

출품번호
3015

제43회 전국학생과학발명품경진대회

렌즈 안팎의 뒤집힘을 쉽게 확인할 수 있는
콘택트렌즈 케이스

2022. 7. 4.

출품학생	
지도교원	
출품분야	고

< 목 차 >

1. 제작 동기 및 목적	1
가. 제작 동기	1
나. 제작 목적	2
2. 작품 요약	3
3. 선행 작품 조사	4
가. 특허 출원작 조사(KIPRIS)	4
나. 국립중앙과학관 검색 및 발명품 대회 출품작 조사	4
다. 대한민국학생발명전시회 검색 및 출품작 조사	5
라. 판매 중인 제품 조사	6
마. 사전 조사 결과 요약	6
4. 작품에 적용된 과학적 원리	7
가. 빛의 굴절	7
나. 빛의 전반사	7
다. 탁도 측정 원리	8
라. 자외선 소독의 원리	8
5. 작품 제작 과정 및 결과	9
가. 예비 실험 - LED 빛으로 렌즈가 뒤집혔는지 구별할 수 있을까?	9
나. Algodoo를 이용한 2D 광학 시뮬레이션	11
다. 최적의 LED 각도 찾기 실험	16
라. 1차 작품 제작	17
마. Blender를 이용한 3D 광학 시뮬레이션	18
바. 2차 작품 제작	20
사. 4차, 5차 작품 제작 계획	22
6. 작품의 활용 효과 및 전망	22
7. 참고 사이트 및 문헌	23

1. 제작 동기 및 목적

가. 제작 동기

한 반에서 안경을 쓰는 사람을 조사하였을 때 절반, 또는 그 이상이 안경을 쓸 정도로 안경을 착용하는 사람은 증가하는 추세이다. 하지만 안경은 미용적인 부분, 보관 및 착용 시 불편함, 마스크로 인한 김서림 등의 불편이 있어 콘택트렌즈를 착용하는 학생들도 늘어나는 추세이다.

하지만 콘택트렌즈를 착용했을 때 장점뿐만 아니라 단점(불편한 점)도 몇 가지 존재하는데, 그 중 한 가지는 **소프트 렌즈의 경우 렌즈가 뒤집히는 경우가 자주 있고, 뒤집힌 렌즈의 구분이 힘들다는 점이다.**(단, 여기서 렌즈가 뒤집힌다는 말은 위아래가 뒤집힌다는 의미가 아니라 렌즈의 안팎이 뒤집히는 것을 의미한다.)



그림 1 소프트렌즈가 뒤집힌 모습. 실제로는 이 그림보다 구별이 더 어렵다.



그림 2 렌즈 케이스에 담긴 렌즈의 모습. 뒤집힌 렌즈와 정상 렌즈의 구별이 어렵다.

4.2.2. 단점

[편집]

- 안구건조증을 쉽게 유발한다. 렌즈가 형태를 유지하기 위해 눈물을 빨아들이고 모세관현상을 일으켜 증발시키기 때문. 실리콘 하이드로겔의 경우 문제점이 적은 편이지만 하드렌즈에 비할 바는 아니다.
- 내구성이 약하다. 아무리 관리를 철저하게 하고 자주 안 쓰더라도 최대 8개월 정도까지밖에 쓰지 못하며, 실리콘하이드로겔 소재의 경우 그 절반인 4개월 정도가 한계다.
- 오염에 약하다. 길바닥에 떨어뜨려서 이물질이 심하게 묻으면 이물질에 의해 세척하다가 찢어져 버리기도 한다. 다만 착용 중일 때는 하드렌즈와 달리 저절로 빠지는 일은 거의 없긴 하다.
- 단백질이나 지방, 칼슘의 침착이 쉽게 일어난다. 눈물을 빨아들이고 증발시키는 과정에서 필연적으로 발생하는 문제라, 하드렌즈에 비해 청결에 훨씬 더 신경써야 한다.
- 위와 같은 이유로 렌즈 사이에 박테리아가 번식하기도 쉬우며, 안질환 발병을 도함 높다.
- 렌즈가 뒤집힐 가능성이 있다. 뒤집어 넣으면 이물질, 피로감이 제대로 넣었을 때보다 훨씬 심하고 윤이 없으면 렌즈가 눈에서 튀어나가 버린다. 그리고 무엇보다 아프다. 그러므로 항상 경방향인지 확인 후 착용해야 한다. 이론상 렌즈가 뒤집혔는지 구별하는 방법이 있으나^[21]렌즈 착용 사유 태반이 시력 교정임을 감안하면 이를 육안으로 구분하는 것은 사실상 불가능하다.
- 난시 교정용 소프트렌즈가 있긴 하지만 교정 예측이 좋지 않다. 난시가 심하거나 난시 축이 수평 방향이 아니라면 아예 교정이 불가능한 경우도 있다. 윤 좋게 교정이 가능한 렌즈를 찾더라도 이 경우 교정 예측은 더 떨어질 수밖에 없다. 일반 렌즈보다 비싼 가격은 덤.

