



i3Di Inc.

به ایده هایمان بعد بدهیم



کارگاه آموزش و استفاده از چاپگر سه بعدی در مدارس

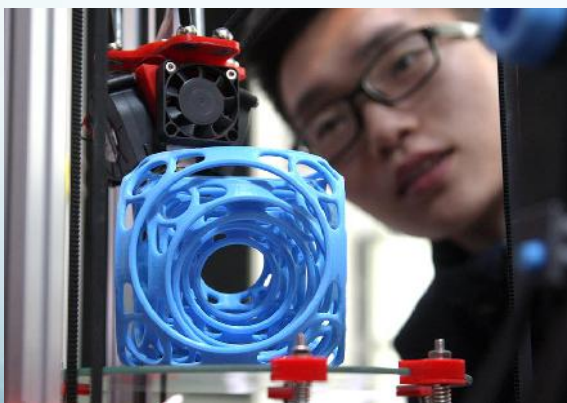
مقدمه

امروزه شاهد رقابت فشرده جوامع در دستیابی به تکنولوژی‌های برتر، به مثابه منبع اصلی قدرت، می‌باشیم. افراد تیزهوش و خلاق و صاحبان اندیشه‌های نو با تفکر واگرا از سرمایه‌های هر جامعه و ملتی هستند. از این رو در دهه‌های اخیر مطالعات و تحقیقات در زمینه تکنولوژی آموزشی و پرورش ذهن‌های خلاق بیش از هر زمان دیگر مورد توجه قرار گرفته است. ایده استفاده از پرینتر سه بعدی در مدارس یک ایده جدید است که در کشورهای پیشرفته جهان در حال آزمایش است و بودجه‌های سنگینی را به این موضوع اختصاص داده اند.

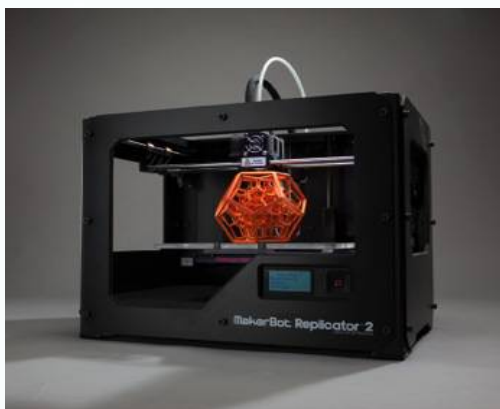
شرکت i3Di. یک شرکت دانش بنیان بوده که در سال ۱۳۹۶ توسط دو تن از فارغ التحصیلان مهندسی مکانیک و الکترونیک دانشگاه واترلو-کانادا و با هدف پرورش خلاقیت و شکوفایی استعدادها و همچنین ارتقاء سطح دانش و مهارت‌های دانش آموزان، در کانادا تاسیس و برای نیل به این هدف اقدام به طراحی و تولید کیت‌های آموزشی پیشرفته چاپگر سه بعدی و همچنین برگزاری کارگاه‌های آموزشی ساخت و استفاده از چاپگر سه بعدی در قالب فوق برنامه‌های درسی در مدارس و مؤسسات آموزشی نموده است.

پروژه آموزش با پرینتر سه بعدی بدون شک یک پروژه مفید بر اساس ارکان چهارگانه آموزش مدارس یعنی علوم، تکنواوری، مهندسی و ریاضیات (STEM) و با ارزش آموزشی بالا می باشد که توسط آن دانش آموزان میتوانند از روشهای خلاقانه تری برای یادگیری این ارکان آموزشی استفاده کنند. پرینتر سه بعدی میتواند نقش عظیمی در این فرایند بازی کند، زیرا که فرصت فوق العاده ای برای دانش آموزان جهت یادگیری طراحی سه بعدی و تولید قطعه فراهم ساخته و نتایج در مقابل چشمان دانش آموزان شکل می گیرد.

پرینتر سه یک وسیله کمک آموزشی نیست بلکه یک روش آموزشی می باشد که درک بهتر و سریعتر آن، برای آینده کشور بسیار مفید خواهد بود. به کارگیری این روش در آموزش باعث می شود که دانش آموزان با اشتیاق بیشتری به فرایند و موضوع آموزش توجه می کنند و عملا عضوی از گروه آموزش باشند و علاوه بر مفاهیم درسی، کار گروهی و مسئولیت پذیری و زمان سنجی را نیز بیاموزد. این مدل بازی گونه آموزش برای دانش آموزان، مفرح بوده و آنها با انگیزه و تلاش بیشتری در کلاس درس شرکت می کنند و در نهایت با فعالیتهای عملی موضوع درسی را می آموزند. تجربه ثابت کرده این گونه آموزش، هیچ گونه فراموشی در پی نخواهد داشت و حتی اصول اولیه سواد اجتماعی و سواد کار کردن و کارآفرینی را نیز یاد می گیرند.



