی در روز

$W = \sum W_i = ۱۸/۸۳۲ + ۲/۹۴۴ +$

$۱/۵ + ۲/۴ = ۲۵/۶۷۶kW.h$

کل انرژی الکتریکی مصرفی روزانه

ریال $۲۵/۶۷۶ \times ۲۵۰ = ۶۴۱۹$

بهای برق مصرفی روزانه

ریال $۶۴۱۹ \times ۲۶ = ۱۶۶۸۹۴$

بهای برق مصرفی ماهانه

ریال $۱۶۶۸۹۴ \times ۱۲ = ۲۰۰۲۷۲۸$

بهای برق مصرفی سالانه

$W = P \times t = 2 \times 150 = 300\ Wh$

ریال ۳۳۰۰ = ۳۰۰ × (۱۰ × ۱۱) = بهای برق مصرفی

تمرین

۱ ـ روی پلاک الکتروموتور یک دستگاه رنده اختلاف سطح ۳۸۰ ولت، توان الکتریکی ۵/۵ کیلووات و ضریب توان $\cos\varphi = 0/85$ قید شده است. مطلوب است شدت جریانی که از دستگاه در حال کار کردن عبور می‌کند.

۲ ـ در فیوز اتوماتیک مطابق شکل (۳ ـ ۴) تعیین کنید:

الف) حداکثر توان قابل استفاده، اگر اختلاف‌سطح شبکه ۲۲۰ ولت باشد و مصرف‌کننده اُهمی باشد.

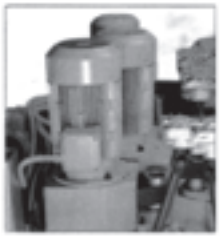
ب) در صورتی که یک فیز برقی با توان ۱/۵ کیلووات در مدار باشد، آیا می‌توان یک اره برقی با توان ۹۰۰ وات را نیز در مدار قرار داد. $\cos\varphi = 0/8$

شکل ۳ـ۴

۳ ـ حساب کنید شدت جریانی را که الکتروموتور جریان متناوب ۳ فاز از شبکه می‌گیرد: در صورتی که توان جذب شده آن ۶ کیلووات و ضریب توان $\cos\varphi = 0/8$ و ولتاژ خطی آن ۳۸۰ ولت باشد.

۴ ـ دستگاه چهار ظرف رنده اتوماتیکی مانند شکل (۴ ـ ۴) دارای سه الکتروموتور یکسان با این مشخصات می‌باشد.

۳۸۰ ولت ـ ۶/۵ آمپر ـ ضریب توان $\cos\varphi = 0/85$،



شکل ۴ـ۴ـ الکتروموتورهای یک دستگاه چهارظرف رنده

مطلوب است کل توان الکتریکی دستگاه برحسب کیلووات و نوع اسب؛ اگر ۱۲ ساعت در روز کار کند کل انرژی الکتریکی مصرف شده دستگاه را در روز به‌دست آورید.

۵ ـ در مسأله شماره ۴ اگر ماهانه ۲۶ روز کار و هر کیلووات ساعت برق ۶۰ ریال منظور شود بهای برق مصرفی دستگاه مذکور را در یک ماه و در یک سال حساب کنید.

۶ ـ در یک کارگاه صنایع چوبی که از جریان سه فاز استفاده می‌شود سه دستگاه با الکتروموتورهای $1/5P_g$ و $2P_g$ و $2/5P_g$ موجود است. اگر به‌طور متوسط هر دستگاه در روز چهار ساعت کار کند، مطلوب است:

الف) توان کلی دستگاههای کارگاه فوق به‌کیلووات

ب) انرژی الکتریکی مصرفی کل دستگاهها

۷ ـ در یک کارگاه صنعتی از شبکه برق این‌گونه استفاده می‌شود:

الف) از شبکه ۲۲۰ ولت، ۱۶ عدد لامپ ۱۰۰ وات و یک الکتروموتور ماشین مته‌رومیزی ۴۰۰ وات با ضریب توان $\cos\varphi = 0/8$

ب) از شبکه ۳۸۰ ولت، ۲ الکتروموتور با مشخصات ۵/۶ آمپر و ضریب توان $\cos\varphi = 0/8$ برای راه انداختن ماشینهای اره و رنده و یک الکتروموتور با مشخصات ۲ آمپر و $\cos\varphi = 0/8$ برای ماشین فرز استفاده می‌کند. حساب کنید: بهای برق مصرفی ماهانه را، در صورتی که کارگاه در هر ماه ۲۶ روز برق مصرف کند ساعات کار روزانه ماشینهای اره، رنده و فرز ۸ ساعت، مته رومیزی ۶ ساعت و روشنایی ۵ ساعت بوده هزینه هر کیلووات ساعت برق مصرفی از شبکه ۱۰ ریال و حق انشعاب ماهانه ۱۲۰۰ ریال باشد.

جلسه بیست و چهارم

برنامه زمان‌بندی جلسه بیست و چهارم		
۱	آماده کردن کلاس	۵
۲	بررسی و بازبینی جلسه گذشته	۵
۳	حل تمرین‌های صفحات ۷۷ و ۷۸	۶۵
۴	رفع اشکال فصل چهارم	۱۵

بعد از حضور و غیاب و صحبت‌های مقدماتی جهت آماده کردن هنرجویان، دفتر تمرین آن‌ها را بازبینی نموده و از آن‌ها خواسته می‌شود که برای حل تمرینات مطابق لیست مربوطه به پای تابلو بروند.

حل تمرین ۱:

$$I=\frac{P}{\sqrt{3}.U\cos\varphi}=\frac{5/5\times1000}{\sqrt{3}\times380\times0/85}=9/83A$$

حل تمرین ۲:

الف) $P=U.I.\cos\varphi = 220\times10\times0/8$

$=1760W=1/76kW$

ب) $1/5+0/9=2/4kW$ $\quad 2/4>1/76kW$ خیر

حل تمرین ۳:

$$I=\frac{P}{\sqrt{3}\times U.\cos\varphi}=\frac{6000}{\sqrt{3}\times380\times0/8}=11/39A$$

حل تمرین ۴:

$P=3P_i=3(\sqrt{3}.U.I.\cos\varphi)$

$=3\times\sqrt{3}\times380\times6/5\times0/85$

$P=10/9kW \Rightarrow P=10/9\times1/36=14/824hp$

$W=P.t=10/9\times1000\times12\times3600$

$=470/88\times10^6J=470/88MJ$

حل تمرین ۵:

$W=P.t=10/9\times12$

کار الکتریکی در یک روز $=130/8kW.h$

ریال در یک ماه $130/8\times26\times60=204048$

ریال در یک سال $204048\times12=2448576$

حل تمرین ۶:

الف) $P=\sum P_i=1/5+2+2/5=6ph$

$P=6\times0/736=4/42kW$

ب) $W=P.t=4/42\times4=17/68kW.h$

حل تمرین ۷:

$$W_1=P_1.t=\frac{100\times16\times5}{1000}=8kW.h$$

کار الکتریکی روشنایی در روز

$$W_2=P_2.t_2=\frac{400\times6}{1000}=2/4kW.h$$

کار الکتریکی مته رومیزی در روز

$$W_3=(\sqrt{3}.U.I.\cos\varphi)t=\sqrt{3}\times380\times 5/6\times0/8\times\frac{1}{1000}\times8=23/59kWh$$

کار الکتریکی اره در روز

$W_4=W_3=23/59kW.h$

کار الکتریکی رنده در روز

$$W_5=(\sqrt{3}.U.I.\cos\varphi)t=\sqrt{3}\times380\times 4\times0/8\times\frac{1}{1000}\times8=16/85kWh$$

کار الکتریکی فرز در روز

بهای مصرفی از شبکه تک فاز در ماه

$=(8+2/4)\times26\times10=2704$ ریال

بهای مصرفی از شبکه سه فاز در ماه

$=(23/59+23/59+16/85)\times26\times5=8324$ ریال

کل بهای برق مصرفی ماهانه

$=2704+8324+1200=12228$ ریال

جلسه بیست و پنجم

برنامه زمان‌بندی جلسه بیست و پنجم		
۱	آماده کردن کلاس	۵
۲	حل تمرین صفحه ۷۹	۲۵
۳	امتحان از فصل چهارم	۶۰

بعد از آماده کردن کلاس از هنرجویان برای حل تمرین‌های صفحه ۷۹ دعوت می‌شود.

حل تمرین ۱:

الف) $P = \sum P_i = ۲۴۰۰ + ۳(۱۰۰) + ۸۰۰ + ۸۰۰ = ۴۳۰۰ \text{Wat}$

بلی

$$I = \frac{P}{U.\cos\varphi} = \frac{۴۳۰۰}{۲۲۰ \times ۰/۸} = ۲۴/۴۳\text{A} \Rightarrow ۲۴/۴۳ < ۲۵$$

ب) $W = Pt = ۴/۳(۲۶ \times ۴) = ۴۴۷/۲\text{kW.h}$

بهای برق مصرفی ماهانه

$= (۴۴۷/۲ \times ۶۰) + ۳۰۰ = ۲۷۱۳۲$ ریال

حل تمرین ۲:

$W_۱ = ۲ \times ۳ \times ۵ = ۳۰\text{kW.h}$

کار الکتریکی ۲ دستگاه فرز در روز

$W_۲ = ۱/۲ \times ۴ = ۴/۸\text{kW.h}$

کار الکتریکی دستگاه مته در روز

$$W_۳ = ۱۰ \times ۴۰ \times ۸ \times \frac{۱}{۱۰۰۰} = ۳/۲\text{kW.h}$$

کار الکتریکی روشنایی در روز

$W = \sum W_i = ۳۰ + ۴/۸ + ۳/۲ = ۳۸$

کل کار الکتریکی روزانه

بهای برق مصرفی ماهانه

$= (۳۸ \times ۲۶ \times ۳۰) + ۵۰۰ = ۳۰۱۴۰$ ریال

حل تمرین ۳:

$W_۱ = ۸ \times ۰/۱ \times ۸ = ۶/۴\text{kW.h}$

کار الکتریکی روشنایی در روز

$W_۲ = (۰/۳ + ۰/۵) \times ۱ = ۰/۸\text{kW.h}$

کار الکتریکی وسایل دستی و برقی در روز

$W_۳ = (۱/۵ + ۲ + ۳) \times ۰/۷۳۶ \times ۳ = ۱۴/۳۵\text{kW.h}$

کار الکتریکی ماشین‌ها در روز

$W = \sum W_i = ۶/۸ + ۰/۸ + ۱۴/۳۵ = ۲۱/۵۵$

کل کار الکتریکی کارگاه در روز

بهای برق مصرفی ماهانه

$= (۲۱/۵۵ \times ۲۶ \times ۳۰) + ۹۰۰ = ۱۷۷۰۹$ ریال

بهای برق مصرفی سالانه

$= ۱۷۷۰۹ \times ۱۲ = ۲۱۲۵۰۸$ ریال

نمونه سؤال امتحانی از فصل چهارم

۱ــ اگر از لامپی به مقاومت ۱۰۰ اهم جریانی به شدت ۱/۱ آمپر عبور کند، پس از مدتی به‌علت فرسودگی جریان فوق به ۰/۸ آمپر تقلیل پیدا کند، در مدار ولتاژ منبع به چه میزان کاهش پیدا کرده است؟

۲ــ در مداری که جریان ۸ آمپر برقرار است یک مقاومت ۲۱ اهمی قرار داده‌ایم، محاسبه نمایید ولتاژ منبع، توان مصرفی آن را.

۳ــ شدت جریان، مقاومت الکتریکی و انرژی صرف شده در مدت ۵ ساعت کار یک لامپ ۱۰۰ واتی که از ولتاژ ۲۲۰ ولت استفاده می‌کند را محاسبه نمایید.

۴ــ در یک کارگاهی که از ۵ لامپ ۱۰۰ واتی در مدت ۴ ساعت در روز و ۳ دستگاه با توان‌های اسمی ۲/۲، ۲/۵ و ۳ اسب بخار در مدت ۳ ساعت در روز و ۲ دستگاه برقی دستی ۵۰۰ واتی با ۲ ساعت در روز استفاده می‌کند، بهای برق مصرفی ماهانه‌اش (۲۶ روز کاری) را محاسبه نمایید در صورتی که هر کیلو وات ساعت ۲۰۰ ریال منظور گردد.

سؤالات آزمون پایان فصل چهارم

۱ ــ برای این وسایل برقی یک کنتور ۲۵ آمپری کافی است :

یک دستگاه سه کاره تجاری بتوان ۲/۲kW ، سه عدد لامپ ۱۰۰W ، یک دستگاه فرز برقی دستی ۸۰۰W . اگر اختلاف سطح شبکه ۲۲۰V باشد : $\cos\varphi = 0/8$

الف) آیا می‌شود یک بروزکتور ۸۰۰W را نیز در مدار قرار داد.

ب) بهای برق مصرفی یک‌ماه را حساب کنید : اگر از وسایل فوق ۲۶ روز در ماه و هر روز بمدت ۴ ساعت استفاده نمودیم هر کیلووات ساعت برق ۶۰ ریال وحق اشتراک ماهانه ۳۰۰ ریال باشد.

۲ ــ در یک کارگاه صنایع چوبی ۲ دستگاه ماشین فرز ۳kW بمدت ۵ ساعت و یک دستگاه ماشین مته ۱/۲kW بمدت ۲ ساعت کار می‌کنند و برای روشنایی از ۱۰ عدد لامپ مهتابی ۴۰W بمدت ۸ ساعت استفاده می‌شود. مطلوب است بهای برق مصرفی ماهانه کارگاه. در صورتی که بهای هر کیلووات ساعت برق ۳۰ ریال و حق اشتراک ماهانه ۵۰۰ ریال و زمان کار ۲۶ روز در ماه در نظر گرفته شود.

۳ ــ در یک کارگاه صنعتی از شبکه برق این‌گونه استفاده می‌شود :

الف) ۸ عدد لامپ ۱۰۰ واتی، یک دریل برقی دستی ۳۰۰ واتی، یک رنده برقی دستی ۵۰۰ واتی که از شبکه ۲۲۰ ولت استفاده می‌شود.

ب) ۳ الکتروموتور با مشخصات $1/5P_s$ و $2P_s$ و $4P_s$ برای راه انداختن ماشینهای اره و رنده و فرز از شبکه سه فاز استفاده می‌شوند.

اگر از لامپهای روشنایی ۸ ساعت در روز و وسایل برقی دستی بطور متوسط هر کدام یک ساعت در روز و دستگاهها هر کدام ۳ ساعت در روز استفاده شود، و بهای برق مصرفی ۳۰ ریال و حق‌اشتراک ماهانه ۹۰۰ ریال باشد. بهای برق مصرفی این کارگاه را برای مدت یک ماه (۲۶ روز کاری) و یک سال حساب کنید.

۷۹

فصل پنجم

تعیین زمان انجام کار

هدفهای رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

۱ـ روشهای مختلف انجام کار را توضیح دهد؛
۲ـ زمان‌سنجی را تعریف کند؛
۳ـ روشهای مشاهده مستقیم زمان‌سنجی را توضیح دهد؛
۴ـ اجزای زمان انجام کار را تعیین کند؛
۵ـ زمان کار را برای هر قطعه محاسبه کند؛
۶ـ زمان کار را برای چند قطعه مشابه تعیین کند؛
۷ـ زمان تجهیز (اصل تجهیز و جزء تجهیز) را محاسبه کند؛
۸ـ زمان جزء و زمان مبنا را تعیین نماید؛
۹ـ زمان فرعی و زمان اصلی انجام کار را محاسبه کند؛
۱۰ـ روشهای ترکیبی زمان‌سنجی را توضیح دهد.

زمان تدریس: ۱۲ ساعت

۵ـ تعیین زمان انجام کار

۱ـ۵ـ مقدمه

تکنیک زمان‌سنجی از روشهای دقیق کارسنجی است و در صنایع و مدیریت صنعتی کاربردی گسترده دارد.

با استفاده از روشهای مختلف زمان‌سنجی و تعیین استانداردهای زمانی می‌توان در تعیین نیازمندیهای نیروی انسانی، برنامه ریزی و تولید کار، سفارشهٔ عملکرد واحدها و افراد، تعیین هزینه‌ها و تهیهٔ مبنایی برای پرداخت حقوق، مزد تشویقی و پاداش بهره جست.

حل:

الف) برش اولیه	۲ ساعت
ب) اندازه بری	۱/۵ ساعت
پ) اتصالات	۳ ساعت
ت) مونتاژ	۵/۵ ساعت
ث) پرداخت	۲ ساعت
ج) رنگ	۲ ساعت

چ) زمان احتمالی ۳۰٪ زمانهای درنظر گرفته شده

ساعت زمان عملیات $۱۸=۲+۲+۵/۵+۳+۱/۵+۲$

ساعت زمان احتمالی $۱۸\times\frac{۳۰}{۱۰۰}=۵/۴$

ساعت کل زمانی که برای ساخت تخمین زده می‌شود. $۱۸+۵/۴=۲۳/۴$

۲ـ۲ـ۵ـ روش زمان‌سنجی: به منظور برنامه ریزی دقیق و واقع‌بینانه برای تولید، باید بتوانیم به گونه‌ای دقیق میزان تولید بالقوه یک عملیات معین را تخمین بزنیم. روش تخمین را می‌توان بر پایه نظرات اشخاص مختلفی که زمان را حدس می‌زنند و براساس تجربه صورت گیرد. انجام داد البته ممکن است در موارد خاص نتایج خوبی به دست آید. اما همیشه این گونه نیست، زیرا بیشتر اوقات حتی تخمینی که دو نفر می‌زنند یکسان نیست. به همین دلیل داشتن یک روش منظم و اصولی برای تخمین مقدار بالقوه تولید در یک فاصلهٔ زمانی معین، بسیار ضروری است. بنابراین، به بررسی روشهای دقیق‌تری به نام «روشهای زمان‌سنجی» می‌پردازیم. «زمان‌سنجی» عبارت است از تعیین زمان انجام عملیات برای کارگر کارآزموده، به گونه‌ای که بتواند کار را در سطح عملکرد مطلوب و مشخص انجام داده در نهایت زمان کل عملیات برای تولید انبوه قطعات تعیین گردد.

روشهای زمان سنجی نسبت به گستردگی آن به دو گروه عمده تقسیم می‌شود که در قسمتهای بعدی این فصل به توضیح هر یک از آنها می پردازیم.

تمرین

۱ـ برای ساخت طبقه‌بندی بایگانی مطابق شکل (۲ـ۵) این عملیات تخمین زده می‌شود، زمان ساخت آن را محاسبه کنید.

الف) برش اولیه: ۲ ساعت. ب) اندازه‌بری: ۲ ساعت. پ) اتصالات: ۳ ساعت.

اولین گام در زمان‌سنجی تقسیم کار به عوامل اساسی بوده لذا با مشاهده و ثبت زمان صرف شده برای انجام هریک از عوامل به وسیله ساعت، کرنومتر یا سایر روشها می‌توان زمان لازم را برای انجام کار سنا درنظر گرفتن زمان استراحت و رویدادهای احتمالی، تعیین نمود.

۲ـ۵ـ زمان‌سنجی

یکی از عوامل مهم تعیین کننده هزینه تولید زمانی است که برای ساخت آن مصرف می‌شود. بدین سبب باید این زمان را حتی المقدور، به طور دقیق تعیین نمود. برای این منظور از روشهای مختلفی مثل حدس زدن، زمان سنجی، زمانهای استاندارد از قبل تعیین شده و غیره استفاده می‌کنند.

۱ـ۲ـ۵ـ روش حدس زدن: در این روش مراحل مختلف انجام کار را تعیین می‌کنند و از راه تجربه، زمانی را که در هر مرحله ساخت لازم است حدس می‌زنند و از مجموع زمانهای تعیین شده زمان انجام کار را به دست می‌آورند. عواملی که در این روش مؤثرند، عبارتند از: چگونگی روش انجام کار، توانایی و تجربه کاری، تجهیزات و وسایل مورد استفاده، وضعیت محل کار، مواد اولیه مورد مصرف و نظایر آن.

مثلاً، یک میز کامپیوتر مطابق با نوع مشخص شکل (۱ـ۵) سفارش داده می شود، سازنده با توجه به چگونگی تهیه و آماده‌سازی مواد اولیه و انتخاب روش انجام کار، همچنین با درنظر گرفتن نوع تجهیزات و وسایل مورد استفاده تخمین می‌زند که چه زمانی طول خواهد کشید تا میز کامپیوتر مورد نظر را بسازد و زمان تحویل سفارش را مشخص کند و با توجه به زمان ساخت، هزینه دستمزد را برآورد نماید.

شکل ۱ـ ۵ ـ میز کامپیوتر

ت) مونتاژ: ۵ ساعت. ث) پرداخت: ۲ ساعت. ج) رنگ: ۲ ساعت. چ) نصب: ۲ ساعت. ح) برای حوادث احتمالی ۳۰ درصد زمانهای یاد شده منظور گردد.

شکل ۲ـ ۵ ـ طبقه‌بندی بایگانی

۲ـ برای نصب پارکت کف سالنی، مطابق شکل (۳ـ۵)، این عملیات حدس زده می‌شود. زمان آماده شدن آن را به دست آورید.

الف) بازرسی: ۶ ساعت. ب) اپل بندی: ۱۰ ساعت. پ) نصب پارکت: ۱۲ ساعت. ت) فرنیز اطراف سالن: ۴ ساعت. ث) پرداخت: ۲ ساعت. ج) رنگ کاری: ۵ ساعت. چ) زمان حوادث احتمالی ۳۰ درصد زمانهای ذکر شده می باشد.

شکل ۳ـ ۵ ـ فرایند نصب پارکت

جلسه بیست و ششم

برنامه زمان‌بندی جلسه بیست و ششم		
۱	آماده سازی کلاس	۵
۲	پرسش از هنرجویان در رابطه با زمان‌سنجی و اهمیت آن قبل از تدریس	۳۰
۳	تدریس در مورد زمان‌سنجی شامل (تعریف ــ فواید و روش‌های زمان‌سنجی)	۵۵

بعد از آماده‌سازی کلاس و متمرکز کردن افکار و حواس هنرجویان به طرف درس و کلاس، تدریس شروع شود.

۵ــ تعیین زمان انجام کار

از هنرجویان سؤال شود:

ــ زمان چه نقشی در انجام یک کار دارد؟

ــ اگر قرار باشد سازه‌ای در کارگاه ساخته شود و زمان ساخت بیش از آن‌چه که تصور می‌کردیم طول بکشد، چه اثری روی قیمت سازه خواهد گذاشت؟

ــ قرار است کاری مشخص توسط یک کارگر صورت گیرد. اگر این کار زودتر از حد انتظار انجام گیرد، چه تصوراتی خواهید کرد؟ و اگر دیرتر از حد انتظار انجام دهد، چه تصوراتی می‌کنید؟

ــ آیا هرچه زمان انجام کار کوتاه‌تر شود همیشه مفید است؟

ــ زمان انجام کار به چه عواملی بستگی دارد؟

ــ زمان انجام کار را چگونه باید تعیین کنیم؟

ــ خلاصه این‌که زمان سنجی چیست؟ و چه اهمیتی دارد؟

بعد از این‌که نظرات هنرجویان گرفته شد و به نظرات آن‌ها جهتی در اهمیت زمان سنجی داده شد، آن‌گاه مطلب اصلی تدریس شود.

زمان‌سنجی چیست؟

زمان‌سنجی به‌صورت زیر تعریف می‌شود :

«به‌کارگیری تکنیک‌هایی که به منظور تعیین زمان لازم جهت انجام عملیاتی خاص توسط کارگر واجد شرایط و در سطح عملکرد مطلوب، طرح شده‌اند.»

فوائد زمان‌سنجی

درصورتی که زمان انجام کاری مشخص باشد می‌توان روی عوامل زیر برنامه‌ریزی نمود تا تولیدی مطلوب داشته باشیم.

- ☐ تعیین نیازمندی‌های نیروی انسانی
- ☐ برنامه‌ریزی و تولید کار
- ☐ مقایسه عملکرد واحدها و افراد
- ☐ تعیین هزینه‌ها
- ☐ تهیه مبنایی برای پرداخت حقوق
- ☐ مزد تشویقی و پاداش

چه دلائل دیگری برای انجام زمان‌سنجی می‌تواند وجود داشته باشد؟

ــ ممکن است محصول جدید با عملیات جدید نیاز به زمان استاندارد داشته باشد.

ــ ممکن است در روش انجام کار تغییراتی ایجاد شده باشد. بنابراین زمان استاندارد نیز باید مورد تجدید نظر قرار گیرد.

ــ چنان‌چه کارگران مربوط از زمان استاندارد فعلی شاکی باشند لازم است صحت و سقم این زمان به‌وسیله زمان‌سنجی مجدد معلوم گردد.

ــ بنابراین زمان‌سنجی وسیله‌ای است در دست مدیریت برای اندازه‌گیری زمان موردنیاز جهت یک عمل یا یک سری از عملیات.

با استفاده از تکنیک‌های مختلف زمان‌سنجی می‌توان،

اهمیت و مقدار زمان‌های غیر مؤثر نهفته در کل سیکل کار را مشخص نمود و به این ترتیب می‌توان در جهت حذف و یا کاهش این زمان‌ها اقدام کرد.

روش‌های عمده متداول در زمان‌سنجی

الف ــ حدس زدن (تخمین تحلیلی)

ب ــ با استفاده از انجام یک‌سری عملیات زمان سنجی

از روش تخمین در گذشته استفاده می‌شده و با توجه به آنکه در حال حاضر نیاز به دقت بیش‌تری در تعیین زمان عملیات می‌باشد، از این روش کم‌تر استفاده می‌شود. در این روش فرد زمان‌سنج فقط با نگاه کردن به عمل، زمان آن را حدس می‌زند ولی با توجه به آن‌که صرفاً با نگاه کردن به یک عمل نمی‌توان زمان دقیقی را جهت انجام آن به‌دست آورد لذا اعتبار این روش برای استفاده از آن بسیار کم می‌باشد. مگر در کارگاه‌های کوچک و کارهایی که با تعداد کم ساخته می‌شود. البته در چنین کارگاه‌هایی هم شخص زمان سنج می‌باید اطلاعات کافی درمورد چگونگی ساخت کار، تجهیزات، مواد و... داشته باشد که براساس زمان ساخت هزینه مربوط به دستمزد و مخارج عمومی کارگاه را به‌حساب آورد.

مثال: سفارش دهنده‌ای به کارگاهی مراجعه و از مدیر کارگاه قیمت کار را جویا می‌شود حال اگر مدیر کارگاه قیمت را کم‌تر از حد معقول بدهد، ضرر خواهد کرد و اگر بیش از حد معقول دهد، سفارش دهنده به این کارگاه سفارش نخواهد داد، بنابراین برای این‌که کارگاه مربوط بتواند کار جذب نماید و سوددهی هم داشته باشد باید علاوه‌بر محاسبه مواد مخارج عمومی، باید بتواند زمان ساخت را به‌صورت صحیح و دقیق تخمین بزند تا از روی این زمان هزینه مربوط به دستمزدها را هم برآورد نماید.

البته در این روش می‌توان از تخمین مقایسه‌ای هم کمک گرفت. درصورتی که مدیر مربوطه با تجربه و با سابقه باشد از روی کارهای گذشته، کار جدید را زمان‌سنجی نماید.

اما امروزه که زمان ارزش بسیار زیادی در کارخانجات و کارگاه‌های تولیدی دارد باید از هر لحظه زمان استفاده نمود، تا بتوان در بازار جایگاهی مناسب داشت و برای تعیین زمان انجام کار روش‌هایی وجود دارد که خلاصه آن‌ها به‌شرح زیر است.

الف ــ روش‌های مشاهده مستقیم

Direct Observation Methods

شامل :

۱ــ زمان‌سنجی با کرونومتر

Stop Watch Studies

۲ــ نمونه‌برداری از کار

Activity Sampling (Work Sampling)

ب ــ روش‌های ترکیبی

Synthetic Methods

شامل :

۱ــ استفاده از اطلاعات استاندارد

Using Standard Data

۲ــ استفاده از زمان‌های از قبل تعیین شده برای حرکت

Predetermined Motion Time System (P.M.T.S)

در هر روش برای اینکه زمانی دقیق‌تر داشته باشیم. می‌بایست یک کار را به اجراء کوچک کاری تقسیم نمود و زمان‌های هر مرحله را با هم جمع نمود تا زمان کل عملیات بدست آید.