그림 3 콘택트렌즈에 대한 나무위키 내용 중 소프트렌즈의 단점 부분 발췌

뒤집힌 렌즈를 그대로 착용하면 이물감, 피로감이 크고 통증이 있으며 결정적으로 눈동자에 잘 부착되지 않는다. 이런 경우 렌즈를 꺼내 뒤집혔는지를 확인하고 정상 방향으로 렌즈를 뒤집어 다시 착용하는 시도를 하게 되는데, 이런 과정은 불편할 뿐 아니라 위생적으로도 문제가 생길 가능성이 커진다.

그래서인지 인터넷에는 렌즈의 뒤집힌 상태를 구별하는 방법에 대한 많은 질문과 정보가 올라와 있지만, 손으로 만져보거나 눈으로 유심히 살펴보아야 하는 방법이 대부분이다.

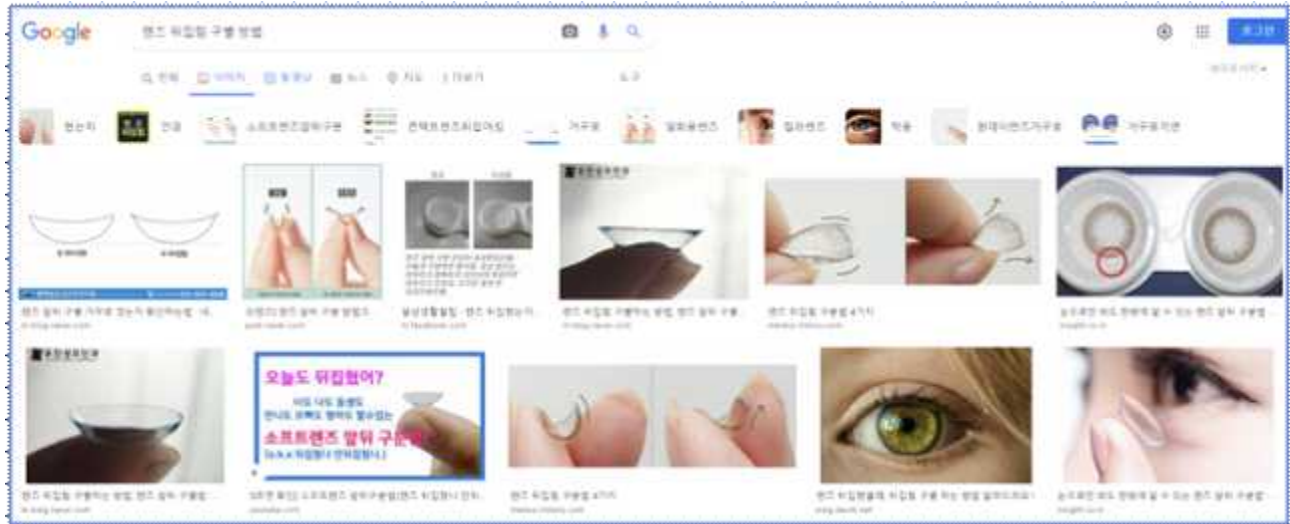


그림 4 렌즈 뒤집힘 구별 방법으로 검색한 결과.

