بسم الله الرحمن الرحیم

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است.

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی مکانیک

گرایش تبدیل انرژی

عنوان پایان نامه
بررسی تجربی و عددی تأثیر نسبت ابعادی لوله ها بر عملکرد گرمایی کلکتورهای خورشیدی لوله خلاء

استاد راهنما:
دکتر فرزاد ویسی

نگارش:
علی یکتا

مهر ماه ۱۳۹۲

تقدیر و تشکر

خداوند متعال را شکر می گویم که توفیق به سرانجام رساندن این پایان نامه را نصیب من کرد تا گوشه ای ناچیز از زحمات فراوان استاد گرانقدرم، جناب آقای دکتر فرزاد ویسی را ارج نهم که همانند پدر و مادری دلسوز مرا در مسیر این پایان نامه یاری نمودند.

بی نهایت سپاس از محبت های بی دریغشان

تقدیم به :

خدایی که آفرید جهان را، انسان را، عقل را، علم را، معرفت را و عشق را

و تقدیم به پدر
و **مادر** عزیز و مهربانم که هر چه دارم از برکت دعای خیر آنها است که در همه حال یار و همراهم بوده اند.

چکیده

انرژی خورشیدی و استفاده از آن در ابعاد مختلف چندیست که مورد توجه قرار گرفته است. از میان روش های استفاده از انرژی خورشیدی آبگرمکن های خورشیدی بیشتراز سایرین مورد توجه ومطالعه قرار گرفته اند. از میان انواع مختلف این آبگرمکن ها نوع صفحه تخت و لوله خلاء بیشتر از سایرین مورد استفاده قرار گرفته اند.

نوع ترموسیفون از کلکتور های لوله خلاء نسبت به سایر انواع این کلکتورها رایج تر می باشد. این نوع آب گرمکن ها نسبت به سایر آب گرمکن های نوع لوله خلاء که از یک منیفولد برای انتقال حرارت استفاده می کنند، دارای عملکرد حرارتی بهتری می باشند و همچنین دارای ساختمان ساده تر و هزینه های اولیه کمتر هستند.

میزان انرژی جذب شده توسط لوله های خلاء به عوامل مختلفی همچون : زاویه شیب، نسبت ابعادی لوله ها، فاصله ی بین لوله های موازی، استفاده یا عدم استفاده از صفحه ی بازتابنده، فاصله ی این صفحه از لوله ها، شرایط جغرافیایی محل و شرایط محیط اطراف بستگی دارد.

با انگیزه ی طراحی بهینه این لوله های خلاء، مطالعاتی برای بررسی تأثیر نسبت ابعادی لوله های خلاء بر روی عملکرد گرمایی آنها و خصوصیات جریان درون لوله ها، به صورت تجربی و عددی صورت گرفته است.

از آنجایی که لوله های خلاء با نسبت های ابعادی مختلف به منظور بررسی تجربی تأثیر این پارامتر در دسترس نمی باشد، از مدل سازی عددی مسئله استفاده گردید. در کنار حل عددی مسئله، یک نمونه از این نوع آب گرمکن ها تنها با ۳ لوله خلاء ساخته شد و با استفاده از لوله های خلاء با نسبت ابعادی ٤٠ مورد آزمایش قرار گرفت. از نتایج این آزمایش های تجربی برای محک زدن نتایج مدل سازی عددی استفاده گردید و مشخص شد که نتایج از تطابق قابل قبولی برخوردار می باشند و می توان از نتایج مدل سازی عددی به جای نتایج تجربی استفاده کرد.

در مدل عددی، مسئله با نسبت های ابعادی ۲۰ الی ۷۰ در بازه های ۱۰ تایی حل شد و عملکرد گرمایی متناظر با آنها محاسبه گردید. با استفاده از تغییر قطر لوله ها، نسبت های ابعادی مختلف ایجاد شدند. نتایج نشان می دهد که لوله های خلاء به ازای قطر ٤٥ mm بیشترین عملکرد حرارتی را از خود نشان می دهند. پس از آن تأثیر تغییر طول لوله بر روی عملکرد حرارتی بررسی شد. نتایج نشان می دهد که عملکرد گرمایی لوله های خلاء با افزایش طول لوله ها کاهش می یابد. در واقع با افزایش نسبت ابعادی از ۲۰ الی ۷۰ عملکرد گرمایی حدودا ۳۰٪ کاهش می یابد.