چرا باید کار را به جزء کوچک کاری تقسیم کرد

۱ــ برای اطمینان از این که کار مفید (زمان مؤثر) از کار غیرمفید (زمان غیرمؤثر) جدا شده باشد.

۲ــ برای این‌که ضریب عملکرد تعیین شده دقیق‌تر از ضریبی باشد که با توجه به سیکل کامل تعیین می‌کنیم چون با تقسیم سیکل کار به جزء کوچک هر جزء ضریب عملکرد خاص خود را خواهد داشت (درمورد ضریب عملکرد توضیح داده خواهد شد).

۳ــ برای تعیین و تشخیص اجزائی که مستلزم خستگی و زحمت زیاد می‌باشند. زیرا به این ترتیب می‌توانیم زمان استاندارد را دقیق‌تر تعیین کنیم و در جهت حذف و یا کاهش این عوامل اقدام کنیم.

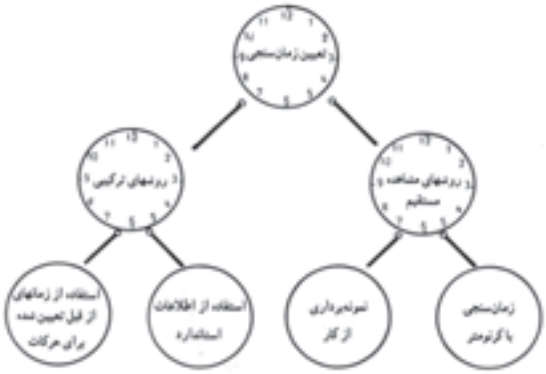
۴ــ برای فراهم نمودن امکان تعیین زمان استاندارد برای اجزای تکراری کار

۵ــ برای تشخیص دقیق‌تر مشخصات جزء به جزء کار

۳ـ نقش زمان انجام کار را در هزینهٔ تولید بیان کنید.
۴ـ اصول تعیین زمان انجام کار بر چه پایه‌هایی است؟
۵ـ روش حدس زدن را در زمان انجام کار توضیح دهید.
۶ـ چه عواملی در روش حدس زدن برای تعیین زمان انجام کار مؤثرند؟
۷ـ به چه دلیل روش حدس زدن نمی‌تواند همیشه در تعیین زمان انجام کار مؤثر باشد؟
۸ـ زمان سنجی را تعریف کنید.

۳ـ۵ـ روشهای مشاهده مستقیم

برای سنجش زمان چهار روش معمول و متداول است (شکل ۴ـ ۵) که آنها را می توان در دو گروه خلاصه کرد.



شکل ۴ـ ۵ـ روشهای زمان‌سنجی

روشهای مشاهده مستقیم مستلزم دیدن کار در حین انجام آن می باشد، اما در روشهای ترکیبی، زمان سنجی بدون مشاهده کار انجام می گیرد. باید توجه داشت که در صورت استفاده از

تعیین زمان انجام کار

۸ـ ضریب عملکرد

ضریب عملکرد مقیاسی از صفر تا ۱۰۰ است. صفر برای عدم انجام هرگونه کار و ۱۰۰ نشان دهندهٔ سرعت طبیعی انجام کار است. برای سرعتهای بیش از حد معمول عددی بیش از عدد ۱۰۰ قرار می‌دهیم؛ به طوری که وقتی کاری را مشاهده می‌کنیم؛ سرعت انجام آن را برحسب یکی از شماره های این مقیاس، یعنی اگر سرعت خیلی کم باشد حدود ۵۰ و سرعت اگر بیش از حد معمول باشد حدود ۱۲۵ تعیین می کنیم.

برای نتیجه گیری بهتر از این روش باید شخص زمان سنج، این اطلاعات را دارا بوده توانائی برقراری ارتباط صحیح را داشته باشد.

۱ـ باید روش کار ماشین را بداند؛
۲ـ باید طریق انجام کار را بداند؛
۳ـ از درجه مهارت کارگران اطلاع کامل داشته باشد؛
۴ـ نظریات و تفکرات کارگران را بداند؛
۵ـ وضعیت محیط کار و درجه کیفیت کار را بداند.

و شخص زمان سنج باید بداند که یک عملیات از چند فعالیت مختلف صورت می گیرد و هر کار را به اجزای کوچکتر تقسیم نموده برای هر جزء کوچک ضریب عملکردی را تعین کند و با توجه به یکاریهای مجاز هر زمان را جداگانه مشخص نماید. سرانجام، زمانهای هر مرحله از ساخت را مانند: اره، رنده، اتصالات، فرزکاری، مونتاژ و غیره را که به طور جداگانه به دست آورده است، با هم ترکیب کند و زمان اصلی انجام یک کار را به دست آورد.

برای محاسبه زمان انجام کار سازمان رفاه (مجمع مطالعه کار) روشی را تعیین نموده، به طوری که زمان هر مرحله را به اجزای کوچکتری تقسیم می کنیم (شکل ۶ـ۵). اینک به شرح هریک از زمانها می‌پردازیم.

سازمان کل تجهیز (tz): زمان کل تجهیز-زمانی است که ابتدا برای آماده کردن قبل از شروع کار و پس از پایان کار برای جمع و جور کردن محیط کار لازم است؛ مثلاً نقشه خوانی، مذاکره با سرپرست قسمت، تنظیم ماشین، فراهم کردن قطعات ماشینی و امثال آن، و پس از انجام کار، تعمیر ماشینی به حالت اولیه، زمان تجهیز از دو زمان یعنی زمان اصلی تجهیز و زمان جزء تجهیز به دست می آید.

سازمان اصلی تجهیز (trg): این زمان صرف تدارک و تنظیم ماشین و ابزار خواهد شد؛ مثلاً تنظیم گونیاها برای افزار زدن یا تنظیم مرغکهای خراطی، تنظیم دستگاه گندگی مطابق شکل

هر یک از روشهای مذکور برای زمان سنجی، روش انجام کار، وضعیت انجام کار و غیره باید کاملاً مشخص باشد.

۱ـ۳ـ۵ ـ سازمان سنجی با کرونومتر: این سنجش با روشی ساده برای تعیین زمان انجام کار صورت می گیرد؛ یعنی کار و اندازه‌گیری زمان انجام آن به وسیله ساعت انجام می گیرد. اگر بخواهیم زمان اندازه‌گیری شده دقیق باشد از کرونومتر مطابق شکل (۵ـ۵) استفاده می کنیم. این

شکل ۵ـ ۵ـ کرونومتر

کار مبنای یکی از روشهای تعیین زمان استاندارد است که برای رسیدن به یک نتیجه مطلوب باید مسائل دیگری را درنظر گرفت. از جمله این که زمان صحیح زمانی است که از میانگین چند زمان به دست آمده باشد؛ بنابراین زمان هر عمل را در چند بار ثبت نموده از آنها میانگین می گیریم و از طرفی، کاری را که چند بار در حین عمل مشاهده کرده با کرونومتر زمان‌سنجی می کنیم. احتمالاً زمانهای هر دفعه ممکن است با توجه به سرعت عمل کارگر با یکدیگر تفاوت بسیاری داشته باشد؛ زیرا هنگامی که کارگر سریع کار می کند زمان کوتاهتر از هنگامی است که آرام کار می کند. به ناچار ما برای تعیین زمان ـ که نشان دهندهٔ سرعت طبیعی انجام کار است ـ باید تعدیل در زمان مشاهده داشته باشیم و این تعدیل را به وسیلهٔ ضریبی به نام «ضریب عملکرد» انجام می‌دهیم و از این رابطه برای به دست آوردن زمان نرمال استفاده می کنیم:

$$T = \frac{\sum n}{n} \times \frac{A}{100}$$

در صورتی که فقط یک مشاهده داشته باشیم:

$$T = n \times \frac{A}{100}$$

T: زمان نرمال
$\sum n$: مجموع زمانهای اندازه‌گیری شده یک عمل
n: تعداد دفعات اندازه‌گیری

۲۷

شکل ۶ـ ۵ـ قسمتهای مختلف زمان انجام کار

(۷ـ ۵) و غیره.

سازمان جزء تجهیز (tzn): این زمان بیشتر برای مسائل پیش‌بینی‌ناپذیر صرف می‌شود که در هنگام تجهیز پیش می‌آید و می‌توان گفت که این زمان تا حدودی به شخص کارگر بستگی دارد، مثلاً یک کارگر ورزیده و کارآمد زمان کمتری برای نقشه‌خوانی نیاز داشته ممکن است که برای ساخت قطعه کار نیازی به مذاکره با سرپرست قسمت برای راهنمایی نداشته باشد.

سازمان انجام کار برای چند قطعه مشابه بدون درنظر گرفتن زمان تجهیز (tn): این زمان صرف ساختن چند قطعه متشابهی خواهد شد که زمان تجهیز برای آنها مقدار معینی است؛ چون

تقریباً زمان تجهیز برای ساختن چند **قطعه** کار مشابه مقدار ثابتی است.) مثلاً زمان رنگ باشی چند **قطعهٔ** مشابه برابر است با حاصل ضرب زمان محاسبه شده یک **قطعه** در تعداد آنها تا زمان انجام کار برای چند **قطعه** مشابه به دست آید.

ـ **تعداد قطعات مشابه** (n): تعداد **قطعات** مشابهی است که عملیات روی آنها به وسیله یک ماشین صورت می‌گیرد.

ـ **زمان کار برای هر قطعه** (tz): زمانی که برای هر **قطعه** صرف می‌شود. شامل دو قسمت زمان جزء و زمان مبنا خواهد بود که در این‌جا به شرح آنها می‌پردازیم:

شکل ۷ـ ۸ـ تنظیم دستگاه گندگی

ـ **زمان جزء** (tv): زمانی است که برخلاف مبنا کارگر بدون پیش‌بینی صرف می‌شود. مثل روغنکاری، تعویض یا تیز کردن تیغه‌ها، رفع احتیاجات شخصی و غیره.

ـ **زمان مبنا** (tg): زمان مبنا نیز به دو قسمت زمان اصلی انجام کار و زمان فرعی تقسیم می‌شود:

ـ **زمان فرعی** (tn): زمانی است که بدون پیشرفت مستقیم برای انجام کار لازم است؛ مانند: اندازه‌گیری و کنترل **قطعه** کار، جابه‌جا کردن **قطعه** کار، مانند باندکردن و روی دستگاه قرار دادن و به عکس (شکل ۸ـ۵). در هنگام کم کنی زمان بستن هر **قطعه** روی دستگاه و باز کردن آن.

تعیین زمان انجام کار

ـ عملیات به وسیلهٔ دستگاه مته شکل (۹ـ۵) با دسته‌های اهرمی با کارگر مربوط صورت می‌گیرد.

شکل ۹ـ ۵

ـ زمانهای ارائه شده با کرنومتر برای ۱۰ نمونه انجام گردیده و میانگین هر مرحله به این صورت گزارش شده است.

ـ هر پایه چهار عدد فاق لازم دارد و برای هر فاق یک بار پایه **قطعه** کار روی دستگاه پست شود.

ـ زمان اصلی تجهیز (tzg) با تنظیم دستگاه ۸ دقیقه؛

ـ زمان جزء تجهیز (tzv) ۱۰ درصد زمان اصلی تجهیز؛

ـ زمان اصلی انجام کار (th) صرفاً عمل ایجاد یک فاق، ۱۰ ثانیه با ضریب عملکرد ۹۰٪

ـ زمان فرعی (tn) تنظیم هر بار **قطعه** کار برای عمل یک فاق ۱۰ ثانیه با ضریب عملکرد ۷۰٪

ـ زمان جزء (tv) زمان غیر پیش‌بینی یا بیکاری مجاز هر ۱۰ عدد پایه ۱ دقیقه.

$$\left.\begin{array}{l} tzg = 8\,min \\ tzv = 8 \times \frac{10}{100} = 0/8\,min \end{array}\right\} \Rightarrow tz = tzg + tzv = 8 + 0/8 = 8/8\,min$$

شکل ۸ـ ۸ـ مراحل حرکت برای گندگی کردن قطعات

ـ **زمان اصلی انجام کار** (th): زمانی است که منحصراً عملیات مربوطه انجام می‌شود (بدون درنظر گرفتن کلیه زمانهای اضافی و فرعی و غیره).

به طور خلاصه با توجه به مطالب یاد شده می‌توان گفت: تعیین زمان استاندارد به روش زمان سنجی با کرنومتر در چهار مرحله انجام می گیرد:

۱ـ تقسیم کار به اجزای کوچک؛

۲ـ تعیین زمان هر جزء با توجه به ضریب عملکرد مربوط به آن؛

۳ـ تبدیل زمان مشاهده‌ای هر جزء به زمان نرمال؛

۴ـ جمع کردن زمان نرمال اجزای مختلف کار و اضافه کردن بیکاریهای مجاز به آنها.

مثال:

زمان نرمال عملیات فاق‌زنی ۴۰۰ پایه متعلق به ۱۰۰ عدد میز عسلی را به دست آورید؛ در صورتی که:

۲۷

جلسه بیست و هفتم

برنامه زمان‌بندی جلسه بیست و هفتم		
۱	آماده نمودن کلاس	۵
۲	حل تمرین‌های صفحه‌های ۸۲، ۸۳ و۸۴	۲۰
۳	تدریس زمان‌سنجی با کرنومتر، ضریب عملکرد و تقسیمات زمان انجام کار	۵۰
۴	حل مثال نمونه	۱۵

حل تمرین‌های صفحه ۸۲

حل تمرین ۱:

$$۲+۲+۳+۵+۳+۴+۲=۲۱\,(h)$$

$$۲۱\times ۰/۳۰=۶/۳(h)$$

$$۲۱+۶/۳=۲۷/۳h=۲۷:۱۸'$$

حل تمرین ۲:

$$۶+۱۰+۱۲+۴+۳+۵=۴۰\,(h)$$

$$۴۰\times ۰/۳۰=۱۲\,(h)$$

$$۴۰+۱۲=۵۲\,(h)$$

جواب سؤال ۳:

بخشی از هزینه تولید مربوط به دستمزد نیروی انسانی است و بستگی به زمانی دارد که روی سازه کار شده است که می‌توان میزان آن را از روی زمان انجام کار تعیین نمود. ازطرفی دیگر، زمان انجام کار می‌تواند مبنای پرداخت حقوق، مزد تشویقی و پاداش را تعیین نماید.

جواب سؤال ۴:

ــ مشخص بودن روش انجام کار، تجهیزات مشخص و استاندارد و مواد اولیه قابل قبول

ــ شرایط محیط کار مناسب و کارگر کارآزموده

جواب سؤال ۵:

شخص زمان‌سنج با نگاه کردن به کار بتواند زمان انجام آن‌را تخمین بزند.

جواب سؤال ۶:

چگونگی روش انجام کار، توانایی و تجربه کاری و تجهیزات و وسایل مورد استفاده، وضعیت محل کار و مواد اولیه مورد مصرف و نظایر آن.

جواب سؤال ۷:

چون روش تخمین براساس نظرات افراد صورت می‌گیرد و لازمه آن داشتن اطلاعات کافی همه‌جانبه است و افراد مختلف ممکن است دقیقاً این ویژگی‌ها را نداشته باشند، همیشه زمان انجام کار دقیق نخواهد بود.

جواب سؤال ۸:

عبارت است از تعیین زمان انجام عملیات برای کارگر کارآزموده، به‌گونه‌ای که بتواند کار را در سطح عملکرد مطلوب و مشخص انجام داده و در نهایت زمان کل عملیات برای تولید انبوه قطعات را تعیین کند.

زمان‌سنجی با کرنومتر

دستگاه کرنومتر: معمولاً از دو نوع ساعت در زمان‌سنجی استفاده می‌گردد :

۱ــ ساعت‌های خاص زمان‌سنجی پیوسته

۲ــ ساعت‌های خاص، جهت زمان‌سنجی عناصر به‌صورت جداگانه

این ساعت‌ها معمولاً به یکی از سه صورت زیر درجه‌بندی شده‌اند :

۱ــ هر دور ساعت یک دقیقه و فواصل زمانی (خطوط مدرج کوچک) $\frac{۱}{۵}$ ثانیه را نشان می‌دهند و با عقربه‌های کوچک تا ۳۰ دقیقه قابل زمان‌سنجی است.

۲ــ هر دور، یک دقیقه و فواصل زمانی $\frac{۱}{۱۰۰}$ دقیقه می‌باشد و با عقربه کوچک تا ۳۰ دقیقه قابل زمان‌سنجی است.

۳ــ هر دور $\frac{۱}{۱۰۰}$ ساعت و درجه‌بندی براساس $\frac{۱}{۱۰۰۰۰}$ ساعت می‌باشد و عقربه کوچک تا یک ساعت را نشان می‌دهد.

البته درجه‌بندی‌های دیگری نیز وجود دارد و ازنظر طرز کار به فرم‌های مختلف وجود دارد ازجمله :

ساعت‌های با بازگشت به صفر: امروزه معمولاً از ساعت‌های بازگشت به صفر برحسب صدم دقیقه استفاده می‌شود هر $\frac{۱}{۳۰}$ گردش در دایره کوچک معادل یک گردش در دایره بزرگ است. در این نوع ساعت، حرکت توسط دکمه پهلوی ساعت شروع و متوقف می‌گردد. فشار حاصل بر دکمه کوک (بالای سرعت) باعث می‌شود که عقربه‌های کوچک و بزرگ بدون توقف به صفر بازگشت نمایند و از آن نقطه بلافاصله به جلو حرکت کنند. اگر از دکمه پهلویی ساعت استفاده شود عقربه‌ها در هریک از نقاط بدون آن‌که به صفر بازگشت نمایند می‌ایستند. این نوع ساعت جهت زمان‌بندی جمعی نیز قابل استفاده است.

ساعت‌های بدون بازگشت به صفر: با دکمه کوک (بالای ساعت) در فشار اول، عقربه شروع به کار نموده و پس از انجام مراحل زمان‌سنجی و در خاتمه کار با فشار دوم متوقف می‌شود و فشار سوم عقربه‌ها را به صفر باز می‌گرداند. این ساعت فقط جهت زمان بندی جمعی مناسب است.

ساعت‌های با عقربه‌های جدا: فشار وارد بر یک دکمه ثانوی سبب می‌شود که یکی از عقربه‌ها، در حالی‌که دیگری مشغول اندازه‌گیری زمان می‌باشد متوقف شود. فشار دوم باعث می‌شود که عقربه متوقف شده به عقربه درحال حرکت برسد و با هم شروع به حرکت نمایند. در این روش عقربه متوقف خوانده می‌شود نه عقربه متحرک، لذا این ساعت از دقت خوبی برخوردار است.

ضمناً در خواندن نیز ساده‌تر ولی از لحاظ وزنی سنگین‌تر و ازلحاظ قیمت گران‌تر می‌باشد و به علت میزان پیچیدگی درونی آن تعمیرات آن تا حدی مشکل است.

با تقریب خوبی می‌توان گفت که رایج‌ترین و بهترین نوع ساعت زمان‌سنجی نوع بازگشت به صفر با فواصل $\frac{۱}{۱۰۰}$ دقیقه و دایره کوچک ۳۰ دقیقه می‌باشد.

ساعت‌های دیجیتالی: این نوع ساعت‌ها معمولاً زمان را برحسب ساعت، دقیقه، ثانیه و صدم ثانیه نشان می‌دهند. این نوع ساعت‌ها برای زمان‌سنجی عناصر به‌کار می‌روند. این امر با استفاده از فازهای LAP و SPLIT که در مکانیزم این ساعت‌ها قرار داده شده است امکان‌پذیر است. این نوع ساعت‌ها متنوع بوده و هریک دارای قابلیت‌های گوناگون دیگر نیز می‌باشند.

روش کار زمان‌سنجی با کرنومتر: عملیاتی را که قرار است زمان‌سنجی شود ابتدا به اجزای کوچک‌تر تقسیم می‌کنیم، با درنظر گرفتن شرایط محیط، تجهیزات و مواد از یک کارگر کار آزموده با سرعت عمل متوسط استفاده نموده تا عملیات را انجام دهد و با ساعت کرنومتر زمان انجام کار را ثبت می‌نماییم. البته لازم است با استفاده از ضریب عملکرد زمان انجام کار کارگر مربوطه را استاندارد نمود.

برای دقت بیشتر عملیات فوق را در چند مرحله انجام داده، سپس میانگین به‌دست می‌آوریم. آن‌گاه با احتساب زمان‌های مجاز بیکاری و مجموع زمان‌ها، زمان انجام عملیات به‌دست می‌آید. برای نتیجه‌گیری بهتر، شخص زمان‌سنج باید دارای اطلاعات زیر باشد.

- ــ روش کار ماشین را بداند.
- ــ طریقه انجام کار را بداند.
- ــ از درجه مهارت کارگران اطلاع کامل داشته باشد.
- ــ نظرات و تفکرات کارگران را بداند.
- ــ وضعیت محیط کار و درجه کیفیت کار را بداند.

تعیین ضریب عملکرد (Performance rating)

ضریب عملکرد یکی از بحث‌انگیزترین جنبه‌های مطالعه کار می‌باشد لیکن جنبه‌ایست که هرگز نباید فراموش شود، تعیین ضریب عملکرد به شرح زیر تعریف می‌شود :

«قضاوت زمان‌سنجی درمورد میزان سرعت و کارآیی اپراتور در انجام یک جزء یا اجزای کار که این قضاوت با توجه به تصور کلی زمان‌سنج از ضریب عملکرد طبیعی انجام می‌شود.»

در طول مطالعه و تعیین ضریب عملکرد برای هریک از اجزای کاری، عوامل خارج از کنترل و عوامل تحت کنترل کارگر، هر دو باید درنظر گرفته شوند.

ـ عوامل تحت کنترل کارگر

الف) تغییر در الگوی حرکات لازم برای انجام کار

ب) تغییر در سرعت انجام کار

ج) تغییرات ناشی از مهارت‌های کارگر

د) تغییرات ناشی از نقطه نظرات ذهنی کارگر

ـ عوامل خارج از کنترل کارگر

الف) تغییر در کیفیت مواد اولیه مورد استفاده

ب) تغییر در بازدهی ابزارها و تجهیزات

ج) تغییر در شرایط محیط کار مانند، نور، درجه حرارت و غیره

ضریب عملکرد طبیعی

اکثر متصدیان مطالعه در هنگام ارزیابی نحوه انجام عملیات از مقیاس (۱۰۰ـ۰) استفاده می‌کنند.

به‌طوری که صفر نشان‌دهنده عدم انجام هرگونه کار و ۱۰۰ نشان‌دهنده سرعت طبیعی انجام کار می‌باشد. پس نتیجه می‌گیریم که برای سرعت کم از اعداد کوچکتر از صد و برای سرعت زیاد کار از اعداد بالای صد استفاده می‌کنیم و می‌توان سرعت کار طبیعی را به‌صورت زیر توصیف کرد :

«سرعت متوسطی که کارگر واجد شرایط به‌طور طبیعی با آن سرعت کار خواهد کرد، به‌شرطی که نسبت به روش تعیین شده آگاه و موافق بوده و نیز به کارش علاقه‌مند باشد.»

و برای به‌دست آوردن زمان نرمال می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود.

$$\text{زمان نرمال} = \text{زمان مشاهده شده} \times \frac{\text{ضریب عملکرد مشاهده شده}}{\text{ضریب عملکرد طبیعی (۱۰۰)}}$$

مثال: اگر زمان مشاهده شده ۲۵ ثانیه و ضریب عملکرد ۸۰ درنظر گرفته شود، زمان نرمال چقدر خواهد بود؟

$$T = ۲۵ \times \frac{۸۰}{۱۰۰} = ۲۰(s)$$

تعیین ضریب عملکرد نقش مهمی در به‌دست آوردن زمان‌های استاندارد ایفا می‌نماید. بنابراین متصدی مطالعه کار پیوسته به دنبال بررسی ضریب‌های عملکرد حفظ صحت و دقت آن‌ها می‌باشد.

زمان استاندارد: هنگام برنامه‌ریزی تولید سعی در هماهنگ کردن دو عامل داریم. از یک طرف توانایی‌هایی که ما برای انجام کار داریم (ماشین‌آلات و نیروی انسانی) و از طرف دیگر تقاضا برای آن کار (تقاضا برای محصولاتی که قرار است تولید شوند.) برای تعیین مقدار کاری که با نیروی انسانی ماشین‌آلات موجود می‌توانیم انجام دهیم و یا تعیین میزان کاری که در طول ساخت یک محصول باید انجام شود. ما نیازمند به ملاک‌هایی برای ارزیابی می‌باشیم. زمان استاندارد ما را به این ملاک‌ها مجهز می‌کند.

زمان استاندارد به این ترتیب تعریف می‌شود : «زمانی که کل کار باید طی آن با کارایی استاندارد انجام شود». این تعریف کمکی نخواهد کرد مگر این‌که، بدانیم که شامل چه چیزهایی است و منظور از کارآیی استاندارد چیست؟ اگر مطالعه روش به‌طور صحیحی انجام شده باشد هرکاری بر مبنای :

۱ـ روش کار

۲ـ تجهیزات و مواد اولیه مورد استفاده

۳ـ شرایط محل کار

تعریف خواهد شد.

کارآیی استاندارد به این ترتیب تعریف می‌شود. «بازدهی که یک کارگر واجد شرایط به‌عنوان کار معمولی یک شیفت، به‌طور طبیعی و بدون کوشش بیش از حد بدان دست یابد، به‌شرط این‌که وی نسبت به روش موجود آگاه و با آن موافق بوده و کار را با علاقه انجام دهد.»

بدین‌ترتیب زمان استاندارد انجام یک کار برابر کل زمان لازم برای انجام آن توسط یک کارگر واجد شرایط و تحت شرایط معقول و طبیعی می‌باشد. البته در عمل، زمان لازم برای کار توسط کارگران کمی تغییر می‌کند و بنابراین ما زمان استاندارد را تنها به‌عنوان یک تخمین خوب نگاه می‌کنیم.

همه ما هر روز که به محل کار می رویم به‌صورت ناخودآگاه از این ایده (زمان استاندارد) استفاده می‌کنیم. برای مثال، مسافتی که هر روز طی می‌کنیم گرچه همیشه به یک اندازه وقت نمی‌گیرد و گاهی مسایل غیرمنتظره‌ای پیش می‌آیند، اما اگر از ما بپرسند که

طی کردن این مسافت چه‌قدر طول می‌کشد ما قادر به ارائه تخمینی برای شرایط طبیعی خواهیم بود.

اگر ما زمان استانداردی برای رفتنمان به محل کار ارایه دهیم، احتمالاً تمام این زمان متعلق به حرکت نخواهد بود، ما باید مقداری زمان برای استراحت و حوادث احتمالی به‌حساب بیاوریم. به یاد داشته باشیدکه ما کارآیی استاندارد را به‌عنوان بازدهی که «به‌طور طبیعی ... در طول روز یا شیفت حاصل شود» تعریف کردیم.

بدیهی است که حتی یک کارگر (تیزدست) هم برای نفس تازه کردن و رفتن به دستشویی دست از کار می کشد. این مسئله وقفه‌ای در کار ایجاد می‌کند که از کنترل خارج است (مثل چراغ قرمز در مورد مثال بالا). به هرحال باید توجه داشت که این‌گونه موارد جزیی، کارهای روزانه را تشکیل می‌دهند که باید درنظر گرفته شوند. به همین دلیل زمان استاندارد را درعمل به دو قسمت تجزیه می‌کنند.

۱ــ *زمان نرمال:* زمانی که یک اپراتور با مهارت متوسط در شرایط نرمال برای انجام کار موردنظر، صرف می‌کند.

۲ــ *زمان بیکاری‌های مجاز:* زمانی که برای استراحت معقول اپراتور و نیز حوادث احتمالی درنظر گرفته می‌شود. این زمان معمولاً به‌صورت درصدی از زمان نرمال بیان می‌شود.

از جمع در زمان فوق زمان استاندارد برای انجام کار به‌دست می‌آید. این زمان معمولاً برحسب ساعت یا دقیقه بیان می‌گردد.

زمان انجام کار یکسری عملیات

با یک مثال شروع می‌کنیم. مثلاً قرار است لبه صد صفحه میز را افزار بزنیم و می‌خواهیم زمان انجام این کار را محاسبه نماییم.