그러다가 우연히 렌즈에 빛을 비추었을 때, 렌즈의 가장자리 테두리 부분이 빛나는 것을 발견하였는데, 뒤집힌 렌즈와 정상 렌즈는 테두리 부분의 모양이 다르므로 빛나는 형태가 달라지지 않을까 의문을 가지고 탐구를 시작하였다.

간단한 예비 실험 결과, 특정 상황에서 정상 렌즈의 테두리가 초승달 모양으로 빛나는 반면, 뒤집힌 렌즈의 테두리는 빛나지 않는다는 사실을 알아낼 수 있었고, 이를 이용하여 렌즈의 뒤집힘을 쉽게 구별할 수 있는 렌즈 케이스를 만들어보고자 한다.

나. 제작 목적

콘택트렌즈의 뒤집힘 상태 구분을 쉽게 할 수 있고, 실제 생활에서도 위생적으로 사용할 수 있는 렌즈 케이스를 제작한다.

1) 콘택트렌즈를 만지지 않고도 뒤집혔나 확인할 수 있는 렌즈 케이스

콘택트렌즈가 뒤집혔나 확인하는 방법에는 여러 가지가 있지만, 사람들은 대부분 렌즈를 접어 보거나, 콘택트렌즈를 꺼내서 테두리 모양을 확인한다. 이렇게 하면 콘택트렌즈와 손의 접촉이 많아져서 세균번식 등의 위생적 문제가 있고, 파손될 가능성이 높아진다.

하지만 렌즈 케이스에서 렌즈를 꺼내지 않고도 LED를 사용한 빛의 굴절을 이용하여 렌즈의 뒤집힘을 확인할 수 있다면, 자연스럽게 렌즈의 파손율이 줄어들 것이고, 콘택트렌즈의 위생도 조금 더 지킬 수 있을 것이다.

2) LED 빛을 이용하여 렌즈 보관액의 오염을 감지하는 기능

렌즈 보관액이 오염되어 탁도에 변화가 생겼을 때 이를 알려주는 기능이 있으면 편리할 것이다. 렌즈의 뒤집힘 구별을 위해 LED를 사용할 것이므로 **렌즈 보관액의 탁도에 따라 산란되는 빛을 측정한다면 렌즈 보관액 오염을 측정하고 알려주는 렌즈 케이스**를 만들 수 있을 것이다.

3) UV-LED의 소독 및 살균 기능

렌즈를 오랫동안 사용하고 청결하게 유지하기 위해서는 렌즈를 세척액에 적신 채로 손을 이용하여 세척 해주어야 하는 번거로움이 있다. **렌즈를 사용하지 않고 렌즈 통 안에 넣어둔 상태에서 UV-LED를 사용하여 세척과 살균이 가능**하다면 더 위생적으로 렌즈를 사용할 수 있을 것이다. 렌즈의 뒤집힘 구별을 위해 사용하는 LED를 푸른빛과 자외선이 동시에 나오는 LED로 선택하면 렌즈와 렌즈 보관액 소독 및 살균 기능이 있는 렌즈 케이스를 만들 수 있을 것이다.

2. 작품 요약

투명 렌즈케이스의 뒷부분에 파란색 LED를 부착하여 렌즈 케이스에서 렌즈를 꺼내지 않고도 빛의 굴절과 전반사를 이용하여 렌즈의 뒤집힘을 구별할 수 있는 렌즈 케이스를 제작하였다.