پرینتر سه بعدی و طرز کارکرد:



چاپگر سه بعدی یک تکنولوژی نوظهور است که قابلیت ساخت و تولید هر گونه جسم سه بعدی با هر گونه پیچیدگی با ماده مورد نظر مانند فلز، پلیمر، مواد خوراکی و مواد بیولوژیک را داراست. به دلیل سرعت و دقت بسیار بالای نمونه سازی و همچنین هزینه پایین تولید استفاده از این تکنولوژی با سرعت زیاد در صنایع مختلف در حال افزایش است. به عنوان مثال:

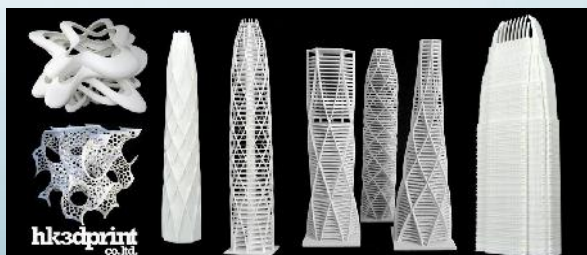
صنعت هوا و فضا (AEROSPACE)

به جرات می توان گفت که صنعت هوا و فضا یکی از دلایل رشد بازار نمونه سازی سریع و یا پرینتر سه بعدی می باشد. قطعات موتور و توربین و همچنین قطعات داخلی کابین هواپیما نمونه هایی از کاربرد روش نمونه سازی سریع و یا پرینتر سه بعدی در این صنعت می باشد. امکان تولید قطعات بسیار پیچیده و حساس و همچنین امکان تست ایرودینامیک قطعات طراحی شده قبل از تولید آنها و مهمتر از همه هزینه تولید بسیار پائین روش نمونه سازی سریع در کنار کاهش زمان تولید از مهمترین دلایل پر کاربرد بودن پرینترهای سه بعدی در این صنعت می باشد.

امکان تولید قطعات بسیار پیچیده و کوچک و همچنین قطعات اختصاصی باعث شده است که پرینتر سه بعدی به عنوان یک عضو جدا نشدنی از صنعت هوا و فضا بحساب بیاید.

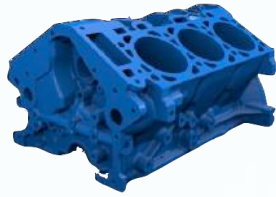
معماری (ARCHITECTURE)

استفاده از ماکت های معماری پرینت سه بعدی شده باعث می شود تا در زمان طراحی ماکت و ساخت و متناسب با آن هزینه ساخت ماکت معماری صرفه جویی بسیاری انجام گیرد و به همین دلیل معماران بسیاری به استفاده از این تکنولوژی رو می آورند. استفاده از پرینترهای سه بعدی باعث می گردد تا تعداد مراحل تولید ماکت کاهش یافته و زمان طراحی نیز بهبود یابد و در کنار همه این مزیتها، امکان تولید ماکت های معماری با جزئیات بیشتر و دقت بالاتر نیز مهیا گردد. استفاده از پرینترهای سه بعدی در ماکت سازی باعث می گردد تا معماران و مهندسان به راحتی بتوانند مدل طراحی شده را در کمترین زمان و هزینه اجرا نموه و نواقص آن را تحلیل و رفع نمایند. به عبارت دیگر پرینتر سه بعدی این امکان را برای مهندسان و معماران فراهم نموده است که بتوانند کار ماکت سازی را همانند پروسه طراحی کامپیوتری نمایند.



صنعت خودروسازی (AUTOMOBILE)

ویژگیهای برجسته روش نمونه سازی سریع یا پرینت سه بعدی باعث شده است که طراحان و مهندسان به راحتی بتوانند محصولات جدیدی را طراحی، تولید، توسعه و یا ارتقا دهند و این موضوع در صنعت اتومبیل سازی بیشتر قابل مشاهده می باشد. به عبارت دیگر استفاده از پرینترهای سه بعدی درهای جدیدی برای طراحی های جدیدتر، تمیزتر، سبکتر، مطمئن تر و یا ایمن تر باز نموده و باعث شده است تا محصولات در کمترین زمان و با کمترین هزینه طراحی و تولید گردد. هرچند دستگاه های موجود سرعت کمی دارند و بیشتر جهت نمونه سازی مورد استفاده قرار می گیرند ولی بطور حتم در آینده از این دستگاه ها در خطوط تولید نیز استفاده خواهد شد



صنایع پزشکی (MEDICAL INDUSTRIES)

