내가 만드는 신궁

Subject 01. 역사 속의 활쏘기

Subject 02. 활쏘기에 담긴 과학적 원리

Subject 03. 활쏘기 대회

Subject
01

역사 속의 활쏘기

역사 속의 활의 발전 과정과 여러 나라의 활의 형태를 비교하며 형태에 따른 활의 특성을 확인한다.

학습목표

활의 역사 및 변천사와 현대의 다양한 활쏘기 대회 등을 통하여 활쏘기의 발달 과정과 다양한 활쏘기에 대하여 이해한다.

학습문제 1. 시대적, 지역적 활의 차이로부터 알 수 있는 활의 재료적, 구조적 특징은 무엇일까요?

학습문제 2. 시대적, 지역적으로 다른 활의 재료와 구조가 활쏘기에 어떤 영향을 줄까요?

들어가기

매번 올림픽이 열릴 때마다 대한민국의 효자종목이라 불리는 종목들을 알고 있는가? 주로 태권도 양궁 사격 등이다. 특히 양궁의 경우 각종 양궁 세계대회에서 대한민국이 금메달을 휩쓰는 장면은 어렵지 않게 볼 수 있다. 어떻게 우리나라는 이토록 양궁을 잘 할 수 있던 것일까?

우리나라의 양궁이 강한 이유는 역사 속에서 찾아볼 수 있다. 중국의 수, 당 시대의 기록으로도 중국의 동북방 민족들은 활을 매우 잘 쓰는 오랑캐로, 중국의 동북방 경계의 크나큰 골칫거리라고 기록되어있다.

고구려를 세운 동명성왕의 이름인 주몽은 활을 잘 쏘는 사람이란 뜻이며, 활 쏘는 실력이 뛰어나 파리를 활로 맞혔다는 이야기도 전해진다. 조선을 건국한 태조 이성계도 활을 잘 쏘기로 유명했다고 전해진다. 그 외에 정조도 명궁이었다고 한다. 정조가 활을 쏜 기록에서 보면 50발 중

41발, 45발, 46발, 47발 등 기록이 계속 늘어나다가 이후 49발이 10번 정도 나오는데, 일부러 50발 다 안 맞히고 한발은 이상한데 쐈다고 한다. 이는 스스로 겸손하기 위해서라 기록되어 있다.

이외에도 사극이나 영화를 보면 활을 자주 접할 수 있다. 과거 큰 인기를 얻었던 사극 '주몽'과 영화 '최종병기 활'이 그 대표적인 예이다.

이렇게 활소기로 유명한 나라임에도 불구하고 우리는 활쏘기의 역사나 과학적 원리에 대하여 잘 알지 못한다. 활쏘기의 역사를 공부하고 그 속에 담긴 과학적 원리를 알아보자.

Problem 1

활의 발달은 어떠한 과정으로 이루어져 왔을까요?

활과 화살은 석기시대 때부터 지금까지 다양한 모습으로 변화 되어 왔습니다. 각 시대별 화살의 특징을 살펴보도록 합시다.

[그림 1: 구석기 시대의 화살촉]

[그림 2: 활 쏘는 앙리 8세]

[그림 3: 현대의 양궁]

✍ 조사하기

각 시대별 활의 변천사를 조사하여 표로 정리하여봅시다.

시대	활(또는) 화살의 특징	
석기 시대	재료	
	크기	
	그 밖의 특징	
고대 - 중세 시대	재료	
	크기	
	그 밖의 특징	
현대의 활	재료	
	크기	
	그 밖의 특징	

발표하기

우리나라의 활과 다른 나라의 활의 공통점과 차이점을 조사하여 발표하여봅시다.

구분		내용
영국의 롱보우	사진 혹은 그림	
	활의 특징	
몽골의 활	사진 혹은 그림	
	활의 특징	
조선의 각궁	사진 혹은 그림	
	활의 특징	

Problem 2

국궁과 양궁은 어떠한 차이가 있을까요?

올림픽 때마다 우리가 TV에서 볼 수 있는 것은 양궁입니다. 하지만 양궁은 한자 그대로 우리의 활이 아닙니다. 그러면 우리의 활쏘기인 국궁과 양궁은 어떠한 차이가 있을까요?

[그림 4: 국궁]

[그림 5: 양궁]

✍ 조사하기

국궁과 양궁의 차이에 대하여 알아보고 아래 표에 작성하여 봅시다.

구분	국궁	양궁
활		
화살		
과녁		
쏘는 법		

✍ 정리하기

위에서 관찰한 차이점이 활쏘기에 어떠한 영향을 줄 수 있을지 토의한 뒤 내용을 정리해봅시다.

📖 참고자료

활의 역사1 – 궁술의 기원

인류는 생존을 위해 여러 가지 도구를 개발하여 이용하면서 제반 욕구를 충족시켜왔고 그중에서도 생존과 번영에 가장 밀접하게 관련되어 발달해 온 것이 활과 화살이라 할 수 있다.

실제 활과 화살은 원시사회에는 생존의 수단으로, 고대와 중세에 있어서는 뛰어난 전쟁무기로, 그리고 근대를 거쳐 현대에 이르러서는 인류의 다양한 욕구 충족을 위한 스포츠 활동으로 인류 문화에 이바지 하여온 유구한 역사적 산물이라 하겠다.

이러한 활과 화살이 어떻게 해서 발명되었는지는 명확하지 않으나 선사시대의 원시사회에서 용구충족을 위한 수단으로 자연 발생적으로 생활도구, 특히 사냥 도구로 만들어 졌을 것으로 추정되고 있다.

또한 활과 화살의 기원은 그 유래가 유구하나 그 기원이 확실하지는 않다. 다만 원시인들과 직립원인들이 활과 화살을 사용하지 않았다는 점에서는 고고학자들이 견해를 같이 하고 있고 "문명의 기원(G. Child)에 의하면 구석기시대 말엽(1~3만년전) 경 활을 사용했다고 하며 일부 고고학자는 약 10만년 전부터 사용했다고 추정하기도 한다.

그러나 고고학적으로 탄력을 응용한 활과 화살이 존재한 흔적은 구석기 시대 말기에 나타난다. 즉 후기 구석기시대에 유럽의 남 러시아, 스페인, 북아프리카지역에서 화살촉이 발견되어 활이 후기 구석기 시대에 사용되었음이 증명되고 "대영백과 사전은 프랑스 남부와 스페인 카스테론주 산악지역에 동굴벽화에서 활의 사용을 추정하고 있으며 최근의 "기네스 북에는 스페인의 중석기 동굴벽화에서 활과 화살이 존재하였음을 증명하고 있어 후기 구석기시대와 중석기 시대에 이르는 사이에 인류의 생활도구 로 사용되었음이 분명하다.

불의 발견이나 문자의 발달과 함께 활과 화살의 발명은 분명 인류 생존과 번영에 획기적인 변화를 맞이하게 되었다. 특히 생존을 위한 사냥무기로서의 그 위력은 개인수렵을 하는 형식으로 발달되었고 인류가 정착생활을 가능하게 하는 배경이 되었고 다양한 기능을 발휘하게 된다.

📖 참고자료

즉 청동 금속발견과 함께 화살촉의 강도가 높아지고 이후 철기의 발명을 통하여 종전의 수렵용도보다 인류가 정착생활을 위한 영토 확보와 부족 간, 민족 간의 생존을 위한 싸움이 커지면서 전쟁을 수행하는 강력한 전투무기로 발달, 원시사회에서 고대 국가를 건설하는 중요한 역할을 담당하였던 것이다.

특히 원거리는 물론 산악지대와 높은 성을 상대로 한 전투에서 활의 기능은 중요한 무기로 인식되었다.

결국 활과 화살은 원시시대이후 생존수단에서 고대사회로 접어들면서 전투무기로 위력적인 기능을 발휘 하게되고 그 위력은 중세사회 초기까지 정복전쟁에 있어서 절대적 무기로 이어졌다.

그러나 14세기 이후 화약무기의 등장은 전쟁에서 활과 화살의 기능이 상실됨에 따라 기능상의 새로운 변화를 맞이하게 되었다. 즉 민간의 개인 수렵활동을 통한 생활수단 또는 대중적인 놀이수단의 하나로 명맥을 잇게 되었고 중세귀족을 중심으로 오락적인 스포츠로 전환되면서 중세 말기에 이르러 대중적인 스포츠로 성립되는 배경이 되었고 이는 근대 스포츠의 한 분야로 정착하게 되었던 것이다.

출처: 대한 양궁 협회, 위키피디아

📖 참고자료

활의 역사2 – 나라별 활의 차이점

동서양과 시대를 막론하고 활은 대부분 사냥을 위한 '생활필수품'이자 전투에서 꼭 필요한 무기였다. 활은 구조에 따라 긴 나무 막대기에 시위를 건 단순궁(單純弓), 활의 몸통에 끈 같은 것을 감아 저항력을 높인 강화궁(强化弓), 나무와 뿔·힘줄 등을 붙여 개량한 합성궁(合成弓)으로 나뉜다. 크기에 따라서는 장궁과 단궁으로, 형태로는 곧은 활(직궁·直弓)과 굽은 활(만궁·彎弓) 등으로 구분된다.

한국의 대표적인 전통 활은 각궁(角弓)이다. 각궁은 물소 뿔, 소 힘줄, 참나무 등을 이용한 합성궁으로 세계적으로도 가장 진보한 형태의 활로 꼽힌다. 각궁은 길이가 1m 정도로 작지만 엄청난 탄력성으로 330m 이상의 사정거리를 뽐낸다. 요즘 쓰는 스포츠용으로 개량된 활도 145m짜리 과녁을 맞힐 수 있어 올림픽 정식종목인 양궁이 70m짜리 과녁을 쓰는 것과 비교된다. 유세현 영집궁시박물관 부관장은 "각궁은 힘을 적게 들이고도 멀리 쏠 수 있는 것이 최대 장점"이라고 말했다.