اول باید بدانیم این عملیات از چند جزء زمانی تشکیل شده است.

مثلاً : نقشه‌خوانی، تنظیم دستگاه، انتقال قطعه کار به روی دستگاه، افزار زدن، برگشت قطعه کار از روی دستگاه به روی میز کار و ... .

سپس با داشتن زمان‌های هر جزء که قبلاً زمان سنجی شده است، می‌توانیم از روی نمودار صفحه ۷۸ کتاب، زمان انجام کار یکسری عملیات را محاسبه نماییم.

از آن‌جایی که تعاریف زمان‌های فوق به‌طور دقیق در کتاب آمده است، در این‌جا از ذکر آن تعاریف خودداری می‌شود، که می‌بایست تعاریف فوق را به‌طور کاملاً مشخص برای هنرجویان توضیح داد.

مثال: می‌خواهیم زمان انجام افزارزنی لبه‌های صد عدد صفحه میز عسلی را که به‌صورت زیر زمان‌سنجی شده است به‌دست آوریم.

ــ زمان اصلی تجهیز ۱۲ دقیقه، زمان جزء تجهیز ۴۰ درصد زمان اصلی تجهیز، زمان اصلی یا نرمال انجام کار ۴۵ ثانیه، زمان فرعی ۳۰ درصد زمان اصلی انجام کار و زمان جزء (بیکاری مجاز) ۲۰ درصد زمان مبنا.

حل:

زمان جزء تجهیز+ زمان اصلی تجهیز= زمان کل تجهیز

$= ۱۲ + (۱۲ \times ۰/۴۰) = ۱۶/۸ \min = ۱۰۰۸(s)$

زمان فرعی+ زمان اصلی انجام کار = زمان مبنا

$= ۴۵ + (۴۵ \times ۰/۳۰) = ۵۸/۵(s)$

زمان جزء+ زمان مبناء = زمان کار یک قطعه

$= ۵۸/۵ + (۵۸/۵ \times ۰/۲۰) = ۷۰/۲(s)$

زمان کار یک قطعه= زمان انجام کار چند قطعه مشابه

$\times$ تعداد $= ۷۰/۲ \times ۱۰۰ = ۷۰۲۰(s)$

زمان انجام کار چند قطعه مشابه = زمان کل انجام کار

$= ۸۰۲۸(s) = ۷۰۲۰ + ۱۰۰۸ =$ زمان کل تجهیز+

۲:۱۳:۴۸

$$th=\frac{10}{60}\times\frac{90}{100}\times2=0/6\,min$$
$$tm=\frac{10}{60}\times\frac{95}{100}\times2=0/95\,min$$
$$\Rightarrow tg=th+tm=0/6+0/95=1/07\,min$$

$$tv=1+1=2\,min \Rightarrow te=tg+tv=1/07+2=3/07\,min$$

$$ta=n\times te \Rightarrow ta=200\times3/07=614\,min$$

$$T=ta+tr \Rightarrow T=614+8=622\,min$$

$$T=622/60=10/36\ \text{یا}\ 10h\ \text{و}\ 22\,min$$

تمرین

۱ـ زمان انجام کار برای رنگپاشی ۲۰ عدد قاب عکس مشابه را تعیین کنید؛ درصورتی که زمان انجام کار یک قطعه (te) ۱۰ دقیقه و زمان کل تجهیز (tr) ۲۵ دقیقه باشد.

۲ـ زمان آماده نمودن دستگاه مته‌کاری برای روبه کنوی کف صندلی را تعیین کنید، درصورتی که زمان اصلی تجهیز ۲۰ دقیقه و زمان جزء تجهیز ۲۰ درصد زمان اصلی تجهیز باشد.

۳ـ زمان تجهیز برای مونتاژ کردن صندلیهایی که قطعات آنها از قبل تهیه شده است، در این جا گزارش نشده: زمان اصلی تجهیز، زمان جزء تجهیز و زمان کل تجهیز را تعیین کنید.

تحویل وسایل دستی از انبار: ۱۰ دقیقه. تنظیم گیره‌های پنوماتیک: ۱۵ دقیقه. مطالعهٔ نقشه کار: ۸ دقیقه. هماهنگی با سرپرست کارگاه: ۷ دقیقه. هماهنگ و آماده نمودن قطعه کار: ۱۶ دقیقه.

۴ـ برای رنگ کردن یک قفسه کتاب لازم است تمام سطوح (دوطرفه) آن با دست سنباده و پرداخت شود. اگر این قفسه از ۵ طبقه به ابعاد ۹۰×۲۵ سانتیمتر و دو بدنه به ابعاد ۲۲۰×۲۵ سانتیمتر تشکیل شده باشد و برای هر مترمربع ۸ دقیقه صرفاً زمان پرداخت لازم باشد. زمان اصلی انجام کار سنباده زدن این قفسه کتاب را به دست آورید و درصورتی که ضریب عملکرد ۱۱۰ درنظر گرفته شود زمان زمال را تعیین کنید.

۵ـ برای رنده نمودن ۵۰ قطعه تخته به ابعاد ۱۲۰×۱۵ سانتیمتر به وسیله دستگاه گندگی که پیشرو کار دستگاه ۵ متر بر دقیقه باشد، زمان اصلی انجام کار را تعیین نمایید.

۶ـ برای زبانه زدن ۴۰ عدد قید صندلی، زمان فرعی، زمان اصلی و زمان مبنا را محاسبه کنید؛ درصورتی که زمان برداشتن و روی دستگاه قرار دادن هر قطعه ۴ ثانیه، زمان زبانه زدن هر قطعه ۲ ثانیه، زمان انتقال از دستگاه به میز کار برای هر قطعه ۳ ثانیه باشد.

تعیین زمان انجام کار

۲ـ ۳ـ ۵ـ زمان سنجی به وسیلهٔ نمونه برداری از کار: زمان سنجی با کرنومتر در بعضی از کارها مناسب نیست، زیرا برای زمان‌سنجی با کرنومتر به مشاهده کننده ماهری نیازمندیم؛ به ویژه بعضی از کارها به مشاهدهٔ پیوسته به مدت زیادی احتیاج دارند که باعث خستگی و اتلاف وقت زیادی می شود. یکی از روشهای مشاهده‌ای به نام «نمونه‌برداری از کار» دارای مزیتی است که احتیاج به مشاهده پیوسته ندارد، از کرنومتر استفاده نمی شود و مشاهده کننده کم تجربه نیز می‌تواند آن را انجام دهد.

در این روش ما از مشاهداتی که به صورت تصادفی در یک بروه انجام می‌دهیم برای تعیین چگونگی زمان انجام کار استفاده می کنیم؛ بنابراین، اگر بخواهیم مقداری از وقت کارگر را تعیین کنیم که مصرف کار با ماشین یا صرف کارهای دیگر می شود، از قبیل آماده‌سازی ماشین یا گرفتن ابزار از انبار، در طول چند روز چند مرتبه کارهایی را که وی انجام می دهد مشاهده کرده، انتظار داریم که نسبت هریک از فعالیتها در نمونه‌های تصادفی مشاهده شده؛ همچنین برای تعیین نسبت آنها در تمام طول روز، راهنما باشد. همچنین هرچه مشاهدات بیشتر باشد نتایج به دست آمده مطمئن‌تر بوده راهنمای بهتری برای تعیین زمان انجام فعالیتهای مختلف در تمام طول روز به شمار می‌آید. این روش زمان‌سنجی را می توان برای انواع مختلف فعالیتها به کار برد؛ به علاوه برای ارزیابی بین گروههای مختلف کارگران، همچنین ارزیابی بین ماشین‌آلات و درنتیجه انتخاب صحیح کارگر یا ماشین‌آلات مناسب می توان به کار برد.

۷ـ اگر برای نصب کابینت با پیچ و رول بلاک، زمان اصلی سوراخ کاری و محکم کردن هر پیچ ۳۵ ثانیه و زمان فرعی ۷۰ ثانیه و زمان جزء ۹۰ درصد زمان مبنا باشد، درصورتی که کابینت به وسیله ۱۰ پیچ محکم شود زمان انجام کار نصب کابینت را محاسبه کنید.

۸ـ زمان انجام کاری را که برای ساخت ۱۰ قطعه به کار می رود، محاسبه کنید؛ درصورتی که زمانهای ساخت یک قطعه بدین شرح باشد:

الف) زمان اصلی تجهیز ۱۵ دقیقه. ب) زمان اصلی انجام کار ۱۰ دقیقه.

ج) زمان فرعی انجام کار ۶ دقیقه. د) زمان جزئی تجهیز ۳ دقیقه.

هـ) زمان جزء ۵ دقیقه.

۹ـ الوارهایی به طول ۲/۵ متر موجود است. اگر بخواهیم به هر الوار ۵ برش طولی بزنیم؛ درصورتی که سرعت پیشرو کار ۵ متر بر دقیقه باشد، با توجه به زمانهای گزارش نشده زمان برش ۱۵ عدد الوار را محاسبه کنید:

الف) زمان تنظیم دستگاه (زمان اصلی تجهیز) ۵ دقیقه.

ب) زمان جزئی تجهیز ۱۰ درصد زمان اصلی تجهیز.

ج) زمان تلف نشده بین هر برش طولی ۸ ثانیه و زمان تلف نشده بین هر الوار ۳ دقیقه (زمان فرعی انجام کار).

د) ۱۰ درصد زمان اصلی انجام کار برای زمانی که نمی‌توان پیش‌بینی کرد (زمان جزء).

۱۰ـ به وسیله دستگاه اور فرزی قرار است قطعاتی مانند اشکال (۱۰ـ ۵ و ۱۱ـ ۵) تهیه شود. زمان تهیه ۱۰۰۰ عدد از این نوع قطعه را محاسبه کنید؛ درصورتی که:

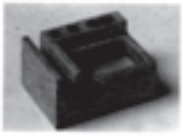
الف) زمان تنظیم دستگاه (زمان اصلی تجهیز) ۲۰ دقیقه.

ب) زمان جزئی تجهیز ۱۰ درصد زمان اصلی تجهیز.

ج) زمان قرار دادن و برداشتن هر قطعه از روی دستگاه (زمان فرعی انجام کار) ۱۰ ثانیه.

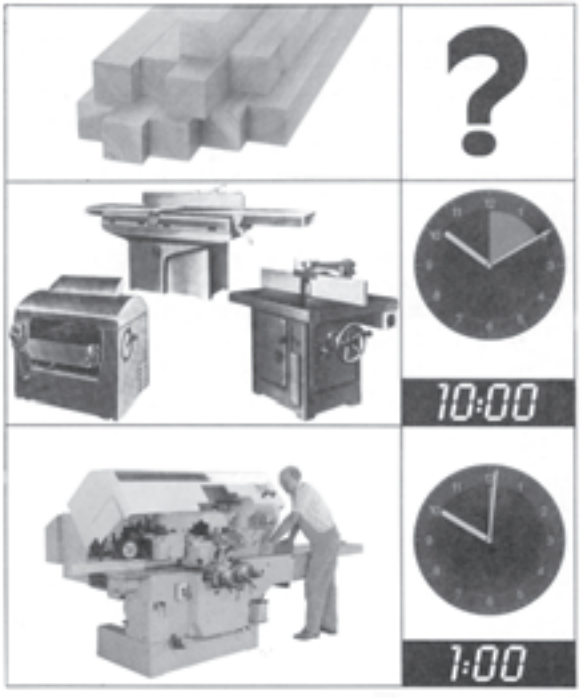
د) زمان ایجاد شیار روی قطعه مربوطه (زمان اصلی انجام کار) ۲۲ ثانیه.

هـ) زمان قابل پیش‌بینی نادیر (زمان جزء) ۳۰ درصد زمان اصلی انجام کار فرض شود.



شکل ۱۰ـ ۵ـ قطعه درخواست شده

شکل ۱۱ـ ۵ـ دستگاه اور فرز



شکل ۱۲ـ ۵ـ ارتباط زمان کار و نوع دستگاه

جلسه بیست و هشتم

برنامه زمان‌بندی جلسه بیست و هشتم		
۱	آماده نمودن کلاس	۵
۲	حل تمرین‌های صفحه ۹۱و۹۲	۳۵
۳	تدریس : زمان‌سنجی به‌وسیله نمونه‌برداری از کار استفاده از اطلاعات استاندارد استفاده از زمان‌های از قبل تعیین شده برای حرکات	۵۰

حل تمرین‌های صفحه ۹۱و۹۲

حل تمرین ۱:

زمان انجام کار چند قطعه $= ۱۰ \times ۲۰ = ۲۰۰ (min)$

زمان کل انجام کار $= ۲۵ + ۲۰۰ = ۲۲۵ (min) = ۳:۴۵'$

حل تمرین ۲:

زمان کل تجهیز $= ۲۰ + (۲۰ \times ۰/۲۰) = ۲۴ (min)$

حل تمرین ۳:

زمان جزء تجهیز $= ۸ + ۷ = ۱۵ (min)$

زمان اصلی تجهیز $= ۱۰ + ۱۵ + ۱۶ = ۴۱ (min)$

زمان کل تجهیز $= ۱۵ + ۴۱ = ۵۶ (min)$

حل تمرین ۴:

سطح کل صفحات $= ۲[۵(۹۰ \times ۲۵) + ۲(۲۲۰ \times ۲۵)] =$

$۴۴۵۰۰ cm^۲ = ۴/۴۵ m^۲$

زمان اصلی انجام کار $= ۴/۴۵ \times ۸ = ۳۵/۶ (min)$

زمان نرمال $= ۳۵/۶ \times \frac{۱۱۰}{۱۰۰} = ۳۹/۱۶ (min)$

حل تمرین ۵:

$$t = \frac{L}{s} = \frac{۱۲۰ \times ۵۰}{۱۰۰ \times ۵} = ۱۲ (min)$$

حل تمرین ۶:

زمان فرعی $= ۴ + ۳ = ۷(s)$

زمان مبنا یک قطعه = زمان اصلی انجام کار +

زمان فرعی انجام کار $= ۴ + ۷ = ۱۱(s)$

زمان مبنا کل قطعات $= ۱۱ \times ۴۰ = ۴۴۰(min) = ۷:۲۰'$

حل تمرین ۷:

زمان مبنا $= ۳۵ + ۷۰ = ۱۰۵(s)$

زمان جزء $= ۱۰۵ \times \frac{۹۰}{۱۰۰} = ۹۴/۵(S)$

زمان انجام کار یک قطعه $= ۱۰۵ \times \frac{۹۹۰}{۱۰۰} = ۹۴/۵(s)$

زمان انجام کار چندقطعه $= ۱۹۹/۵ \times ۱۰ = ۱۹۹۵(s)$

$= ۳۳':۱۵'$

حل تمرین ۸:

زمان مبنا $= ۱۰ + ۶ = ۱۶(min)$

زمان انجام کار یک قطعه $= ۱۶ + ۵ = ۲۱(min)$

زمان انجام کار چندقطعه $= ۲۱ \times ۱۰ = ۲۱۰(min)$

زمان کل تجهیز $= ۱۵ + ۳ = ۱۸(min)$

زمان کل انجام کار $= ۲۱۰ + ۱۸ = ۲۲۸(min) = ۳:۴۸'$

حل تمرین ۹:

زمان اصلی انجام کار $= \frac{۲/۵ \times ۵}{۵} = ۲/۵(min)$

زمان فرعی انجام کار $= \frac{۸ \times ۵}{۶۰} + ۳ = ۳/۶۷(min)$

زمان مبنا $= ۲/۵ + ۳/۶۷ = ۶/۱۷(min)$

زمان جزء $= ۲/۵ \times ۰/۱۰ = ۰/۲۵(min)$

زمان انجام کار یک قطعه $= ۶/۱۷ \times ۰/۲۵ = ۶/۴۲(min)$

زمان انجام کار چندقطعه $= ۶/۴۲ \times ۱۵ = ۹۶/۳(min)$

زمان کل تجهیز $= ۵ + (۵ + ۰/۱۰) = ۵/۵(min)$

= زمان کل انجام کار = ۹۶/۳ + ۵/۵ = ۱۰۱/۸ (min) =
۱:۴۱′:۴۸″

حل تمرین ۱۰:

زمان کل تجهیز = ۲۰ + (۲۰ × ۰/۱۰) = ۲۲ (min)

زمان مبنا = ۲۲ + ۱۰ = ۳۲ (s)

زمان انجام کار یک‌قطعه = ۳۲ + (۲۲ × ۰/۳۰) = ۳۸/۶ (s)

زمان انجام کار چندقطعه = ۳۸/۶ × ۱۰۰۰ = ۳۸۶۰۰ (s)

= زمان کل انجام کار = ۳۸۶۰۰ + (۲۲ × ۶۰) = ۳۹۹۲۰ (s) =
۱۱:۵′:۲۰″

زمان‌سنجی به وسیله نمونه‌برداری از کار

روش نمونه‌برداری از کار

WORK SAMPLING METHOD

تعریف: نمونه‌گیری از کار روشی است که درصد احتمال و نوع هر فعالیت معین را طریق نمونه‌گیری آماری و مشاهدات تصادفی به‌دست می‌آورد.

یکی از جدیدترین شیوه‌های زمان‌سنجی، نمونه‌گیری از کار است. برای انجام نمونه‌گیری بایستی گروهی را تحت کنترل و آزمایش قرار داد تا بدین‌وسیله اطلاعات به‌دست آمده دارای دقت بالایی باشد، معمولاً گروه مورد آموزش از نظر تعداد نفرات نبایستی بیش‌تر از ۱۵ نفر باشد، زیرا کیفیت آموزش را پایین می‌آورد. همان‌طور که در تعریف آوردیم در این شیوه که روشی کم‌هزینه و ابزاری مؤثر در جهت افزایش و بهره‌وری کارخانه یا سازمان می‌باشد، نمونه‌بردار، به‌طور تصادفی به محل کار افراد اعم از کارخانه که در آن یک کارگر روی یک ماشین رنده یا اره کار می‌کند یا منشی‌ای که امور مربوط به مدیرعامل شرکت را انجام می‌دهد مراجعه می‌کند و مشغول کار بودن یا بی‌کاری آن را ثبت می‌کند، یا این‌که نمونه‌برداری از کل ماشین‌آلات انجام می‌دهد.

مثلاً ممکن است که نمونه‌بردار در طی ۵۰ بار مراجعه که در زمان‌های مختلف طی روز صورت می‌دهد، می‌بینید که منشی در ۹۰درصد مواقعی درحال کار بوده و ۱۰٪ بی‌کار بوده که در این صورت او با اطمینان می‌تواند بگوید منشی در ۹۰درصد مواقع در حال کار می‌باشد همین‌طور برای ماشین‌ها نیز می‌توان چنین برآوردی را انجام داد.

چنانچه تعداد نمونه‌ها به اندازه‌کافی انتخاب شده باشند، در این‌صورت ویژگی‌های نمونه یا نفوسی که نمونه از بین آن‌ها انتخاب شده، تفاوت محسوسی با ویژگی‌های جامعه آماری نخواهد داشت.

اگر نمونه در مقیاس به اندازه کافی بزرگ گرفته شود و موارد ملاحظه نیز به‌صورت تصادفی درنظر گرفته شده باشد، این احتمال وجود خواهد داشت که موارد ملاحظه، منعکس‌کننده وضعیت واقعی، اضافه یا منهای حدود کمی از خطا باشد.

برای تعیین زمان استاندارد با روش نمونه‌برداری، فرد نمونه‌بردار یا تحلیل‌گر قبلاً فعالیت‌هایی را که باید اندازه‌گیری شود و تعداد مشاهدات موردنیاز را مشخص می‌کند، سپس فهرست زمان‌هایی را که فعالیت باید مورد مشاهده قرار گیرد، تعیین می‌نماید. و در زمان‌های مقرر به مشاهده پرداخته و نتیجه مشاهدات را در قالب درصد اوقات کاری یا بی‌کاری گزارش به کمک آن زمان استاندارد و نرمال کاری را بتواند به‌دست آورد.

نمونه‌برداری از کار می‌تواند برای اصلاحات کار و یافتن افراد متقلب به‌کار برده شود. هم‌چنین برای کمک به مدیران و برنامه‌ریزی برای سنجش اداره، کارگاه یا فعالیت خدماتی و نیز برای تجزیه و تحلیل فعالیت‌هایی که بی‌قاعده انجام می‌شود، جایی که در آن روش‌های کامل و کارهای تعریف شده فراوان و قابل‌دسترسی وجود ندارد. بنابراین مبنایی را برای مطالعه بیش‌تر پایه‌گذاری می‌کند و می‌تواند هم برای مدیر و هم برای کارگر سودمند باشد.

کاربردهای مختلف نمونه‌برداری از کار

۱ــ کمک در جهت تعریف و پیداکردن مشکل واقعی موجود در کار: در طی کار، ما مشاهدات فراوانی را در سطح سیستم کاری انجام می‌دهیم تا بدین‌وسیله سطح کیفیت کالا و خدمات تولید شده و میزان بهره‌وری موجود در داخل شرکت یا سازمان را اندازه‌گیری کنیم. اگر چنان‌چه در داخل سیستم مشکلی وجود داشته باشد، نمونه‌برداری از کار اطلاعات پیشرفته‌ای، از وضعیت کار را که نیاز به توجه ویژه دارد، در اختیار ما قرار می‌دهد.

۲ــ توجیه اهدافی که در آینده برای سرپرستان قسمت‌های مختلف انجام خواهد شد: نکته‌ای که حائز اهمیت می‌باشد، همکاری سرکارگر می‌باشد. بایستی که به جز نمونه‌بردار، خود سرکارگر را نیز در نمونه‌برداری شرکت دهیم و نتایج به‌دست آمده را مبنایی برای ایجاد اصلاح و عملکرد خوب در نظر بگیریم. لذا از سوی دیگر، برای پیشرفت بهتر نیاز به هم‌کاری سرپرست و مدیر نیز می‌باشد تا به دور از تعصب و تمایلات شخصی، تغییراتی را در داخل صنعت اعمال کنند. همکاری سرکارگر از آن جهت برای یک متصدی نمونه‌برداری اهمیت دارد که وی کاملاً به نارسایی موجود در بخش مربوط به خویش آشنایی دارد. لذا نکات کلیدی مهمی را می‌تواند در اختیار فرد نمونه‌بردار قرار دهد.

۳ــ برای تخمین نوع و قلمرو تغییرات تناوبی که در انجام فعالیت صورت می‌گیرد: نمونه‌برداری از کار، حتی وقتی که بار کاری متغیر باشد سودمند است. نمونه برداری از کار حتی در شرایطی که بار کاری ثابت نباشد، قدرت اندازه‌گیری را دارد و می‌تواند اثرات متغیر را اندازه‌گیری کند.

به همین منظور، بررسی جداگانه‌ای از دوره‌های پرکاری و یا بی‌کاری را می‌توان به انجام رساند سپس چنانچه مازاد نیروی انسانی یا مسائل دیگری مطرح باشد، به روشنی نشان خواهد داد.

۴ــ کمک به تجزیه و تحلیل اقتصادی تعداد دستگاه‌های موردنیاز: نمونه‌برداری‌های انجام شده از نوع عملکرد ماشین، به تعیین نیاز برای جایگزین کردن ماشین کمک می‌کند، چنین ثبت‌هایی می‌تواند با ثبت‌های کنترل تولید موجود تطبیق داده شود.

زمان نگه‌داری و تعمیرات، عملیات گروهی ماشین‌ها، کسری مواد، بی‌کاری و مانند این‌ها تمام موضوع مورد نمونه‌برداری از کار هستند. این مطالعات همچنین ماهیت دوره‌ای استفاده از ماشین را تجزیه و تحلیل می‌کند.

۵ــ کمک به برنامه‌ریزی نیازمندی‌های نیروی انسانی: نمونه‌برداری‌های انجام شده روی ماشین‌آلات، ارتباط نزدیکی با بررسی‌های روی کارگران دارد.

نمونه‌برداری از کار، یک بررسی از نیازمندی‌های نیروی انسانی را ممکن می‌سازد که به تنظیم بارهای کاری کمک می‌کند.

۶ــ کمک به اندازه‌گیری کارهای یکسره: نمونه‌برداری از کار، در اندازه‌گیری کارهای کلی و یکسره در یک کارگاه یا در هر قسمت سودمند است. گروه‌بندی فعالیت‌ها در دسته‌ها و طبقات، کنترل فعالیت‌های عمومی یک تشکیلات بزرگ را ممکن می‌سازد، که این تنها از عهده نمونه‌برداری از کار برمی‌آید. زیرا تکنیک‌های دیگر در این زمینه تا این اندازه نمی‌توانند مؤثر شوند. تصمیم‌گیری‌های بزرگ مانند مکانیزه‌کردن پیشرفته می‌تواند بر پایه چنین بررسی‌هایی انجام گیرد.

۷ــ کمک به تعیین زمان استاندارد و بی‌کاری‌های مجاز: از آن‌جا که تعیین ضریب عملکرد ممکن است همراه با خطا باشد، می‌توان از روش نمونه‌برداری از کار برای ایجاد استانداردهای زمانی، با وجود تعداد زیاد مشاهدات موردنیاز استفاده کرد. نمونه‌برداری از کار برای زمان سنجی‌های جزیی و محدود توصیه نمی‌شود اگرچه برای تجزیه و تحلیل عمومی کار به‌صورت غیرمستقیم، کاملاً قابل قبول است. همچنین در جهت تنظیم کردن عوامل بی‌کاری مجاز برای مطالعه زمان بسیار سودمند است.

۸ــ کاربردهای دیگر

- کمک به سرپرستان در سازماندهی زمانشان
- ارزیابی کارآیی کارگاه
- کمک به تعیین ظرفیت شغلی

روش‌های اجرایی نمونه‌برداری از کار

در ابتدای کار، هرکسی که با مطالعات نمونه‌برداری از کار سروکار دارد بایستی از قبل درمورد این کار مطالعه شود. کارگران باید معمولی کار کنند و زمان‌های انجام مطالعه باید اعلام شوند.

قدم اول، گروه‌بندی فعالیت‌ها در چند دسته از انجام مطالعه خواهد بود. دسته‌ها باید به صورت صریح و فشرده باشند و بتوان با مشاهدات بصری آن‌ها را تشخیص داد. هرچه تعداد فعالیت‌ها کم‌تر باشد، انجام مطالعه آسان‌تر خواهد بود. هرچه تعداد نمونه دسته کاهش یابد، میزان اطمینان و دقت بالاتری را خواهد داشت. در انجام مطالعات نمونه‌گیری تحلیل‌گرانه، باید از فرم‌های مخصوص به‌کار درحال انجام، استفاده کرد و یا باید به طراحی این فرم‌ها پرداخت به‌طوری که مطابق با احتیاجات باشد. این فرم‌ها می‌تواند در برگیرنده تعریف دسته‌ها، روش نوشته شده برای زمان‌های تصادفی و برگه‌های خلاصه‌نویسی باشد که افراد دخیل

در امور نمونه‌گیری به‌راحتی بتواند قضاوت صحیحی از نتایج داشته باشند.

در اجرای نمونه‌گیری از کار، یک نمونه‌بردار با گروه‌های زیر درارتباط خواهد بود که عبارت‌اند از :

۱ــ مدیریت: مدیریت به‌عنوان پشتوانه قوی و محکم در واحد تولیدی مطرح می‌باشد. لذا قبل از هر کاری باید جلب نظر مدیریت انجام گیرد. این مدیریت است که تصمیم اولیه درمورد مطالعه و انتخاب افراد مربوطه را اتخاذ می‌کند. مدیریت باید برای پذیرش نتایج آماده باشد.

۲ــ راهنمای مطالعه کار: این شخص یک مشاور بوده و وظایف ذیل را برعهده دارد :

ــ رهبری و سرپرستی مطالعه کار مورد بررسی

ــ مسئول بودن در ارتباط با تنظیم گزارشات

ــ همکاری با مدیریت و انتخاب و گزینش ناظرین

ــ همکاری با سرپرستان و ناظران برای مشخص کردن سطوح فعالیت

ــ طراحی فرم

ــ مسئولیت کارهای آماری

۳ــ سرپرستی: وظیفه آماده کردن اطلاعات یا دراختیار قراردادن اطلاعات به متصدی ارزیابی کار و زمان را عهده دار می‌باشد.