در هر نسبت ابعادی ثابت نیز، با افزایش میزان تابش متوسط بر روی سطح لوله ها عملکرد گرمایی آنها افزایش می یابد. این افزایش عملکرد در لوله هایی با نسبت ابعادی کوچک تر از ٤٠ کم و ناچیز است و در حدود ٣% می باشد در حالی که برای نسبت های ابعادی بزرگتر از ٤٠ این افزایش در عملکرد گرمایی چشمگیر تر و بیش از ٥% می باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه

۱-۱- بحران انرژی ۲
۱-۲- انرژی خورشید ۵
۱-۲-۱- تاریخچه مختصری از کاربرد انرژی خورشیدی در جهان و ایران ۸
۱-۳- اصول و مبانی تابش ۱۰
۱-۴- تخمین تابش خورشید ۱۲
۱-۴-۱- ثابت خورشیدی ۱۲
۱-۴-۲- زاویه سمت راس یا اوج ۱۳
۱-۴-۳-محاسبه شدت تابش خورشید در واحد سطح ۱۴
۱-۵- تکنولوژی های استفاده از انرژی خورشیدی ۱۶
۱-۵-۱- سیستم های حرارتی خورشیدی ۱۶
۱-۵-۲- سیستم های حرارتی – برقی خورشیدی ۱۸
۱-۵-۳- سیستم های فتوولتائیک ۲۰
۱-۶- آب گرمکن خورشیدی ۲۱
۱-۶-۱- طرز کار یک آب گرمکن خورشیدی : ۲۲
۱-۷- تعاریف اساسی ۲۴
۱-۷-۱- سیال عامل ۲۴
۱-۷-۲- سطوح جاذب ۲۴
۱-۷-۳- سیستم ذخیره حرارتی ۲۴
۱-۷-۴- گردآورنده ها ۲۵
۱-۸- انواع کلکتورها ۲۵
۱-۸-۱- کلکتور با آب چکه ۲۶
۱-۸-۲- کلکتور با هوا ۲۶
۱-۸-۳- کلکتور با مایع ۲۶
۱-۹- کلکتورهای صفحه تخت ۲۷
۱-۱۰- کلکتورهای لوله خلاء ۲۸
۱-۱۰-۱- کلکتورهای لوله خلاء از نوع ترموسیفون ۲۸
۱-۱۰-۲- کلکتورهای لوله خلاء از نوع لوله های حرارتی ۳۲

۱-۱۱- عملکرد حرارتی ۳۳

فصل دوم: مروری بر کارهای گذشته

۲-۱- مطالعات قبلی در زمینه ی سیستم های ترموسیفون ۳۶
۲-۲- سیستم های ترموسیفون باز با کاربرد انرژی خورشیدی ۴۰

فصل سوم: مدل تجربی

۳-۱- معرفی نمونه ی تجاری آب گرمکن های لوله خلاء ۵۴
۳-۲- معرفی مدل آزمایشگاهی ۵۶
۳-۳- ابزارهای مورد استفاده ۶۰
۳-۳-۱- ترموکوپل ها ۶۱
۳-۳-۲- تابش سنج ۶۳
۳-۳-۳- ثبات داده ها ۶۵
۳-۴- شرح آزمایش ۶۵

فصل چهارم: مدل عددی

۴-۱- معرفی شکل هندسی مدل ۶۹
۴-۲- مدل سازی مسئله ۷۲
۴-۳- پارمترهای حل مسئله ۷۶
۴-۳-۱- مدل حل مسئله ۷۶
۴-۳-۲- مدل دینامیک جریان ۷۷
۴-۳-۳-مدل گرانشی ۷۹
۴-۳-۴- مدل تابشی ۷۹
الف) مدل تابش انتقال مجزا (DTRM) : ۷۹
ب) مدل تابش P-1 : ۸۰
ج) مدل تابش روزلند : ۸۰
د) مدل تابش سطح به سطح (S2S) : ۸۰
ه) مدل تابشی متعامدهای مجزا (DO) : ۸۱
۴-۴- نمودار همگرایی حل ۸۲
۴-۵- نتایج ۸۲
۴-۶- استقلال حل از شبکه ۸۴