یکی از استفاده های پرینترهای سه بعدی صنعت پزشکی می باشد. پرینتر سه بعدی این امکان را به کارخانجات پزشکی، دکترها، متخصصین و محققین می دهد که بتوانند قطعاتی را برای بیماران نیازمند و یا پروژه های تحقیقاتی تولید نمایند. از جمله کاربردهای پرینتر سه بعدی در صنعت پزشکی می توان به تولید پروتز، لوازم ارتوپدی، تجهیزات شنوایی، تولید محصولات پزشکی اختصاصی و غیره می باشد. همچنین یکی از کاربردهای پرینترهای سه بعدی در صنعت پزشکی مربوط به تولید ماژولهای آناتومی می باشد. در برخی از موارد امکان ساخت ماژولهای آناتومی به خاطر پیچیدگی آنها سخت و یا غیر ممکن می باشد ولی با استفاده از پرینترهای سه بعدی می توان این مشکل را حل نمود.



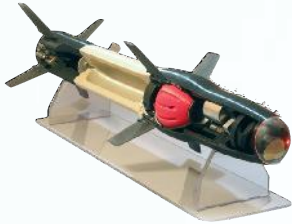
محصولات تجاری (COMMERCIAL PRODUCTS)

تولید کنندگان محصولات تجاری همواره به دنبال تولید محصولات با میزان انعطاف بالا و در اندازه های کوچک، متوسط و بزرگ می باشند. استفاده از پرینترهای سه بعدی این امکان را به این تولید کنندگان می دهند که بتوانند محصولات جدیدتر و متناسب با نیاز بازار تهیه نمایند و یکی از مهمترین مزایای استفاده از پرینترهای سه بعدی در این صنعت با صرفه بودن آنها در مقایسه با سایر روشهای تولید سنتی می باشد. لازم به ذکر می باشد که برخی از محصولات تجاری در تیراژهای کم تولید و به بازار عرضه می شوند و این موضوع استفاده از پرینترهای سه بعدی را اجتناب ناپذیر می نماید. از مهمترین دلایل استفاده از پرینترهای سه بعدی در این صنعت هزینه بالایی تولید با استفاده از دستگاه های CNC و همچنین امکان رفع مشکل طراحی و تست محصولات می باشد.



صنایع نظامی (MILITARY INDUSTRIES)

محصولات نظامی و یا انتظامی معمولاً بصورت فردی و اختصاصی تولید می شوند و عملکرد صحیح آنها می تواند نقش بسیار حیاتی داشته باشد و بطور کلی می توان گفت این محصولات می بایست جان سربازان را حفظ نمایند و یا از مرزهای کشور حفاظت نمایند. پرینت سه بعدی این امکان را به دولت، ارتش، نیروی انتظامی می دهد که محصولات خاص و بسیار پیچیده را در کمترین زمان تولید، تست و ایرادیابی نمایند و هیچگونه محدودیتی در طراحی و تولید نداشته باشند و این کار را با کمترین هزینه به انجام برسانند.



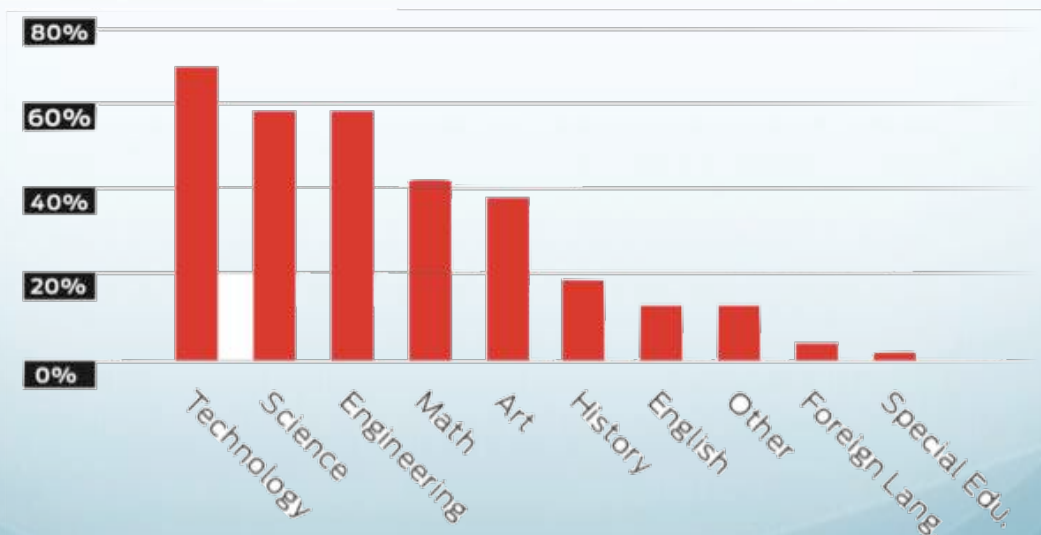
دندانپزشکی (DENTAL INDUSTRIES)