활은 동북아시아에서 특히 발달했는데 몽골 활은 사거리는 150m 정도에 그치지만 내구성이 탁월했고, 중국도 만주족이 쓰는 활이 가장 위력적이었다. 칼(刀)이 발달한 일본은 활의 성능이 크게 뒤처진다. 대나무나 삼나무 등 한 가지 소재로 만든 일본 활은 상대방을 위협하기 위해 길이는 2m가 넘지만 사거리는 60~70m에 불과하다.

유럽에서는 영국 장궁(長弓)이 가장 위세를 떨쳤다. 영국 장궁은 주목(朱木)을 길게 깎아 양끝을 시위로 이어 만든 원시적인 형태라서 파괴력과 사정거리를 늘리려면 활의 크기가 커질 수밖에 없었다. 영국군이 15세기에 도입한 2m 크기의 장궁은 당시로써는 혁신적인 200m의 사거리를 자랑했다고 전해진다.

흔히 석궁이라고 부르는 쇠뇌(노·弩)도 동서양을 막론하고 널리 사용된 활의 일종이었다. 쇠뇌는 지렛대, 방아쇠 등의 다양한 원리로 시위를 당기고 화살을 발사한다. 활에 비해 조준이 쉽고 사거리가 길지만 화살을 다시 장전하는데 시간이 오래 걸리는 것이 최대 약점이었다.

출처: 조선닷컴

📖 참고자료

활의 역사 3 – 국궁과 양궁의 차이

[그림 4: 국궁]

[그림 5: 양궁]

(ㄱ) 활

전통 활인 각궁(角弓)이나 개량궁인 국궁은 복합단궁(複合短弓)이며 만곡궁(彎曲弓)으로 활 자체에 어떤 장치도 없는 소위 자연적이라 할 수 있는 상태의 활이며 재료도 물소 뿔, 소 힘줄, 대나무, 뽕나무 등 7가지 재료를 사용해서 만든 각궁(角弓)과 단풍나무 등 나무와 FRP를 이용하여 제작된 개량된 국궁은 복원력이 매우 뛰어난 강궁(强弓)이다.

이에 반해 양궁은 카본(Carbon)이나 폼(Form), 그라스화이버 등을 합성한 합성소재를 이용하여 만들며 첨단 소재의 발굴과 함께 계속하여 재료의 발전도 있지만 단일 장궁(單一長弓)이며 직궁(直弓)으로 국궁에 비해 복원력이 훨씬 떨어진다.

또한 양궁은 명중률을 높이기 위해 활에 조준기(Bow sight)를 비롯하여 화살을 쏠 때 활의 진동을 최소화하기 위한 안정장치(Stabilizers), 회전비행보정기, 무게조절기 등 여러 가지의 인위적인 장치들이 부착되어 자연적인 상태의 단순한 국궁에 비해 무게도 많이 무겁고 활의 크기도 매우 큰 편이다.

(ㄴ) 사법

국궁은 사법에서도 과녁을 향해 선 자세에서 발 디딤이 비정비팔(非丁非八)의 자세이고 활시위는 엄지손가락에 걸어 당기며 당길때도 귀밑을 지나 활시위를 잡은 깍지손이 어깨에 닿을 정도로 최대한 당겨 만작(滿酌)에 이르러야 한다.

📖 참고자료

반면에 양궁은 과녁을 향해 옆으로 서며 활시위는 검지와 중지, 약지로 당기고 얼굴의 턱까지만 당긴다. 또한 활도 국궁은 안으로 15도정도 기울인 상태이이고 화살은 활의 바깥쪽인 줌손의 엄지손가락위에 위치하나 양궁은 활을 똑바로 세우며 화살이 국궁과 반대로 안쪽에 위치한다.

(ㄷ) 사거리

국궁은 대한궁도협회에서는 145m 사거리만을 허용하고 대한국궁문화협회에서는 30m~145m의 5가지 사거리를 허용하는 반면, 양궁은 30m부터 최대 90m까지 다양한데 현재 올림픽대회에서는 70m의 단일 사거리의 경기만 진행하고 있다.

(ㄹ) 과녁 및 점수제

국궁은 대한궁도협회에서는 가로 6자6치(2m), 세로 8자8치(2m66.7cm)의 크기에 나무로 만든 과녁으로서 과녁의 구분이 없이 과녁의 어느 곳이라도 맞으면 관중(貫中)이라고 하며, 대한국궁문화협회에서는 3종류의 정곡관 과녁에 1점. 2점. 3점의 점수제인 반면, 양궁은 사거리 50미터까지는 지름 80cm 그 이상에서는 지름 122cm의 원형 타겟을 사용하며 10점. 9점. 8점 등 점수제를 하고 있는데 현재 올림픽대회에서 양궁은 70m의 사거리에 지름 122cm의 원형 타겟을 사용하고 있다.다른 한편으로 인간은 새가 날아다니는 것을 관찰하며, 이를 모방하여 하늘을 날고자 하는 욕망을 갖게 되었다. 베이컨은 공기를 칠 수 있는 가상의 날개를 가진 비행기구를 언급하였고, 이것이 최초의 날갯짓하면서 비행하는 기구(날갯짓기) 발명의 시발점이 되었다.

출처: 국궁 교본

Subject
02

활쏘기에 담긴 과학적 원리

활쏘기에 담긴 과학적 원리를 학습하고, 재료적, 구조적 요소를 파악하여 공학적 설계 과정을 통해 미션을 성공시킬 활을 제작해봅시다.

학습목표

활 구성요소들의 재료적, 구조적 특징을 파악하고 활 쏘는 과정에서 확인할 수 있는 과학적 원리를 이해하여 이를 바탕으로 공학적 설계 과정을 체험하며, 미션을 성공시킬 활을 제작해봅시다.

학습문제 1. 활쏘기 과정에서 확인할 수 있는 과학적 원리는 무엇일까요?

학습문제 2. 활의 재료로 무엇이 좋을까요?

학습문제 3. 여러 재료의 특성을 고려하여 용도에 맞는 활을 설계해봅시다.

미션① 30N의 힘에도 부러지지 않는 활 제작하기

미션② 30cm를 당겼을 때 50g인 화살이 20m를 날아갈 수 있는 활 설계하기

미션③ 화살의 파괴력 측정 방법 고안하기

학습주안점

활쏘기에 담긴 과학적 원리를 학습하고, 재료적, 구조적 요소를 파악하여 공학적 설계 과정을 통해 미션을 성공시킬 활을 제작해봅시다.

Problem 1

활과 화살의 운동을 결정하는 과학적 원리

활과 화살에는 어떠한 과학적 원리가 담겨 있을까요? 먼저 활과 화살의 운동을 결정하는 과학적 원리에 대하여 알아봅시다.

탐색하기

동영상 1. 활과 화살의 과학

조사하기

위 동영상에서 언급된 활쏘기에 연관된 과학적 원리를 나열해봅시다.

탄성 에너지와 운동 에너지가 무엇인지 조사하여봅시다. 우리 주변에 탄성 에너지와 운동 에너지를 사용하는 장치는 무엇이 있을까요?

Problem 2

무엇이 활의 재료로 좋을까요?

우리나라의 각궁의 경우 대나무와 물소뿔을 이용하여서 제작하였다고 전해집니다. 왜 대나무와 물소뿔을 선택하였을까요? 이번 활동에서는 활의 재료에 대하여 고민해봅시다.

[그림 6: 활의 재료 선택하기]

✍ 조사하기

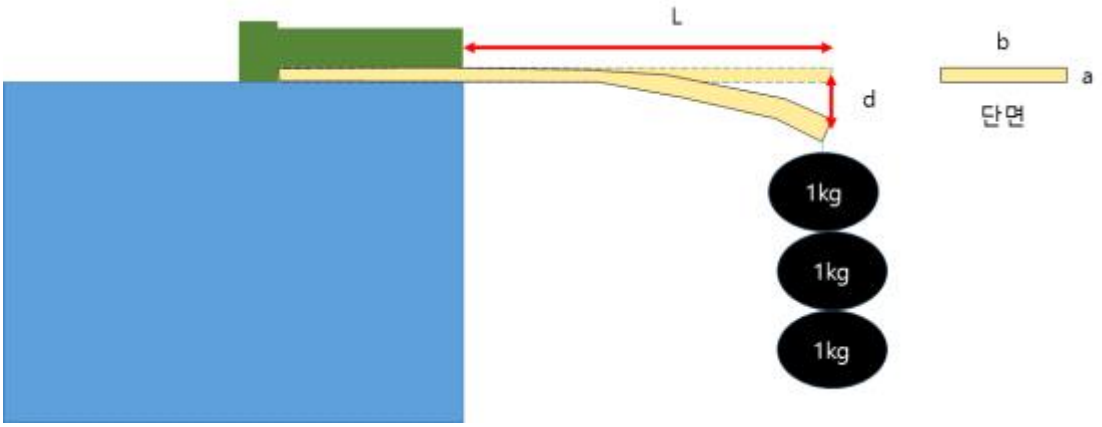
활의 재료를 선택 할 때 중요하게 고려해야 할 점이 무엇일까 생각해봅시다.

우리 주변의 재료 중 활의 재료로 사용 할 수 있는 것이 무엇이 있을까요? 그렇게 생각하는 이유는 무엇인가요?