فصل پنجم: بررسی نتایج

۵-۱- عملکرد حرارتی ۸۷

۵-۲- محک زدن نتایج شبیه سازی عددی ۸۹
۵-۳- مقایسه عملکرد گرمایی ۹۲
الف) دمای محیط اطراف : ۹۳
ب) شرایط اولیه متفاوت : ۹۳
ج) ایده آل نبودن تابش: ۹۳
د) وجود لوله های مجاور : ۹۳
ه) خطاهای شبیه سازی عددی : ۹۴
و) خطاهای اندازه گیری : ۹۴
۵-۴- نتایج ۹۴
۵-۴-۱- نتایج ترمودینامیکی درون دامنه ی حل ۹۴
۵-۴-۲- تأثیر نسبت ابعادی بر روی عملکرد گرمایی لوله های خلاء ۹۷
۵-۴-۳- تأثیر میزان تابش بر روی عملکرد گرمایی لوله های خلاء ۱۰۲
۵-۵- نتیجه گیری ۱۰۴
۵-۶- پیشنهادات ۱۰۵
منابع ۱۰۷

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: واکنش سطح خورشید که منجر به تولید انرژی می شود ۶

شکل ۱-۲: نمودار تابش متوسط سالیانه خورشید بر نقاط مختلف کره زمین[۲] ۷

شکل ۱-۳: جذب انرژی خورشید توسط کره زمین ۸

شکل ۱-۴: طیف تابش الکترومغناطیس[۳] ۱۰

شکل ۱-۵: نمودار توزیع شدت طیفی تابش جسم سیاه پلانک بر حسب طول موج برای دماهای مختلف[۳] ۱۲

شکل ۱-۶: صفحه ای با شیب β ۱۳

شکل ۱-۷: نمونه ای از آب گرمکن های خورشیدی ۱۷

شکل ۱-۸: نمونه یک خانه خورشیدی ۱۸

شکل ۱-۹: نمای شماتیک یک نیروگاه خورشیدی ۱۹

شکل ۱-۱۰: نمونه ای از نیروگاه های خورشیدی با استفاده از متمرکز کننده های سهموی خطی ۲۰

شکل ۱-۱۱: نمونه هایی از نیروگاه های خورشیدی با استفاده از بشقابک سهموی ۲۰

شکل ۱-۱۲: نماهایی از یک برج نیرو ۲۰

شکل ۱-۱۳: نمایی شماتیک از یک آب گرم کن خورشیدی ۲۲

شکل ۱-۱۴: آب گرمکن خورشیدی با گردش اجباری ۲۳

شکل ۱-۱۵: آب گرمکن خورشیدی با گردش طبیعی (ترموسیفون) ۲۴

شکل ۱-۱۶: نمونه ای از کلکتورهای صفحه تخت ۲۸

شکل ۱-۱۷: شمای فنی لوله های خلاء ۳۰

شکل ۱-۱۸: لوله سمت چپ یک لوله خلاء سالم – سمت راست یک لوله خلاء خراب ۳۱

شکل ۱-۱۹: نحوه ی سیرکولاسیون سیال در کلکتورها لوله خلاء ۳۲

شکل ۱-۲۰: نمونه ای آب گرم کن های لوله خلاء ۳۲

شکل ۱-۲۱: کلکتورلوله خلاء از نوع لوله حرارتی ۳۳

شکل ۲-۱: بررسی تاثیر نسبت ابعادی بر روی عدد ناسلت برای جیوه ۳۸

شکل ۲-۲: نتایج آزمایش های آقای لاک [۱۴] ۳۹

شکل ۲-۳: شماتیک دستگاه مورد استفاده و نحوه ی قرار گیری محفظه های آب گرم در اطراف لوله[۱۵] ۴۰