۴ــ افراد مورد مطالعه: ارزش نمونه‌برداری از کار بستگی به اطلاعات اولیه‌ای است که از اپراتورها به‌دست می‌آید. بنابراین اگر اپراتورها درست عمل نکنند و قابل اعتماد نباشند، باعث بروز مشکل خواهند شد. ممکن است ذهنیت منفی اپراتورها نسبت به هدف نمونه‌گیری از کار باعث ایجاد اشکال شود و عدم همکاری آنان را به‌دنبال بیاورد.

به همین منظور بایستی به آنان درصورت لزوم، تعلیمات لازم داده شود تا با آشنایی با اهداف مطالعه، همکاری مناسبی را با متصدی نمونه‌برداری از کار داشته باشند.

● پارامترهایی که تعداد مشاهدات انجام شده در یک روز معین را مشخص می‌کنند عبارت‌اند از :

ــ طول دوره

ــ کل مدت مطالعه (روزها یا هفته‌ها)

ــ دقت لازم در بررسی

ــ زمان لازم برای ایجاد یک دوره از مشاهدات

● چگونگی انجام مشاهدات و ارزیابی نتایج به‌دست آمده :

مشاهده‌گر در کارگاه قدم می‌زند و درحالی که به یک ماشین یا کار مورد مطالعه نزدیک می‌شود، یک مشاهده گذرا انجام می‌دهد و بی‌کار بودن یا بی‌کار نبودن کارگر یا ماشین و علت آن را مورد مطالعه و توجه قرار می‌دهد و ثبت لازم را انجام می‌دهد و بلافاصله به سمت کارگر یا ماشین بعدی می‌رود، مشاهدات باید در زمان معین انجام شوند. مشاهده‌گر باید صلاحیت تشخیص فعالیتی را که در لحظه مشاهده می‌بیند، داشته باشد. نتایج آزمایش شده برای آن‌که مورد قبول واقع شوند، با سطوح اطمینان اختصاصی داده شده (۹۵٪ یا درصد دیگری) سنجیده می‌شوند و سپس یک تصمیم‌گیری درمورد این‌که تجزیه و تحلیل مناسب ارائه شده است یا نه، انجام می‌شود.

روش‌های ترکیبی

درمورد روش‌های ترکیبی بحث بسیار گسترده و طولانی است که فرصت بحث و اشاره در کلاس نخواهد بود. برای مثال سیستم‌های زمان‌های ازقبل تعیین نشده برای حرکات (PMTS) شامل :

ــ خانواده MTM که تشکیل شده از سیستم‌های (MTM-1, MTM-2, MTM3, MTM-C, MTM-B, MTM-V, MTM-M, 4M-DATA, MTM-UMS, MTM-ETA, MTM-PECA ,....)

ــ خانواده MOST که تشکیل شده از سیستم‌های :

Basic MOST, MOSTC, Mini MOST, MOST, Maxi MOST Computerized MOST, Work, Factor, MSD, UDS, MODAPTS, ...

بنابراین فقط به توضیحات صفحات کتاب اکتفا شود.

پرسش

۱ـ گروههای تعیین زمان‌سنجی را بنویسید.

۲ـ پایه و اساس روشهای مشاهده مستقیم در زمان‌سنجی بر چه چیزی استوار است؟

۳ـ روشهای مشاهده مستقیم را بیان کنید.

۴ـ منظور از زمان سنجی با ژُرنومتر چیست؟

۵ـ هدف از زمان زمال انجام کار چیست؟

۶ـ ضریب عملکرد در تعیین زمان زمال انجام کار چه چیزی را بیان می‌کند؟

۷ـ تشخص زمان سنج با ژُرنومتر چه اطلاعاتی باید داشته باشد؟

۸ـ زمان‌سنجی به وسیلهٔ نمونه‌برداری از کار چگونه است؟

۹ـ زمان سنجی به وسیلهٔ نمونه‌برداری از کار نسبت به زمان‌سنجی با ژُرنومتر چه مزیتی دارد؟

۱۰ـ به چه دلیل روش زمان سنجی به وسیلهٔ نمونه‌برداری از کار برای ارزیابی بین گروههای مختلف کارگران یا ماشینها مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

۱۱ـ برای ساخت یک کتابخانه از صفحات تخته خرده چوب روکش شده این عملیات زیر صورت گرفته زمان ساخت را محاسبه کنید:

برش اولیه: ۱/۵ساعت، اندازه بری: ۱ ساعت، ساخت اتصالات: ۳ساعت، مونتاژ قطعات: ۳ساعت، پرداخت: ۲ساعت، رنگکاری: ۳ساعت.

برای پیش‌آمدهای احتمالی نیز ۳۰ درصد زمان یاد شده را منظور کنید.

۴ـ ۵ـ روشهای ترکیبی

تا این جا هر دو روش ذکر شده مستلزم مشاهده کار در حین عمل بوده است. مواردی پیش می‌آید که مشاهده در عمل امکان‌پذیر نیست؛ مثلاً ممکن است بخواهیم تولید یک محصول جدید را برنامه‌ریزی کنیم که در این حالت می‌توانیم از زمان استانداردی که براساس تجربیات گذشته در کارهای مشابه تهیه شده، استفاده کرده تخمین بزنیم. این زمانها چون می‌تواند ترکیبی از زمانهای مختلف باشد که روش ترکیبی نامیده می‌شود.

۱ـ ۴ـ ۵ـ استفاده از اطلاعات استاندارد: در روش زمان‌سنجی با ژُرنومتر زمان فعالیتی را می‌توانیم مشخص کنیم که درحال عمل باشد. حال اگر این زمانها با توجه به نوع فعالیت و مشخصات قطعه کار و دستگاه یادداشت شود و جدولهایی تنظیم گردد، برای

جدول ۱ ـ ۵ ـ جدول بین‌المللی زمان بندی حرکت دست مطابق با روش (MTM)

شرح و علت	حرکت دست		زمان				فاصله
	B	A	E	C یا D	B	A	cm
A رساندن موضوع و درمحل قراردادن یا در دست دیگر یا دست دیگران قراردادن	۱/۶	۱/۶	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲ یا کمتر
	۲/۴	۲/۰	۳/۲	۵/۱	۳/۲	۳/۲	۴
	۳/۱	۳/۱	۴/۳	۶/۵	۴/۳	۴/۵	۶
	۳/۷	۴/۶	۵/۵	۷/۵	۵/۵	۵/۵	۸
	۴/۳	۴/۹	۶/۸	۸/۴	۶/۳	۶/۱	۱۰
B رساندن موضوعی مفرد در محلی که امکان گیر دنی وجود دارد.	۲/۸	۵/۲	۷/۳	۹/۱	۷/۴	۷/۴	۱۲
	۵/۳	۵/۵	۷/۸	۹/۷	۸/۲	۴/۸	۱۴
	۵/۹	۵/۸	۸/۲	۱۰/۳	۸/۸	۷/۱	۱۶
	۶/۵	۶/۱	۸/۷	۱۰/۸	۹/۴	۵/۵	۱۸
	۷/۱	۶/۵	۹/۲	۱۱/۴	۱۰/۰	۷/۸	۲۰
C رساندن موضوعی به محلی که انتخاب لازم دارد.	۷/۷	۶/۸	۹/۷	۱۱/۹	۱۰/۵	۸/۱	۲۲
	۸/۲	۷/۱	۱۰/۲	۱۲/۵	۱۱/۱	۸/۵	۲۴
	۸/۸	۷/۴	۱۰/۷	۱۳/۰	۱۱/۷	۸/۸	۲۶
	۹/۴	۷/۷	۱۱/۲	۱۳/۶	۱۲/۲	۹/۲	۲۸
	۹/۹	۸/۰	۱۱/۷	۱۴/۱	۱۲/۸	۹/۵	۳۰
D رساندن موضوعی که بسیار کوچک و باید خیلی دقیق گرفته شود.	۱۱/۴	۸/۸	۱۲/۹	۱۵/۵	۱۴/۲	۱۰/۴	۳۵
	۱۲/۸	۹/۴	۱۴/۱	۱۶/۸	۱۵/۶	۱۱/۳	۴۰
	۱۴/۲	۱۰/۴	۱۵/۳	۱۸/۲	۱۷/۰	۱۲/۱	۴۵
	۱۵/۷	۱۱/۲	۱۶/۵	۱۹/۶	۱۸/۴	۱۳/۰	۵۰
	۱۷/۱	۱۲/۰	۱۷/۸	۲۰/۹	۱۹/۸	۱۳/۹	۵۵
E رساندن موضوعی به محلی که لازم است بدن حرکت داشته باشد.	۱۸/۵	۱۲/۸	۱۹/۰	۲۲/۳	۲۱/۲	۱۴/۷	۶۰
	۱۹/۹	۱۳/۵	۲۰/۲	۲۳/۶	۲۲/۶	۱۵/۶	۶۵
	۲۱/۲	۱۴/۳	۲۱/۴	۲۵/۰	۲۴/۱	۱۶/۵	۷۰
	۲۲/۸	۱۵/۱	۲۲/۶	۲۶/۲	۲۵/۵	۱۷/۳	۷۵
	۲۴/۲	۱۵/۹	۲۳/۹	۲۷/۷	۲۶/۹	۱۸/۲	۸۰

زمان‌سنجی کار جدیدی که تنها شامل فعالیتهایی است که ما اطلاعات مربوط به آنها را در اختیار داریم، می‌توانیم زمان استاندارد آن کار را با استفاده از جداول و یا فرمولهایی که قبلاً به این منظور تهیه کرده‌ایم به دست آوریم.

بدیهی است که اجرای این روش تنها هنگامی امکان‌پذیر خواهد بود که ما اطلاعات مفیدی را که با زمان‌سنجی صحیح به دست آمده است در مجموعهٔ اطلاعات زمان سنجی خود داشته باشیم. معمولاً استفاده از اطلاعاتی که در کارخانه دیگری جمع‌آوری شده، ایجاد اشکال می‌کند، چون غالباً وضعیت موجود در هر کارخانه کاملاً متفاوت با کارخانه دیگر است.

۲ـ ۴ـ ۵ـ استفاده از زمانهای از قبل تعیین شده برای حرکات: هدف اصلی از این روش این است که بتوانیم زمان‌سنجی عملیاتی را انجام دهیم که با دست صورت می‌گیرد. مطالعات اولیه زمان‌سنجی به وسیلهٔ فیلمبرداری از عملیات مختلف نشانگر این است که بیشتر حرکات مختلف گاه به اجزاء خیلی کوچک مانند دراز کردن دست، حرکت دادن دست، چرخاندن، گرفتن و غیره تقسیم می‌شود؛ همچنین معلوم شده است که عوامل گوناگونی بر روی زمان انجام هر جزء اثر می‌گذارند؛ مثلاً دراز کردن دست، تحت تأثیر فاصله‌ای که دست باید طی کند و نوع و چگونگی دست دراز کردن قرار دارد.

با انجام این مطالعات، جدولهای اطلاعات زمان‌سنجی برای نشان دادن زمان مورد نیاز برای انجام هر جزء کاری در موقعیت مناسب تهیه شده‌اند. این جدولها برای تخمین زمان اجرای عملیات مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ به گونه‌ای که برحسب نوع حرکت و وضعیتی که حاکم بر انجام آن است، ارزشهای مختلف زمانی به آنها تخصیص می‌یابد (جدول ۱ـ ۵).

علاوه بر تعیین استانداردهای زمانی برای مشاغل جاری در کارخانه، استفاده از سیستمهای ارزشهای زمانی از پیش تعیین شده، امکان محاسبات زمان لازم انجام شغل را قبل از تولید بالفعل، فراهم می‌سازد. این امکانات محسنات فراوانی به شکل انجام برآوردهای نسبتاً دقیق در زمینه‌های کار، بهسازی، برآوردهای شغلی، و کمک در طراحی محصول و همچنین ابزار کار در اختیار مدیریت قرار می‌دهد. در هر مورد می‌توان الگوی کار را مجسم نموده، ارزشهای زمانی بدانها تخصیص داد و طراحی بهتری از رویه‌ها و تولیدات براساس ارزش زمانی را قبل از شروع کار ارائه نمود. این نکته را در عین حال نباید ناگفته گذاشت که استفاده انحصاری از این سیستمها به جای زمان‌سنجی و نمونه‌برداری مورد تأیید تمامی صاحبنظران نیست. در هر صورت برای استفاده از این جدولها باید نکاتی را درنظر داشت که روش کار بدین شرح است:

۱ـ تقسیم عملیات به اجزای مناسب؛ به طوری که شامل بیش از دوازده نوع حرکت

نباشد.

۲ـ تشخیص نوع هر یک از حرکات و به دست آوردن زمان آنها از جدولهای مربوط به آن.

۳ـ تعیین زمان کلی (با جمع کردن زمانهای به دست آمده از جدولها).

این روشها دائماً درحال پیشرفت بوده و اصلاحاتی روی آنها انجام گرفته است. تا جایی که امروزه این سیستمها شامل حرکات بدن مانند حرکات پا، قسمتی از تنه و حتی استفاده از چشم نیز می‌گردند.

علاوه بر مزایایی که سایر روشهای ترکیبی دارند، این روش برای استفاده در کارخانه‌های مختلف است. اما در خور توجه است که در این روش کارکنان باید برنامه‌های آموزشی دانسته باشند.

سؤالات آزمون پایان فصل پنجم

۱ـ تفاوت کلی روشهای مشاهده مستقیم با روشهای ترکیبی در زمان سنجی چیست؟

۲ـ برای تعیین زمان انجام کار یک محصول جدید، چه روش کلی را مناسب می‌دانید؟ چرا؟

۳ـ انواع روشهای ترکیبی را نام ببرید.

۴ـ روش استفاده از اطلاعات استاندارد را در تعیین زمان انجام کار توضیح دهید.

۵ـ هدف اصلی از روش استفاده از زمانهای از قبل تعیین شده برای حرکات چیست؟

۶ـ استفاده از سیستمهای ارزشهای زمانی از پیش تعیین شده چه امکاناتی و چه محسناتی در دارد؟

۷ـ برای استفاده از جدولهای زمانی حرکات از پیش تعیین شده چه نکاتی را باید درنظر داشت؟

۸ـ سازمان رفاه (مجمع مطالعه کار) زمان انجام کار را به چه اجزایی تقسیم‌بندی نموده است؟

۹ـ منظور از زمان کل تجهیز چیست؟ مثال بزنید.

۱۰ـ زمان اصلی تجهیز را تعریف کرده مثالی بزنید.

۱۱ـ زمان جزء تجهیز چه زمانی است؟ با مثالی مطلب را کامل کنید.

۱۲ــ منظور از زمان انجام کار برای چند قطعه متشابه چیست؟
۱۳ــ شرح دهید زمان کار برای هر قطعه به چند جزء کوچکتر تقسیم می‌شود؟
۱۴ــ زمان جزء کار چه زمانی است؟
۱۵ــ اجزای کوچکتر زمان مبنا را نام ببرید.
۱۶ــ زمان فرعی چه زمانی است؟ با مثالی مطلب را کامل کنید.
۱۷ــ زمان اصلی انجام کار را توضیح داده، مثالی بزنید.

نمونه ارزشیابی نهایی کتاب

۱ــ برای برش قطعاتی از جنس تخته لایه نیاز به سرعت برشی معادل ۸۰ متر بر ثانیه می‌باشد. اگر تعداد دور دستگاه اره گرد ۵۰۰۰ دور در دقیقه باشد، تیغه اره گرد چه قطری باید داشته باشد؟

۲ــ سرعت پیشبرد دستگاه رنده‌ای ۱۰متر بر دقیقه است. اگر ۲۰درصد اتلاف وقت درنظر بگیریم، این دستگاه در هر ساعت چند متر کار را رنده می زند؟

۳ــ دستگاه گندگی با مشخصات زیر موجود است. سرعت پیشرد و عمق اثر هر تیغهٔ آن را روی چوب به دست آورید. $n = 5000\,1/min$ $z = 6$ $a = 0/6\,mm$ $R = 6\,cm$

۴ــ طول تسمه‌ای را به دست آورید که اگر قطر چرخ محرک ۱۲cm و قطر چرخ متحرک ۱۸cm و فاصله خط المرکزین ۹۵cm باشد تسمه به صورت ساده و مستقیم قرار گرفته است).

۵ــ تعداد دور چرخ دنده محرکی ۱۵۰ دور در دقیقه و تعداد دندانه‌های آن ۲۰ عدد است. اگر تعداد دور چرخ متحرک ۲۵۰ دور در دقیقه لازم باشد، تعداد دندانه‌های آن را به دست آورید.

۶ــ کار مکانیکی و توان انجام شده بالابری را به دست آورید که اگر جرم بار ۱۰۰ کیلوگرم ارتفاع حمل ۴متر و زمان انجام کار یک دقیقه می‌باشد.

۷ــ الکتروموتور دستگاهی که توان بازده آن ۲ کیلووات است دارای تعداد دوران $n = 1500 - \frac{1}{min}$ می‌باشد، حساب کنید اولاً گشتاوری را که به وسیله آن می‌توان متشقل کرد. ثانیاً اگر نیروی کشش لازم در تسمه‌ای که به وسیله الکتروموتور می‌گردد $F = 254/8\,N$ باشد. قطر چرخ تسمه آن را حساب کنید.

۸ــ باری به جرم ۱۵۰ کیلوگرم را می‌بایست با بالابر ساده‌ای که دارای یک قرقره ثابت و

۲ قرقره متحرک است، بالا بریم، محاسبه کنید حداقل چه نیروی باید به دستگاه وارد شود.

۹ــ واگن حمل چوبی به جرم ۵۰ کیلوگرم و ضریب اصطکاک غلشتی $\mu = 0/025$ به مقدار چوبی را می‌تواند حمل کند. اگر نیروی اغتی وارد بر آن حداقل ۴۰۰ نیوتن باشد.

۱۰ــ در کارگاهی سه الکتروموتور با توانهای $2P_1$ و $1/5P_2$ و $1P_3$ به طور متوسط ۳ساعت در روز کار می‌کند، کار الکتریکی کل دستگاهها را در یک روز به دست آورید.

۱۱ــ زمان انجام کاری را که برای ساخت ۴۰۰ قطعه به کار می‌رود، محاسبه نمایید درصورتی که زمانهای ساخت یک قطعه به این شرح است:

الفا زمان اصلی تجهیز: ۱۸دقیقه
بیا زمان اصلی انجام کار: ۱۲ دقیقه
چا زمان فرعی انجام کار: ۸دقیقه
دا زمان جزئی تجهیز: ۵دقیقه
ها زمان جزء: ۷دقیقه

۱۲ــ مراحل انجام زمان‌سنجی را با کرنومتر بنویسید.

تعیین زمان انجام کار

۲۹

جلسه بیست و نهم

برنامه زمان‌بندی جلسه بیست و نهم		
۱	آماده کردن کلاس	۵
۲	بررسی و بازبینی از تمرینات داده شده	۵
۳	پرسش و حل تمرین صفحه‌های ۹۵، ۹۸، ۹۹و۱۰۰	۸۰

پاسخ پرسش‌های صفحه ۹۵

۱ــ

الف ــ روش‌های مشاهده مستقیم

ب ــ روش‌های ترکیبی

۲ــ روش‌های مشاهده مستقیم مستلزم دیدن کار در حین انجام آن می‌باشد.

۳ــ

الف ــ زمان‌سنجی با کرنومتر

ب ــ نمونه‌برداری از کار

۴ــ کار و اندازه‌گیری زمان انجام آن به‌وسیله ساعت انجام می‌گیرد.

۵ ــ هنگامی که کارگر سریع کار می‌کند زمان کوتاه‌تر از هنگامی است که آرام کار می‌کند، به ناچار برای به‌دست آوردن زمانی که نشان دهنده سرعت طبیعی انجام کار باشد، نیاز است که زمان ثبت شده تعدیل گردد، این زمان تعدیل شده، همان زمان نرمال انجام کار می‌باشد.

۶ ــ ضریب عملکرد باعث می‌شود که زمان ثبت شده با توجه به سرعت عمل کارگر مربوطه، به زمان نرمال تبدیل شود.

۷ــ

۱ــ باید روش کار ماشین را بداند.

۲ــ باید طریق انجام کار را بداند.

۳ــ از درجه مهارت کارگران اطلاع کامل داشته باشد.

۴ــ نظریات و تفکرات کارگران را بداند.

۵ــ وضعیت محیط کار و درجه کیفیت کار را بداند.

۸ ــ در این روش ما از مشاهداتی که به‌صورت تصادفی در هنگام انجام کار صورت می‌گیرد، برای تعیین چگونگی زمان انجام کار استفاده می‌کنیم.

۹ــ احتیاج به مشاهده پیوسته ندارد، از کرنومتر استفاده نمی‌شود، مشاهده‌کننده کم‌تجربه نیز می‌تواند آن را انجام دهد و باعث خستگی و اتلاف وقت زیادی نمی‌شود.

۱۰ــ زیرا در زمان‌های تصادفی و بدون اطلاع کارگر زمان‌سنجی صورت می‌گیرد.

۱۱ــ

ساعت $۱/۵+۱+۳+۳+۲+۳=۱۳/۵$

$۱۳/۵+(۰/۳۰\times۱۳/۵)=۱۷/۵۵\,h=۱۷:۳۳'$

پاسخ سؤال‌های صفحه ۹۸

۱ــ در روش‌های مشاهده مستقیم نیاز به مشاهده انجام کار است ولی روش‌های ترکیبی نیاز به مشاهده ندارد.

۲ــ روش ترکیبی، زیرا این محصول جدید را هنوز شروع نکرده‌ایم تا زمان انجام کار را مشاهده نموده و تعیین نماییم.

۳ــ

الف ــ استفاده از اطلاعات استاندارد

ب ــ استفاده از زمان‌های از قبل تعیین شده برای حرکات

۴ــ برای زمان‌سنجی کار جدیدی که تنها شامل فعالیت‌هایی است که ما اطلاعات مربوط به آن‌ها را دراختیار داریم، می‌توانیم زمان استاندارد آن کار را با استفاده از جداول و یا فرمول‌هایی که قبلاً به این منظور تهیه کرده‌ایم به‌دست آوریم.

۵ــ هدف اصلی از این روش این است که بتوانیم زمان‌سنجی عملیاتی را انجام دهیم که با دست صورت می‌گیرد.

۶ ــ امکان محاسبات زمان لازم انجام شغل را قبل از تولید بالفعل، فراهم می‌سازد. این امکانات محسنات فراوانی

به‌شکل انجام برآوردهای نسبتاً دقیق در زمینه‌های کار، بهسازی، برآوردهای شغلی و کمک به طراحی محصول و همچنین ابزار کار در اختیار مدیریت قرار می‌دهد.

۷ــ

۱ــ تقسیم عملیات جزیی به اجزای مناسب، به‌طوری که شامل بیش از دوازده نوع حرکت نباشد.

۲ــ تشخیص نوع هریک از حرکات و به‌دست آوردن نرمال آن‌ها از جدول‌های مربوط به آن.

۳ــ تعیین زمان کلی (با جمع کردن زمان‌های به‌دست آمده از جدول‌ها).

۸ ــ زمان انجام کار زمان کل تجهیز و زمان انجام کار چند قطعه مشابه، به‌طوری که زمان کل تجهیز شامل زمان جزء تجهیز و زمان اصلی تجهیز می‌باشد و زمان انجام کار چند قطعه مشابه برابر است با زمان کار برای هر قطعه ضرب‌در تعداد قطعات و زمان کار برای هر قطعه شامل زمان مبنا و زمان جزء بوده همچنین زمان مبنا شامل زمان فرعی و زمان اصلی انجام کار می‌باشد.

۹ــ زمان کل تجهیز، زمانی است که ابتدا برای آماده کردن قبل از شروع کار و پس از پایان کار برای جمع و جور کردن محیط کار لازم است. مثلاً نقشه‌خوانی، مذاکره با سرپرست قسمت، تنظیم ماشین، فراهم کردن قطعات ماشین و امثال آن، و پس از انجام کار، تغییر ماشین به حالت اولیه، زمان تجهیز از دو زمان یعنی زمان اصلی تجهیز و زمان جزء تجهیز به‌دست می‌آید.

۱۰ــ این زمان صرف تدارک و تنظیم ماشین و ابزار خواهد شد، مثلاً تنظیم گونیا برای افزار زدن یا تنظیم مرغک‌های خراطی، تنظیم دستگاه گندگی و ...

۱۱ــ این زمان بیش‌تر برای مسایل پیش‌بینی ناپذیر صرف می‌شود که در هنگام تجهیز پیش‌می‌آید و می‌توان گفت که این زمان تا حدودی به شخص کارگر بستگی دارد، مثلاً یک کارگر ورزیده و کارآمد زمان کم‌تری برای نقشه خوانی نیاز داشته، ممکن است که برای ساخت قطعه کار نیازی به مذاکره با سرپرست قسمت برای راهنمایی شدن نداشته باشد.

۱۲ــ این زمان صرف ساختن چند قطعه مشابهی خواهد شد که زمان تجهیز برای کل آن‌ها یک‌بار منظور می‌شود و زمان ساخت یک قطعه را محاسبه کرده در تعداد قطعات ضرب می‌کنیم.

۱۳ــ به دو قسمت یکی زمان جز و دیگری زمان مبنا

۱۴ــ زمانی است که برخلاف میل کارگر بدون پیش‌بینی صرف می‌شود، مثل روغن‌کاری، تعویض یا تیز کردن تیغه‌ها، رفعِ احتیاجات شخصی و ...

۱۵ــ زمان فرعی و زمان اصلی انجام کار

۱۶ــ زمانی است که بدون پیشرفت مستقیم برای انجام کار لازم است، مانند اندازه‌گیری و کنترل قطعه کار، جابه‌جا کردن قطعه کار، مانند بلند کردن و روی دستگاه قرار دادن و به‌عکس

۱۷ــ زمانی است که منحصراً عملیات مربوط انجام می‌شود (بدون درنظر گرفتن کلیه زمان‌های اضافی و فرعی و ...).