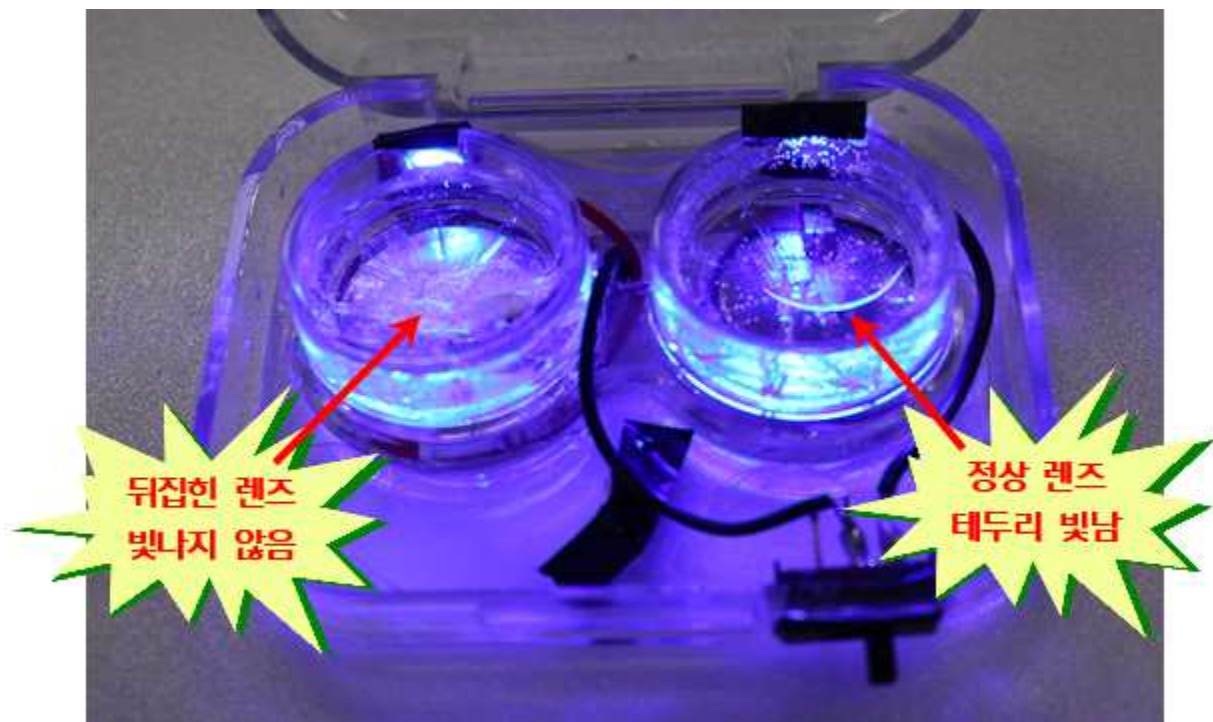


그림 5 렌즈케이스에 부착된 LED 빛에 의해 렌즈의 뒤집힘을 구별할 수 있는 렌즈 케이스.

왼쪽 렌즈 케이스에는 뒤집힌 렌즈가 들어있고 오른쪽 렌즈 케이스에는 정상 렌즈가 들어있다. 정상 렌즈가 들어있는 오른쪽에서만 렌즈 테두리 부분이 초승달 모양으로 빛나는 것을 확인할 수 있다. 이를 이용해 렌즈가 뒤집혀 있는지를 쉽게 구별할 수 있다.

3. 선행 작품 조사

작품을 제작하기 전에 한국특허정보검색서비스(KIPRIS), 국립중앙과학관 그리고 대한민국발명 전시회 통합검색을 이용하여 유사 제품을 조사하였다. 아울러 시중에서 사용되고 있는 렌즈케이스에 대해 조사하였다.

가. 특허 출원작 조사(KIPRIS)

표 1 특허 출원작 조사(KIPRIS)

순	내용 요약	도면
1	유브이엘이디를 이용한 휴대용 살균 콘택트렌즈 케이스 (1020090078107, 2009.08.24)- 거절-렌즈케이스 안에 버튼과 UV LED를 달아 살균기능이 있는 렌즈 케이스	

특허 검색 결과 키프리스에서는 1,417건의 콘택트렌즈 케이스 관련 특허가 등록되어 있고 LED를 이용해 렌즈의 존재 유무를 구별하는 렌즈 케이스, 렌즈의 위치 파악을 도와주는 렌즈 케이스 등은 있지만 LED를 이용해 렌즈의 뒤집힘을 구분할 수 있는 렌즈 케이스는 없다.