پرینتر سه بعدی دارای قابلیت استفاده در صنعت دندان پزشکی می باشد و امکان تولید مدل های سه بعدی دیجیتال مرتبط با این صنعت را فراهم می نماید. با ترکیب نمودن اسکن سه بعدی مخصوص بدن و یا به اصطلاح دیگر سی تی اسکن می توان مدل سه بعدی ایجاد نموده و با ترکیب آن با پرینتر سه بعدی اقدام به ساخت اندام های پزشکی و امپلنت های دندان پزشکی نمود. دندان پزشکان با استفاده از پرینتر سه بعدی می توانند تاج دندان، اتصالات پل مخصوص دندان و تجهیزات ارتودنسی را با دقت و با سرعت تولید نموده و از آنها استفاده نمایند.



قالب سازی (MOLDING INDUSTRIES)

قطعه سازان فعال در صنایع مختلف نیز نیاز به حجم بالای از قالب نمونه های ابتدایی دارند تا در انتها قطعه ای کامل و با جزئیات دقیق بسازند. چاپگر سه بعدی با امکان تولید نمونه اولیه با هزینه کم، خطاهای احتمالی در تولید و نیاز چند باره به قالب و تحمیل هزینه به تولید کنندگان را از بین میبرد.



از آنجایی که دانش آموزان امروز تولید کنندگان، طراحان، مهندسان، پزشکان، محققین و دانشگاهیان آینده جامعه خواهند بود آشنایی با مفاهیم، کاربردها و چگونگی استفاده از چاپگر سه بعدی می تواند در شکوفایی علائق، استعدادها و در نتیجه میزان موفقیت آنها بسیار موثر باشد. استفاده از پرینترهای سه بعدی و فراگیری طراحی سه بعدی باعث می شود که دانش آموزان به راحتی بتوانند با مدل های مفهومی آشنا شده و ایده های خود را عملی نمایند. این کار باعث می شود تا قوه خلاقیت پرورش یافته و ایده جدید ارائه گردد و همچنین راه ورود به بازار کار و نوآوری فراهم و هموار گردد. با در نظر گرفتن کاربردهای فراوان و همچنین رشد سریع این تکنولوژی در کشورهای پیشرفته، معرفی و آموزش آن به دانش آموزان و علاقه مندان در ایران اجتناب ناپذیر می نماید.

در تلاش برای کمک به جلوگیری از بیکاری جوانان در ایران و آشنا کردن نسل های جوان تازه به میدان آمده با فناوری های جدید و رو به توسعه جهان و با هدف معرفی و آموزش این فن آوریها به آنها به طوری که زمانی که وارد بازار کار میشوند، مهارت های لازم را برای اثبات خود در آن شغل داشته باشند این شرکت، برای اولین بار در ایران، اقدام به برگزاری کلاسها و کارگاههای آموزشی در مدارس و همچنین تجهیز مدارس به تکنولوژیهای آموزشی پیشرفته به امید به وجود آوردن نسل جدیدی از سازندگان و نوآوران در سراسر ایران نموده است. در این دوره کلاس ها دانش آموزان در دو سطح ابتدایی و پیشرفته به فراگیری سیلابسهای درسی می پردازند.

سطح ابتدایی

در این سطح دانش آموزان ابتدا با روش "ساخت افزایشی" قطعه، مکانیزم کارکرد پرینتر سه بعدی و مفاهیم ابتدایی طراحی سه بعدی آشنا شده و می توانند طرح خلاقانه خود را با رعایت اصول روی کاغذ بکشند و طراحی کنند.

در مرحله بعد دانش آموزان با نرم افزار سه بعدی ساز Tinkercad که یک برنامه سه بعدی ساز ساده و کاربردی است، آشنا می شوند و یاد میگیرند چگونه طرح روی کاغذ خود را به یک مدل سه بعدی دیجیتال در کامپیوتر تبدیل کنند.

سپس به آنها نحوه لایه لایه کردن مدل سه بعدی توسط نرم افزار slicer3r و تبدیل مدل سه بعدی خود به فایل قابل پرینت آموخته می شود.