شکل ۲-۴: نحوه ی قرار گیری ترموکوپل ها و موقعیت آنها درون لوله [۱۵] ۴۱

شکل ۲-۵: دمای بدون بعد در طول لوله برای حالت گرمادهی یکنواخت لوله با زاویه شیب ۴۵ درجه [۱۵]....۴۲
شکل ۲-۶: شماتیک دستگاه مورد بررسی و نحوه ی قرار گیری اشعه ی لیزر[۱۶] ۴۳
شکل ۲-۷ : نتایج سرعت برای نسبت ابعادی ۲۵ و حالت گرمادهی یکنواخت در دهانه ی باز لوله [۱۶].....۴۳
شکل ۲-۸: نحوه سیرکولاسیون در لوله های خلاء و وجود ناحیه ی ساکن در انتهای آن [۱۷] ۴۴
شکل ۲-۹: توزیع سرعت درون لوله و مخزن متناظر- سمت راست نتایج عددی و سمت چپ نتایج تجربی[۱۸] ۴۵
شکل ۲-۱۰: نتایج مربوط به آزمایش های عملی و شبیه سازی عددی[۱۹].....۴۶
شکل ۲-۱۱: سمت راست کلکتور نوع T و سمت چپ کلکتور نوع H [۵].....۴۷
شکل ۲-۱۲: شماتیک کلکتور مورد بررسی آقای فوربو [۲۲] ۴۹
شکل ۲-۱۳: شکل مختلف لوله های حرارتی مورد آزمایش[۲۴] ۵۰
شکل ۳-۱: نمونه ای لوله های خلاء ۵۴
شکل ۳-۲: کلکتور خورشیدی لوله خلاء از نوع ترموسیفون ۵۶
شکل ۳-۳: نمای از راست کلکتور ساخته شده ۵۷
شکل ۳-۴: آب بند مورد استفاده در نمونه ساخته شده ۵۸
شکل ۳-۵: عایق بندی مخزن ذخیره و شیر ورودی سیال ۵۹
شکل ۳-۶: پایه چوبی به منظور نگه داری انتهای بسته لوله ها ۵۹
شکل ۳-۷: آب گرمکن خورشیدی ساخته شده ۶۰
شکل ۳-۸: نحوه ی قرار گیری ترموکوپل ها درون لوله خلاء ۶۱
شکل ۳-۹: نحوه قرار گیری ترموکوپل ها درون مخزن.....۶۲
شکل ۳-۱۰: محل قرار گیری ترموکوپل ها بصورت شماتیک ۶۳
شکل ۳-۱۱: نمایی از تابش سنج مورد استفاده ۶۴
شکل ۳-۱۲: نتایج ثبت شده برای تابش خورشید به ازای واحد سطح برای نیمه ی بالایی و نیمه پایینی لوله ..۶۴
شکل ۳-۱۳: نمایی از ثبات داده های مورد استفاده ۶۵
شکل ۳-۱۴: شکل شماتیک مدل تجربی و نحوه ی انجام آزمایشات ۶۶
شکل ۴-۱: دامنه ی حل مسئله برای لوله ای با نسبت ابعادی ۲۰ در نرم افزار گمبیت ۷۰
شکل ۴-۲: نمای ایزومتریک شبکه بدی دامنه ی حل مسئله برای لوله ای با نسبت ابعادی ۲۰..... ۷۰
شکل ۴-۳: شبکه بندی قسمت ورودی لوله به مخزن ۷۱
شکل ۴-۴: تصویر شماتیک یک لوله خلاء ۷۳

شکل ۴-۵: مدار مقاومتی معادل یک لوله خلاء ۷۳
شکل ۴-۶: شکل شماتیک مدل عددی ارائه شده به همراه شرایط مرزی و اولیه ی اعمال شده روی این مدل .. ۷۵
شکل ۴-۷: نمودار همگرایی حل ۸۲
شکل ۴-۸: توزیع دما درون لوله و مخزن ۸۳
شکل ۴-۹: بردارهای سرعت درون لوله و مخزن ۸۳
شکل ۴-۱۰: موقعیت ۷ نقطه ی تعیین شده به منظور بررسی استقلال حل از شبکه ۸۴
شکل ۵-۱ : محل نقاط مورد استفاده برای میانگین گیری دمای سیال درون مخزن در شبیه سازی عددی ۸۷
شکل ۵-۲: محل قرار گیری ترموکوپل ها بصورت شماتیک ۹۰
شکل ۵-۳: مقایسه ی نتایج حل عددی و نتایج عملی برای میانگین دمای نقاط درون مخزن ۹۱
شکل ۵-۴: مقایسه ی نتایج حل عددی و نتایج عملی برای میانگین دمای نقاط درون لوله ۹۱
شکل ۵-۵: مقایسه ی عملکرد گرمایی بین نتایج تجربی و عددی ۹۲
شکل ۵-۶: توزیع دما درون لوله و مخزن ۹۵
شکل ۵-۷: بردارهای سرعت درون لوله و مخزن ۹۶
شکل ۵-۸: بردارهای سرعت در قسمت انتهایی لوله ۹۶
شکل ۵-۹: بردارهای سرعت در ناحیه ورودی لوله به مخزن ۹۷
شکل ۵-۱۰: بررسی تأثیر نسبت ابعادی بر روی عملکرد گرمایی لوله های خلاء با تغییر قطر لوله. ۹۸
شکل ۵-۱۱: بررسی عملکرد گرمایی لوله های خلاء با تغییر قطر لوله ها- لوله ای با طولی نصف لوله قبلی .. ۱۰۰
شکل ۵-۱۲: بررسی تأثیر نسبت ابعادی بر روی عملکرد گرمایی لوله های خلاء با تغییر طول لوله ها ۱۰۱
شکل ۵-۱۳: بررسی تأثیر میزان متوسط تابش بر هر لوله در عملکرد گرمایی لوله های خلاء ۱۰۲