✍ 측정하기

Tip. 다음의 QR 코드를 이용하여 탄성 계수를 쉽게 계산할 수 있습니다.

활의 재료로 사용 할 수 있는 여러 재료들을 구하여 재료의 탄성 계수(Elastic modulus)를 측정하여 봅시다.



[그림 7: 재료의 탄성 계수 측정]

$$E=\frac{FL^3}{3dI}\ ,\quad I=\frac{1}{12}ba^3\ ,\ F=\text{가한힘},\ d=\text{변형길이}$$

종류	무게(N)	변형 길이(cm)	탄성계수(GPa)	평균 탄성계수(GPa)
재료1 ( )				
재료2 ( )				
재료3 ( )				

Mission 1 30N의 힘에도 부러지지 않는 활 설계하기

전 차시에서 선택한 재료와 구조를 이용하여 다음의 조건을 만족하는 활을 설계하여 봅시다.

✍ 설계하기

위에서 선택한 재료를 이용하여 30N(약 3kgf)의 힘에도 부러지지 않는 활을 만들어보자. 활에 힘이 걸릴 때 응력이 가장 많이 걸리는 부분은 어디일까요?

_____

_____

Tip. 학생들이 응력 개념을 이해하기 어렵다면 물리량들의 비례 관계 등을 통해 정성적으로 이해할 수 있도록 안내해주세요. (엑셀 파일을 이용하여 두께와 길이에 따라 최대 응력이 달라짐을 확인해도 좋습니다.)

F 크기의 힘으로 시위를 당겼을 때 길이가 L인 활이 최대로 받는 응력은 대략 다음과 같이 구할 수 있습니다.

$$\sigma_{\max} = \frac{FL}{Z}, \quad Z = \frac{1}{6}ba^2,$$

$$F = \text{가한힘}, \ a = \text{두께}, \ b = \text{너비}, \ L = \text{길이}$$

활의 길이와 두께, 너비 등을 선택하여 아래에 기록하여 봅시다.

구분	내용
재료	
최대응력(재료)	
길이	
두께	
너비	
30N 시 최대응력 (계산)	

위의 설계가 목표치를 만족하는 설계인가요? 그 이유는 무엇일까요?

위의 설계에서 구조적으로 더욱 튼튼하게 만들고자 하면 어떻게 해야 할까요? 이로 인하여 활의 전체 특징에 미치는 영향은 무엇이 있을까요?

☹ 주의하기

활 제작 과정에서 칼, 가위 사용 시 다치지 않도록 조심해서 사용하며, 제작한 활을 쏘거나 휘두르는 행동은 친구를 다치게 할 수 있으므로 장난을 치지 않습니다.

Mission 2 20m를 날아 갈 수 있는 활 설계하기

튼튼한 활을 설계 하였다면 이번에는 적은 힘으로도 멀리 나가는 활을 설계하여 봅시다. 주어진 조건은 다음과 같다. 활시위를 30cm 당겼을 때 50g의 화살이 20m를 날아 갈 수 있는 활을 만들어 봅시다.

γ 운동법칙

45도 각도로 활을 쏘았을 때 D 만큼 가기 위하여 필요한 속도:

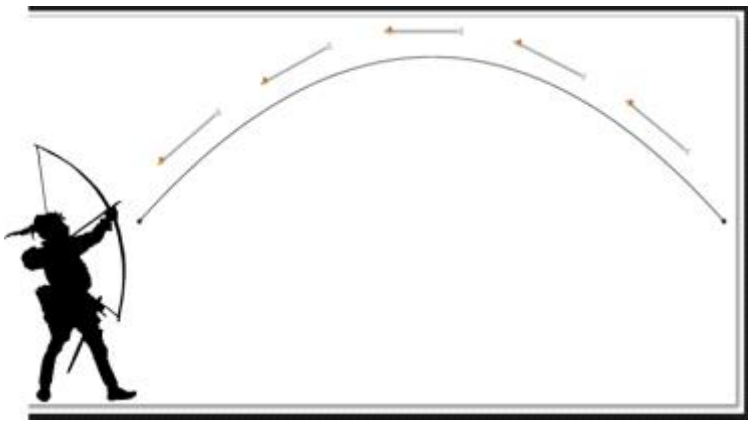
$$v_0 = \sqrt{Dg}\ ,\ v_o = \text{발사 속도}\ ,\ D = \text{수평거리}\ ,\ g = 9.8m/s^2$$

운동에너지 공식:

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

활에 저장되는 탄성 에너지:

$$U = \frac{F^2L^3}{6EI}\ ,\ F = \frac{3EI}{L^3}d\ ,\ I = \frac{1}{12}ab^3$$



[그림 8: 화살을 쏘았을 때 화살의 운동]

? 탐구하기

50g의 화살이 20m를 날아가기 위해서 필요한 발사 속도는 대략 얼마나 될까요?

활시위를 당겨서 전해주어야 할 운동에너지는 얼마인가요?

30cm를 당겼을 때 저장되어야할 최소 탄성 에너지는 얼마인가요?

✍ 설계하기

앞에서 탐구한 결과를 바탕으로 활을 디자인하여 봅시다.

구분	내용
재료	
길이	
두께	
너비	
무게	
30cm를 당겼을 때 저장되는 탄성에너지	

Tip. 학생들이 공학적 설계에 대해 학습하는 과정입니다. 설계한 이유에 대해 스스로 설명해봅시다.

위와 같이 디자인 한 이유는 무엇인가요?

_____

_____

_____

☹ 주의하기

활 제작 과정에서 칼, 가위 사용 시 다치지 않도록 조심해서 사용하며, 제작한 활을 쏘거나 휘두르는 행동은 친구를 다치게 할 수 있으므로 장난을 치지 않습니다.

Mission 3 화살의 파괴력 측정 방법 고안하기

우리가 제작한 활은 결국 정확하게 날아가야 하며 목표를 맞춰서 쓰러뜨릴 혹은 뚫을 수 있는 파괴력을 가져야합니다. 화살의 파괴력은 어떻게 정의 할 수 있고 어떻게 측정 할 수 있을까요?

[그림 9: 강력한 활쏘기]

? 탐구하기

활과 화살의 파괴력과 관련된 과학적 원리는 무엇이 있을까요?

Tip. 일상적으로 사용하는 용어들을 과학적 개념으로 생각해보는 과정입니다. 발산적으로 생각하지만 객관적인 측정이 가능하도록 안내해주세요.

어떠한 화살이 파괴력이 높은 화살일까요?

화살의 파괴력을 정량화 시키려면 어떻게 할 수 있을지 고안해 봅시다.

📖 참고자료

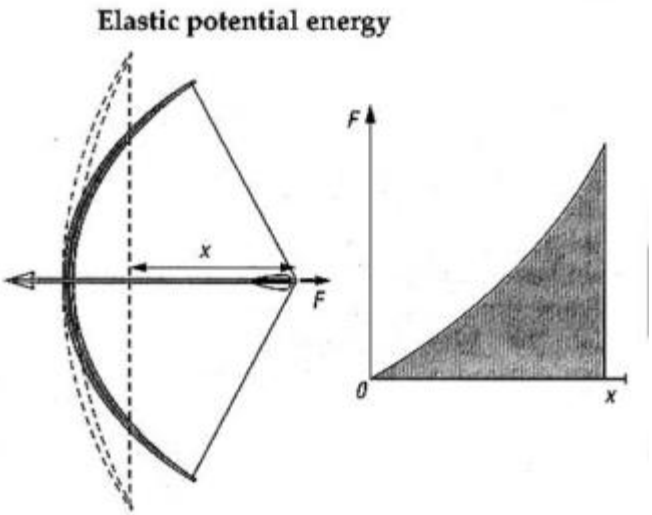
1. 탄성에너지와 운동에너지

활과 화살을 쏘는 가장 중요한 과학적 원리는 바로 탄성에너지와 운동에너지의 전환이다. 활시위를 당기면 활에 탄성 에너지가 저장되고, 활 시위를 놓는 순간 그 탄성 에너지가 활의 운동 에너지로 전환 된다.

① 탄성에너지

고무줄 총 같은것에 맞아본 적이 있는가? 고무줄을 당겼다 놓았을 뿐인데 고무줄이 앞으로 가거나 혹은 우리를 아프게 하기도 한다. 이는 우리가 고무줄을 당기는 일이 고무줄에 탄성 에너지로 저장되고, 그것이 방출되면서 나타나는 현상이다. 기본적으로 스프링의 탄성 에너지는 $\frac{1}{2}kx^2$으로 나타나지만 빔에 수직하게 힘을 주어 구부러지는 경우 저장되는 탄성 에너지는 단일 빔일 때를 가정하게 되면

$U=\frac{F^2L^3}{6EI}$, $E=Elastic\ Modulus$, $I=momentum\ of\ \in ertia$ 이다.



[그림 10: 활에 저장되는 탄성에너지]

단순하게 계산하는 방식으로는 Efficiency term을 사용하여 $U=\frac{1}{2}eFx$로 계산하기도 한다.