나. 국립중앙과학관 검색 및 발명품 대회 출품작 조사

국립중앙과학관 발명품 경진대회 통합검색 페이지에서 렌즈 케이스를 검색해보니 2006년에 ‘원터치 콘택트렌즈 케이스’라는 작품과 ‘부력으로 쏙!~ 덤으로 살균까지-렌즈 케이스의 재탄생’이라는 작품을 찾을 수 있었다.

전국학생과학발명품경진대회 경진대회통합검색					
전체 4건, 현재 페이지 1/1		제목 - 분야선택 - 수상선택 - 렌즈 케이스			
번호	연도	분야	제목	지도교사	수상자
4	2016	생활과학 I	부력으로 쏙!~ 덤으로 살균까지-렌즈 케이스의 재탄생	유성현	김소은
3	2016	생활과학 I	부력으로 쏙!~ 덤으로 살균까지-렌즈 케이스의 재탄생 제작 지도(지도논문)	유성현	
2	2006	생활과학 I	원터치 콘택트렌즈 케이스	양승현	박고은
1	2006	생활과학 I	원터치 콘택트렌즈 케이스(지도논문)	양승현	박고은

그림 7 국립중앙과학관 검색 결과

이 출품작의 작품 설명서를 보면 두 작품 다 렌즈를 케이스에서 꺼낼 시에 보관액과 손가락이 접촉하지 않게 하는 것에 초점을 두었고, 2016년도 작품은 UV-LED를 추가하여 소독을 함께 할 수 있도록 하였다. 그렇지만 우리 작품과 같은 렌즈의 뒤집힘을 구별할 수 있는 작품은 없었다.