حل تمرینات صفحه ۹۹

حل تمرین ۱:

$$d = \frac{V}{\pi.n} = \frac{۸۰\times۱۰۰۰\times۶۰}{۳/۱۴\times۵۰۰۰} = ۳۰۵mm$$

حل تمرین ۲:

$$t = ۶۰ - (۰/۲۰\times۶۰) = ۴۸\,min$$

$$L = s.t = ۱۰\times۴۸ = ۴۸۰m$$

حل تمرین ۳:

$$s = \frac{a.n.z}{۱۰۰۰} = \frac{۰/۶\times۵۰۰۰\times۶}{۱۰۰۰} = ۱۸m/min$$

$$b = R - \sqrt{R^۲ = (\frac{a}{۲})^۲} = ۶۰ - \sqrt{۳۶۰۰ - ۰/۰۹}$$

$$= ۰/۰۰۰۷۵mm$$

حل تمرین ۴:

$$\sin a = \frac{۹-۶}{۴۵} = \frac{۱}{۱۵} \Rightarrow a = ۳/۸۲^\circ$$

$$MN = \sqrt{۴۵^۲ - (۹-۶)^۲} = ۴۴/۹cm$$

$$L = ۲MN + \frac{D\pi(۱۸۰+۲a)}{۳۶۰} + \frac{d\pi(۱۸۰-۲a)}{۳۶۰} =$$

$$۲(۴۴/۹) + \frac{(۱۸)\pi(۱۸۰+۷/۶۴)}{۳۶۰} + \frac{(۱۲)\pi(۱۸۰-۷/۶۴)}{۳۶۰}$$

$$L = ۸۹/۸ + ۲۹/۴۵ + ۱۸/۰۴ = ۱۳۷/۲۹cm$$

حل تمرین ۵:

$$Z_2 = \frac{Z_1 \times n_1}{n_2} = \frac{۲۰ \times ۱۵۰}{۲۵۰} = ۱۲ \text{ عدد}$$

حل تمرین ۶:

$$W = F.h = ۱۰۰ \times ۱۰ \times ۳ = ۳۰۰j$$

$$p = \frac{W}{t} = \frac{۳۰۰۰}{۶۰} = ۵۰Wat$$

حل تمرین۷:

$$M = \frac{p \times ۹۵۵۵}{n} = \frac{۴ \times ۹۵۵۵}{۱۵۰۰} = ۲۵/۴۸N.m$$

$$r = \frac{M}{F} = \frac{۲۵/۴۸}{۲۵۴/۸} = ۰/۱m \qquad d = ۲r = ۲۰cm$$

حل تمرین ۸:

$$F = \frac{F_G}{۲^{(n-۱)}} = \frac{۱۵۰ \times ۱۰}{۲^{۳-۱}} = \frac{۱۵۰۰}{۴} = ۳۷۵N$$

حل تمرین ۹:

$$\sum F_x = ۰ \qquad F = f_r = \mu_i \times N$$

$$۴۰۰ = ۰/۰۲۵(۵۰۰ + W)$$

$$۴۰۰ - ۱۲/۵ = ۰/۰۲۵W$$

$$W = \frac{۴۰۰ - ۱۲/۵}{۰/۰۲۵} = ۱۵۵۰۰N$$

حل تمرین ۱۰:

$$P = \sum P_i = ۲ + ۱/۵ + ۱ = ۴/۵hp$$

$$P = ۴/۵ \times ۰/۷۳۶ = ۳/۳۱۲kW$$

$$W = P.t = ۳/۳۱۲ \times ۳ = ۹/۹۳۶kW.h$$

حل تمرین ۱۱:

$$۱۸ + ۵ = ۲۳ \min = \text{زمان تجهیز}$$

$$۱۲ + ۸ = ۲۰ \min = \text{زمان مبنا}$$

$$۲۰ + ۷ = ۲۷ \min = \text{زمان کار برای یک قطعه}$$

$$۲۷ \times ۲۰۰ = ۵۴۰۰ \min = \text{زمان انجام کار چند قطعه مشابه}$$

$$۵۴۰۰ + ۲۳ = ۵۴۲۳ \min = ۹۰:۲۳' = \text{زمان انجام کار}$$

حل تمرین ۱۲:

۱ــ تقسیم کار به اجزای کوچک

۲ــ تعیین زمان هر جزء با توجه به ضریب عملکرد مربوط به آن

۳ــ تبدیل زمان مشاهده‌ای هر جزء به زمان نرمال

۴ــ جمع کردن زمان نرمال اجزای مختلف کار و اضافه کردن بی‌کاری‌های مجاز به آن‌ها

پیوست

زمان‌سنجی

تعریف: زمان‌سنجی عبارت است از به‌کارگیری روش‌های صحیح و استفاده از اصول علمی، به‌منظور تعیین زمان انجام عملیاتی که توسط یک کارگر واجد شرایط در سطح کارایی مطلوب انجام شود.

اهداف زمان‌سنجی

زمان‌سنجی به مدیریت کمک می‌نماید که زمان غیر مؤثر تولید را از زمان مؤثر آن جدا کند. در واحدهایی که از این فرآیند استفاده نمی‌شود مقدار زیادی زمان غیرمفید وجود دارد که می‌توان آن را حذف نمود. برای حذف زمان زائد نه تنها زمان مربوط به‌اپراتور، بلکه زمان مربوط به مدیریت را نیز باید مدنظر قرار داد.

داشتن استاندارد باعث می‌شود که یک واحد صنعتی بتواند به برنامه قابل‌اطمینان با توجه به هزینه پیش‌بینی شده دست یابد.

به‌طور کلی می‌توان اهداف زیر را برای زمان‌سنجی درنظر گرفت:

۱ــ تعیین هزینه نیروی انسانی درگیر در ساخت محصول.

۲ــ تعیین تعداد کارگران تولیدی و غیرتولیدی مورد نیاز.

۳ــ تعیین تعداد ماشین‌های تولید موردنیاز.

۴ــ تعیین حجم و مقدار تحویلی مواد به ایستگاه‌های کاری.

۵ــ تعیین برنامه‌ریزی زمانی کل تولیدات کارخانه.

۶ــ بررسی امکان ساخت یک محصول با توجه به امکانات

موجود.

۷ــ تعیین اهداف تولیدی.

۸ ــ تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده.

۹ــ بررسی کارایی بخش‌ها و یا نیروی انسانی کارخانه.

۱۰ــ دانستن هزینه واقعی تولید.

۱۱ــ پرداخت‌های مالی و حقوقی به افراد و تعیین سیستم‌های تشویقی و پرداخت حقوق براساس بهره‌وری.

۱۲ــ مقایسه آلترناتیوهای مختلف انجام کار ازنظر زمانی و انتخاب بهترین آن‌ها.

۱۳ــ بالانس کردن خطوط مونتاژ، ساخت و فعالیت‌های اعضای یک گروه.

۱۴ــ استفاده از زمان در نمودارهای آنالیز روش‌ها، روابط انسان و ماشین و سایر نمودارهای مهندسی.

۱۵ــ طراحی خط تولید و ایستگاه‌های کاری قبل از نصب فیزیکی آن‌ها.

۱۶ــ طراحی ابزار و وسایل و تجهیزات

۱۷ــ استفاده از کارشناسان در برنامه‌ریزی تعمیرات و نگه‌داری، کنترل پروژه، برنامه‌ریزی و مدیریت ظرفیت و دیگر سیستم‌های مهندسی صنایع.

۱۸ــ کاربرد در بسیاری از فعالیت‌های اداری پروژه‌های عمرانی و خدماتی، بیمارستان‌ها و ...

وسایل لازم جهت زمان‌سنجی: ساعت زمان‌سنجی (کرنومتر)، ماشین حساب، مداد و قلم، دوربین فیلمبرداری، فرم‌های زمان‌سنجی و ... می‌باشند.

روش‌های مختلف زمان‌سنجی

الف ــ روش‌های مشاهده مستقیم: در این روش مشاهده کار حین عملیات الزامی است تا بتوان ابتدا زمان مشاهده را تعیین و سپس زمان نرمال و آن‌گاه زمان استاندارد را محاسبه نمود که با سه روش متفاوت انجام می‌پذیرد.

۱ــ زمان‌سنجی با استفاده از ساعت‌های متوقف شونده (کرنومتر)

۲ــ روش نمونه‌برداری از کار

۳ــ روش زمان‌سنجی گروهی

ب ــ روش‌های ترکیبی: در این‌گونه روش‌ها بدون مشاهده مستقیم عملیات زمان‌سنجی انجام می‌شود. در حقیقت با استفاده از اطلاعات استاندارد به‌دست آمده از آمارهای قبلی و سیستم‌های بین‌المللی زمان‌های از پیش تعیین شده حرکات زمان و استاندارد عملیات تعیین می‌گردد. این روش‌ها عبارت‌اند از :

۱ــ روش استفاده از داده‌های استاندارد

۲ــ روش توالی عملیاتی مینارد

۳ــ روش زمان‌های از پیش تعیین شده حرکات

ج ــ روش‌های زمان‌سنجی تخمینی

۱ــ روش تخمینی تحلیلی

۲ــ روش‌های تخمینی مقایسه‌ای

هر یک از روش‌های ذکر شده دارای خصوصیات متفاوتی بوده و در شرایط خاصی به‌کار می‌روند ولی از آن‌جایی‌که زمان‌سنجی با استفاده از کرنومتر کاربرد بیش‌تری دارد به‌طور کامل درباره آن بحث خواهد شد.

زمان‌سنجی با استفاده از کرونومتر، Stop Watch

تعریف: عبارت است از اندازه‌گیری زمان لازم جهت انجام فعالیتی مشخص در سطح عملکرد تعریف شده با استفاده از کرنومتر و مشاهده مستقیم در طول چند سیکل.

مراحل مختلف زمان‌سنجی با استفاده از کرنومتر

۱ــ انتخاب کار مورد مطالعه

۲ــ تقسیم کار به عناصر کوچک‌تر (اجزای کار)

۳ــ مشاهده و روش ثبت زمان

۴ــ تعیین مقدار سیکل‌های مورد مشاهده

۵ــ محاسبه ضریب عملکرد

۶ــ محاسبه زمان نرمال

۷ــ محاسبه بی‌کاری‌های مجاز (الونس)

۸ ــ محاسبه زمان استاندارد

۱ــ انتخاب کار مورد مطالعه: اولین قدم، تعیین کار مورد مطالعه است. به‌ندرت کار به‌صورت تصادفی انتخاب می‌گردد زیرا اکثر اوقات باید دلیلی برای انتخاب وجود داشته باشد مثلاً در مواردی که کار مورد مطالعه جدید است و قبلاً زمان‌سنجی نشده یا این‌که تغییری در مراحل یا روش کار به‌وجود آمده که تعیین زمان استاندارد جدیدی را ضروری می‌سازد و یا افزایش

هزینه در بخشی از تولید و مسایلی از این قبیل که زمان‌سنجی را ضروری می‌سازد.

پس از تعیین کار موردمطالعه باید نسبت به انتخاب **کارگر واجد شرایط** یعنی کارگری که دارای مشخصات فیزیکی لازم (از لحاظ استعداد، تحصیلات، مهارت و دانایی) جهت انجام کار به نحو رضایت‌بخش با رعایت اصول ایمنی و کیفی و کمی باشد اقدام نمود.

۲ــ تقسیم کار به عناصر موجود در آن: یک عنصر عبارت است از یک بخش متمایز شده از یک کار مشخص که به منظور راحتی در مشاهده زمان‌سنجی و تجزیه و تحلیل انتخاب می‌گردد.

تقسیم کار به عناصر موجود در آن به دلایل زیر صورت می‌گیرد :

- جدا شدن زمان کار ماشین و زمان کار کارگر تا امکان تخصیص ضریب عملکرد متفاوت وجود داشته باشد.
- اطمینان از این‌که زمان‌های غیرمولد (غیرمؤثر) وارد محاسبات نشده‌اند زیرا با تقسیم کار به عناصر و اجزای کاری، دقت در حذف زمان‌های غیرمؤثر بیش‌تر می‌شود.
- تفکیک شدن اجزای ثابت کار از اجزای متغیر کار
- سهولت در کنترل روش زمان‌سنجی و صرفه‌جویی در وقت زمان‌سنجی

هشت نوع عنصر کاری به شرح زیر موجود است :

۱ــ عنصر تکراری: عنصری است که در هریک از سیکل‌های کار اتفاق می‌افتد.

ــ عنصر برداشت یک قطعه در عمل مونتاژ، عنصر قراردادن یک قطعه در یک گیره، عنصر کنار گذاشتن یک قطعه تمام شده.

۲ــ عنصر موقت: عنصری است که در همه سیکل‌های کاری اتفاق نمی‌افتد و ممکن است در فواصل منظم یا نامنظم رخ دهد.

ــ تمیز کردن دستگاه، تنظیم ماشین و ...

باید توجه نمود که عنصر موقت یک عنصر مفید است و نیز بخشی از کار می‌باشد و باید در تعیین زمان استاندارد مدنظر باشد.

۳ــ عنصر ثابت: عنصری است که زمان پایه آن در هر حالت (هر موقع که سیکل انجام شود) ثابت باقی می‌ماند.

ــ بستن یک پیچ، نصب یک قطعه روی ماشین، روشن کردن ماشین

۴ــ عنصر متغیر: عنصری است که زمان پایه مربوط به‌آن با توجه به وابستگی آن به مشخصه‌ای از محصول، پروسه و ابزار تغییر می‌نماید ؛ مانند وابستگی آن به ابعاد، وزن، کیفیت و...

ــ برش‌هایی که در آن‌ها زمان با توجه به سختی و قطر قطعه تغییر می‌کند، زمان تمیز کردن زمین (با توجه به مساحت آن تغییر می‌کند) و زمان حمل یک قطعه از یک محل به محل دیگر (پارامتر مسافت در زمان اثر دارد.)

۵ ــ عنصر ماشینی: عنصری است که به‌صورت اتوماتیک به‌وسیله یک ماشین تولیدی انجام می‌پذیرد.

ــ فرم دادن یک لیوان شیشه‌ای، فشار بر یک بدنه فلزی جهت شکل‌پذیری، اکثر عناصر برش در ماشین‌های ابزار.

۶ــ عنصر حاکم: عنصری است که زمان مربوط به آن از زمان عناصر دیگری که همزمان با آن انجام می‌شوند بیش‌تر طول می‌کشد.

ــ در ضمن یک عمل ماشین تراشی چند عمل دیگر توسط اپراتور، مجزا از عمل تراش انجام می‌گیرد و طول زمانی تراش‌دادن بیش‌تر از زمان آن اعمال است.

۷ــ عنصر دستی: عنصری است که توسط دست کارگر انجام می‌شود. این مورد سایر اعضای بدن را نیز شامل می شود.

ــ نصب قطعه با دست، جوشکاری الکترود.

۸ــ عنصر خارجی: عنصری است که در طی زمان‌سنجی دیده می‌شود ولی یک قسمت غیرضروری در انجام کار می‌باشد. و یا عنصری است که وقوع آن از قبل پیش‌بینی نشده باشد.

رنگ زدن یک قطعه که هنوز باید ماشین کاری شود، آب خوردن در حین انجام کار.

عنصری تکراری ممکن است عنصر ثابت یا متغیر باشد، همچنین عنصر ثابت ممکن است تکراری و یا موقت بوده و عنصر موقت نیز ممکن است ثابت یا متغیر باشد.

قواعد کلی که درمورد تجزیه کار به عناصر وجود دارند عبارت‌اند از :

● نقاط انفصال ؛ یعنی لحظه ختم یک جزء و شروع جزء بعدی، حتی‌الامکان توسط صدا یا چشم قابل تشخیص باشد مثلاً تعمیر صدای دستگاه، صدای انداختن قطعه یا تغییر جهت دست یا بازو و ...

● طول زمان عنصر ؛ بایستی به اندازه‌ای باشد که به وسیله فرد زمان‌سنج به راحتی قابل زمان‌گیری باشد. این زمان بستگی به مهارت و تجزیه فرد زمان‌سنج دارد که برای فرد ماهر ۲/۴ ثانیه و برای فرد تازه‌کار بین ۴/۲ تا ۶ ثانیه است. برای عناصر دستی طولانی مدت بعد از هر ۲۰ ثانیه باید یک ضریب عملکرد جدید تعیین شود.

● عناصر دستی از عناصر ماشین جدا شوند.

● عناصر ثابت از عناصر متغیر جدا شوند.

جهت درک بهتر روش زمان‌سنجی با کرنومتر، عملیات فرزکاری یک قطعه ریخته‌گری شده به‌طور کامل مورد مطالعه قرار می‌گیرد که در آن عمق برش ۲/۵ میلی‌متر، سرعت ۸۰ دور در دقیقه (۸۰ Rpm) و میزان بار (تغذیه) ۴۰ سانتی‌متر بردقیقه می‌باشد (فرم شکل ۱۳ــ۵).

۳ــ مشاهده و روش ثبت زمان: پس از آن‌که عناصر انتخاب شدند زمان‌سنجی آن‌ها شروع می‌گردد. دو روش عمده جهت ثبت زمان مورد مشاهده موجود است :

۱ــ روش پیوسته یا جمعی: در این روش زمان به‌صورت پیوسته از شروع عنصر اول تا ختم آخرین عنصر ادامه می‌یابد و در انتهای هر عنصر زمان آن ثبت می‌گردد. هدف این روش آن است که کلیه زمان‌های سیکل کار ثبت گردد (جدول ۲ــ۵).

۲ــ روش گسسته یا جدا: در این روش عقربه بعد از زمان‌سنجی عنصر اول به صفر باز می‌گردد و بلافاصله شروع به‌کار می‌نماید و زمان هر عنصر مستقیماً به دست می‌آید (جدول ۳ــ۵).

توضیح: استفاده از روش پیوسته به علت سادگی و عدم خطای ناشی از تکرار زمان‌سنجی هر عنصر، به افراد تازه‌کار توصیه می‌شود.

ثبت زمانی عناصر: هم‌زمان با شروع زمان‌سنجی با کرنومتر با استفاده از یک ساعت دیواری ساعت آغاز زمان‌سنجی یادداشت شده و زمان پایان کار مجدداً از ساعت دیواری قرائت شده یادداشت می‌شود. ضمناً زمان هر عنصر بدون اعشار نوشته می‌شود.

مثلاً : ۰/۰۸ دقیقه به صورت ۸ ثبت می‌گردد.

مثلاً : ۰/۵۲ دقیقه به‌صورت ۵۲ ثبت می‌گردد.

مثلاً : ۲/۰۱ دقیقه به‌صورت ۲۰۱ ثبت می‌گردد.

۴ــ تعیین تعداد سیکل‌های مورد مشاهده: چون زمان‌سنجی یک نمونه‌گیری آماری می‌باشد لذا هر چه تعداد دفعات زمان‌سنجی (تعداد نمونه) کم باشد، انحراف از میانگین زمان واقعی کار بیش‌تر و خطا زیاد می‌شود از طرفی اگر تعداد نمونه‌ها (تعداد دفعات زمان سنجی) بسیار زیاد باشد وقت زیادی نیاز بوده و هزینه زیادی را باید متحمل شد پس برای پرهیز از افراط و تفریط و دست‌یابی به حد منطقی و قابل‌قبول از روش‌های زیر استفاده می‌گردد.

الف ــ روش تخمینی

در این روش طبق جدول استانداردی که ارائه شده است می‌توان با توجه به زمان سیکل کار که طی چند بار زمان‌سنجی آزمایش شده است تعداد دفعات زمان‌سنجی را تعیین نمود.

جدول ۱ــ ۵ ــ جدول برآورد تعداد دفعات زمان‌سنجی به روش تخمینی

زمان سیکل کار به دقیقه	۰/۱	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱	۲	۵	۱۰	۲۰	۴۰	۴۰
تعداد دفعات زمان‌سنجی	۲۰۰	۱۰۰	۶۰	۴۰	۳۰	۲۰	۱۵	۱۰	۸	۵	۳

همان‌طوری که مشاهده می‌شود در روش تخمینی زمان سیکل با تعداد دفعات زمان‌سنجی مورد نیاز رابطه عکس دارد.

جدول ۲ــ ۵ ــ نمونه‌ای از جدول ثبت نتایج زمان‌های مشاهده شده به روش پیوسته

نام کارخانه:
نام محصول:
موضوع عملیات:

جدول زمان‌سنجی به روش پیوسته با کرنومتر

صفحه: از:

شماره فرم:

شماره عنصرکاری	شرح عنصرکاری به ریزترین حالت طبیعی ممکن	ضریب عملکرد	زمان مشاهده شده	خالص زمان مشاهده شده	زمان نرمال	شماره عنصرکاری	شرح عنصرکاری به ریزترین حالت طبیعی ممکن	ضریب عملکرد	زمان مشاهده شده	خالص زمان	زمان نرمال

جدول ۳ــ ۵ ــ نمونه‌ای از جدول ثبت زمان‌های مشاهده شده به روش گسسته

نام کارخانه:
نام محصول:
موضوع عملیات:

جدول زمان سنجی به روش گسسته با کرنومتر

شماره فرم:

شماره عنصرکاری	شرح عنصرکاری به ریزترین حالت طبیعی ممکن	ضریب عملکرد	خالص زمان مشاهده شده	زمان نرمال

شماره عنصرکاری	شرح عنصرکاری به ریزترین حالت طبیعی ممکن	ضریب عملکرد	خالص زمان مشاهده شده	زمان نرمال

ب ــ روش شرکت می ــ تگ (May - Tag Co)

۱ــ ثبت ۱۰ (مشاهده اولیه) برای سیکل‌های کمتر از ۲ دقیقه ($n_{\circ}=۱۰$) ثبت ۵ مشاهده اولیه برای سیکل‌های بیش از ۲ دقیقه ($n_{\circ}=۵$).

۲ــ تعیین دامنه (R) که برابر است با تفاضل بیش‌ترین زمان مشاهده شده (H) و نیز کم‌ترین مقدار آن (L)

$$R = H - L$$

۳ــ تعیین متوسط $\bar{x}$ که برابر است با مجموع مقادیر مشاهده شده تقسیم بر تعداد مشاهده (۵ یا ۱۰)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=۱}^{n_{\circ}} x_i}{n_{\circ}}$$

۴ــ تعیین $\frac{R}{\bar{X}}$

۵ ــ تعیین تعداد مشاهده مورد نیاز از جدول می تگ برای فاصله اطمینان ۹۵٪ و خطای ۵٪ ± و تقسیم عدد قرائت شده از جدول تقسیم بر چهار

۶ ــ ادامه مشاهدات تا زمانی که تعداد مشاهدات به میزان مذکور در جدول می‌تگ برسد البته در صورتی که تعداد مشاهدات لازم (n) بیش از تعداد مشاهده اولیه $n_{\circ}$ باشد.

مثال: اگر در یک زمان‌سنجی نسبت $\frac{R}{\bar{x}} = ۵۸٪$ باشد تعداد نمونه لازم برای سیکل‌های کمتر از ۲ دقیقه $n = \frac{۵۷}{۴} = ۱۵$

و برای سیکل‌های بیش از ۲ دقیقه $n = \frac{۱۰۰}{۴} = ۵$ می‌باشد. (با استفاده از جدول می‌تگ)

ج ــ استفاده از توزیع نرمال

$$N' = \left(\frac{۴۰\sqrt{N\sum x^۲ - (\sum x)^۲}}{\sum x}\right)^۲$$

رابطه:

N' = تعداد مشاهده مورد نیاز

N = تعداد مشاهده اولیه (تعداد نمونه)

X = مقدار زمان قرائت شده برای هر نمونه

توضیح: رابطه فوق برای زمانی که ضریب اطمینان ۹۵٪ و خطای ۵٪ ± باشد یعنی این‌که اظهار کنیم با اطمینان ۹۵٪ خطای محاسبه حدود ۵٪ خواهد بود صدق می‌کند و در صورتی‌که ضریب اطمینان ۹۰٪ و خطای ۱۰٪ ± باشد به‌جای عدد ثابت ۴۰ در رابطه فوق از عدد ثابت ۲۰ استفاده می‌کنیم.

مثال: از عنصری ۳۰ مشاهده به‌عمل آمده است ($N = ۳۰$) می‌خواهیم بدانیم آیا به تعداد کافی مشاهده انجام شده است یا خیر؟ (فاصله اطمینان ۹۵٪ و خطای ۵٪ ±).

$$N' = \left(\frac{۴۰\sqrt{۳۰\times ۹۶۷ - (۱۶۹)^۲}}{۱۶۹}^۲\right) = ۲۵$$

تعداد مشاهده مورد نیاز

توضیح $\sum x^۲$ و $(\sum x)^۲$ قبلاً باید محاسبه شود که در این مثال $\sum x^۲ = ۹۶۷$ و $(\sum x)^۲ = ۱۶۹$ می‌باشد یعنی با استفاده از ۳۰ زمان قرائت شده اولیه محاسبه شده‌اند.

$x_۱ ، x_۲ ، \ldots\ldots ، x_{۳۰}$

د ــ استفاده از جدول t استیودنت

رابطه:

$$N = \left(\frac{A \times S}{K \times \bar{x}}\right)^۲$$

A = عدد قرائت شده از جدول t استیودنت

N = تعداد مشاهده مورد نیاز

$\bar{x}$ = میانگین مشاهدات اولیه

K = ۰/۰۵ برای ضریب اطمینان ۹۵٪ و ۰/۱ برای ضریب اطمینان ۹۰٪

S = انحراف معیار نمونه که از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$S = \sqrt{\frac{\sum X_۱^۲}{n-۱} - \frac{(\sum X_۱)^۲}{n(n-۱)}}$$

x_i = زمان قرائت شده برای هر نمونه :

$x_۱ ، x_۲ ، x_۳ ، x_۴ ، \ldots\ldots\ldots x_n$

n = تعداد نمونه

مثال: در تعداد ۲۵ مشاهده عنصری از کار مقدار $\bar{x} = ۰/۳$ و $S = ۹٪$ با توجه به ضریب اطمینان ۹۵٪ و ۹۰٪ مطلوب است. تعداد مشاهده موردنیاز (N)

حل: ابتدا باید عدد A از جدول قرائت شود : (جدول ۵ــ۵)

الف ــ برای ضریب اطمینان ۹۵٪ و $n = ۲۵$ خواهیم داشت

$A = ۲/۰۶۰$ با استفاده از جدول t استیودنت

ب ــ برای ضریب اطمینان ۹۰٪ و $n = ۲۵$ خواهیم داشت

$A = ۱/۷۰۸$ با استفاده از جدول t استیودنت

تعداد مشاهده موردنیاز برای ضریب اطمینان ۹۵٪

$$N_۱ = \left[\frac{۲/۰۶ \times ۰/۰۹}{۰/۰۵ \times ۰/۳}\right]^۲ = ۱۵۲$$

تعداد مشاهده موردنیاز برای ضریب اطمینان ۹۰٪

$$N_c = \left[\frac{۱/۷۰۸ \times ۰/۰۹}{۰/۱ \times ۰/۳}\right]^۲ = ۲۶/۳ \approx ۲۷$$

مثال: اگر در یک زمان‌سنجی سیکل کار ۱/۲ دقیقه باشد مطلوب است تعداد مشاهدات لازم اگر $\frac{R}{\bar{x}} = ۰/۶۸$ باشد.

حل: چون زمان کمتر از ۲ دقیقه است پس $n_. = ۱۰$ فرض می‌شود و در مقابل ستون ۰/۶۸ به عدد ۷۸ خواهیم رسید که $N = \frac{۷۸}{۴} = ۱۹$: تعداد مشاهده لازم $N = ۱۹$ خواهد بود.

یادآوری : همان‌طور که مشاهده شد برای تعیین تعداد دفعات زمان‌سنجی به‌طور دقیق ابتدا باید چند دفعه زمان‌سنجی اولیه انجام داد تا بتوانیم مقدار میانگین و انحراف معیار نمونه را محاسبه سپس با روش‌های مختلف (توزیع زمان ــ توزیع t و روش می تگ جدول ۴ــ ۵) بتوانیم مقدار دفعات زمان‌سنجی مورد نیاز را به دست آوریم. آنچه مسلم است استفاده از روش تخمینی و جدول ۱ــ ۵ ساده‌ترین روش می‌باشد که برای آموزش توصیه می‌شود.