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱: مقدار ضریب صافی متوسط هوا برای کرمانشاه [۲] ۱۵

جدول ۲-۱: نسبت ها ابعادی آزمایش شده توسط آقای لاک و همکارانشان [۱۴]..... ۳۹

جدول ۲-۲: ثابت های مربوط به محاسبه ی بازده کلکتورهای لوله خلاء از نوع لوله های حرارتی [۲۸]. ۵۲

جدول ۳-۱: مشخصات فنی یک نمونه تجاری آب گرمکن لوله خلاء [۲۹]. ۵۵

جدول ۴-۱: علائم بکار رفته در مدار مقاومتی معادل با لوله های خلاء ۷۴

جدول ۴-۲: نتایج مربوط به بررسی استقلال حل از شبکه (سرعت ها بر اساس میلی متر بر ثانیه بیان شده اند) ۸۵

جدول ۵-۱ : مختصات محل قرار گیری ترموکوپل ها درون مخزن و لوله ۸۹

جدول ۵-۲: اعداد رایلی برای قطرهای بررسی شده در نمودار ۵-۱۲ ..... ۹۹

جدول ۵-۳: مقادیر این نسبت حجم ها برای نسبت های ابعادی موجود در نمودار شکل ۵-۱۳ ..... ۱۰۱

فـهـرست علائـم

A_c	مساحت سطح جاذب (m^2)
c	سرعت نور در خلاء (m/s)
C_p	ظرفیت گرمایي مخصوص $(J/Kg°C)$
D	قطر لوله جاذب (m)
g	شتاب گرانش (m/s^2)
$\overline{G}$	میانگین تابش بر روی تمام سطح جاذب به ازای واحد سطح (W/m^2)
G	شدت تابش خورشید (W/m^2)
G_{on}	شدت تابش روی صفحه ای عمود بر اشعه خورشید و خارج از جو زمین (W/m^2)
G_{oh}	شدت تابش خورشیدی بر روی صفحه افقی و خارج از جو زمین (W/m^2)
G_h	شدت تابش خورشیدی بر روی صفحه افقی و بر روی سطح زمین (W/m^2)
G_{dh}	شدت تابش پراکنده بر روی صفحه افقی (W/m^2)
G_{sc}	ثابت خورشیدی (W/m^2)
Gr	عدد گراشف
H	ارتفاع (m)
K	ضریب انتقال حرارت هدایت $(W/m°C)$
K_T	متوسط ساعتی ضریب صافی هوا
L	طول مشخصه (m)
$\dot{m}$	نرخ جریان جرم (Kg/s)
m	نرخ جریان جرم (Kg)
Nu	عدد ناسلت
P	فشار (N/m^2)
Δp_{stack}	اختلاف فشار تأثیر انباشته (N/m^2)
Pr	عدد پرانتل
$q_r^{"}$	نرخ انتقال گرمای تابشی خالص از سطح بر واحد مساحت سطح (W/m^2)
Re	عدد رینولدز
Ra	عدد رایلي
R_b	نسبت شدت تابش مستقیم روی صفحه مایل به شدت تابش مستقیم روی صفحه افقی
$R_{conv,f}$	مقاومت جابجایی سیال (m^2K/W)
$R_{cond,t1}$	مقاومت رسانشی لوله داخلی (m^2K/W)
$R_{cond,A}$	مقاومت رسانشی جاذب (m^2K/W)
$R_{cond,t2}$	مقاومت رسانشی لوله خارجی (m^2K/W)
$R_{conv,A,vac}$	مقاومت جابجایی بین سطح جاذب و خلاء نسبی (m^2K/W)
$R_{conv,vac,t2in}$	مقاومت جابجایی بین خلاء نسبی و لوله ی خارجی (m^2K/W)
$R_{rad,A,t2in}$	مقاومت تابشی بین سطح جاذب و لوله خارجی (m^2K/W)
$R_{rad,t2,Sky}$	مقاومت تابشی بین لوله خارجی و آسمان (m^2K/W)
$R_{conv,t2,air}$	مقاومت جابجایی بین لوله خارجی و هوای اطراف (m^2K/W)
T_A	دمای سطح جاذب $(°C)$
T_{air}	دمای هوای اطراف لوله خلاء $(°C)$
T_{sur}	دمای محیط $(°C)$
T_{Sky}	دمای آسمان $(°C)$
T_s	دمای مطلق سطح $(°C)$
T_f	دمای سیال $(°C)$
T_{Vac}	دمای هوای محفظه ی خلاء نسبی $(°C)$
$T_{t1,in}$	دمای سطح داخلی لوله داخلی $(°C)$
$T_{t1,out}$	دمای سطح خارجی لوله داخلی $(°C)$
$T_{t2,in}$	دمای سطح داخلی لوله خارجی $(°C)$