تمامی مراحل آموزش به دانش آموزان در غالب پروژههای مختلف است که دانش آموزان در گروههای چند نفری انجام می دهند. این پروژهها به گونه ای طراحی شده اند که نه تنها در برگیرنده مباحث درسی دانش آموزان باشد بلکه جنبه تفریح و سرگرمی هم داشته باشند

سطح پیشرفته

در این سطح دانش آموزان نحوه ساخت دستگاه و استفاده از آنرا در سه مرحله فرا می گیرند .
در مرحله اول دانش آموزان پس از آشنایی با مفاهیم چاپگر سه بعدی با نرم افزارهای سه بعدی ساز و Tinkercad و Auto CAD آشنا می شوند . سر فصل های مربوط به اوتوکد به گونه ای طراحی شده اند که دانش آموزان قادر به انجام پروژه های آخر دوره باشند . در اینجا هدف ما آموزش نرم افزار اوتوکد نمی باشد و صرفاً سعی در معرفی و باز کردن دریچه جدیدی در پیش روی دانش آموزان و ترغیب آنها به فرگیری بیشتر مهارت های سه بعدی سازی است .

در مرحله دوم دانش آموزان در گروه های خود با استفاده از مطالب آموخته شده در طول دوره ۳ پروژه را انجام خواهند داد . این پروژه ها به گونه ای طراحی شده اند که هم حس رقابت و هم کار گروهی در بین آنها ایجاد شده و به خلق یک ایده از طراحی تا تولید آن می انجامد . به این ترتیب که ابتدا یک جسم بزرگ و پیچیده مثل ماشین بادی در نظر گرفته می شده و دانش مقدماتی و تئوریک آن آموزش داده می شود . سپس دانش آموزان با همکاری هم و بهره گیری از طوفان فکری و اصول علمی به طراحی خلاقانه این جسم می پردازند . به صورتیکه هر یک از گروه ها به طراحی یک قسمت از آن جسم پرداخته و در نهایت قسمت های مختلف جسم توسط دستگاه چاپگری که خود ساخته اند پرینت ، اسمبل و تست شده و هدف نهایی این دوره شکل می گیرد .



به عنوان نمونه در ضمیمه برنامه درسی تدوین شده برای یک پروژه سطح مبتدی و یک پروژه سطح پیشرفته توضیح داده می شود .

۳۰۰۰۰۰۰ تومان	۱۰ جلسه - ۲۵ ساعت	- آشنایی با چاپگر سه بعدی ، کاربرد ها ، انواع و مکانیزم های کارکرد - آشنایی با طراحی سه بعدی و همچنین آماده سازی مدل دیجیتال برای چاپ توسط نرم افزارهای Slice3r و Thinkercad - انجام ۶ پروژه طراحی و ساخت شامل : 1) Introduction to modeling- Puzzle Cubes 2) Science- Cloud types 3) Customized products-Quick Clips 4) Science- Snowflake and crystallization 5) History- Egyptian Obelisks 6) Science- Whistle	دوره ابتدایی (پایه ۴-۸)
۴۵۰۰۰۰۰ تومان	۱۲ جلسه - ۳۰ ساعت	- آشنایی با چاپگر سه بعدی ، کاربرد ها ، انواع و مکانیزم های کارکرد - آشنایی با طراحی سه بعدی و همچنین آماده سازی مدل دیجیتال برای چاپ توسط نرم افزارهای Slice3r و Autocad - انجام ۶ پروژه طراحی و ساخت شامل : 1) Introduction to modeling- Basic-Coin Trap 2) Science- Snowflake and crystallization 3) Engineering- Spinning Top 4) History-Great Wall 5) Assistive devices for disabled- Bag carrier, Key turner 6) Engineering- Rubber band Glider 7) Engineering- Suspension bridge	دوره پیشرفته (پایه ۸-۱۲)

- جهت افزایش بازده آموزش و رسیدن به اهداف آموزشی و همچنین به علت عملی بودن دوره ها، کلاسها در ظرفیت حداکثر ۱۵ نفر برگزار می گردد.
- زمان شروع دوره برنامه دقیق متعاقبا اعلام می گردد.

نمونه ای از پروژه های آموزشی

زمان پرینت	تعداد افراد گروه	سطح	موضوع	تعداد جلسات آموزشی	پروژه
	۱-۴	مبتدی	علوم	۱	ساخت انواع مختلف ابرها بصورت جای کارت و مداد
	۱-۴	مبتدی	زیست شناسی	۲	ساخت پازل مغز
	۱-۴	پیشرفته	فیزیک- مهندسی	۲	چالش سازه مقاوم به سیل
	۲-۴	پیشرفته	فیزیک- مهندسی	۲	طراحی و ساخت هواپیمای گلایدرکشی
	۲-۴	پیشرفته	زیست شناسی	۲	دی ان ای
	۲-۴	پیشرفته	مهندسی	۳	طراحی و ساخت منجنیق
	۲-۴	پیشرفته	مهندسی	۳	ماشین بادی