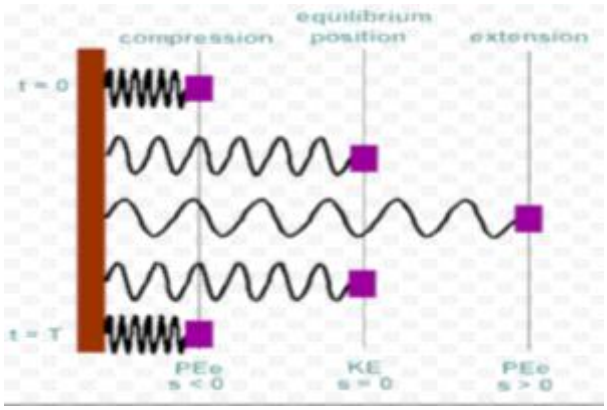
📖 참고자료

② 운동에너지

운동에너지랑 물체가 움직일 때 그 물체의 일을 할 수 있는 능력이다. 운동에너지의 양은 $\frac{1}{2}mv^2$으로 정의된다. 즉 무게가 많이 나갈수록, 그리고 빠를수록 큰 운동 에너지를 갖게 된다.

③ 에너지 전환 – 역학적 에너지 보존

외부의 일이 없을 때 보존력이 한 일과 운동 에너지는 서로 전환이 된다. 보존력에는 중력과 탄성력, 전자기력이 있다. 우리가 배운 탄성력 역시 보존력의 하나이기 때문에 운동에너지로 얼마든지 전환이 가능하다. 쉬운 예로 스프링에 물체를 달고 당겼다가 놓는 경우를 생각해보자. 마찰이 없는 경우 이 스프링은 무한히 진동한다. 이것은 다른 의미로 스프링의 탄성에너지가 물체의 운동 에너지로 전환 되었다가 다시 스프링의 탄성 에너지로 돌아오는 과정을 반복하는 것이다.



[그림 11: 역학적 에너지 전환]

$$PE + KE = Const.$$
$$\rightarrow \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2 = Const.$$

우리가 배우고 있는 활 역시 활 시위를 당김으로써 활에 탄성에너지를 저장하고 이를 화살의 운동 에너지로 바꾸는 원리를 이용한 것이다.

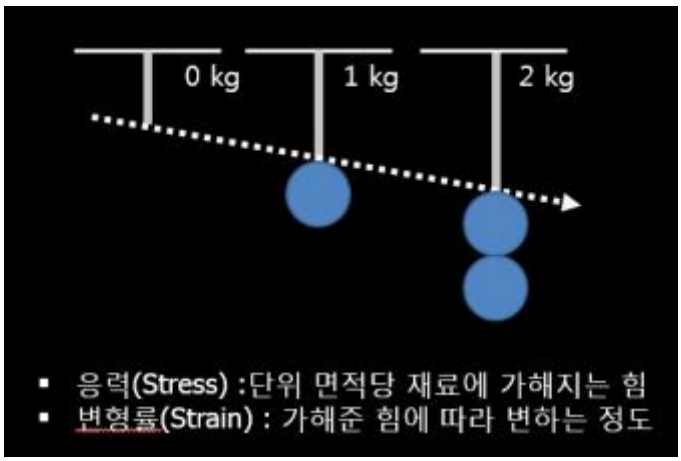
[자료출처] 직접 작성

📖 참고자료

2. 재료의 기계적 성질

그렇다면 활을 어떻게 설계해야 저장되는 탄성 에너지를 극대화 할 수 있을까? 이렇게 설계를 할 때 필요한 것이 바로 재료의 기계적 성질 및 재료의 물성치 이다.

재료의 기계적 성질이란 재료에 힘이 가해졌을 때 나타나는 재료 고유의 특성이다. 이 재료 고유의 특성에 따라 재료를 이용한 설계 및 내구도가 달라지게 된다.



[그림 12: 응력과 변형률]

① 응력(stress)와 변형률(strain)

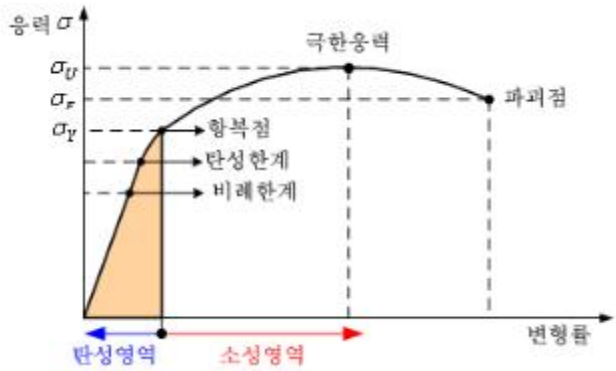
우리가 잘 알고 있는 스프링을 생각해보자. 스프링의 경우 우리가 원하는 만큼 늘려도 다시 원래 형태로 되돌아온다. 또한 길이가 길어질수록 늘리는데 힘이 많이 들게 된다. 하지만 힘을 계속 늘리게 되면 어느 순간 다시 원래의 모양으로 돌아오지 않는다. 또한 계속 힘을 주게 되면 늘어나다가 어느 순간 끊어지게 된다. 모든 재료는 이런 스프링과 같다.

Hook's law를 따르는 구간, 즉 재료를 늘릴 때 드는 힘이 선형으로 증가하는 구간을 **탄성 영역(Elastic Region)**이라 하고, 이때 늘어난 길이와 드는 힘의 비율(기울기)를 **탄성 계수(Elastic Modulus)**라 한다. 이렇게 선형으로 증가하는 한계를 **탄성 한계(Propotional limit)**라 하고 이때 재료는 변형(deformation)이 생기지 않는다. 계속 길이를 늘리다 보면 어느 순간 재료가 변형하게 되는데 이 때의 응력을 **항복점(Yeild strenght)**이라 한다.

📖 참고자료

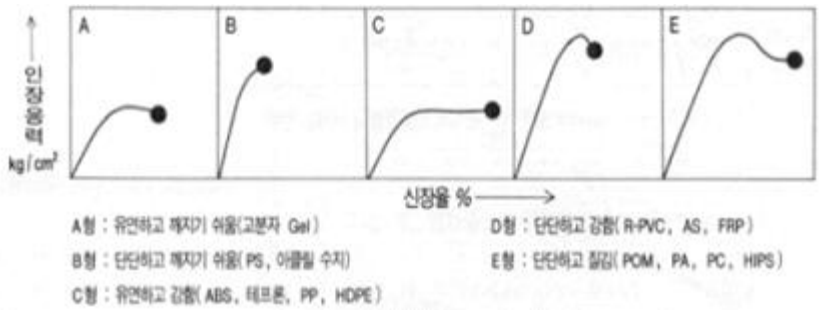
항복점을 지난 재료는 힘을 없애도 원래 길이로는 원상복구 되지 않고 offset을 가지게 된다. 항복점을 지나게 되면 변형률과 응력이 선형이 아니게 되는데 이는 재료의 변형이 생기기 때문이다. 이 구간을 **소성영역(Plastic Region)**이라 한다. 항복점을 지난 상태에서 힘을 주게 되면 어느 순간 길이가 늘어나는데 드는 힘은 줄어드는 것을 알 수 있다.(껌이나 밀가루 반죽을 생각하면 쉽게 알 수 있다.) 이 최대 힘을 **극한 응력(upper limit yelid strength 또는 ultimate tensile strength)**이라 한다. 재료는 극한 응력점을 지난 후 끊어지는데 이 끊어지는 순간을 **파괴점(Fracture point)**이라 한다.

이러한 성질은 응력-변형률 선도(Stress-Strain curve)를 보면 쉽게 알 수 있다.



[그림 13: 응력-변형률 선도]

응력-변형률 선도는 물질마다 다른 모양으로 나타나며 설계 시 이를 반드시 고려하여야 한다.



[그림 14: 다양한 응력-변형률 선도]

📖 참고자료

아래는 다양한 금속/비금속 재료들의 물성치이다.

표1. 여러 재료의 물성치

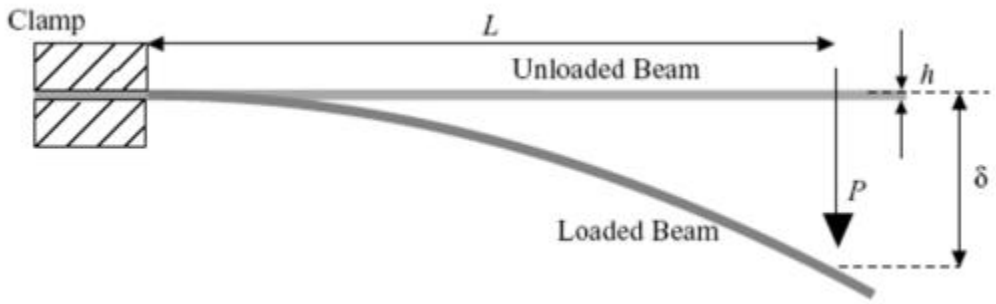
재료	탄성계수 (GPa)	밀도 (g/cm^3)	항복응력 (MPa)	파괴응력 (MPa)
알루미늄	70	2.7	20	70
주철	80-170	7.87	120-280	70-480
구리	115	8.9	55	230
동	96-120	8.96	170	450
유리	50-80	2.5	-	65
마그네슘	40	1.74	20-68	100-170
니켈	210	8.90	140-620	310-760
나일론	2-3	1.15	40	40-72
폴리에틸렌	3-5	0.89	-	55
폴리스티렌	25-35	1.05	-	40
아크릴	30	1.19	-	70
떡갈나무	11-12	0.46	40-55	50-90
소나무	11-14	0.46	40-55	50-90
대나무	20	0.66	-	62

$*Pa = 1N/1m^2$ $GPa = 10^9 Pa$ $MPa = 10^6 Pa$

📖 참고자료

3. Bending of Cantilever beam

활 시위를 당길 때 활에 걸리는 응력을 계산하기 위하여 활의 반쪽부분을 한쪽은 고정되어 있고 한쪽은 고정되지 않는 cantilever beam으로 모델링 할 수 있다.