$T_{t2,out}$	دمای سطح خارجی لوله خارجی (℃)
u	سرعت (m/s)
U_L	ضریب کلی تلفات حرارتی (W/m^2K)
U_{tot}	ضریب کلی انتقال حرارت (W/m^2K)
α	ضریب جذب
β	شیب صفحه ی کلکتور
β	ضریب انبساط حجمي (1/K)
ε	ضریب گسیل
ρ	چگالي (Kg/m^3)
ρ_g	ضریب بازتابش زمین
σ	ثابت استفان بولتزمن $(^{W}/_{m^2.K^4})$
θ_z	زاویه سمت راس
∅	عرض جغرافیایی
ω	زاویه ی ساعت
δ	زاویه انحراف
ν	ویسکوزیته سینماتیك هوا (m^2/s)
μ	ویسکوزیته (Kg/m.s)
η	عملکرد حرارتی

فـصل اول
مقـدمـه

۱-۱- بحران انرژی

امروزه بشر با دو بحران بزرگ روبرو است که بیش از آنچه تشخیص داده می شود به یکدیگر ارتباط و همبستگی دارند. از یک طرف جوامع بشری و همچنین شهرها با مشکلات آلودگی محیط زیست مواجهند و از طرف دیگر مشاهده می شود که مواد اولیه و سوخت مورد نیاز همین آلوده کنندگان محیط زیست، سریعاً و با شتاب رو به زوال و نیستی است.

اثرات منفی مصرف روز افزون انرژی در زمین، آب و هوا آشکارا و مشخص می باشد و دولت ها در حال حاضر تنها راه حل این مشکل را در پایین آوردن مصرف سوخت می دانند.

توجه به انرژی اتمی به عنوان جانشینی برای سوخت فسیلی نیز چندان موفقیت آمیز نبوده است. میلیاردها دلار در زمان صلح در راه استفاده از انرژی اتمی صرف شده بدون این که نتیجه چندان مثبتی از آن بدست آمده باشد. به عقیده بعضی از دانشمندان تنها راه حل دو مشکل فوق استفاده از نیروی خورشید است، خورشیدی که زندگی ما از بدو خلقت عالم و آدم بدان بستگی داشته و خواهد داشت.

در میان مشکلات زیادی که جوامع صنعتی امروز با آن مواجه هستند، دو مشکل آلودگی محیط زیست و تحلیل منابع انرژی از همه مهم ترند. جوامع صنعتی و نیمه صنعتی از یک طرف آشکارا در حال غرق شدن در میان باقیمانده ها و فضولات تمدن ماشینی خود می باشند و از طرفی با کمبود سوخت و انرژی برای صنایعی که خود موجب چنین آلودگی هایی هستند، مواجه اند. این جوامع با استفاده روز افزون از انرژی برای ادامه زندگی ماشینی خود نه تنها هوا، زمین و آب ها را آلوده می کنند، بلکه موجب تمام شدن هرچه سریع تر منابع سوخت می شوند.