پروژه: انواع ابرها

خلاصه درس

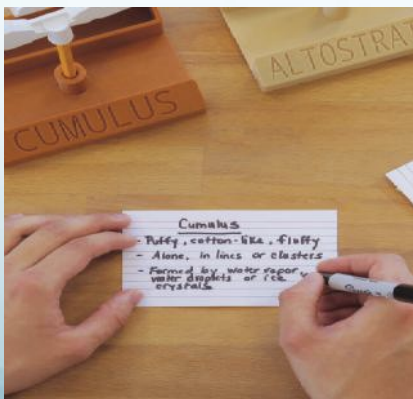
انواع مختلف ابرها نتنها در ظاهر متفاوت اند بلکه در میزان آب، ارتفاع و معنایی که برای پیشبینی وضع هوا دارند نیز متفاوتند. در این پروژه دانش آموزان در چند گروه هر یک از ده فرم مختلف ابرها را طراحی و چاپ می کنند. این ابرهای چاپ شده در انتهای یک مداد و بر روی یک پایه که نام ابر بر روی آن نوشته شده است قرار می گیرد. بر روی این پایه همچنین جای قرار دادن کارت و عکس نیز طراحی شده است.

اهداف یادگیری

- پس از اتمام این پروژه دانش آموزان قادر خواهند بود:
- انواع ابر بر اساس ویژگی ها، ظاهر، و ارتفاع را شناسایی کنند
- یک مدل را با دست طراحی و آنرا به یک مدل 3D تبدیل کنند.
- مدل سه بعدی را با استفاده از نرم افزار slice3r به فایل قابل پرینت تبدیل کنند

خلاصه فعالیت دانش آموزان

قبل از شروع این پروژه ابتدا بر روی ابرهای مختلف با استفاده از منابع بسیار خوبی مثل ناسا و با مشارکت خود دانش آموزان بحث میشود. سپس از دانش آموزان خواسته میشود که با استفاده از مطالب آموخته شده کارتهایی برای هر گروه از ابرها که در پایین آماده بصورت مجزا بسازند و اطلاعات هر کدام را بر روی آن بنویسند



- ابرهای با ارتفاع بالا – سیروس، کیررسترتوس، کیررکومولوس
- ابرهای با ارتفاع متوسط – التسترتوس، التکومولوس
- ابرهای با ارتفاع پایین – سترتوس، سترتکومولوس
- ابرهای چند لایه و عمودی – کومولوس، کومولونیمبوس، نیمبسترتوس

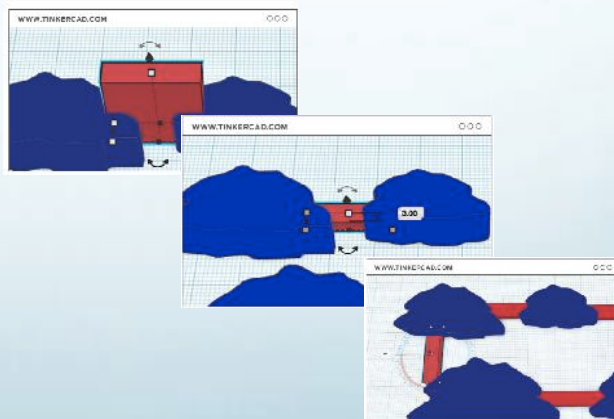
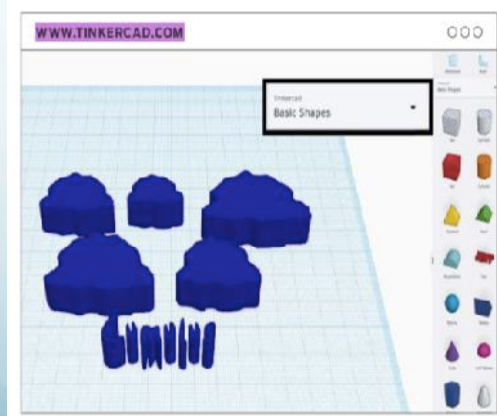