[그림 15: Cantilever beam]

Cantilever beam에 F만큼 힘을 주었을 때 한 일의 양을 계산하면 다음과 같다.

$U=\int_0^L \frac{F^{2(x-L)^2}}{2EI}dx=\frac{F^2L^3}{6EI}$ 이다. 이때 끝점의 deflection을 δ라고 하면 $\frac{1}{2}F\delta=W=\frac{F^2L^3}{6EI}$ $\therefore \delta=\frac{FL^3}{3EI}$ 가 된다. L의 길이, I는 단면적의 관성 모멘트, E는 탄성계수이다.

출처: Mechanics of Materials(Bedford & Liechti, Prentice Hall)

Subject
03

활쏘기 대회

주어진 미션 성취를 목표로 대회를 개최하고, 이를 통해 공학적 설계 과정을 수정, 보완해봅시다.

학습목표

제작한 활을 이용하여 활쏘기 대회를 실시하며 성취 경험을 느끼게 하며, 경쟁 활동을 통해 더욱 미션을 잘 수행하기 위해서 개선, 보완할 사항에 대해 토의하는 기회를 갖는다. 그리고 활 쏘는 사람의 특성에 맞게 설계 및 제작 과정의 수정이 필요함을 알게 하고 공학적 설계 과정에서 사용자의 특성이 고려되어야 함을 배워봅시다.

학습문제 1. 내가 만든 신궁을 가지고 대회에 적극적으로 참여한다.

미션① 30N의 힘에도 부러지지 않는 활

미션② 30cm를 당겼을 때 50g 인 화살이 20m를 날아가기

미션③ 화살의 파괴력 측정 방법 고안하기

학습문제 2. 미션을 더욱 잘 수행하기 위해 설계 과정을 보완한다.

학습문제 3. 활쏘는 사람의 특성을 공학적 설계 과정에 포함시킨다.

Problem 1

활쏘기 대회 참가

내가 만든 신궁을 가지고 활쏘기 대회에 참가해봅시다. 대회에 참가하기 위한 활의 기능을 점검하고 활의 성능을 개선하기 위한 방안을 고민해봅시다.

발표하기

내가 만든, 혹은 우리 팀이 만든 신궁을 다른 사람들에게 소개해봅시다.

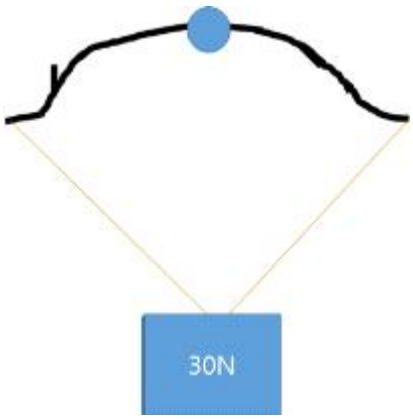
다른 팀의 신궁의 특징을 관찰해 봅시다.

Tip. 다른 팀의 발표를 경청하여, 우리 팀에서 고려하지 못한 부분이 있었는지 확인해봅시다.

팀명	활(또는) 화살의 특징	
	재료	
	크기	
	그 밖의 특징	
	재료	
	크기	
	그 밖의 특징	

Mission 1 30N의 힘에도 부러지지 않나요?

제작한 활의 성능을 직접 테스트 합시다.



1) 손으로 활 가운데를 잡는다.
2) 활시위에 30N(약 3kgf)의 추를 건다.
3) 버티는지 확인하여 본다.
4) 늘어난 길이를 측정하여 본다.

분석하기

테스트 결과 성공 하였나요? 실패 하였다면 그 이유는 무엇일지 생각하여봅시다.

Tip. 다음의 QR 코드를 이용하면, 결과값을 쉽게 계산할 수 있습니다.

활이 늘어난 길이를 실제로 측정하여 봅시다. 이론값과 실제값을 기록하여 보고 두 값이 차이가 나는 이유를 생각하여 봅시다.

이론값(cm)	실제값(cm)	오차율(%)	오차 원인

더 튼튼한 활을 제작하려면 어떻게 하면 좋을지 앞서 배운 지식을 활용하여 토론하여 정리해봅시다.

Mission 2 30cm를 당겼을 때 50g인 화살이 20m를 날아갈까요?

제작한 활이 얼마나 적은 힘으로 얼마나 멀리 가는지 측정하여 봅시다.

1) 자를 가지고 30cm 만큼 당긴다.
2) 10m 거리에 있는 과녁을 맞춰본다.

분석하기

테스트 결과 성공 하였나요? 실패 하였다면 그 이유는 무엇일지 생각하여 봅시다.

Tip. 다음의 QR 코드를 이용하면, 결과값을 쉽게 계산할 수 있습니다.

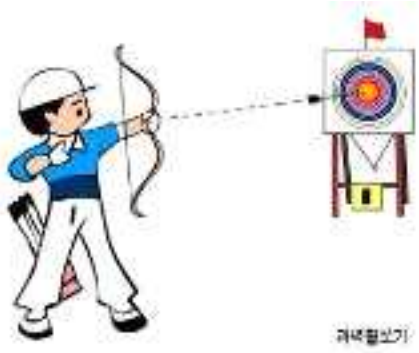
30cm를 당겼을 때 화살이 최대 얼마나 나가는지 이론값을 계산해보고 실제 값을 측정하여 봅시다. 차이가 난다면 그 이유는 무엇일까요?

이론값(cm)	실제값(cm)	오차율(%)	오차 원인

화살이 멀리 나가는데 활의 설계 말고 영향을 끼칠 수 있는 요소는 무엇이 있을까 토의하여 정리해봅시다.

Mission 3 화살의 파괴력은 얼마나 강한가요?

마지막으로 활의 파괴력을 측정해볼까요? 본인이 정의한 활의 파괴력을 측정하는 방법에 맞추어 활의 파괴력을 측정하여 봅시다.



1) 자를 가지고 30cm 만큼 당긴다.
2) 10m 거리에 있는 과녁을 맞춰본다.

분석하기

본인이 고안한 활의 파괴력을 측정 하는 방법을 가지고 본인의 활과 화살의 파괴력을 측정하여봅시다.

시도	활의 파괴력
시도 1	
시도 2	
시도 3	
시도 4	
시도 5	

본인이 고안한 활과 화살의 파괴력은 대략 얼마인가요?

위의 파괴력 측정 방법의 한계점은 무엇일까요?

Tip. 더 좋은 파괴력의 정의에 대해서 고민해봅시다.

Problem 2

성능개선을 위한 신궁 재설계

앞 차시의 미션 수행결과를 평가하고 신궁의 성능을 개선하기 위한 재설계 방안을 탐색해 봅시다.

⌛ 평가하기

각자 미션을 수행 하였으면 그 결과에 대하여 아래에 정리하여 봅시다.

	미션1	미션2	미션3
성공 여부			

자신의 활에 대하여 평가하여 보자. 설계한 것과 일치하지 않다면 그 이유는 무엇일지 토의합시다.

설계한 부분과 일치한다고 가정하고, 활의 퍼포먼스를 늘리기 위해 재료적인 측면 구조적인 측면, 기타 측면으로 어떻게 하면 목적에 더욱 적합한 활을 만들 수 있을지 정리해봅시다.

목적	재료적 측면	구조적 측면	기타
튼튼한 활			
효율이 좋은 활			
정확도가 높은 활			
파괴력이 높은 활			

Problem 3

사용자의 특성에 따라 신궁 설계를 변화해보자.

✍ 정리하기

활 쏘는 사람이 달라지면 효율적인 활의 형태가 달라지지 않을까요? 여러분들이 만든 활을 팔이 길고 힘이 센 아버지가 쏜다면 어느 부분이 달라지면 좋을지 토의하여봅시다.

활을 만들기 위한 전체 과정을 자신만의 방법으로 정리해보고 공학적 설계에서 반드시 포함되어야 하는 내용이 무엇이었는지 설명해봅시다.

교사용 지도서

내가 만드는 신궁

01. 주제개요

02. 학습목표

03. 창의적 설계 방안

04. STEAM 단계 요소

05. 수업지도 방안

06. 차시별 계획표

07. 평가 계획

08. 활동지 작성 예시

09. 삽화 출처

내가 만드는 신궁

차시	소주제	주요 내용		관련 교과
1	활의 역사	도입	활의 역사	A S T
		전개	활동1. 활은 어떻게 발달해왔을까? 활동2. 국궁과 양궁은 어떠한 차이가 있을까?	
		정리	활의 시대적, 지역적 차이에 대해 정리한다.	
2	활에 담긴 과학적 원리를 이용하여 신궁 설계, 제작	도입	활쏘기 동영상으로부터 과학 원리 찾기	S T M
		전개	활동1. 활쏘기 과정에서 과학 원리 발견하기 활동2. 활의 재료에 따른 특성 탐구하기 활동3. 튼튼하고 강한 활을 만들기 위한 설계 방안은 무엇일까?	
		정리	활에 담긴 과학적 원리에 대하여 정리한다.	
3		도입	미션 제시를 통해 활 설계와 제작 방향성 제시	S E A M
		전개	활의 요소별 기능을 고려하여 미션을 성공하기 위한 공학적 설계를 경험한다. 활동1. 미션을 성공할 수 있는 활 설계하기 활동2. 설계한 활 제작하기	
		정리	공학적 설계를 통한 제작과정을 정리한다.	
4	활쏘기 대회	도입	활쏘기 대회 안내	T E A
		전개	활동1. 활쏘기 대회 활동2. 미션 수행 후 활 설계 수정, 보완 활동3. 사용자를 고려한 공학적 설계 경험	
		정리	창의적 공학 설계 과정을 정리해본다.	