کشورهای غربی مصرف بیشتر انرژی را به عنوان معیاری از پیشرفت و سطح رفاه در هر کشور معرفی می کنند، در این کشورها تولید ناخالص ملی ارتباط مستقیم با مصرف انرژی داشته و اثرات این مصرف زیاد، کاملاً در آب و هوای شهرهای بزرگ آشکار می باشد.

در چند دهه گذشته مصرف مواد تولید کننده انرژی تنها از نقطه نظر آلودگی محیط زیست مطرح بود و جنبه تمام شدن ذخائر انرژی در سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. امیدی هم که به جایگزین کردن انرژی اتمی به جای مواد سوختی دیگر بوجود آمده بود در حال از بین رفتن می باشد. زیرا مخالفت شدید مردم به خاطر آلودگی محیط زیست توسط تشعشعات رادیواکتیو، گسترش این گونه نیروگاه ها را بسیار کند نموده است. از طرف دیگر مواد اولیه برای این رآکتورها هم مانند مواد سوختی دیگر روزی به پایان خواهد رسید.

یکی از امیدهای دانشمندان این است که بتوانند انرژی کافی و تمیز را برای مصرف حریصانه بشر از طریق توسعه نیروی گداخته شدن که استفاده صلح آمیز از انرژی بمب هیدروژنی می باشد، به دست آورند. ولی دانشمندان در مدت ۲۰ سال و طی تحقیقات پیچیده و مشکل و صرف میلیاردها دلار هنوز با موفقیت فاصله ی زیادی دارند و به عقیده بعضی از محققان این راه هرگز پیموده نخواهد شد.

خورشید که زندگی انسان همیشه به آن بستگی داشته این عمل را به مراتب بهتر و موثرتر انجام می دهد. ولی انسان ها مانند ماهی ها که در آب زندگی می کنند و از نعمت وجود آن بی خبرند، قادر به درک چنین منبع انرژی عظیمی که در اختیار آن ها قرار دارد نیستند.

صدها سال پیش بشر پی برد که نور خورشید تنها برای رویاندن گیاهان و برنزه کردن پوست بدن نمی باشد. کوشش های متعددی در مورد ساختن موتورها، دستگاه های گرم کننده، دستگاه های تقطیر و دستگاه های مولد برق که با انرژی خورشید کار می کردند انجام گرفته و حتی تعدادی از این دستگاه ها با موفقیت نیز به کار پرداخته اند اما به علل مختلف این کوشش ها آنچنان که باید پیگیری نشدند.

اگر جوامع بشری از اول زندگی خود را بر پایه استفاده از انرژی خورشید پی ریزی می نمودند و انسان جامعه ای وابسته به تکنولوژی خورشید داشت، این امکان وجود داشت که همچنان که در حال حاضر از روی آوردن به انرژی خورشیدی ترس و هراس دارد آن زمان نیز از توجه به مواد سوختی دیگر نظیر نفت یا انرژی اتمی با تشعشعات اتمی آن اظهار وحشت و ناراحتی می کرد! هرچند نشانه های بسیار وجود دارد که بالاخره انسان روزی ناچار به استفاده از انرژی خورشیدی خواهد شد.

حدود ۲۰۰سال پیش چوب از مهمترین مواد سوختی به شمار می آمد. مجموعا ۷۵٪ کل انرژی مصرفی را چوب تشکیل می داد و ۲۵٪ بقیه عبارت بود از نیروی آب، باد، حیوانات و خود انسان.

دوران استفاده از نیروی ارزان (چوب و زغال سنگ و غیره) به جای انرژی جدید و گران (نفت و گاز و اتم) خیلی زود سپری شد. در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم زغال سنگ کاملا جانشین چوب به عنوان سوخت گردید. فقط فقرا منزل خود را با چوب گرم می کردند هرچند امروزه ثروتمندان قادر به این کار هستند! کارخانه های ذوب آهن و فولاد از مصرف کنندگان اصلی زغال کک بودند. صنایع پتروشیمی به انضمام مواد شیمیایی، رنگ ها و موادی از این قبیل از دیگر مصرف کنندگان بزرگ زغال سنگ بودند.

گاز طبیعی سال ها پیش شناخته شد و لوله کشی آن به بازارهای دور دست در حدود سال ۱۸۷۰ شروع گردید. در سال ۱۹۳۰ طول لوله های گاز به هزاران مایل می رسید و بعد از جنگ جهانی دوم بزرگترین سهم را در توسعه اقتصادی به دست آورد.