جدول ۴ــ ۵ ــ می‌تگ: تعداد مشاهدات لازم با خطای ۰/۵± و ضریب اطمینان ۰/۹۵

$\frac{R}{\bar{x}}$	n = ۵	n = ۱۰	$\frac{R}{\bar{x}}$	n = ۵	n = ۱۰	$\frac{R}{\bar{x}}$	n = ۵	n = ۱۰
۰/۱۰	۳	۲	۰/۴۲	۵۲	۳۰	۰/۷۴	۱۶۲	۹۳
۰/۱۲	۴	۲	۰/۴۴	۵۷	۳۳	۰/۷۶	۱۷۰	۹۸
۰/۱۴	۶	۳	۰/۴۶	۶۳	۳۶	۰/۷۸	۱۸۰	۱۰۳
۰/۱۶	۸	۴	۰/۴۸	۶۸	۳۹	۰/۸۰	۱۹۰	۱۰۸
۰/۱۸	۱۰	۶	۰/۵۰	۷۴	۴۲	۰/۸۲	۱۹۹	۱۱۳
۰/۲۰	۱۲	۷	۰/۵۲	۸۰	۴۶	۰/۸۴	۲۰۹	۱۱۹
۰/۲۲	۱۴	۸	۰/۵۴	۸۶	۴۹	۰/۸۶	۲۱۸	۱۲۵
۰/۲۴	۱۷	۱۰	۰/۵۶	۹۳	۵۳	۰/۸۸	۲۲۹	۱۳۱
۰/۲۶	۲۰	۱۱	۰/۵۸	۱۰۰	۵۷	۰/۹۰	۲۳۹	۱۳۸
۰/۲۸	۲۳	۱۳	.۶۰	۱۰۷	۶۱	۰/۹۲	۲۵۰	۱۴۳
۰/۳۰	۲۷	۱۵	۰/۶۲	۱۱۴	۶۵	۰/۹۴	۲۶۱	۱۴۹
۰/۳۲	۳۰	۱۷	۰/۶۴	۱۲۱	۶۹	۰/۹۶	۲۷۳	۱۵۶
۰/۳۴	۳۴	۲۰	۰/۶۶	۱۲۹	۷۴	۰/۹۸	۲۸۴	۱۶۲
۰/۳۶	۳۸	۲۲	۰/۶۸	۱۳۷	۷۸	۱/۰۰	۲۹۶	۱۶۹
۰/۳۸	۴۳	۲۴	۰/۷۰	۱۴۵	۸۳			
۰/۴۰	۴۷	۲۷	۰/۷۲	۱۵۳	۸۸			

جدول ۵ ــ ۵ ــ بخشی از جدول توزیع t استیودنت

n	t با ۹۰٪ ضریب اطمینان	t با ۹۵٪ ضریب اطمینان
۱	۶/۳۱۴	۱۲/۷۰۶
۲	۲/۹۲۰	۴/۳۰۳
۳	۲/۳۵۳	۳/۱۸۲
۴	۲/۱۳۲	۲/۷۷۶
۵	۲/۰۱۵	۲/۵۷۱
۶	۱/۹۴۳	۲/۴۴۷
۷	۱/۰۹۵	۲/۳۶۵
۸	۱/۸۶۰	۲/۳۰۶
۹	۱/۸۳۳	۲/۲۶۲
۱۰	۱/۸۱۲	۲/۲۲۸
۱۱	۱/۷۹۵	۲/۲۰۱
۱۲	۱/۷۸۲	۲/۱۷۹
۱۳	۱/۷۷۱	۲/۱۶۰
۱۴	۱/۷۶۱	۲/۱۴۵
۱۵	۱/۷۵۳	۲/۱۳۱
۱۶	۱/۷۴۶	۲/۱۲۰
۱۷	۱/۷۴۰	۲/۱۱۰
۱۸	۱/۷۳۴	۲/۱۰۹
۱۹	۱/۷۲۹	۲/۰۹۳
۲۰	۱/۷۲۵	۲/۰۸۴
۲۱	۱/۷۲۱	۲/۰۸۰
۲۲	۱/۷۱۷	۲/۰۷۴
۲۳	۱/۷۱۴	۲/۰۶۹
۲۴	۱/۷۱۱	۲/۰۶۴
۲۵	۱/۷۰۸	۲/۰۶۰
۲۶	۱/۷۰۶	۲/۰۵۶
۲۷	۱/۷۰۳	۲/۰۵۲
۲۸	۱/۷۰۱	۲/۰۴۸
۲۹	۱/۶۹۹	۲/۰۴۵
۳۰	۱/۶۹۷	۲/۰۴۲
۴۰	۱/۶۴۸	۲/۰۲۱
۶۰	۱/۶۷۱	۲/۰۰۰
۱۲۰	۱/۶۵۸	۱/۹۸۰
∞	۱/۶۴۵	۱/۹۶۰

۵ــ محاسبه ضریب عملکرد

تعریف: ضریب عملکرد، عددی است که توسط تحلیل‌گر از مقایسه کارایی فرد مورد مطالعه با کارایی فرد نرمال به‌دست می‌آید.

فردی با کارایی نرمال کسی است که با کار، تطابق لازم را پیدا نموده و دارای هماهنگی کامل بین فعالیت‌های بدنی و ذهنی است و از سرعت مطلوب در انجام کار برخوردار بوده و دارای تجربه کافی و مهارت مفید باشد.

روش‌های مختلف محاسبه ضریب عملکرد

معمولاً از چهار روش (وستینگهاوس ــ براساس سرعت ــ به‌صورت موضوعی و ترکیبی) استفاده می‌شود که حفظ روش وستینگهاوس به‌علت دقت زیاد مورد بحث قرار می‌گیرد.

روش وستینگهاوس: یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین این سیستم‌ها می‌باشد که توسط شرکت الکتریکی وستینگهاوس پایه‌گذاری شده و چهار فاکتور در ارزیابی کار اپراتور (کارگر) درنظر گرفته می‌شود که عبارتند از :

● ***مهارت:*** نشان دهنده هماهنگی صحیح بین فکر و دست می‌باشد. مهارت یک اپراتور برحسب تجربه، استعداد ذاتی، ریتم و هماهنگی طبیعی او تعیین می‌گردد. تمرین باعث پیشرفت مهارت بوده، ولی کاملاً نمی‌تواند کمبود فاکتورهای ذاتی دیگر را بپوشاند. مهارت با زمان افزایش می‌یابد زیرا آشنایی با کار بیش‌تر می‌گردد، سرعت کار بهبود می‌یابد، آرامی در حرکات به‌وجود آمده و انجام خطا در حرکات کاهش می‌یابد (به علت آشنایی بیش‌تر با کار) و سرعت کار بهبود پیدا می‌کند. کاهش مهارت دارای دلایل فیزیکی و روانی مانند کاهش دید چشم، قوای عضلانی و ... می‌باشد.

در این سیستم شش درجه مهارت جهت ارزیابی وجود دارد : فاقد مهارت، مهارت ضعیف، مهارت متوسط، مهارت خوب، مهارت عالی و مهارت فوق‌العاده زیاد. میزان مهارت توسط تحلیل‌گر زمان‌سنج ارزیابی گردیده و در یکی از شش طبقه قرار می‌گیرد. طبقه‌بندی انواع مهارت در جدول ۶ ــ ۵ آورده شده است.

جدول ۶ ــ ۵ــ طبقه‌بندی انواع مهارت جهت ارزیابی اپراتور

مهارت		
فوق‌العاده زیاد	A_1 A_2	+ ۰/۱۵ + ۰/۱۳
عالی	B_1 B_2	+ ۰/۱۱ + ۰/۰۸
خوب	C_1 C_2	+ ۰/۰۶ + ۰/۰۳
متوسط	D	۰/۰۰
ضعیف	E_1 E_2	– ۰/۰۵ – ۰/۱۰
فاقد مهارت	F_1 F_2	– ۰/۱۶ – ۰/۲۲

درصدهای ذکر شده در جدول فوق به‌صورت جبری با امتیازات مربوط به سایر فاکتورها (سعی به‌کار رفته، شرایط و سازگاری) جمع می‌گردد.

در زیر انواع مهارت توصیف شده است :

□ **فاقد مهارت**

۱ــ بین دست و فکر او هماهنگی وجود ندارد.

۲ــ حرکت‌ها خیلی نامناسب و ناهمگون به‌نظر می‌رسند.

۳ــ به‌نظر می‌رسد که تقدّم و تأخّر عملیات را به‌صورت صحیح نمی‌تواند انجام دهد و در این مورد اطمینان ندارد.

۴ــ آموزش لازم را برای انجام عملیات ندیده است.

۵ ــ با کار تناسب ندارد.

۶ ــ مردّد و دو دل است.

۷ــ به‌طور مداوم دچار اشتباه می‌شود.

۸ ــ فاقد اعتماد شخصی است.

۹ــ توانایی فکر کردن در نحوه انجام مناسب کار را ندارد.

□ **مهارت ضعیف**

۱ــ تا حدی آموزش لازم را برای انجام کار دیده است.

۲ــ آشنایی او با ماشین‌آلات و ابزار در حد ضعیفی است.

۳ــ اعتماد به نفس کامل ندارد.

۴ــ در انجام کار برای مدت زمان طولانی عدم تناسب را نشان داده است.

۵ــ می‌داند که چه باید بکند اما مطمئن نیست.

۶ ــ بخشی از زمان را با توجه به عدم توانایی کافی خود از دست می‌دهد.

۷ــ میزان بازدهی او مانند فرد فاقد مهارت است ولی تلاش کمتری در کار می‌کند.

۸ ــ معمولاً در انجام کار تردید دارد.

□ **مهارت متوسط**

۱ــ به خود اعتماد کامل دارد.

۲ــ حرکاتش کمی کند به‌نظر می‌رسند.

۳ــ در کار او بازدهی وجود دارد.

۴ــ بدون تردید قابل‌ملاحظه‌ای از تقدم و تأخیر عملیات پیروی می‌کند.

۵ ــ هماهنگی بین ذهن و دست‌های او به طریق قابل قبولی متناسب است.

۶ ــ به‌نظر می‌رسد که کاملاً تعلیم یافته و نسبت به کار آگاهی دارد.

۷ــ دقت کار، قابل قبول است.

۸ ــ کار به نحو رضایت‌بخشی انجام می‌شود.

□ **مهارت خوب**

۱ــ کیفیت کار در حد عالی است.

۲ــ به‌طرز قابل ملاحظه‌ای از یک فرد معمولی بهتر به‌نظر می‌رسد.

۳ــ افرادی را که دارای مهارت کم‌تری از او می‌باشند می‌تواند تعلیم دهد.

۴ــ بازدهی کار او بالاست.

۵ ــ به‌نظارت و سرپرستی کمی نیاز دارد.

۶ ــ در انجام کار مردد نیست.

۷ــ با سرعت پیوسته‌ای کار می‌کند.

۸ ــ حرکات او به‌نحو مناسبی هماهنگ است.

۹ــ حرکات را سریع انجام می‌دهد.

□ **مهارت عالی**

۱ــ در انجام کار نسبت به خود اعتماد دارد.

۲ــ به‌کار انجام شده بسیار علاقه دارد.

۳ــ کاملاً تعلیم یافته است.

۴ــ با نظارت خیلی کم کار را به‌صورت دقیق انجام می‌دهد.

۵ــ نحوه انجام کار او بدون خطاست و در تقدم و تأخر عملیات نیز هیچ‌گونه اشتباهی ندارد.

۶ــ به نحو بسیار مفیدی از ماشین‌آلات و تجربیات استفاده می‌کند.

۷ــ بدون فدا کردن کیفیت، سریع کار می‌کند.

۸ ــ کارآیی او سریع و هموار است.

۹ــ کار را با ریتم و هماهنگی کامل انجام می‌دهد.

□ **مهارت فوق‌العاده زیاد**

۱ــ طبیعتاً با کار تناسب دارد.

۲ــ مهارت بسیار عالی و کاملی در انجام کار دارد.

۳ــ به‌نظر می‌رسد فوق‌العاده تعلیم یافته است.

۴ــ حرکاتش بسیار سریع و همگون هستند، به‌نحوی که بسیار سخت می‌توان آن‌ها را دنبال کرد.

۵ ــ به‌نظر می‌رسد که کار توسط ماشین انجام می‌شود.

۶ ــ عناصر عملیات با هم ترکیب شده‌اند.

۷ــ به‌نظر می‌رسد که در کاری که انجام می‌دهد فکر نمی‌کند.

۸ ــ به‌طور یقین یک اپراتور فوق‌العاده است.

● ***تلاش (سعی) به‌کار رفته:*** نمایانگر سرعتی است که در انجام کار اعمال می‌شود (با رعایت مهارت لازم) و کنترل آن می‌تواند تا حد زیادی توسط اپراتور انجام پذیرد. زمان‌سنج باید فقط و فقط تلاش مؤثر در کار فرد را ثبت کند و نه هر تلاشی را بسیاری از اوقات اپراتور سعی و تلاش صحیح انجام نمی‌دهد (فرضاً بدان منظور سیکل را طولانی‌تر نماید.)

شش طبقه جهت تلاش وجود دار : فاقد تلاش مفید، تلاش ضعیف، تلاش متوسط، تلاش خوب، تلاش عالی، و تلاش فوق‌العاده که در جدول ۷ــ ۵ آورده شده‌اند.

در زیر انواع تلاش توصیف شده است :

□ فاقد تلاش مفید

۱ــ زمان را تلف می‌کند.

۲ــ فاقد علاقه کاری است.

۳ــ به پیشنهادها و تذکرات گوش نمی‌دهد.

۴ــ کودن به‌نظر می‌رسد و آرام کار می‌کند.

۵ ــ برای دست‌یابی به ابزار و مواد مسیرهای نامناسب را طی می‌کند.

۶ ــ حرکات مازاد انجام می‌دهد.

۷ــ از ایستگاه کار خود به‌طرز ضعیفی نگهداری می‌کند.

۸ ــ ممکن است عمداً از ابزار نامناسب استفاده نماید.

۹ــ استقرار فیزیکی ایستگاه کاری را به هم می‌زند.

۱۰ــ تنظیم‌های مربوط به کار را خیلی ضعیف انجام می‌دهد.

۱۱ــ بیش از حد موردنیاز در کار دقت به‌خرج می‌دهد.

□ تلاش ضعیف

۱ــ پیشنهادها را به سختی قبول می‌کند.

۲ــ تا حدی توجه او به کار ضعیف است.

۳ــ به‌نظر می‌رسد مقدار نگرانی در انجام کار دارد.

۴ــ از بخشی از انرژی خود در انجام کار استفاده می‌نماید.

۵ ــ از روشی استفاده می‌کند که مقداری با روش صحیح تفاوت دارد.

۶ ــ همیشه از بهترین ابزار استفاده نمی‌کند.

۷ــ نسبت به کاری که در دست دارد آشنایی ندارد.

۸ ــ تا حدی دقت او بیش از حد مورد نیاز است.

۹ــ نظم او کم است.

۱۰ــ برنامه‌ریزی کار را از قبل به‌طرز صحیحی نمی‌داند.

□ تلاش متوسط

۱ــ از فرد ضعیف بهتر است.

۲ــ به‌صورت پیوسته کار می‌کند.

۳ــ پیشنهادها را می‌پذیرد اما گاهی انجام نمی‌دهد.

جدول ۷ــ۵ــ طبقه‌بندی انواع تلاش

مهارت		
فوق‌العاده زیاد	A_1	+ ۰/۱۳
	A_2	+ ۰/۱۲
عالی	B_1	+ ۰/۱۰
	B_2	+ ۰/۰۸
خوب	C_1	+ ۰/۰۵
	C_2	+ ۰/۰۲
متوسط	D	۰/۰۰
ضعیف	E_1	– ۰/۰۴
	E_2	– ۰/۸
فاقد مهارت	F_1	– ۰/۱۲
	F_2	– ۰/۱۷

۴ــ تنظیم‌های او در ایستگاه کاری خوب است.

۵ ــ از قبل برنامه‌ریزی می‌کند.

۶ ــ از روش خوبی استفاده می‌کند.

□ تلاش خوب

۱ــ کار او ریتم دارد.

۲ــ زمان بی‌کاری یا خیلی کم است و یا وجود ندارد.

۳ــ در مورد کار آگاهی دارد.

۴ــ به کار خود علاقه دارد.

۵ ــ با سرعت خوب کار می‌کند و در طی روز این سرعت را نگه می‌دارد.

۶ ــ نحوه عمل او نشان می‌دهد که به فرد زمان‌سنج اعتماد دارد.

۷ــ حاضر است که توصیه‌ها و پیشنهادها را بپذیرد.

۸ ــ پیشنهادهایی برای بهبود کار دارد.

۹ــ نظم و ترتیب ایستگاه کاری را نگاه می‌دارد.

۱۰ــ از ابزار صحیح استفاده می‌نماید.

۱۱ــ ابزار را در شرایط خوبی نگاه می‌دارد.

□ تلاش عالی

۱ــ به طریقی سریع کار می‌کند.

۲ــ از حرکات به نحو اقتصادی‌تری استفاده می‌نماید.

۳ــ به کار بسیار علاقه‌مند است.

۴ــ پیشنهادهای بسیای ارایه می‌کند.

۵ ــ از قبول پیشنهادهایش، بسیار خوشحال می‌شود.

۶ ــ اعتماد زیادی به فرد زمان‌سنج دارد.

۷ــ به‌نظر می‌رسد که احتمالاً بیش از چند روز تلاش مؤثر خود را به همین نحو ادامه دهد.

۸ ــ از توانایی برتر بودن خود مغرور است.

۹ــ حرکات اشتباه او در کمترین حد است.

۱۰ــ به صورت منظم کار می‌کند.

۱۱ــ حرکاتش با هم آمیختگی دارند.

□ تلاش فوق‌العاده زیاد

۱ــ سرعت خود را به نحو بسیار زیاد افزایش می‌دهد.

۲ــ از هرنظر دارای بهترین تلاش است اما ممکن است برای سلامتی او اشکالاتی پیش آید.

۳ــ سرعت کاری خود را طی روز نمی‌تواند نگه دارد.

● ***شرایط محیط کار:*** این مورد آن اثری را که محیط روی اپراتور می‌گذارد مشخص می‌نماید. در اکثر اوقات شرایط به‌صورت نرمال و یا متوسط درصدبندی می‌گردد. عناصری که در شرایط کار اثر می‌گذارند شامل رطوبت، درجه حرارت و نور محیط می‌باشد. بنابراین اگر درجه حرارت محل کار ۶۰ باشد (در صورتی که به‌طور معمول بایستی $68^{\circ}F$ تا $74^{\circ}F$ باشد) شرایط، نرخ کم‌تری از نرمال می‌گیرد.

شرایطی که در روی عمل اثر می‌گذارند (مانند ابزار و مواد نامناسب) نباید در ضریب کارآیی شرایط محیط کاری درنظر گرفته شوند.

● ***سازگار بودن:*** چهارمین فاکتور، سازگاری در تعیین مقادیر مشاهده شده است. مقادیر زمانی عناصری که به‌صورت ثابت تکرار می‌گردند درجه ثبات کاملی را دارا می‌باشند ولی این امر به‌ندرت اتفاق می‌افتد (به علت آن‌که متغیرهای زیادی مانند سختی مواد، لبه ابزار برش، روغن‌کاری، مهارت، سعی اپراتور، خطا در خواندن مشاهده، حضور و عدم حضور عناصر خارجی و... در روی آن اثر می‌گذارند). عناصری که توسط ماشین کنترل می‌گردند مقادیری نزدیک به سازگاری کامل دارند ولی باید توجه داشت که این نوع عناصر نرخ‌بندی نمی‌شوند.

جدول ۸ ــ ۵ــ طبقه‌بندی شرایط محیط

شرایط محیط		
ایده‌آل	A	+ ۰/۰۶
عالی	B	+ ۰/۰۴
خوب	C	+ ۰/۰۲
متوسط	D	۰/۰۰
ضعیف	E	– ۰/۰۳
خیلی ضعیف	F	– ۰/۰۷

جدول ۹ ــ ۵ــ طبقه‌بندی سازگاری کار

شرایط محیط		
ایده‌آل	A	+ ۰/۰۴
عالی	B	+ ۰/۰۳
خوب	C	+ ۰/۰۱
متوسط	D	۰/۰۰
ضعیف	E	– ۰/۰۲
خیلی ضعیف	F	– ۰/۰۴

شش طبقه سازگاری کامل، عالی، خوب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف وجود دارند که در جدول ۹ــ۵ آورده شده‌اند.

قانون خاصی در مورد نحوه کاربرد فاکتور سازگاری وجود ندارد. بعضی از عملیات‌ها زمان انجامش کوتاه است و فاقد حرکات دستی ظریف (قرار دادن چیزی در جایی) هستند. در این عملیات‌ها دارای سازگاری میانگین می‌باشند. کاری که طولانی‌تر است و نیاز به مهارت زیاد در عناصر قرار دادن، درگیر کردن و... دارد دارای حد بیشتری از سازگاری میانگین می‌باشد.

هنگامی که مهارت، تلاش، شرایط و سازگاری تعیین گردید می‌توان ضریب عملکرد را تعیین نمود که عبارت از جمع جبری مقادیر فوق می‌باشد.

در صورتی که برای یک عنصر کار درصدها به‌صورت زیر تعیین گردند.

مهارت	C_2	+ ۰/۰۳
تلاش	C_1	+ ۰/۰۵
شرایط	D	+ ۰/۰۰
سازگاری	E	− ۰/۰۲
		+ ۰/۰۶

ضریب عملکرد برابر است با ۱۰۶٪ = ۰/۰۶+۱۰۰٪ و یا در صورتی که کارایی نرمال ۱۰۰ باشد برابر ۱۰۶ است. مجدداً باید توجه نمود که ضریب عملکرد فقط جهت **عناصر دستی** به‌کار می‌رود و ضریب عملکرد **عناصر ماشینی** ۱۰۰٪ است. ضمناً در فرم‌های زمان‌سنجی ستون‌هایی برای درج امتیازات **مهارت، تلاش، شرایط محیط و سازگار بودن** درنظر گرفته نشده است.

۶ــ محاسبه زمان نرمال: همانگونه که اشاره شد در این مرحله جمع‌آوری اطلاعات و ثبت مشاهدات انجام گرفته و زمان مشاهده هر عنصر به‌دست آمده است (در روش پیوسته).

زمان ختم عنصر قبلی T_1− زمان ختم عنصر فعلی T_2 = زمان مشاهده هر عنصر $T = T$

با استفاده از زمان مشاهده T و ضریب عملکرد R می‌توان متوسط زمان نرمال $\overline{N}T$ را محاسبه نمود.

n = تعداد مشاهدات

$$\overline{N}T = \frac{\sum_{i=1}^{n} NT_i}{n}$$

۷ــ محاسبه بیکاری‌های مجاز (الونس) Allowance

تعریف: بیکاری‌های مجاز عبارت است از همان اضافه زمان درنظر گرفته شده برای رفع نیازهای شخصی کارگر، رفع خستگی او و وقفه اجتناب‌ناپذیری که در فرآیند تولید به‌وجود می‌آورد که آن را اضافات مجاز یا الونس هم می‌گویند.

بیکاری‌های مجاز عبارتند از :

۱ــ بیکاری‌های مجاز ثابت شامل:

الف ــ بیکاری مجاز برای رفع نیاز شخصی (۵٪ ــ ۲٪) زمان نرمال

ب ــ بیکاری مجاز برای رفع خستگی عمدی (۶/۵٪ ــ ۴٪) زمان نرمال

۲ــ بیکاری‌های مجاز متغیر شامل:

الف ــ توقف‌های مربوط به استراحت با توجه به شرایط و محیط کاری

ب ــ بیکاری ناشی مجاز ناشی از فرآیند

ج ــ بیکاری مجاز ناشی از سیاست مدیریت

د ــ بیکاری‌های مجاز ویژه ــ مصلحتی ــ احتمالی

هـ ــ بیکاری مجاز برای تأخیر غیرقابل اجتناب

توضیح: معمولاً در محاسبه بیکاری‌های مجاز (الونس) بیکاری‌های مجاز ثابت و بیکاری‌های مجاز متغیری را که مربوط به شرایط و محیط کار می‌شود درنظر می‌گیرند و سایر بیکاری‌های مجاز متغیر را در شرایط خاصی ممکن است منظور نمایند.

جدول‌های ۱۰ــ۵ تا ۱۲ــ۵ در محاسبه الونس (بیکاری‌های مجاز) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

جدول ۱۰ــ۵ ــ مقادیر بعضی از الونس‌های ثابت و متغیر

۱ــ الونس ثابت

	مرد	زن
الونس نیازهای شخصی	۵	۷
الونس خستگی پایه	۴	۴
جمع	۹	۱۱

۲ــ الونس‌های متغیر که به الونس ثابت اضافه می‌شوند

	مرد	زن
الف ــ ایستادن	۲	۴
ب ــ موقعیت غیرطبیعی بدن		
کمی نامناسب	۰	۱
نامناسب (خم شدن)	۲	۳
خیلی نامناسب	۷	۷
ج ــ حمل بار و استفاده از نیرو		
(بلند کردن، کشیدن و فشاردادن به کیلوگرم)		

کیلوگرم	مرد	زن
۲/۵ . . .	۰	۱
۵ . . .	۱	۲
۷/۵ . . .	۲	۳
۱۰ . . .	۳	۴
۱۲/۵ . . .	۴	۶
۱۵ . . .	۶	۹
۱۷/۵ . . .	۸	۱۲
۲۰ . . .	۱۰	۱۵
۲۲/۵ . . .	۱۲	۱۸
۲۵ . . .	۱۴	ــ
۳۰ . . .	۱۹	ــ
۴۰ . . .	۳۳	ــ
۵۰ . . .	۵۸	ــ

	مرد	زن
د ــ شرایط نوری		
کمی کمتر از مقادیر استاندارد	۰	۰
زیر مقادیر استاندارد	۲	۲
کاملاً کافی	۵	۵
هـ ــ شرایط هوای محیط (به استثناء فاکتورهای جوی)		
هوای تازه و تهویه شده	۰	۰
تهویه بد ولی بدون مواد		
سمی و بوهای صدمه‌زا	۵	۵
کار نزدیک کوره‌ها	۵	۱۵
و ــ تنش بینایی		
کار نسبتاً ظریف	۰	۰
کار ظریف و دقیق	۲	۲
خیلی ظریف و خیلی دقیق	۵	۵
ز ــ تنش شنوایی		
پیوسته	۰	۰
متناوب، بلند	۲	۲
متناوب، خیلی بلند	۵	۵
ح ــ تنش فکری		
فرآیند نسبتاً پیچیده	۱	۱
فرآیند پیچیده یا توجه زیاد	۴	۴
خیلی پیچیده	۸	۸
ط ــ یکنواختی فکری		
کم	۰	۰
متوسط	۱	۱
زیاد	۴	۴
ی ــ یکنواختی فیزیکی		
نسبتاً کسل‌کننده	۰	۰
کسل‌کننده	۲	۱
خیلی کسل‌کننده	۵	۲

جدول ۱۱ــ۵ــ دامنه امتیازات تخصیص یافته برای تنش‌های مختلف (خلاصه)

نوع تنش	شدت		
	کم	میانه	زیاد
الف ــ تنش‌های فیزیکی که با توجه به طبیعت کار ایجاد می‌شوند :			
۱ــ میانگین نیروی اعمال شده	۰ــ۸۵	۰ــ۱۱۳	۰ــ۱۴۹
۲ــ وضعیت قرار گرفتن بدن	۰ــ۵	۶ــ۱۱	۱۲ــ۱۶
۳ــ ارتعاش	۰ــ۴	۵ــ۱۰	۱۱ــ۱۵
۴ــ سیکل کوتاه مدت	۰ــ۳	۴ــ۶	۷ــ۱۰
۵ــ پوشش محدودکننده حرکت	۰ــ۴	۵ــ۱۲	۱۳ــ۲۰
ب ــ تنش‌های ذهنی :			
۱ــ تمرکز / نگرانی	۰ــ۴	۵ــ۱۰	۱۱ــ۱۶
۲ــ یکنواختی	۰ــ۲	۳ــ۷	۸ــ۱۰
۳ــ تنش بینایی	۰ــ۵	۶ــ۱۱	۱۲ــ۲۰
۴ــ سروصدای ناخواسته	۰ــ۲	۳ــ۷	۸ــ۱۰
ج ــ تنش‌های فیزیکی و ذهنی که بر اثر شرایط محیط کار پیش می‌آیند :			
۱ــ درجه حرارت			
رطوبت کم	۰ــ۵	۶ــ۱۱	۱۲ــ۱۶
رطوبت متوسط	۰ــ۵	۶ــ۱۴	۱۵ــ۲۶
رطوبت زیاد	۰ــ۶	۷ــ۱۷	۱۸ــ۳۶
۲ــ تهویه	۰ــ۳	۴ــ۹	۱۰ــ۱۵
۳ــ بخارات و بوها	۰ــ۳	۴ــ۸	۹ــ۱۲
۴ــ گرد و غبار	۰ــ۳	۴ــ۸	۹ــ۱۲
۵ــ کثیفی	۰ــ۲	۳ــ۶	۷ــ۱۰
۶ــ نم داشتن	۰ــ۲	۳ــ۶	۷ــ۱۰

برای استفاده از جدول تبدیل امتیازات، به شیوه زیر عمل می‌کنیم :

فرض کنید که کل امتیاز تخصیص داده شده به عنصر کاری برابر با ۵۴ باشد.

۱ــ عدد دهگان یعنی ۵۰ از ستون اول سمت چپ جدول ۱۲ــ۵ مربوط به امتیازات خوانده می‌شود.

۲ــ عدد یکان یعنی ۴ از سطر سمت راست جدول خوانده می‌شود.

۳ــ تقاطع دو عدد خوانده شده درصد زمان مجاز را خواهد داد که ۲۶٪ می‌شود.