01 주제 개요

매번 올림픽이 열릴 때마다 대한민국의 효자종목이라 불리는 종목들을 알고 있는가? 주로 태권도 양궁 사격 등이다. 특히 양궁의 경우 각종 양궁 세계대회에서 대한민국이 금메달을 휩쓰는 장면은 어렵지 않게 볼 수 있다. 어떻게 우리나라는 이토록 양궁을 잘 할 수 있던 것일까?

먼저 우리나라의 양궁이 강한 이유는 역사 속에서 찾아볼 수 있다. 고구려의 시조왕인 '주몽'의 이름은 활을 잘 쏜다는 뜻을 담고 있다. 이외에도 사극이나 영화를 보면 활을 자주 접할 수 있다. 과거 큰 인기를 얻었던 사극 '주몽'과 영화 '최종병기 활'이 그 대표적인 예이다. 이처럼 활은 우리에게 매우 친숙한 소재이다. 하지만 활을 깊이 있게 아는 사람은 드물다.

'신궁 제작'이라는 주제로 진행되는 본 프로그램은 우리에게 익숙하지만 또한 낯선 신궁제작 이라는 소재로 활쏘기의 역사를 통하여 활의 발생 배경 및 발전 과정, 나아가 현대에서 활쏘기의 종류 및 의미에 대하여 학습하고, 이러한 활쏘기에 담겨진 동적인 과학 원리와 정적인 과학 원리를 공부한다. 활을 구성하고 있는 재료의 특성과 구조를 살펴보며 공학적 설계 방법을 이용하여 목적에 맞는 활을 제작하도록 설계되었다.

학생들은 자신이 제작한 활의 성능을 활쏘기 대회 및 공학적 평가 지표를 이용하여 평가하게 되며, 목표치 달성 여부에 따른 설계 발전 방향에 대하여 고민하며 토론하는 과정에서 공학적 설계에 친숙하게 되고 학습 내용을 확장할 수 있다.

02 학습 목표

내용 목표

1) 활쏘기의 역사를 통해 활의 발달 과정을 이해할 수 있다.
2) 활쏘기에 적용된 동적, 정적 과학의 원리를 찾아 설명할 수 있다.
3) 활과 화살의 각 요소의 기능을 찾아, 이들을 조합하여 다양한 활을 설계할 수 있다.
4) 창의적 공학 설계 방법을 바탕으로 목적에 부합하는 나만의 활을 제작 할 수 있다.
5) 공학적 평가 지표를 통하여 자신이 제작한 활에 대하여 평가하고 개선 방향을 고민할 수 있다.

과정 목표

1) 다양한 종류의 활을 날개를 관찰하여 비교하는 활동을 통해 활쏘기에 적용된 과학의 원리에 대해 토론하는 과정을 경험하여, 이 과정으로부터 효과적인 의사소통 능력을 키울 수 있다.
2) 과학적 원리 이해를 바탕으로 공학적 설계 방법을 체험할 수 있다.
3) 활을 설계·제작 후 대회에 참가하여 자신이 만든 활을 이용하여 화살을 쏘는 과정을 통해서 창의성과 도전정신을 기를 수 있다.
4) 자신의 결과물을 객관적 지표를 이용하여 평가하고, 이를 발전시키는 방법에 대하여 고민할 수 있다.

03 창의적 설계 방안

설계 요소

Ⓢ 탄성력, 운동에너지, 에너지 보존, 응력 등의 과학적 개념 이해하기

Ⓣ 활의 기술적 요소 이해하기

Ⓔ 활의 재료적, 구조적 특성 파악하기

활을 구성하는 요소의 기능 찾기

활의 구성 요소를 목적에 따라 분류하기

Ⓐ 활의 역사와 지역적 차이 설명하기

설계를 바탕으로 활의 형태 디자인하기

사용자의 특성에 맞게 다른 활 설계하기

Ⓜ 설계에 필요한 추정, 이론값을 기반으로 예측하기

각 설계 요소가 활의 기능에 미치는 영향 분석하기

설계 방안

1) 활쏘기에서 사용되는 과학적 원리를 탐구한다.

2) 활의 재료와 구조의 특성을 분석적으로 탐구한다.

3) 활의 재료와 구조를 적절히 선택하여 공학적 설계를 적용한다.

4) 공학적 설계 방법을 다양한 목적에 맞게 확장한다.

04 STEAM 단계 요소

상황 제시

1) 지역별, 시대별 활의 형태가 다른 이유는 무엇일까?
2) 활쏘기에 적용된 과학적 원리는 무엇일까?

창의적 설계

1) 튼튼하고, 멀리 쏠 수 있는 활을 만들려면 어떻게 설계해야 할까?
2) 주어진 재료를 이용하여 튼튼하며 멀리 쏠 수 있는 활을 만들어보자.

감성적 체험

1) 탐구를 통해 과학적 원리 이해하기
2) 활쏘기 대회를 통한 성취경험과 경쟁
3) 과학적 의사소통 능력 향상시키기
4) 창의적 공학 설계의 방법을 적용하여 설계, 제작하기

05 수업지도 방안

오랜 기간 여러 지역에 걸쳐 사용되어 온 활의 재료적, 구조적 특성을 분석하여 과학적 원리를 익히고, 이를 바탕으로 목적에 맞는 활을 공학적 설계 과정을 통해 제작하는 활동을 한다. 간단한 도구라도 목적에 맞게 재료와 구조를 선택하는 과정을 체험하며 STEAM 교육을 창의적 공학 설계와 함께 학습하는 것이 목적이다.

주제1은 활의 형태와 용도를 익히기 위한 과정으로 시대적, 역사적으로 다양한 활의 특징에 대해 재료적, 구조적 특성을 조사해보도록 한다. 이 과정을 통해 과학적 원리가 실생활에 쓰이는 어떻게 공학적 설계에 활용되는지 살펴보고, 학생들이 이러한 과정을 친숙하게 느낄 수 있도록 하였다.

주제2는 주제1에서 확인한 활의 구성 요소들을 간단한 탐구활동을 통하여 확인하는 과정이다. 활 쏘는 과정을 관찰하고 이 과정에서 에너지 전환이 이루어짐을 확인하고, 멀리 날아가는 활을 쏘기 위해 탄성력과 운동에너지가 커야 함을 체득하도록 한다. 또한 활의 제작 재료에 따라 활의 탄성이 다를 뿐 아니라, 활의 내구성도 변하는 것을 탐구를 통해 확인한다.

활쏘기에 관련된 요소들을 각각 확인할 수 있도록 미션을 주며, 앞의 2개의 미션은 정량적 확인이 가능하도록 제시하고, 마지막 미션은 활이 물체에 가할 수 있는 '파괴력'을 확인하는 방법을 스스로 고민하며 해결하도록 한다. 미션 1은 활의 내구성, 미션 2는 적은 힘을 가하고도 멀리까지 화살을 보낼 수 있는 탄성을 고려하여 재료와 구조를 선택하도록 구성하였다. 주어진 미션에 적합하도록 공학적 설계를 변형시키며 익히는 시간으로 미션에 따라 활의 재질과 재료를 달리하며 요소적 진화를 체험한다.

주제3에서는 활쏘기 대회를 진행하며, 스스로 만든 활이 의도에 맞게 제작되었는지 확인하고, 경쟁심과 성취감을 느끼게 한다. 이 과정이 끝나면 설계를 수정, 보완하는 시간을 주어 다시 창의적 공학 설계를 경험하도록 하고, 활동을 통해 공학적 설계가 사용자의 특성에 따라서도 달라져야 함을 생각하는 기회를 주어 결국 공학이 사람의 편리를 위한 활동임을 알게 한다. 최종적으로 창의적 공학 설계의 과정을 정리하며 신궁제작의 주제를 마무리한다.

06 차시별 계획표

Subject 01

학습과정	교수 . 학습 활동	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (5분)	Ⓢ Ⓐ 우리 나리가 양궁에 뛰어난 이유를 역사 속에서 찾아보자 - '2016 리우올림픽 여자 양궁 단체전 올림픽 8연패 달성' 동영상 Ⓢ Ⓣ Ⓐ 활의 역사 Co 학습문제를 제시한다. ① 활의 역사 살펴보기 ② 국궁과 양궁은 어떤 차이가 있을까?	동영상 사진	동영상 준비 빔 프로젝터
전개 (20분)	Ⓐ Ⓣ활의 시대적, 지역적 차이점 설명하기 Co 활의 시대적, 지역적 특성과 구조적 차이 알아보기 ① 활의 변천사 조사하기 ② 활의 지역적 차이 조사하기 Ⓢ Ⓐ Ⓔ국궁과 양궁의 차이 분석하기 - 국궁과 양궁의 재질, 구조의 차이와 사용 목적, 발사 방법의 차이 분석하기 tip 자료 검색은 스마트폰을 활용한다.	인터넷 검색 학습지	활 사진 자료 인터넷 사용 가능 환경
정리 (5분)	Ⓢ Ⓣ활을 구성 요소로 나누어 보기 Co 활을 구성 요소로 나누고 각 부분의 기능 및 기능의 조합 살펴보기 - 활과 시위, 화살 및 주변 부속 장치 관찰 및 분류 tip 활을 작은 요소로 나누어, 각 요소가 활쏘기에 미치는 영향을 분석할 수 있도록 안내한다.	사진	PPT

Ⓢ : Science 과학, Ⓣ : Technology 기술, Ⓔ : Engineering 공학, Ⓐ : Art 예술, Ⓜ : Math 수학

Co : Context 상황 제시,

CD : Creative Design 창의적 설계, 주어진 상황에서 창의성, 효율성, 경제성, 심미성을 발현하여 최적의 방안을 찾아 문제를 해결하는 종합적인 과정