مواد نفتی اگر چه از قرن ها قبل شناخته شده بودند، ولی موارد استفاده آن ها بسیار محدود بود وتنها از اوایل قرن بیستم بود که به عنوان یکی از مهم ترین مواد تولید کننده انرژی مورد استفاده قرار گرفت. اولین چاه

نفت امریکا در سال ۱۸۵۹ حفر گردید، ولی از اوایل قرن بیستم بود که توسعه سریع موتورهای سوخت و انواع ماشین ها و وسایل نقلیه باعث تولید روز افزون مواد نفتی گردید.

نیروی الکتریسیته قرن ها پیش شناخته شده بود، حتی اتومبیل هایی که با باطری های الکتریکی کار می کردند، اختراع گردیدند. اما ارزانی بنزین، قدرت و سرعت اتومبیل های بنزینی جایی برای توسعه ماشین های الکتریکی باقی نگذاشت.

منابع سوختی دنیا روز به روز بیشتر به تحلیل می روند. برای جلوگیری از این امر دو راه کار وجود دارد: یکی یافتن منابع جدید و دیگری پایین آوردن مقدار مصرف (که به هر حال راه حل کلی و اساسی نمی باشد).

این امکان وجود دارد که ملل غنی بدون داشتن میلیون ها اتومبیل، هواپیماهای ما فوق صوت، ماشین های چمن زنی بنزینی و مسواک های برقی و ... زندگی کنند، همچنان که بسیاری از مردم ملل فقیر بدون این وسایل به زندگی ادامه می دهند و مسلما هنگامی که انسان قادر به تولید انرژی بیشتر نباشد باید بدون این وسایل زندگی کند، اما تمام شواهد بازگو کننده این است که انسان نه تنها حاضر به ترک این وسایل نمی باشد، بلکه در صدد ازدیاد آنها نیز هست.

این ازدیاد از دو جهت صورت خواهد گرفت: یکی اینکه کشورهای فقیر سعی دارند به سطح کشورهای غنی برسند و از وسایل رفاهی بیشتری استفاده کنند و دوم اینکه کشورهای غنی خواهان رفاه و ترقی بیشتر می باشند. برخی عقیده دارند که مصرف انرژی بدین ترتیب در طول قرن آینده به بیش از ۵۰ برابر زمان حال خواهد رسید. در سال ۱۹۷۰ مقدار ۶۹۰ میلیارد Btu (واحد گرمای انگلیسی) انرژی در امریکا مصرف شد که از این مقدار ۹۰/۹٪ شامل مواد نفت ، ۸/۳٪ نیروی هیدرولت و تنها ۰/۸٪ از انرژی اتمی بوده است. مصرف نفت امریکا خود به تنهایی در حال حاضر برابر ۱۵ میلیون بشکه در روز است. برای این که عظمت این مقدار نفت در نظر مجسم گردد لازم است در نظر آورد که برای حمل این مقدار نفت به ۶۲۰۰۰ تانکر نفت کش احتیاج است. طی سال های آینده این مقدار شاید به دو برابر مقدار کنونی نیز برسد[۱].

کارشناسان و مهندسان امور نفتی برای اینکه بتوانند مقدار انرژی مصرف شده را بسنجند به معیارهای جدید احتیاج داشتند. به همین جهت واحد اندازه گیری Q بوجود آمد، یک Q برابر یک میلیارد واحد گرمای انگلیسی است. یک Q نشان دهنده انرژی بسیار زیادی می باشد که معادل انرژی حاصل از سوختن ۳۸ میلیارد تن زغال سنگ قیردار است.

در سال ۱۹۵۳ کارشناسان نفتی مجموع ذخائر نفتی جهان را در حدود Q ۲۷ و ذخائر نیروی اتمی را در حدود Q ۵۷۵ که مجموعا حدود Q ۶۰۰ انرژی در تمام دنیا می شد، تخمین زدند. این کارشناسان مصرف انرژی را در سال حدود Q ۰/۱ در نظر گرفتند و بدین ترتیب چنین نتیجه گرفتند که بشر تا ۶۰۰۰ سال آینده دچار کمبود انرژی نخواهد شد، اما واقعیت با این فرض فاصله داشت. زیرا از زمان حضرت مسیح تا سال