جدول ۱۲ــ۵ــ جدول تعیین درصد بیکاری‌های مجاز با توجه به امتیازات حاصل از عوامل مؤثر در بیکاری مجاز

امتیاز	۰	۱	۲	۳	۴↓	۵	۶	۷	۸	۹
۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۱	۱۱	۱۱
۱۰	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲
۲۰	(۱۳)	۱۳	۱۳	۱۳	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۵	۱۵
۳۰	۱۵	۱۶	۱۶	۱۶	۱۷	۱۷	۱۷	۱۸	۱۸	۱۸
۴۰	۱۹	۱۹	۲۰	۲۰	۲۱	۲۱	۲۲	۲۲	۲۳	۲۳
→ ۵۰	۲۴	۲۴	۲۵	۲۶	(۲۶)	۲۷	۲۷	۲۸	۲۸	۲۹
۶۰	۳۰	۳۰	۳۱	۳۲	۳۲	۳۳	۳۴	۳۴	۳۵	۳۶
۷۰	۳۷	۳۷	۳۸	۳۹	۴۰	۴۰	۴۱	۴۲	۴۳	۴۴
۸۰	۴۵	۴۶	۴۷	۴۸	۴۸	۴۹	۵۰	۵۱	۵۲	۵۳
۹۰	۵۴	(۵۶)	۵۶	۵۷	۵۸	۵۹	۶۰	۶۱	۶۲	۶۳
۱۰۰	۶۴	۶۵	۶۶	۶۸	۶۹	۷۰	۷۱	۷۲	۷۳	۷۴
۱۱۰	۷۵	۷۷	۷۸	۷۹	۸۰	۸۲	۸۳	۸۴	۸۵	۸۷
۱۲۰	۸۸	۸۹	۹۱	(۹۲)	۹۳	۹۵	۹۶	۹۷	۹۹	۱۰۰
۱۳۰	۱۰۱	(۱۰۳)	۱۰۵	۱۰۶	۱۰۷	۱۰۹	۱۱۰	۱۱۲	۱۱۳	۱۱۵
۱۴۰	۱۱۶	۱۱۸	۱۱۹	۱۲۱	۱۲۲	(۱۲۳)	۱۲۵	۱۲۶	۱۲۸	۱۳۰

در جدول ۱۲ــ۵ بیکاری‌های مجاز ثابت شامل ۵٪ بیکاری مجاز برای رفع نیازهای شخصی و ۵٪ بیکاری مجاز برای رفع خستگی‌های عمومی علاوه بر درصد بیکاری‌های مجاز متغیر برای رفع خستگی ناشی از ماهیت کار و شرایط محیطی مدنظر محاسبه شده است.

۸ــ محاسبه زمان استاندارد: زمان استاندارد به طریق زیر محاسبه می گردد.

[جمع الونس‌ها(به‌درصد)+۱]زمان نرمال = زمان استاندارد

$$\left[\frac{۱}{\text{(جمع اونس‌ها به درصد-۱)}}\right] \text{زمان نرمال} = \text{زمان استاندارد}$$

فرم‌های زمان‌سنجی

فرم‌هایی که در زمان‌سنجی به‌کار می‌روند به دو نوع تقسیم می‌گردند :

الف ــ فرم‌هایی که هنگام مشاهده و زمان‌سنجی عملیات به‌کار می‌روند، عبارتند از:

۱ــ فرم عناصر

۲ــ فرم نحوه استقرار ایستگاه کاری

۳ــ فرم اصلی زمان‌سنجی (فرم ثبت‌زمان) که تمام اطلاعات اصلی در روی آن ثبت می‌گردد، عناصر کاری، مشخص شده و می‌توان چند سیکل اولیه را در روی آن ثبت نمود ؛ همچنین می‌توان نحوه استقرار ایستگاه کاری را در پشت فرم و یا در روی اوراق ضمیمه آن ترسیم نمود. در ادامه فرم فوق چندین سیکل

دیگر را می‌توان مطالعه نمود. فرم‌های نوع ب به دسته‌های مختلف تقسیم می‌گردند :

ب ــ فرم‌هایی که پس از انجام زمان‌سنجی در بخش اداری مورد استفاده قرار می‌گیرند: که عبارتند از:

۱ــ *فرم محاسبه زمان نرمال؛* که جهت تجزیه و تحلیل زمان‌های به‌دست آمده در هنگام زمان‌سنجی به‌کار می‌رود و می‌توان توسط آن زمان نرمال هریک از عناصر را به‌دست آورد.

۲ــ *فرم خلاصه زمان‌سنجی؛* که زمان به‌دست آمده جهت کلیه عناصر به روی آن منتقل می‌شود و با توجه به تکرار وقوع عناصر، کلیه‌اطلاعات به‌دست آمده هنگام زمان‌سنجی را دربرمی‌گیرد در بالای این فرم کلیه اطلاعات لازم در مورد عمل نیز وجود دارد و همراه فرم‌های دیگر در پرونده زمان‌سنجی قرار می‌گیرد.

۳ــ *فرم آنالیز ورقه زمان‌سنجی؛* که کلیه نتایج به‌دست آمده در زمان‌سنجی در روی آن ثبت می‌گردد. در این فرم نتایج کلیه زمان‌سنجی‌هایی را که از یک سیکل ناشی شده‌اند ــ بدون توجه به آن که توسط چه شخصی و در چه زمانی زمان‌سنجی انجام پذیرفته است ــ ثبت می‌شوند. با استفاده از این فرم زمان نرمال و یا زمان پایه برای عناصر جمع‌آوری می‌گردد.

۴ــ *فرم تعیین الونس؛* که به‌منظور محاسبه الونس به‌کار می‌رود.

۵ــ *فرم محاسبه زمان استاندارد؛* فرم‌های ۱۴ــ۵ تا ۲۰ــ۵ نمونه‌هایی از فرم‌های مورد استفاده در زمان‌سنجی به‌روش «Stop Watch» را نشان می‌دهند.

مثال جامعی در زمان‌سنجی به روش «Stop watch»

مثال: در این‌جا با فرض درک مفاهیم اولیه زمان‌سنجی از سوی خواننده با یک مثال کامل و عملی چگونگی مطالعه دقیق این مثال و فرم‌هایی که در آن ارایه می‌گردد، خواننده را قادر می‌سازد از طریق مطالعه و پیگیری اجزای آن زمان‌سنجی را در حد مطلوب، با احتمال آماری مشخص و دقت قابل قبولی انجام داده و زمان استاندارد جهت کار مورد مطالعه را تعیین نماید. انتخاب این مثال بنا به دلایل زیر می‌باشد.

۱ــ سهل و آسان بودن موضوع و تا حد زیاد جامع بودن آن

۲ــ مطالعه روش‌ها قبل از زمان‌سنجی انجام گرفته است.

۳ــ شامل هر دو نوع عملیات دستی و ماشینی می‌باشد.

۴ــ ترکیب عملیات آن را به سهولت می‌توان در صنایع مهندسی و در دیگر صنایعی که آزمایش‌آلات و فرآیندهای نیمه‌اتوماتیک استفاده می‌کنند مشاهده کرد.

فرم‌هایی که در این مثال آورده شده‌اند از فرم‌های ساده زمان‌سنجی می‌باشند. عناصر و نقاط انفصال تعریف شده در این مثال، توسط بخش مطالعه روش‌های انجام گرفته و در روی کارتی که در فایل‌های خود نگهداری می‌کنند ثبت گردیده است. در این مثال یک عملیات مشخص چندین بار توسط زمان‌سنجی مختلف مطالعه و نتایج آن با یکدیگر مقایسه شده است.

اگر چه مثالی که در این‌جا مطالعه می‌گردد مثال ساده‌ای در صنعت ساخت می‌باشد. اما دقیقاً همین روش برای عملیات غیرتولیدی یا هر عملیات دیگری که منظور از آن تعیین زمان استاندارد باشد، به‌کار می‌رود. درضمن کلیه عملیات دستی با همین روش قابل مطالعه می‌باشند.

جهت شروع عملیات زمان‌سنجی اطلاعات اولیه‌ای از چگونگی انجام پروسه‌ها لازم است که همان‌طور که ذکر شد باید در دپارتمان متدها و روش‌ها موجود باشد.

باسمه تعالی

سؤالات امتحان نهایی درس:محاسبات فنی (۲)صنایع چوب	رشته :صنایع چوب‌وکاغذ	ساعت شروع : ۸ صبح	مدت امتحان : ۱۰۰ دقیقه
سال سوم آموزش متوسطه		تاریخ امتحان: ۱۳۸۹/۳/۹	
کلیه دانش آموزان و داوطلبان آزاد در خرداد ماه سال ۱۳۸۹		اداره‌ی کل سنجش و ارزشیابی تحصیلی http://aee.medu.ir	

ردیف	سؤالات	نمره
	توجه: استفاده از ماشین حساب بلامانع است $g = 10$ ، $\pi = 3$	
۱	یک دستگاه فرز برقی دستی که قطر آن ۲۵میلیمتر وتعداد دور آن $\frac{I}{min}$ ۲۷۰۰۰ دور بر دقیقه است دارای چه سرعت محیطی بر حسب متر بر ثانیه می باشد ؟	۱
۲	اگر عرض اثر تیغه رنده (a= ۱ mm) و شعاع برنده‌ی توپی(R=۸۰ mm) باشد عمق اثر تیغه رنده را حساب کنید.	۱
۳	سرعت پیشبرد یک دستگاه گندگی ۵ متر بر دقیقه است . $S= ۵ \frac{m}{min}$ اگر ۱۵ ٪ اتلاف وقت منظور گردد این دستگاه در هر ساعت چند متر کار را گندگی می‌نماید؟	۱
۴	اگر قطر چرخ متحرک ($d_۲$ =۳۰cm) و تعداد دور آن ($n_۲ = ۳۰۰۰ \frac{I}{min}$) باشد و نسبت انتقال در این دستگاه ($i = \frac{۳}{۲}$) باشد $n_۱$ و $d_۱$ را محاسبه نمایید.	۱/۵
۵	مطلوب‌است محاسبه کار مکانیکی (W) و توان انجام شده (P) جرثقیلی در صورتی که جرم متوسط گرده بینه ۱۰۰ کیلوگرم و ارتفاع حمل آن ۲/۵ متر (S= ۲/۵m) و زمان انجام کار آن پنجاه ثانیه (T= ۵۰ s) باشد.	۱/۵
۶	الکتروموتوری با توان گرفته‌شده ۳ کیلووات ($P_{۱E} = ۳kw$) و راندمان (η_E =۰/۷۵) به جعبه دنده‌ای با راندمان (η_M =۰/۸) نیرو منتقل می‌کند. محاسبه نمایید : الف- توان بازده الکترو موتور ($P_{۲E}$) ب- توان بازده جعبه دنده($P_{۲M}$) ج) راندمان کل دستگاه (η)	۱/۵
۷	درب کارگاهی به وسیله بلبرینگ حرکت می‌نماید. نیروی لازم باز و بسته شدن آن را بر حسب نیوتن حساب کنید. درصورتی‌که وزن آن ۴۰۰کیلوگرم (W= ۴۰۰kg) و ضریب اصطکاک (μ_L = ۰/۰۰۶) باشد .	۱/۵
۸	توان جذب شده الکتروموتوری که جریان سه فاز ازشبکه می‌گیرد وشدت جریان آن I=۹ A وضریب‌توان $\cos\varphi$ = ۰/۷۵ و ولتاژ خطی آن ۳۸۰ ولت می‌باشد را برحسب قوه‌ی اسب بخار محاسبه نمایید.	۱/۵
۹	بهای برق مصرفی ماهانه (۲۶ روز کاری) یک کارگاه درصورتی‌که از وسایل برقی ذیل استفاده شده باشد را محاسبه نمایید: الف- دریل دستی برقی ۷۰۰ وات ۳ ساعت ب- فرز میزی ۴ کیلووات ۵ ساعت ج- اره نواری ۲ کیلووات ۴ ساعت د- لامپ ۱۰۰ وات ۱۵ عدد ۹ ساعت (بهای هرکیلو وات برق مصرفی ۱۰۰۰ریال و حق اشتراک ماهانه ۲۰۰۰ریال است.)	۲/۵
۱۰	جهت ساخت یک صندلی عملیات ذیل تخمین زده‌شده است ، زمان ساخت آن‌را محاسبه کنید. الف- برش اولیه ۱ ساعت ب- اندازه بری و قوس بری ۲ ساعت ج- اتصالات ۱/۵ ساعت د- مونتاژ ۶ ساعت ه- پرداخت ۳/۵ ساعت و- رنگ ۵ ساعت برای حوادث احتمالی ۳۵٪ کل زمان‌های یادشده منظور گردد.	۱/۵
۱۱	در زمان سنجی برای سنجش انجام کار از چه وسایلی استفاده می‌گردد؟	۰/۵
۱۲	زمان انجام کار (T=?) برای سنباده زنی ۳۰ عدد قاب عکس مشابه را تعیین کنید . درصورتی‌که زمان انجام کار یک قطعه ۱۰دقیقه (te=۱۰) و زمان کل تجهیز ۲۵دقیقه (tr=۲۵) باشد.	۲
۱۳	زمان انجام کاری را که برای ساخت ۲۰ قطعه راکت چوبی به کار می‌رود را محاسبه کنید. (T=?) الف- زمان اصلی تجهیز ۲۵ دقیقه (trg) ب- زمان اصلی انجام کار ۱۰ دقیقه (th) ج- زمان فرعی انجام کار ۶ دقیقه (tn) د- زمان جزء تجهیز ۲ دقیقه (trv) ه- زمان جزء (tv)	۲
۱۴	اجزای کوچک‌تر زمان مبنا را نام ببرید.(tg)	۱
موفق باشـــــــــید	جمع نمرات	۲۰

باسمه تعالی

راهنمای تصحیح سؤالات امتحان نهایی درس :محاسبات فنی (۲)صنایع چوب	رشته :صنایع چوب و کاغذ	مدت امتحان: ۱۰۰ دقیقه
سال سوم آموزش متوسطه	تاریخ امتحان: ۱۳۸۹/۳/۹	
کلیه دانش آموزان و داوطلبان آزاد در خرداد ماه سال ۱۳۸۹	اداره‌ی کل سنجش و ارزشیابی تحصیلی http://aee.medu.ir	

ردیف	راهنمای تصحیح	نمره
۱	$n = ۲۷۰۰ \frac{m}{min}$ $d = ۲۵\ mm = ۰/۰۲۵ m$ $V = ?$ $V = d.\pi.n$ (۰/۲۵) $V = ۰/۰۲۵ \times ۳ \times ۲۷۰۰ = ۲۰۲۵ \frac{m}{min}$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) $V = ۲۰۲۵ \div ۶۰ = ۳۳/۷۵ \frac{m}{s}$ (۰/۲۵)	۱
۲	$a = ۱\ mm$ $R = ۸۰\ mm$ $b = ?$ $b = R - \sqrt{R^2 - (\frac{a}{2})^2}$ (۰/۲۵) $b = 80 - \sqrt{80^2 - (\frac{1}{2})^2}$ (۰/۲۵) $b = 80 - \sqrt{6399/75}$ (۰/۲۵) $b = ۸۰ - ۷۹/۹۹۸ = ۰/۰۰۲\ mm$ (۰/۲۵)	۱
۳	$S = ۵ \frac{m}{min}$ $۱\ h = ۶۰\ min$ $۶۰ \times ٪۱۵ = ۴۵\ min$ (۰/۲۵) $S = \frac{L}{t}$ (۰/۲۵) $L = S \times t$ $L = ۵ \times ۴۵ = ۲۲۵\ m$ (۰/۲۵) (۰/۲۵)	۱
٤	$d_2 = ۳۰\ cm$ $n_2 = ۳۰۰۰ \frac{I}{min}$ $i = \frac{3}{2}$ $n_1 = ?$ $d_1 = ?$ $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$ (۰/۲۵) $\frac{3}{2} = \frac{n_1}{3000} \Rightarrow n_1 = \frac{3000 \times 3}{2} = 4500 \frac{I}{min}$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) (۰/۲۵) $\frac{3}{2} = \frac{30}{d_1} \Rightarrow d_1 = \frac{30 \times 2}{3} = 20\ cm$ ۰/۲۵) (۰/۲۵)	۱/۵
۵	$W = ?$ $P = ?$ $F = ۱۰۰ kg = ۱۰۰۰\ N$ (۰/۲۵) $S = ۲/۵\ m$ $T = ۵۰\ s$ $W = F \times s$ (۰/۲۵) $W = ۱۰۰۰ \times ۲/۵ = ۲۵۰۰\ N.m = 2500j = 2500ws$ (۰/۲۵) $P = \frac{W}{T} \Rightarrow \frac{2500}{50} = 50 \frac{N.m}{s} = 50 \frac{j}{s} = 50s$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) (۰/۲۵)	۱/۵
	ادامه راهنمای تصحیح در صفحه دوم	

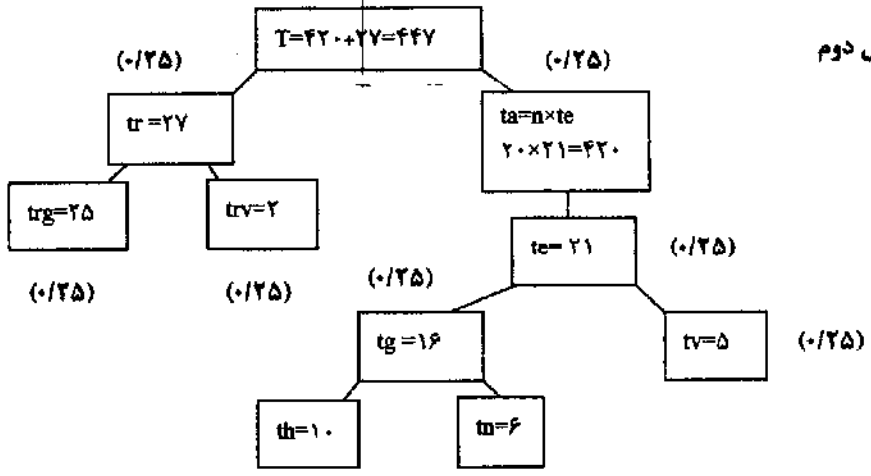
باسمه تعالی

راهنمای تصحیح سؤالات امتحان نهایی درس :محاسبات فنی (۲)صنایع چوب	رشته :صنایع چوب و کاغذ	مدت امتحان: ۱۰۰ دقیقه
سال سوم آموزش متوسطه	تاریخ امتحان: ۱۳۸۹/۳/۹	
کلیه دانش آموزان و داوطلبان آزاد در خرداد ماه سال ۱۳۸۹	اداره‌ی کل سنجش و ارزشیابی تحصیلی http://aee.medu.ir	

۶	P_{1E}= ۳ kw η_E= ۰/۷۵ η_M=۰/۸ P_{1M}=? η = ? P_{1E}=? $\eta_E = \frac{P_{2E}}{P_{1E}}$ (۰/۲۵) $۰/۷۵ = \frac{P_{2E}}{3}$ (۰/۲۵) $P_{2E} = 2/25kw = P_{1M}$ $\eta = \eta_E \times \eta_M$=۰/۷۵×۰/۸=۰/۶ (۰/۲۵) (۰/۲۵) $\eta_M = \frac{P_{2M}}{P_{1M}}$ $۰/۸ = \frac{P_{2M}}{2/25}$ (۰/۲۵) $P_{2M} = 1/8kw$ (۰/۲۵)	۱/۵
۷	N= ۴۰۰×۱۰=۴۰۰۰N (۰/۵) μ_L = ۰/۰۰۶ F_r=N× μ_L (۰/۵) $F_r = ۴۰۰۰ \times ۰/۰۰۶ = ۲۴N$ (۰/۲۵) (۰/۲۵)	۱/۵
۸	I = ۹A U= ۳۸۰ P=? $\cos\varphi = 0/75$ $P=\sqrt{3}U_L . I_L \cos\varphi$ (۰/۵) $P=\sqrt{3} \times 380 \times 9 \times 0/75 = 4437/45$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) $۱P_s$= ۷۳۶w $\Rightarrow \frac{4437/45}{736} = 6/03\ P_s$ (۰/۲۵) (۰/۲۵)	۱/۵
۹	۴kw=> $w = 4 \times 5 = 20kwh$ (۰/۲۵) ۰/۷kw=> $w = 0/7 \times 3 = 2/1kwh$ (۰/۲۵) ۲kw=> $w = 2kw \times 4 = 8kwh$ (۰/۲۵) ۱/۵kw=> $w = 1/5 \times 9 = 13/5kwh$ (۰/۲۵) w=۲۰+۲/۱+۸+۱۳/۵=۴۳/۶kwh (۰/۲۵) ۴۳/۶×۲۶=۱۱۳۳/۶kwh (۰/۲۵) ۱۱۳۳/۶×۱۰۰۰=۱۱۳۳۶۰۰ ریال (۰/۲۵) (۰/۲۵) قیمت برق مصرفی در ماه ۱۱۳۳۶۰۰+۲۰۰۰=۱۱۳۵۶۰۰ ریال (۰/۲۵) (۰/۲۵)	۲/۵
۱۰	زمان عملیات ۱+۲+۱/۵+۶+۳/۵+۵ = ۱۹ ساعت (۰/۲۵) (۰/۲۵) زمان احتمالی ساعت $۱۹ \times \frac{35}{100}$ =۶/۶۵ (۰/۲۵) (۰/۲۵) کل زمان ساخت تخمین زده شده ۱۹+۶/۶۵= ۲۵/۶۵ ساعت (۰/۲۵) (۰/۲۵)	۱/۵
۱۱	ساعت (۰/۲۵) کرنومتر (۰/۲۵)	۰/۵
	ادامه راهنمای تصحیح در صفحه سوم	

باسمه تعالی

راهنمای تصحیح سؤالات امتحان نهایی درس :محاسبات فنی (۲)صنایع چوب	رشته :صنایع چوب و کاغذ	مدت امتحان: ۱۰۰ دقیقه
سال سوم آموزش متوسطه		تاریخ امتحان: ۱۳۸۹/۳/۹
کلیه دانش آموزان و داوطلبان آزاد در خرداد ماه سال ۱۳۸۹		اداره‌ی کل سنجش و ارزشیابی تحصیلی http://aee.medu.ir

۱۲	$T=ta+tr => 300+25=325$ دقیقه (۰/۲۵) (۰/۲۵) (۰/۵)	$ta=n\times te => ta=30\times 10=300$ دقیقه (۰/۲۵) (۰/۲۵) (۰/۵)	۲
۱۳	روش اول $trg=25min$, $Trv=2min$ => $tr=trg+trv$, $tr=25+2=27min$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) $th=10min$, $tn=6min$ => $tg=th+tn$, $10+6=16min$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) $tg=16min$, $tv=5min$ => $te=tv+tg$, $te=5+16=21min$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) $ta=n\times te => 20\times 21=420\ min$ (۰/۲۵) $T=ta+tr => 420+27=447min$ (۰/۲۵) روش دوم (۰/۲۵)  (یکی از روش‌ها قابل قبول است)	۲
۱۴	الف - زمان فرعی tn (۰/۵) ب- زمان اصلی انجام کار th (۰/۵)	۱
	درصورت بدست آوردن جواب از راه حل‌های مشابه نظر همکاران صائب می‌باشد.	
	همکاران محترم خسته نباشید	جمع بارم ۲۰

باسمه تعالی

سؤالات امتحان نهایی درس: محاسبات فنی (۲) صنایع چوب	رشته: صنایع چوب و کاغذ	ساعت شروع: ۸ صبح	مدت امتحان: ۱۱۰ دقیقه
سال سوم آموزش متوسطه		تاریخ امتحان: ۱۳۹۰/۳/۸	
دانش آموزان و داوطلبان آزاد سراسر کشوردر نوبت خرداد ماه سال ۱۳۹۰		مرکز سنجش آموزش وپرورش http://aee.medu.ir	

ردیف	توجه: استفاده از ماشین حساب بلا مانع است $g=10$ $\pi=3$	نمره
۱	اگر نسبت انتقال چرخ اول و دوم ۲ باشد و نسبت انتقال چرخ سوم و چهارم ۳ باشد نسبت کل انتقال کدام است؟ الف) ۵ ب) ۶ ج) $\frac{۲}{۳}$ د) $\frac{۳}{۲}$	۰/۵
۲	اگر توان گرفته شده یک الکتروموتور از شبکه برق معادل $P_1=4kw$ و توان بازده آن $P_2=2kw$ باشد، راندمان الکتروموتور برابر است با: الف) ۰/۷۵ ب) ۰/۸۵ ج) ۰/۲۰ د) ۰/۵۰	۰/۵
۳	چنانچه بخواهیم با استفاده از یک قرقره متحرک الواری را به اندازه $s_1=2m$ از زمین بلند کنیم مقدار تغییر مکان ریسمان چقدر خواهد بود؟ (S_2) الف) ۲m ب) ۱m ج) ۴m د) ۸m	۰/۵
٤	برای تعیین زمان انجام کار یک محصول جدید، کدام یک از روش‌های زمان‌سنجی مناسب می‌باشد؟ الف) زمان‌سنجی ترکیبی ب) زمان‌سنجی با کرنومتر ج) زمان‌سنجی حدسی د) زمان‌سنجی به وسیله‌ی نمونه‌برداری از کار	۰/۵
۵	در زمان سنجی به روش سازمان رفاه(مجمع مطالعه کار) تنظیم گونیای دستگاه و بلند کردن قطعه کار جهت قرار دادن روی دستگاه جزء کدام تقسیم بندی زمان انجام کار قرار می گیرد؟	۱
٦	سرعت حرکت صفحات تخته خرده چوب در دستگاه سنباده‌زنی ۲ متر بر دقیقه تنظیم شده است اگر طول هر صفحه ۳ متر باشد در مدت یک نوبت کاری (۸ ساعت) چند صفحه سنباده‌زده می‌شود؟ (در صورتی که برای هر صفحه ۹۰ ثانیه وقت اضافه منظور گردد.)	۱/۵
۷	دستگاه کف رندی با تعداد دوران ٤۰۰۰ دور بر دقیقه و با توپی ٤ تیغه، برای رنده کردن قطعات استفاده می‌شود. اگر لازم باشد عرض اثر هر تیغه ۰/۸ میلی‌متر باشد، سرعت پیشبرد کار را محاسبه نمائید.	۱
۸	برای به حرکت در آوردن توپی یک دستگاه رنده از تسمه‌ای به صورت ساده و مستقیم استفاده شده است. اگر قطر چرخ متحرک ۲۵ سانتی‌متر و قطر چرخ محرک ۱۲ سانتی‌متر و فاصله دو محور ۵۵۰ میلی‌متر باشد طول تسمه آن را به دست آورید. $\alpha=6/7^\circ$	۲
۹	گرده‌بینه‌ای با قطر متوسط ۵۰ سانتی‌متر و به طول ٦ متر و جرم ویژه ۰/٦۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب با یک جرثقیل هوایی تا ارتفاع ۸ متری در زمان ٤۰ ثانیه بالا برده می‌شود. مطلوب است: الف) کار انجام شده ب) توان مصرفی دستگاه	۲

ادامه سئوالات در صفحه بعد

باسمه تعالی

سـؤالات امتحان نهایی درس: محاسبات فنی (۲) صنایع چوب	رشته : صنایع چوب و کاغذ	ساعت شروع: ۸ صبح	مدت امتحان : ۱۱۰ دقیقه
سال سوم آموزش متوسطه		تاریخ امتحان : ۱۳۹۰ / ۳ / ۸	
دانش آموزان و داوطلبان آزاد سراسر کشوردر نوبت خرداد ماه سال ۱۳۹۰		مرکز سنجش آموزش وپرورش http://aee.medu.ir	

ردیف	توجه: استفاده از ماشین حساب بلا مانع است $g=10$ $\pi=3$	نمره
۱۰	صندوق مخصوص حمل قطعات چوبی با جرم ۸۵ کیلوگرم را روی کف افقی کارگاه با نیرویی معادل ٤٥٠ نیوتن به وسیله یک طناب که امتداد آن با راستای افقی زاویه ۳۷ درجه می‌سازد، با سرعت ثابت کشیده می‌شود. ضریب اصطکاک بین کف کارگاه و صندوق را حساب کنید. $Sin37^\circ = 0/6$ $Cos37^\circ = 0/8$	۲
۱۱	مقدار شدت جریان یک الکتروموتور باجریان متناوب ۳ فاز را در صورتی که توان جذب شده آن ۵kw و ضریب توان $Cos\phi = 0/85$ و ولتاژ خطی آن ۳۸۰ ولت باشد را بدست آورید.	۱/۵
۱۲	هزینه کل برق مصرفی ماهانه (۲۵ روز) یک کارگاه صنایع چوب را حساب کنید چنانچه در این کارگاه: الف) یک دستگاه MDF بُر با توان ۳ kw روزانه ٤ ساعت کار کند. ب) یک ماشین لبه چسبان اتوماتیک با توان ۲ kw روزانه ۳ ساعت کار کند. ج) یک دریل برقی با توان ۵۰۰ وات روزانه ۵ ساعت کار کند. د) ۲۰ عدد لامپ ۱۰۰ وات برای روشنایی کارگاه که روزانه ۸ ساعت روشن باشند. «هزینه هر کیلو وات ساعت ۵۰۰ ریال باشد اشتراک ماهانه ٤۰۰۰ ریال»	۳/۵
۱۳	زمان انجام کار برای ساخت ۳۰ قطعه را حساب کنید اگر زمان ساخت یک قطعه به شرح زیر باشد: - زمان جزء یک دقیقه - زمان اصلی انجام کار ٤ دقیقه - زمان جزء تجهیز ۲ دقیقه - زمان فرعی انجام کار ۲ دقیقه - زمان اصلی تجهیز ۳ دقیقه	۲/۵
١٤	برای اندازه‌گیری زمان انجام کار، یک مرحله از کاری ٦ بار این عملیات را مشاهده و جمعاً ۱۵۰ دقیقه ثبت شده است اگر ضریب عملکرد ۸۰ باشد زمان نرمال انجام این عملیات چقدر است؟	۱
	«موفق باشید» جمع نمره	۲۰