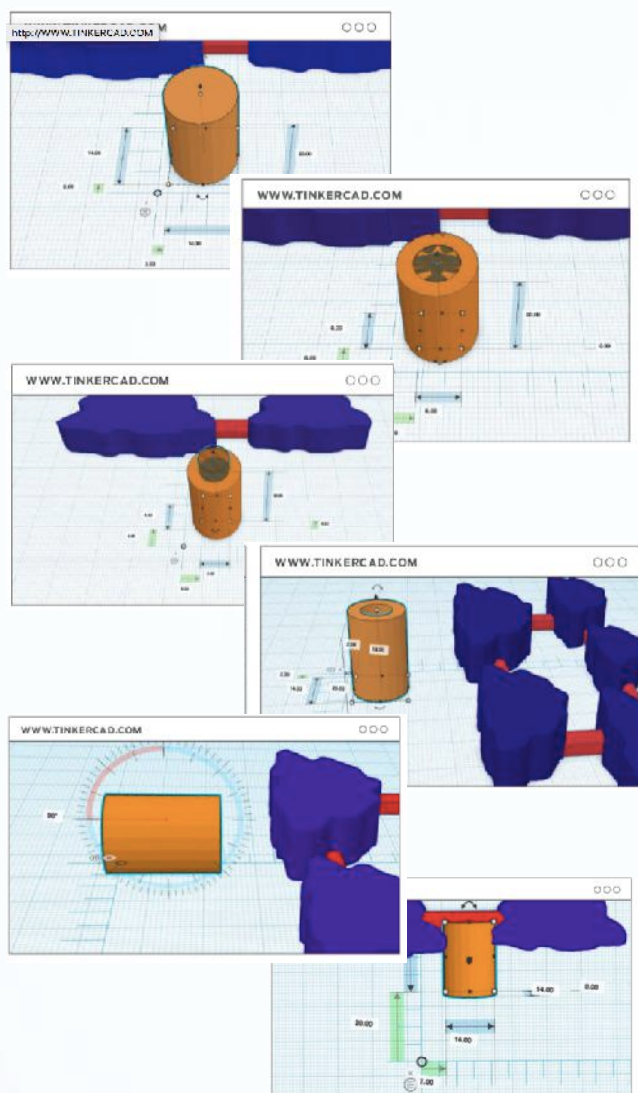
سپس هر گروه از دانش آموزان یک ابر را انتخاب کرده و با توجه به اطلاعات آموخته شده آنرا بر روی کاغذ طراحی می کنند. این طراحی ها حتما باید با رنگ تیر انجام گیرد تا هنگامی که به نرم افزار سه بعدی ساز برده میشود بصورت یک جسم واحد و صلب شناخته شود. پس از پایان طراحی از آنها عکس گرفته و آنرا با ایمیل ویا به هر طریقه دیگر بروی کامپیوتر منتقل میکنند. در این مرحله فایل عکس های گرفته شده باید به فایل **svg** که قابل باز کردن در **tinkercad** است تبدیل شود. ب

رای این کار از یک کانونتور آنلاین به نام **picsvg.com** استفاده می کنیم و با آپلود کردن فایل آنرا با فرمت **svg** ذخیره می کنیم.



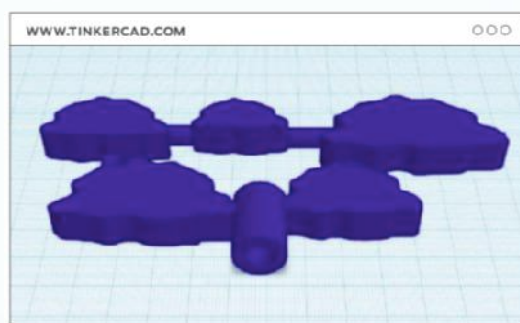
سپس دانش آموزان به وب سایت **tinkercad.com** رفته و فایل را در آنجا باز می کنند و با انتخاب شکل مکعب در نرم افزار **Tinkercad** و قرار دادن آنها در بین ابرهای جدا آنها را به هم وصل کرده تا در نهایت یک شکل واحد را بسازند. (اگر طراحی ابرها بصورت یکپارچه است به این مرحله نیازی نیست).





حل نوبت ساخت قسمتی است که مداد در آن می‌رود. اکثر مدادها قطری به اندازه تقریباً ۸ میلیمتر دارند. برای ساخت این قسمت دانش آموزان ابتدا یک استون با قطر ۱۴ مم و ارتفاع ۲۰ مم کشیده و سپس استون دیگری به قطر ۸ در درون استون اول میکشند. حال استوانه دوم را انتخاب کرده و به اندازه ۳ آنرا از درون استوانه اول بیرون میکشند. حال با انتخاب استون کوچکتر و استفاده از دستور سوراخ کردن آنرا از استون اول حذف کرده و درون آنرا سوراخ میکنند

این استوانه پس از چرخاندن و قرار گرفتن در جهت مناسب به انتهای سازه ابرها اضافه میشود. پس از اتمام طراحی اجزا همه آنها را انتخاب کرده و با استفاده از دستور گروه کردن بصورت یک مدل یکپارچه و توپر تبدیل می‌کنیم.



اکنون این فایل را با فرمت "stl" که قابل خواندن برای پرینترهای i3di ذخیره کرده و آنرا توسط یک فلش مموری به پرینتر وصل و عملیات پرینت را در حضور مربی شروع می‌کنند.