ET : Emotional Touch 감성적 체험, 학습에 대한 긍정적 감정을 하는 것이다. 학습에 대한 흥미 자신감, 지적 만족감, 성취감 등을 느껴 학습에 대한 느끼고 성공의 경험을 동기유발, 욕구, 열정, 몰입의 의지가 생기고 개인적 의미를 발견하여 선순환적인 자기주도적 학습이 가능하게 하는 모든 활동과 경험

Subject 02

학습과정	교수 . 학습 활동	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	ⓈⒺⒶ활의 구조 분석을 통해 목적에 맞는 활 만들기 Co 지난 차시에 조사한 활의 구조를 과학적, 기술적으로 분석하고 이를 효과적으로 설계하여 미션을 수행할 수 있는 활 만들기 활동을 안내한다. ① 활의 내구성 ② 적은 힘으로 멀리 화살을 날릴 수 있는 활 tiP 지난 차시에 학생들이 작성한 활동지를 바탕으로 활의 요소와 기능을 연관짓도록 안내한다.	학생활동지	지난차시 학생활동지 PPT
전개 (80분)	ⓈⓉ 활에 숨겨져 있는 과학적 원리 찾기 Co 활 설계와 관련된 과학내용을 제시되는 동영상과 활의 구조를 연관지어 안내한다. ① 재질에 숨겨진 원리 ② 구조에 숨겨진 원리 ⓈⒺⒶⓂ 미션을 수행할 활 설계 Co 모둠별로 앞서 주어진 내용을 활용하여 미션에 맞는 활을 설계하도록 안내한다. 미션 1. 30N의 힘에도 부러지지 않는 활 제작하기 2. 30cm를 당겼을 때 50g 인 화살이 120m를 날아갈 수 있는 활 설계하기 3. 활의 파괴력 측정 방법 구상하기 tiP 각각의 미션에 따라 어떻게 다른 설계를 했는지 구체적으로 드러나도록 발표시키고, 왜 그렇게 설계했는지 과학적 원리나 기술적 조건을 들어 설명할 수 있도록 안내한다. ① 설계한 활의 재질에 숨겨진 원리 ② 설계한 활의 구조에 숨겨진 원리 tiP 각 모둠별 발표 보드를 준비하고 다른 조에서 포스트잇을 활용하여 보완 사항을 조언하도록 한다. CD 모둠별로 과학적 의사소통 과정을 통하여 창의적으로 활을 설계하고 그 과정을 발표한다. ⓈⒺⒶ 미션을 수행할 활 제작	활을 제작할 수 있는 다양한 재료를 미리 준비 설계를 발표할 수 있는 보드 준비 활을 제작하는 과정에서 칼이나 가위 사용시 주의하도록 안내한다. 활은 위험한 무기처럼 타인을 다치게 할 수 있으므로 제작한 활을 쏘거나 휘두르는 위험한 행동을	동영상 활 제작 재료 간단한 활 모형 PPT

학습과정	교수 . 학습 활동	학습자료 및 유의점	교사자료
	Co 모둠별로 앞서 발표한 내용과 보완할 사항을 적용하여 미션에 맞는 활을 제작한다. tip 설계한 내용을 직접 제작하며, 문제나 오류가 발생할 시 이를 반영하여 수정 설계, 제작할 수 있는 충분한 시간을 제공한다.	하지 않도록 주의시킨다.	
정리 (10분)	ⓈⒺⒶ 평가 및 수정, 보완 다른 모둠의 발표를 듣고 보완할 내용을 알려주며, 평가하여 목적에 부합하는 최적의 설계를 뽑는다.	발표를 경청하도록 유도한다.	PPT

Subject 03

학습과정	교수 . 학습 활동	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (30분)	ⓈⓉⒺ 활쏘기 대회 Co 설계, 제작한 활을 이용하여 활쏘기 대회를 실시한다. ① 미션에 부합하는 설계, 제작 평가 ② 미션 성공 여부	제작한 활 과녁 줄자 점수기재용 보드판 학습지	PPT
전개 (20분)	ⓈⓉⒺⒶ 따뜻한 공학 체험하고 글로 표현하기 ET 활쏘기 대회를 실시하며 활의 특성과 사용자의 특성을 고려하였는지 체험하는 시간을 갖는다. 공학적 설계 과정에서 제품의 특성 뿐 아니라 사용자에 맞게 보완될 수 있음을 확인하고 설계를 수정할 수 있는 시간을 제공한다.	학습지	PPT 사진자료
정리 (10분)	ⒺⒶ 과학 글쓰기 발표 및 우수작 선정 CD 학생이 쓴 글을 발표하고, 공학이 사회에 기여하는 방법에 대해 토의하고 정리한다.	학습지	학 생 들 활동사진

07 평가 계획

평가 영역	평가 내용	평가방법
지식과 내용	• 활을 관찰하여 각 구성요소의 차이를 과학 원리와 연관지어 설명할 수 있는가? • 활의 역사와 지역에 따른 차이점를 조사하여 표로 정리할 수 있는가?	수행평가 / 동료평가
기능 및 기술	• 필요한 과학 원리와 연관지어 주어진 미션을 수행할 수 있는 활을 설계하였는가? • 공학적 진화 요소가 포함된 설계를 하였는가? • 미션을 통과하였는가?	산출물 평가
정의적 측면	• 탐구 과정에 흥미를 가지고 참여하였는가? • 항공 분야와 관련된 직업에 흥미를 가지게 되었는가?	관찰평가
의사소통	• 설계, 제작 및 탐구활동 시 생각과 의견을 주고받으며 활동에 참여하는가?	관찰평가 / 동료평가

08 활동지 작성 예시

Subject 01 역사 속의 활쏘기

Problem 1

각 시대별 활의 변천사를 조사하여 표로 정리하여보자.

시대	활(또는) 화살의 특징	
석기시대	재료	돌
	크기	매우 작다
	그 밖의 특징	활은 흔적만 있다. 튼튼하지 못하다.
고대-중세시대	재료	나무, 소뿔
	크기	다양하다
	그 밖의 특징	다양한 종류의 활이 사용된다.
현대의 활	재료	단풍나무 합판 + 카본 등 복합재료
	크기	50in~70in
	그 밖의 특징	과학의 발달로 복합적인 재료를 사용한다.

우리나라의 활과 다른 나라의 활의 공통점과 차이점을 조사하여 발표하여보자

구분	내용	
영국의 롱보우	활의 특징	① 크기: 190~200cm ② 장점: 매우 커서 멀리 나간다. ③ 단점: 휴대하기가 힘들고 쏘기가 힘들다 ④ 그 밖의 특징: 소재가 하나인 단일궁 형태이다.
몽골의 활	활의 특징	① 크기: 120cm~150cm₩ ② 장점: 매우 튼튼하다. 습기에 강하다. ③ 단점: 크기에 비하여 화살이 나가는 거리는 짧은 편이다. ④ 그 밖의 특징: 소뿔을 사용한 각궁이다.
조선의 각궁	활의 특징	① 크기: 100cm 전후 ② 장점: 크기가 작지만 탄성이 좋아 멀리 나간다. ③ 단점: 습기에 약하고 내구성이 약하다. ④ 그 밖의 특징: 목재 복합궁의 형태이다. 탄성을 강조하였다.

Problem 2

국궁과 양궁의 차이에 대하여 알아보고 아래 표에 작성하여 보자.

구분	국궁	양궁
활	물소 뿔, 소 힘줄, 대나무 뽕나무 등 자연재료 이용	카본이나 폼 등의 합성 소재를 사용한 활 정확도를 높이기 위하여 조준기, 안전 장치 등이 장착
화살	나무 화살(싸리나무, 대나무 등) + 깃털	유리섬유 + 플라스틱 깃
과녁	 크기 : 가로 2m, 세로 2.66m 의 사각형 과녁	 크기 : 지름 80cm 또는 122cm 의원형 타겟
쏘는 법	과녁을 향해 선 다음 활시위는 엄지손가락에 걸어서 어깨가 닿을 정도로 최대한 당겨서 쏜다.	과녁을 향해 옆으로 서며 활시위는 검지와 중지, 약지로 당기고 얼굴의 턱까지만 당긴다.

위에서 관찰한 차이점이 활쏘기에 어떠한 영향을 줄 수 있을지 토의한 뒤 내용을 정리해보자.

국궁의 경우 최대한 멀리 나가서 목표를 맞추기만 하면 된다. 따라서 정확도 보다는 파괴력이 강조되었고 때문에 탄성이 강한 소재로 활을 만들었다,.
양궁의 경우 정확하게 맞추어야하기 때문에 정확하게 쏠 수 있는 부분에 치중을 하여 활에 세밀하게 장치들을 하였고, 조준을 조금 더 정확하고 편하게 하기 위하여 턱 밑까지만 당긴다.

Subject 02 활쏘기에 담긴 과학적 원리

Problem 1

위 동영상에서 언급된 활쏘기에 연관된 과학적 원리를 나열하여보자.

탄성에너지 운동에너지 전환, 압력

탄성 에너지와 운동 에너지가 무엇인지 조사하여봅시다. 우리 주변에 탄성 에너지와 운동 에너지를 사용하는 장치는 무엇이 있을까요?

트렘벌린, BB탄 총, 모형 총

Problem 2

활의 재료를 선택 할 때 중요하게 고려해야 할 점이 무엇일까 생각해봅시다.