باسمه تعالی

راهنمای تصحیح سـؤالات امتحان نهایی درس : محاسبا ت فنی (۲) صنایع چوب	رشته : صنایع چوب و کاغذ
سال سوم آموزش متوسطه	تاریخ امتحان : ۸ / ۳ / ۱۳۹۰
دانش آموزان و داوطلبان آزاد سراسر کشوردر نوبت **خرداد** ماه سال **۱۳۹۰**	مرکز سنجش آموزش وپرورش http://aee.medu.ir

ردیف	راهنمای تصحیح	نمره
۱	گزینه ب) ۶ (/۵)	/۵
۲	گزینه د) ۰/۵۰ (/۵)	/۵
۳	گزینه ج) ۴m (/۵)	/۵
۴	گزینه الف) زمان‌سنجی ترکیبی (/۵)	/۵
۵	زمان اصلی تجهیز (/۵) – زمان فرعی (/۵)	۱
۶	$V = ۴\,m/min$ $S = ۳m$ $t = ۸h \times ۶۰ = ۴۸۰\,min$ زمان تلف شده = $t = ۹۰ + ۶۰ = ۱/۵\,min$ (۰/۲۵) $V = \frac{s}{t} \rightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{۳}{۲} = ۱/۵\,min$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) زمان سنباده‌زنی برای یک صفحه $۱/۵ + ۱/۵ = ۳$ (۰/۲۵) تعداد صفحات که در یک نوبت کاری سنباده زده می‌شود. $\frac{۴۸۰}{۳} = ۱۶۰$ (۰/۲۵)	۱/۵
۷	$n = ۴۰۰۰\,I/min$ $Z = ۴$ $a = ۰/۸mm$ $S = ?$ $a = \frac{s \times ۱۰۰۰}{n.z} \rightarrow s = \frac{a \times n \times z}{۱۰۰۰}$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) $S = \frac{۰/۸ \times ۴۰۰۰ \times ۴}{۱۰۰۰} = ۱۲/۸\,m/min$ (۰/۲۵) (۰/۲۵)	۱
۸	$D = ۲۵cm \Rightarrow R = ۱۲/۵cm$ $d = ۱۲cm \Rightarrow r = ۶cm$ $A = ۵۵mm = ۵۵cm$ $L = ?$ (۰/۲۵) $MN = \sqrt{A^۲ - (R-r)^۲}$ (۰/۲۵) $MN = \sqrt{(۵۵)^۲ - (۱۲/۵-۶)^۲} = ۵۴/۶cm$ (۰/۲۵) $L = ۲MN + \frac{D\pi(۱۸۰+۲\alpha)}{۳۶۰} + \frac{d\pi(۱۸۰-۲\alpha)}{۳۶۰}$ (۰/۲۵) $L = ۲ \times ۵۴/۶ + \frac{۲۵ \times ۳(۱۸۰+۲(۶/۷)}{۳۶۰} + \frac{۱۲ \times ۳(۱۸۰-۲(۶/۷)}{۳۶۰}$ (۰/۵) $L = ۱۰۹/۲ + ۴۰/۲۹ + ۱۶/۶۶ = ۱۶۶/۱۵cm$ (۰/۲۵) (۰/۲۵)	۲
۹	$S = ۸m$ $\rho = ۰/۶۵\,gr/cm^۳$ $t = ۴۰s$ $w = ?$ $P = ?$ حجم گرده‌بینه $= V = \frac{\pi.d^۲}{۴} \times h = \frac{۳ \times ۵۰^۲}{۴} \times ۶۰۰ = ۱۱۲۵۰۰۰cm^۳$ (۰/۲۵) $\rho = \frac{m}{v} \rightarrow m = \rho.V \rightarrow m = ۰/۶۵ \times ۱۱۲۵۰۰۰ = ۷۳۱۲۵۰g$ (۰/۲۵) $m = \frac{۷۳۱۲۵۰}{۱۰۰۰} = ۷۳۱/۲۵kg$ (۰/۲۵) $F = m.g \rightarrow F = ۷۳۱/۲۵kg \times ۱۰ = ۷۳۱۲/۵N$ (۰/۲۵) $W = F.S \rightarrow W = ۷۳۱۲/۵ \times ۸ = ۵۸۵۰۰j$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) $P = \frac{W}{T} \Rightarrow P = \frac{۵۸۵۰۰}{۴۰} = ۱۴۶۲/۵w$ (۰/۲۵) (۰/۲۵)	۲

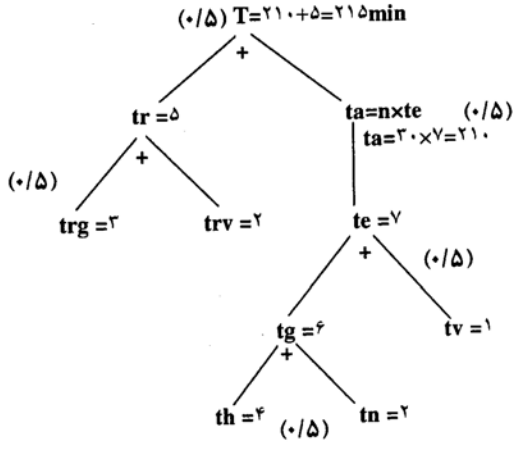
باسمه تعالی

راهنمای تصحیح سؤالات امتحان نهایی درس : محاسبات فنی (۲) صنایع چوب	رشته : صنایع چوب و کاغذ
سال سوم آموزش متوسطه	تاریخ امتحان : ۱۳۹۰ / ۳ / ۸
دانش آموزان و داوطلبان آزاد سراسر کشوردر نوبت **خرداد** ماه سال **۱۳۹۰**	مرکز سنجش آموزش وپرورش http://aee.medu.ir

ردیف	راهنمای تصحیح	نمره
۱۰	$m = ۸۵kg$ $F = ۴۵۰N$ $\alpha = ۳۷$ $\mu = ?$ $f = F\cos ۳۷ \rightarrow f = ۴۵۰ \times ۰/۸ = ۳۶۰N$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) $W = N + F\sin ۳۷ \rightarrow N = W - F\sin ۳۷$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) $N = ۸۵۰ - (۴۵۰ \times ۰/۶) = ۵۸۰$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) $f = \mu.N \rightarrow \mu = \frac{f}{N}$ (۰/۲۵) $\mu = \frac{۳۶۰}{۵۸۰} = ۰/۶۲$ (۰/۲۵)	۲
۱۱	$U = ۳۸۰V$ $\cos\phi = ۰/۸$ $P = ۵kw \times ۱۰۰۰ = ۵۰۰۰w$ (۰/۲۵) $I = ?$ $P = \sqrt{۳} \times u \times I \times \cos\phi$ (۰/۵) $I = \frac{P}{\sqrt{۳} \times u.\cos\phi} \rightarrow I = \frac{۵۰۰۰}{\sqrt{۳} \times ۳۸۰ \times ۰/۸} = ۹/۴۹ A$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) (۰/۲۵)	۱/۵
۱۲	بُر MDF: $P_۱ = ۳kw$، $t_۱ = ۴ \times ۲۵ = ۱۰۰h$ (۰/۵)، $w_۱ = p_۱ \times t_۱ = ۳ \times ۱۰۰ = ۳۰۰kwh$ دستگاه لبه چسبان: $P_۲ = ۲kw$، $t_۲ = ۳ \times ۲۵ = ۷۵k$ (۰/۵)، $w_۲ = p_۲ \times t_۲ = ۲ \times ۷۵ = ۱۵۰kwh$ دریل: $P_۳ = ۵۰۰w = ۰/۵kw$، $t_۳ = ۵ \times ۲۵ = ۱۲۵h$ (۰/۵)، $w_۳ = p_۳ \times t_۳ = ۰/۵ \times ۱۲۵ = ۶۲/۵$ لامپ: $P_۴ = ۲۰ \times ۱۰۰ = ۲۰۰۰w = ۲kw$، $t_۴ = ۸ \times ۲۵ = ۲۰۰h$ (۰/۵)، $w_۴ = p_۴ \times t_۴ = ۲ \times ۲۰۰ = ۴۰۰kwh$ $W = w_۱ + w_۲ + w_۳ + w_۴$ (۰/۲۵) $W = ۳۰۰ + ۱۵۰ + ۶۲/۵ + ۴۰۰ = ۹۱۲/۵kwh$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) بهای برق مصرفی $= ۹۱۲/۵ \times ۵۰۰ + ۴۰۰۰ = ۴۶۰۲۵۰$ ریال (۰/۲۵) (۰/۲۵) (۰/۲۵)	۳/۵

باسمه تعالی

راهنمای تصحیح سؤالات امتحان نهایی درس : محاسبا ت فنی (۲) صنایع چوب	رشته : صنایع چوب و کاغذ
سال سوم آموزش متوسطه	تاریخ امتحان : ۸ / ۳ / ۱۳۹۰
دانش آموزان و داوطلبان آزاد سراسر کشوردر نوبت **خرداد** ماه سال **۱۳۹۰**	مرکز سنجش آموزش وپرورش http://aee.medu.ir

ردیف	راهنمای تصحیح	نمره
۱۳	$tg = th + tn = ۴ + ۲ = ۶$ (۰/۵) $te = tg + tv = ۶ + ۱ = ۷$ (۰/۵) $ta = n \times te = ۳۰ \times ۷ = ۲۱۰$ (۰/۵) $tr = trg + trv = ۳ + ۲ = ۵$ (۰/۵) $T = tr + ta = ۲۱۰ + ۵ = ۲۱۵$ (۰/۵) **یا**  	۲/۵
۱۴	$\sum ti = ۱۵۰$ $n = ۶$ $A = ۸۰$ $T = \frac{\sum ti}{n} \times \frac{A}{۱۰۰}$ (۰/۵) $T = \underset{(۰/۲۵)}{\frac{۱۵۰}{۶}} \times \frac{۸۰}{۱۰۰} = ۲۰\,min$ (۰/۲۵)	۱
	جمع نمره	۲۰

«با عرض خسته نباشید ،در صورت ارائه ی راه حل های مشابه و رسیدن به جواب مشترک نظر همکاران صائب است»

باسمه تعالی

سؤالات امتحان نهایی درس : محاسبات فنی ۲چوب	رشته : صنایع چوب و کاغذ	ساعت شروع : ۸ صبح	مدت امتحان: ۱۱۰ دقیقه
سال سوم آموزش متوسطه		تاریخ امتحان : ۱۳۹۱ / ۳ / ۸	
دانش آموزان و داوطلبان آزاد سراسر کشور در **خرداد ماه** سال ۱۳۹۱		مرکز سنجش آموزش و پرورش http://aee.medu.ir	

سؤالات

(کاربرد ماشین حساب ساده بلامانع است.) ($\pi = ۳$ $g=۱۰$)

ردیف	سوال ۱ تا۳ گزینه صحیح را انتخاب نموده در پاسخنامه ذکر نمایید.	نمره
۱	سرعت پیشبرد دستگاه رنده ۵ متر بر دقیقه است، در چه زمانی این دستگاه می تواند ۱۲/۵ متر چوب را رنده کاری کند؟ الف) ۳ min ب) ۲/۵ min ج) ۲ min د) ۱۲/۵ min	۰/۵
۲	در زمان سنجی با کرنومتر، ضریب عملکرد A=۱۰۰ ، معرف چه حالتی خواهد بود؟ الف) عدم انجام هر گونه کار ب) سرعت بیش از حد معمول ج) سرعت طبیعی انجام کار د) گزینه الف وب	۰/۵
۳	در زمان سنجی ، زمانی که بر خلاف میل کارگر بدون پیش بینی صرف می شود کدام حالت زیر محسوب می شود ؟ الف) زمان جزء ب) زمان مبنا ج) زمان فرعی د) زمان اصلی	۰/۵
٤	برای جابجایی گرده بینه ای به جرم ۳۰۰ کیلوگرم از دو قرقره ثابت و دو قرقره متحرک استفاده شده است. نیروی لازم برای انجام جابجایی را محاسبه نمایید.	۱/۲۵
۵	اره مجموعه ای با تعداد دور ۳۰۰۰ دور بر دقیقه موجود است. در صورتی که قطر اره گرد ٤۰۰ میلیمتر باشد. سرعت برشی آن چند متر بر ثانیه است؟	۱
٦	عرض اثر تیغه رنده (a) روی چوب ۲ میلیمتر می باشد. اگر تعداد تیغه های رنده ۳ عدد و سرعت پیشبرد کار $۱۰^{m}/_{min}$ باشد. تعداد دور دستگاه را محاسبه نمایید.	۱
۷	در دستگاه کف رندی از تسمه به صورت ساده و مستقیم استفاده شده است. اگر قطر محور متحرک $d_۲ = ۲۰۰$ میلیمتر و قطر محور محرک $d_۱ = ۱۰۰$ میلیمتر بوده و فاصله دو محور $A = ۵۰۰$ میلیمتر و $\alpha = ۵$ درجه فرض شده باشد. طول تسمه را محاسبه نمایید.	۲
۸	جرثقیلی گرده بینه ای به جرم ۱۲۰ کیلوگرم را به ارتفاع ۳ متر جابجا می نماید. زمان انجام این جابجایی ۳۰ ثانیه می باشد. کار مکانیکی و توان انجام شده این جرثقیل را محاسبه نمایید.	۱/۵
۹	الکتروموتور ماشین کف رندی با تعداد دور ٤۰۰۰ دور در دقیقه، از شبکه برق توانی معادل ٤ کیلووات می گیرد. اگر راندمان الکتروموتور ۰/۹ و راندمان ماشین ۰/۸ و قطر پولی ماشین ۱۲۰ میلیمتر باشد. نیروی محیطی را محاسبه نمایید.	۲
۱۰	درب کارگاهی با جرم ۳۰۰ کیلوگرم به وسیله غلتک هایی به قطر ۱۲۰ میلیمتر حرکت می نماید. اگر طول موثر گشتاور مقاوم ۰/۰٦ سانتیمتر باشد، مقدار نیروی لازم برای باز و بسته شدن درب را محاسبه نمایید.	۱/۲۵
	ادامه سئوالات در صفحه بعد	

بسمه تعالی

سؤالات امتحان نهایی درس : محاسبات فنی ۲چوب	رشته : صنایع چوب و کاغذ	ساعت شروع : ۸ صبح	مدت امتحان: ۱۱۰ دقیقه
سال سوم آموزش متوسطه		تاریخ امتحان : ۸ / ۳ / ۱۳۹۱	
دانش آموزان و داوطلبان آزاد سراسر کشور در **خرداد ماه** سال ۱۳۹۱		مرکز سنجش آموزش و پرورش http://aec.medu.ir	

سؤالات

۱۱	توان جذب شده الکتروموتوری که جریان سه فاز از شبکه می گیرد برابر ۳۶۹۰ وات و ضریب توان آن $Cos\ \varphi = ۰/۷$ و ولتاژ خطی آن ۳۸۰ ولت می باشد. شدت جریان الکتروموتور را محاسبه نمایید.	۱/۵
۱۲	در یک کارگاه صنایع چوب که از شبکه برق شهری استفاده می شود: یک دستگاه کف رند برقی ٤ کیلووات که روزی ۳ ساعت و یک دستگاه اره نواری ۵ کیلووات که روزی ٤ ساعت و ۱۲ عدد لامپ ۱۵۰ واتی هر روز ٦ ساعت و دو عدد دریل دستی برقی ۲۰۰ وات هر روز ۷ ساعت کار کنند. مطلوب است محاسبه بهای برق مصرفی کارگاه ، در یک ماه کاری (۳۰ روز) در صورتی که بهای برق مصرفی هر کیلووات ساعت ۸۰۰ ریال و حق اشتراک ماهانه آن ۱۲۰۰ ریال باشد.	۳/۵
۱۳	محاسبه نمایید زمان انجام کاری را که برای ساخت ۱۵ قطعه پای مصنوعی بکار می رود. اگر زمان ساخت یک قطعه پای مصنوعی به شرح زیر باشد. - زمان اصلی تجهیز ٤ دقیقه – زمان جزء تجهیز ۳۵ درصد زمان اصل تجهیز - زمان اصلی انجام کار ۵ دقیقه – زمان فرعی انجام کار ۲۰ درصد زمان اصلی انجام کار - زمان جزء ۱/۵ دقیقه	۳
۱٤	انواع روش ترکیبی در زمان سنجی را نام ببرید؟	۰/۵
	موفق باشید — جمع نمرات	۲۰

بسمه تعالی

راهنمای تصحیح سؤالات امتحان نهایی درس: محاسبات فنی ۲چوب	رشته : صنایع چوب و کاغذ	ساعت شروع : ۸ صبح
سال سوم آموزش متوسطه		تاریخ امتحان : ۱۳۹۱ / ۳ / ۸
دانش آموزان و داوطلبان آزاد سراسر کشور درخرداد ماه سال ۱۳۹۱		مرکز سنجش آموزش و پرورش http://aec.medu.ir

ردیف	راهنمای تصحیح	نمره
۱	گزینه درست (ب)	۰/۵
۲	گزینه درست (ج)	۰/۵
۳	گزینه درست (الف)	۰/۵
۴	$FG = ۳۰۰ \times ۱۰ = ۳۰۰۰N$ (۰/۲۵) $\quad F = \frac{FG}{n} = \frac{۳۰۰۰}{۴} = ۷۵۰N$ (۰/۲۵) (۰/۵) (۰/۲۵)	۱/۲۵
۵	$n = ۳۰۰۰ L/\min \div ۶۰ = ۵۰ L/s$ (۰/۲۵) $\quad d = ۴۰۰mm \div ۱۰۰۰ = ۰/۴m$ (۰/۲۵) $\quad V = d.\pi.n \Rightarrow ۰/۴ \times ۳ \times ۵۰ = ۶۰ m/s$ (۰/۲۵) (۰/۲۵)	۱
۶	$a = ۲mm \quad Z = ۲ \quad S = ۱۰ m/\min \quad n = ?$ $a = \frac{S \times ۱۰۰۰}{n \times Z}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow n = \frac{S \times ۱۰۰۰}{a \times Z}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow n = \frac{۱۰ \times ۱۰۰۰}{۲ \times ۳}$ (۰/۲۵) $= ۱۶۶۶/۶۶ l/\min$ (۰/۲۵)	۱
۷	$MN = \sqrt{A^۲ - (R-r)^۲}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow A = \sqrt{۵۰۰^۲ - (۱۰۰-۵۰)^۲}$ (۰/۲۵) $= ۴۹۷/۵mm$ (۰/۲۵) $L = ۲MN + \frac{D\pi(۱۸۰+۲\alpha)}{۳۶۰} + \frac{d\pi(۱۸۰-۲\alpha)}{۳۶۰}$ (۰/۵) $L = ۲ \times ۴۹۷/۵ + \frac{۲۰۰ \times ۳ \times (۱۸۰+۲\times۵)}{۳۶۰} + \frac{۱۰۰ \times ۳(۱۸۰-۲\times۵)}{۳۶۰}$ (۰/۲۵) $L = ۹۹۵ + ۳۱۶/۶۶ + ۱۴۱/۶۶$ (۰/۲۵) $= ۱۴۵۳/۳۲mm$ (۰/۲۵)	۲
۸	$F = m.g$ (۰/۲۵) $= ۱۲۰ \times ۱۰ = ۱۲۰۰N$ (۰/۲۵) $\quad W = F.S$ (۰/۲۵) $= ۱۲۰۰ \times ۳ = ۳۶۰۰j$ (۰/۲۵) $\quad P = \frac{W}{T}$ (۰/۲۵) $= \frac{۳۶۰۰}{۳۰} = ۱۲۰wat$ (۰/۲۵)	۱/۵
۹	η کل $= \eta_E.\eta_M$ (۰/۲۵) $\Rightarrow ۰/۹ \times ۰/۸ = ۰/۷۲$ (۰/۲۵) $\quad P_۲ = P_۱ \times \eta$ (۰/۲۵) $\Rightarrow P_۲ = ۴ \times ۰/۷۲ = ۲/۸۸kw$ (۰/۲۵) $\quad P = \frac{F \times r \times n}{۹۵۵۵}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow F = \frac{P \times ۹۵۵۵}{r \times n}$ (۰/۲۵) $\quad F = \frac{۲/۸۸ \times ۹۵۵۵}{۰/۰۶ \times ۴۰۰۰}$ (۰/۲۵) $= ۱۱۴/۶۶N$ (۰/۲۵)	۲

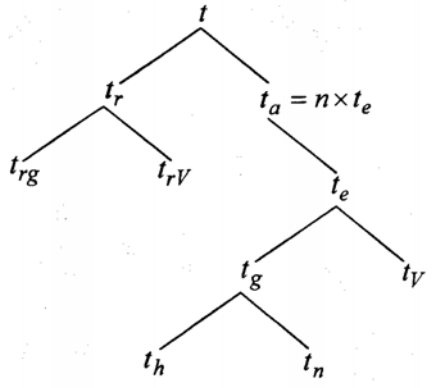
باسمه تعالی

راهنمای تصحیح سؤالات امتحان نهایی درس: محاسبات فنی ۲چوب	رشته : صنایع چوب و کاغذ	ساعت شروع : ۸ صبح
سال سوم آموزش متوسطه		تاریخ امتحان : ۱۳۹۱ / ۳/ ۸
دانش آموزان و داوطلبان آزاد سراسر کشور درخرداد ماه سال ۱۳۹۱		مرکز سنجش آموزش و پرورش http://aee.medu.ir

ردیف	راهنمای تصحیح	نمره
۱۰	$F = m.g = ۳۰۰۰ \times ۱۰ = ۳۰۰۰N$ (۰/۲۵) $l = ۰/۰۶cm$ $d = ۱۲۰ \Rightarrow r = ۶۰m = ۶cm$ (۰/۲۵) $F = Fr = \frac{l}{r} \times N$ (۰/۲۵) $= \frac{۰/۰۶}{۶} \times ۳۰۰۰$ (۰/۲۵) $= ۳۰N$ (۰/۲۵)	۱/۲۵
۱۱	$P = ۳۶۹۰wat$ $P = \sqrt{۳} \times u.I \ Cos\varphi$ (۰/۵) $u = ۳۸۰v$ $Cos\varphi = ۰/۷$ (۰/۲۵) $I = \frac{P}{\sqrt{۳} \times u.Cos\varphi}$ (۰/۲۵) $= \frac{۳۶۹۰}{\sqrt{۳} \times ۳۸۰ \times ۰/۷}$ (۰/۲۵) $= \frac{۳۶۹۰}{۴۶۰/۷۲} = ۸A$ (۰/۲۵)	۱/۵
۱۲	اره نواری (۰/۵) $\begin{cases} p_۲ = ۵kw \\ t_۲ = ۴h \\ w_۲ = ۵ \times ۴ = ۲۰kw.h \end{cases}$ کف رند (۰/۵) $\begin{cases} p_۱ = ۴kw \\ t_۱ = ۳h \\ w_۱ = p_۱ \times t_۱ \\ w_۱ = ۴ \times ۳ = ۱۲kw.h \end{cases}$ لامپ ها $\begin{cases} p_۳ = ۱۵۰w \times ۱۲ = ۱۸۰۰w \div ۱۰۰۰ = ۱/۸kw \ (۰/۲۵) \\ t_۳ = ۶h \\ w_۳ = ۱/۸ \times ۶ = ۱۰/۸kw.h \ (۰/۵) \end{cases}$ دریل $\begin{cases} p_۴ = ۲۰۰w \times ۲ = ۴۰۰w \div ۱۰۰۰ = ۰/۴kw \ (۰/۲۵) \\ t_۴ = ۷h \\ w_۴ = ۰/۴ \times ۷ = ۲/۸kw.h \ (۰/۵) \end{cases}$ $w = w_۱ + w_۲ + w_۳ + w_۴$ (۰/۲۵) $w = ۱۲ + ۲۰ + ۱۰/۸ + ۲/۸ = ۴۵/۶kw.h$ (۰/۲۵) بهای برق مصرفی یک ماه کارگاه $= (۴۵/۶ \times ۳۰ \times ۸۰۰) + ۱۲۰۰ = ۱۰۹۵۶۰۰۰$ ریال (۰/۵)	۳/۵
۱۳	$t_{rg} = ۴\min$ (۰/۲۵) $t_{rV} = ۴ \times \frac{۲۵}{۱۰۰} = ۱\min$ $T_r = T_{rg} + T_{rV}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow T_r = ۴ + (۴ \times \frac{۲۵}{۱۰۰})$ (۰/۲۵) $= ۴ + ۱ = ۵$ دقیقه $t_h = ۵\min$ $T_g = th + t_n$ (۰/۲۵) $= ۵ + (۵ \times \frac{۲۰}{۱۰۰})$ (۰/۲۵) $= ۵ + ۱ = ۶$ دقیقه (۰/۲۵) $t_n = ۵ \times \frac{۲۰}{۱۰۰} = ۱\min$ $t_e = t_g + t_V$ (۰/۲۵) $= ۶ + ۱/۵ = ۷/۵$ دقیقه (۰/۲۵) $t_V = ۱/۵\min$ $t_a = t_e \times n$ (۰/۲۵) $= ۷/۵ \times ۱۵ = ۱۱۲/۵$ دقیقه (۰/۲۵) $T = T_a + t_r$ (۰/۲۵) $= ۵ + ۱۱۲/۵ = ۱۱۷/۵$ (۰/۲۵)	۳

باسمه تعالی

راهنمای تصحیح سؤالات امتحان نهایی درس: محاسبات فنی ۲چوب	رشته : صنایع چوب و کاغذ	ساعت شروع : ۸ صبح
سال سوم آموزش متوسطه		تاریخ امتحان : ۱۳۹۱ / ۳/ ۸
دانش آموزان و داوطلبان آزاد سراسر کشور درخرداد **ماه** سال **۱۳۹۱**		مرکز سنجش آموزش و پرورش http://aee.medu.ir

ردیف	راهنمای تصحیح	نمره
		
۱۴	۱-استفاده از اطلاعات استاندارد (۰/۲۵) ۲-استفاده از زمان های از قبل تعیین شده برای حرکات (۰/۲۵)	۰/۵
	در صورت ارائه راه حلهای مشابه ،نظر همکاران محترم صائب است.	

فهرست منابع

۱ـ دانشگاه صنعتی شریف – مدیریت تولید – گروه مهندسی صنایع

۲- دانشگاه صنعتی شریف – مالفبای مکالمه کار– گروه مهندسی صنایع

۳- مرعشی، نصرالله (۱۳۷۶). سیستم‌های زمان سنجی- نشر بصیر- تهران

۴- واحدیان، ابراهیم. استاتیک

۵- علی احمدی، علیرضا(۱۳۷۹). ارزیابی کار و زمان- دانشگاه علم و صنعت

۶- فیض، جواد. اصول ماشین‌های الکتریکی- نشر میر

۷- برقعی، علی محمد. اجزای ماشین- دانشگاه تهران

۸- اسدی، محمود. فرخ نیا، علی اکبر(۱۳۸۲). محاسبات فنی ۲ صنایع چوب- وزارت آموزش و پرورش

۹- مبانی برق- وزارت آموزش و پرورش

۱۰- مکانیک- وزارت آموزش و پرورش

11- Science and Technology(1993). Oxford

12- Physic Today- workbook- 1989