پروژه: ساخت و آزمایش هواپیمای گلايدر کشي

اهداف يادگيري

پس از اتمام اين پروژه دانش آموزان قادر خواهند بود:

- در مورد نيروهاي آيروديناميكي از جمله نيروي بالابر، كشيدن، وزن، نيروي رانش وغيره توضيح بدهند
- توضيح دهند كه چگونه شكل بال ميزان بالا روندي را تحت تاثير قرار مي دهد
- داده ها را جمع آوري و شكل بال را براساس اين داده ها طراحي كنند

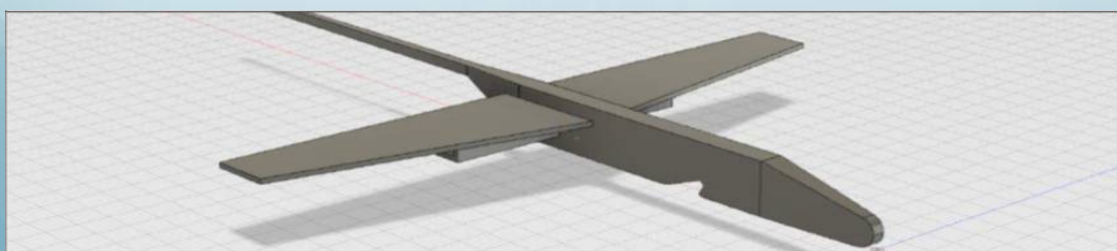
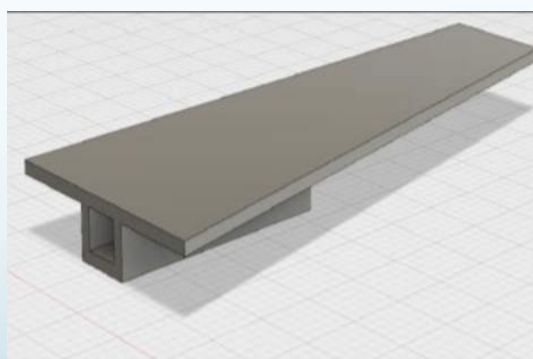
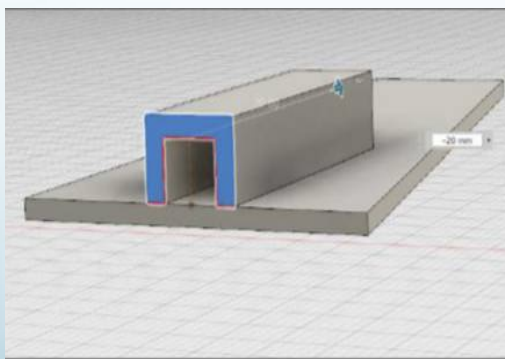
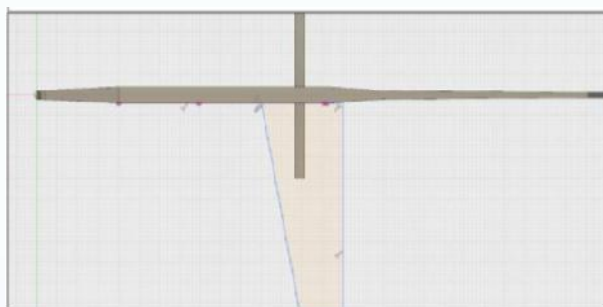
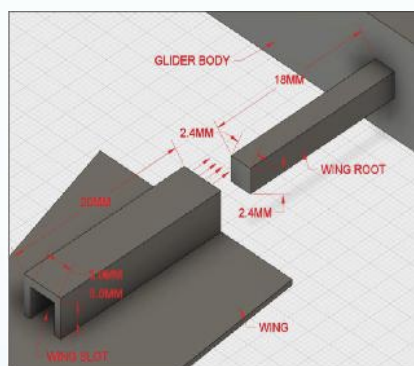
خلاصه فعاليت دانش آموزان

دانش آموزان ابتدا مقدماتي و مباني تئوريك آيردينميك مثل نيروي آيردينميك، اصطكاك، مقاومت هوا و مركز ثقل را فرگرفت و سپس با استفاده از اين مفاهيم شروع به طراحي بال و بدنه هواپيما بر روي كاغذ ميكنند.



در مرحله بعد، دانش آموزان طراحي هاي خود را در برنامه سه بعدي ساز اوتوكد و با استفاده از اصول طراحي و دستورت Extrosion Mirror, Group, Union و غيره به صورت فايل سه بعدي طراحي و سپس به صورت stl

ذخيره و توسط دستگاه پرينتر سه بعدي كه خود ساخته اند چاپ ميكنند



دانش آموزان پس از چاپ کردن اجزا ، آنها را به هم وصل کرده و هواپیمای ساخته شده را آماده پرواز میکنند . بدین منظور لازم است دانش آموزان به یک فضای باز مثل حیاط مدرسه و یا سالن ورزشی رفته و برد پرواز هواپیمای طراحی کرده خود را اندازه گیری و نتایج را یادداشت و بر روی آن بحث می کنند .