탄성(잘 휘는가), 내구도(튼튼한가), 등

우리 주변의 재료 중 활의 재료로 사용 할 수 있는 것이 무엇이 있을까요? 그렇게 생각하는 이유는 무엇인가요?

대나무, 쇠자, 플라스틱 판 -> 잘 휘면서 튼튼하다.

Mission 1

위에서 선택한 재료를 이용하여 30N(약 3kgf)의 힘에도 부러지지 않는 활을 만들어보자. 활에 힘이 걸릴 때 응력이 가장 많이 걸리는 부분은 어디일까?

가운데 부분(활을 잡은 부분)

활의 길이와 두께, 너비 등을 선택하여 아래에 기록하여 보자.

구분	내용
재료	대나무
최대응력(재료)	62MPa
길이	60cm
두께	5mm
너비	40mm
30N 시 최대응력 (계산)	60MPa

위의 설계가 목표치를 만족하는 설계인가? 그 이유는 무엇인가?

30N의 힘을 주었을 때 활에 최대로 걸리는 응력은 60MPa로 재료가 부서지는 최대 응력보다 작다.

위의 설계에서 구조적으로 더욱 튼튼하게 만들고자 하면 어떻게 해야 할까? 이로 인하여 활의 전체 특징에 미치는 영향은 무엇이 있을까?

활을 두겹으로 만든다. 그러면 두께가 증가하는 효과를 가져서 걸리는 최대 응력이 줄어들 것이다. 또 최대 응력이 걸리는 부분인 손잡이 부분에 대나무를 더욱 덧단다.

Mission 2

50g의 화살이 20m를 날아가기 위해서 필요한 발사 속도는 대략 얼마나 될까?

14m/s

활시위를 당겨서 전해주어야 할 운동에너지는 얼마인가?

4.9J

30cm를 당겼을 때 저장되어야할 최소 탄성 에너지는 얼마인가?

4.9J

앞에서 탐구한 결과를 바탕으로 활을 디자인하여 보자.

구분	내용
재료	대나무
길이	60cm
두께	6mm
너비	50mm
무게	90g
30cm를 당겼을 때 저장되는 탄성에너지	11.25J

위와 같이 디자인 한 이유는 무엇인가?

이론적으로 30cm를 당겼을 때 저장되는 탄성에너지는 11.25이므로 화살이 날아가는데 필요한 에너지는 약 5J 보다 2배 이상 크기 때문에 충분하다. 또한 무게 역시 가볍다

Mission 03

활과 화살의 파괴력과 관련된 과학적 원리는 무엇이 있을까?

운동에너지, 압력, 관통력, 파괴점

어떠한 화살이 파괴력이 높은 화살일까요?

빠르게 날아가서 목표를 깊게 뚫을 수 있는(관통력이 높은) 화살

화살의 파괴력을 정량화 시키려면 어떻게 할 수 있을지 고안해 봅시다.

정해진 거리에서 A4용지를 얼마큼 많이 뚫을 수 있는지 측정 하면 화살의 파괴력을 x A4 등으로 정의 할 수 있다.

Subject 03 활쏘기 대회

Mission 1

테스트 결과 성공 하였는가? 실패 하였다면 그 이유는 무엇일지 생각하여 보자.

성공 : 계산 값이 맞았다.
실패 : 설계에서 잘못 되었다.

활이 늘어난 길이를 실제로 측정하여 보자. 이론값과 실제값을 기록하여 보고 두 값이 차이가 나는 이유를 생각하여 보자.

1) 대나무의 탄성 계수가 이론값과 맞지 않았다.
2) 계산식이 간단한 상황을 생각했기 때문에 맞지 않는다.

더 튼튼한 활을 제작하려면 어떻게 하면 좋을지 앞서 배운 지식을 활용하여 생각하여보자.

튼튼한 활을 만들기 위해서는 단면적의 관성 모멘트(I) 가 커야하고, 재료의 파괴 응력이 작아야 한다.

Mission 2

테스트 결과 성공 하였는가? 실패 하였다면 그 이유는 무엇일지 생각하여 보자.

실패할 경우 : 활의 탄성 계수가 이론과 다르다.

30cm를 당겼을 때 화살이 최대 얼마나 나가는지 이론값을 계산해보고 실제 값을 측정하여 보자. 차이가 난다면 그 이유는 무엇일까?

1) 대나무의 탄성 계수가 이론값과 맞지 않았다.
2) 계산식이 간단한 상황을 생각했기 때문에 맞지 않는다.
3) 공기저항을 고려하지 않았다.

화살이 멀리 나가는데 활의 설계 말고 영향을 끼칠 수 있는 요소는 무엇이 있을까 생각해보자.

활의 구조, 쏘는 각도, 공기 저항, 바람의 방향 등

Mission 3

본인이 고안한 활의 파괴력을 측정 하는 방법을 가지고 본인의 활과 화살의 파괴력을 측정하여보자.

시도	활의 파괴력
시도 1	A4 용지 12장
시도 2	A4 용지 9장
시도 3	A4 용지 6장
시도 4	A4 용지 10장
시도 5	A4 용지 11장

본인이 고안한 활과 화살의 파괴력은 대략 얼마인가?

A4 용지 9.6장의 파괴력

위의 파괴력 측정 방법의 한계점은 무엇일까?

1) A4 용지를 너무 많이 소비하게 된다.
2) A4 용지를 얼마나 팽팽하게 잡고 있느냐에 따라 결과가 달라진다.

Problem 2

자신의 활에 대하여 평가하여 보자. 설계한 것과 일치하지 않다면 그 이유는 무엇일지 토의하여 보자.

식이 부정확했다.
재료의 탄성 계수가 부정확했다.

설계한 부분과 일치한다고 가정하고, 활의 퍼포먼스를 늘리기 위해 재료적인 측면 구조적인 측면, 기타 측면으로 어떻게 하면 목적에 더욱 적합한 활을 만들 수 있을지 적어보자.

목적	재료적 측면	구조적 측면	기타
튼튼한 활	파괴 응력계수가 높은 재료	응력을 가장 많이 받는 부분의 구조를 두껍게 설계	
효율이 좋은 활	탄성 계수가 높은 재료	길이가 짧고 두께가 적당하여 적은 힘으로도 많은 에너지 저장	
정확도가 높은 활	탄성 계수가 높지 않은 활(진동이 적은 활), 가벼운 활	반동을 줄일 수 있도록 무게 중심을 잡도록 설계	
파괴력이 높은 활	탄성 계수가 높은 재료	길이가 길고 두껍게 설계(탄성 에너지 저장을 최대화)	

Problem 3

활 쏘는 사람이 달라지면 활의 형태가 달라질 것이다. 여러분들이 만든 활을 팔이 길고 힘이 센 아버지가 쏜다고 한다면 어느 부분이 달라지면 좋을지 토의하여 보자.

내구성 관련 측면: 아버지는 힘이 더욱 세기 때문에 활을 튼튼하게 만들어야 한다. 따라서 활의 재료를 더욱 강성이 큰 재료나 대나무를 두껍게 여러겹 대야 한다.
길이 측면 : 팔 길이가 더 길기 때문에 활을 더욱 길게 만들어야 한다.

활을 만들기 위한 전체 과정을 자신만의 방법으로 정리해보고 공학적 설계에서 반드시 포함되어야 하는 내용이 무엇이었는지 설명해보자.

1) 활의 목적 확인 -> 튼튼하게 만들기, 효율이 좋게 만들기, 파괴력이 높게 만들기 등 본인이 만들고 싶은 목적 확인
2) 활의 재료 선택 -> 강성이 좋은 재료 선택
3) 활의 구조 선택 -> 부러지지 않으며 효율이 좋은 활을 위해서는 두께 넓이 길이 등을 잘 선택해야 한다.

공학적 설계에서 반드시 포함되는 내용
1) 목적(문제정의)
2) 과학적(공학적) 지식을 바탕으로 한 목적에 맞는 재료 및 구조적 해석
3) 제작 후 피드백을 통한 설계 수정

09 삽화 출처

[그림 1: 구석기 시대의 화살촉]

http://s3.e-monsite.com/2010/11/23/07/resize_550_550//lif_ac_Ancient-arabia.jpg

[그림 2: 활 쏘는 앙리 8세]

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dc/HenryVIII_Archery.jpg

[그림 3: 현대의 양궁]

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/72/KOCIS_Korea_London_Olympic_Archery_Womenteam_13_(7682350138).jpg/1280px-KOCIS_Korea_London_Olympic_Archery_Womenteam_13_(7682350138).jpg

[그림 4: 국궁]

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Master_Heon_Kim.jpg

[그림 5: 양궁]

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/72/KOCIS_Korea_London_Olympic_Archery_Womenteam_13_(7682350138).jpg/320px-KOCIS_Korea_London_Olympic_Archery_Womenteam_13_(7682350138).jpg

[그림 6: 활의 재료 선택하기]

좌 : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2a/Bow_staves.JPG

우 : http://www.learnarchery.com/files/bows_best_rack05.jpg

[그림 9: 강력한 활쏘기] (애니메이션)페이트 캡쳐

[그림 10: 활에 저장되는 탄성 에너지]

http://physics.mercer.edu/petepag/combow.html

[그림 11: 역학적 에너지 전환]

http://dev.physicslab.org/document.aspx?doctype=3&filename=oscillatorymotion_springs.xml

[그림 13: 응력-변형률 선도]

http://www.nfx.co.kr/techpaper/keyword_view.asp?idx=100

[그림 14: 다양한 응력-변형률 선도]

플라스틱 물성의 이해, 대한유화공업주식회사 기술연구소 기술지원팀