다. 대한민국학생발명전시회 검색 및 출품작 조사

지도교사	
수상자	
제목	렌즈를 품은 렌즈케이스
발명동기	최근 다양한 목적에 따라 콘택트 렌즈의 수요가 증가하고 있다. 그런만큼 콘택트 렌즈는 안구와 직접 접촉하므로 주의해야 할 점이 많다. 먼저 렌즈가 뒤집어졌거나 찢어졌는지 확인해야 한다. 이러한 렌즈들은 각막에 직접 손상을 입혀 위험하기 때문이다. 또한 렌즈는 위생이 무엇보다 중요하다. 많은 사람들이 손가락을 이용하여 렌즈를 세척하곤 하는데 칫조개를 잘 못하면 찢어질 위험이 있다. 특히 렌즈가 뒤집어졌는지, 찢어진 곳이 없는지 확인하는 것은 자세히 보아야만 알 수 있기 때문에 시력 교정용 도구를 아무것도 착용하지 않은 내 상태에선 불가능해 주위 사람들에게 확인을 받은 후 착용하곤 한다. 많은 사람들이 렌즈를 착용하고 있고, 앞으로 렌즈의 개질, 기능이 더 좋아지면서 렌즈의 수요도 증가할 지금, 이러한 불편함을 해결할 수 없을까 생각하게 되었고 본 발명품을 떠올리게 되었다.
발명내용	〈작품내용〉 본 발명품의 전체 외형은 크기나 모양면에서 기존의 렌즈통과 다르지 않다. 본 발명품은 기존의 렌즈 케이스 뚜껑에 두 가지 새로운 기능을 추가함으로써 본래 렌즈뚜껑에 나타내어져 있던 왼쪽(L), 오른쪽(R) 표시를 렌즈 케이스 몸통에 나타내었다. 왼쪽(L) 뚜껑에는 볼록렌즈를, 오른쪽(R) 뚜껑에는 술을 담아 각각 다른 기능을 수행할 수 있도록 하였다. 왼쪽(L)의 렌즈케이스 뚜껑에는 볼록형의 상가 렌즈 확대 렌즈가 형성되어져있어 시력 교정 도구를 사용하지 않은 상태에서 렌즈케이스의 뚜껑을 개폐하지 않고서도 렌즈가 뒤집어졌는지, 혹은 찢어졌는지 등을 확인 할 수 있도록 하였다. 렌즈 케이스의 오른쪽(R) 뚜껑에는 메니큐어 술과 비슷한 술이 부착되어 있어 렌즈 단백질을 제거하는 세척을 할 때 도움을 줄 수 있도록 하였다. 렌즈 술은 그림과 같이 엄지와 검지 손가락을 이용하여 뚜껑을 잡은 후 렌즈를 세척 할 때 손가락 대신 술을 이용하여 살살 문질러주면 렌즈에 생기는 단백질을 제거할 수 있도록 하였다. 손톱을 이용하여 렌즈의 침착물을 제거할 시 손톱의 길이, 손의 칫조개에 따라 렌즈에 손상이 갈 수 있으나 술을 이용하면 부드러운 재료라 렌즈에 무리가 가지 않고 손에 있는 이물질이 문을 염려도 없다. 〈실용성〉 렌즈를 사용하는 사람들중 다수가 시력 교정을 위해 렌즈를 착용하는데 시력 교정 기구 없이 렌즈를 바라다 볼 경우 렌즈에 손상이 있는지, 뒤집어졌는지 등을 확인하기 쉽지 않은데 본 발명품을 이용하면 볼록렌즈를 통해 렌즈를 확대하여 볼 수 있으므로 시력 교정 기구 없이도 안구에 손상을 일으킬 위험을 줄일 수 있다. 또한 평소 렌즈를 보관하는 통에 기능을 첨가하는 것이기 때문에 별다른 렌즈통을 구입하여 가지고 다닐 필요가 없어 실용적이다. 〈경제효과〉 많은 사람들이 렌즈를 세척하기 위해 진동 세척기 등을 구입하여 사용하는데 이는 크기가 크고, 동적장치를 이용하므로 전전지를 사야한다는 점에서 많은 경제적 부담이 생길 수 있으나 본 발명품은 렌즈를 보관하는 통에 간단한 볼록 렌즈와 술을 첨가하는 것이므로 세척장치에 비해 경제적인 면에서 효과적이다.
용도 및 효과	1. 많은 사람들이 렌즈를 시력 교정용으로 사용하므로 렌즈를 착용하기 전 좋지 않은 시력 상태로 렌즈가 뒤집어졌는지, 찢어진 않았는지 이물질이 묻지 않았는지 확인하는데 어려움이 있다. 하지만 안구에 직접 접촉하는 렌즈는 착용하기 전 위의 항목들을 확인하는 것이 매우 중요하다. 그러므로 볼록렌즈가 달린 렌즈를 뚜껑을 이용하여 렌즈를 확대해 보으로써 렌즈의 상태를 쉽게 확인한 후 안전하게 착용할 수 있어 시력저하, 각막 손상을 막을 수 있다는 장점이 있다. 2. 단백질과 같은 침착에 의해 렌즈에 막이 생겨 투명도를 감소시키지 않게 하기 위해선 렌즈를 뺀 후 손가락으로 렌즈를 세척해야한다. 하지만 손톱이 간 사람의 경우 렌즈가 찢어질 수가 있고, 손에 있는 세균이 렌즈에 붙을 수도 있다. 그래서 세척 강치를 구입하나 장치는 휴대하기에 크기가 크고 특정 동력원을 사용한다는 점에서 불편하다. 하지만 본 발명품은 렌즈통과 함께 붙어있는 술을 이용함으로써 휴대하기에 간편하고, 위생적이다.

그림 9 대한민국발명전시회 작품 검색 결과

여기에서 검색된 작품은 렌즈 케이스 뚜껑에 볼록 렌즈를 달은 발명품으로써 렌즈의 상태를 확인하는데 도움을 준다는 점에서 유사하지만, 우리 작품의 핵심 원리인 LED와 빛의 굴절과 반사 원리를 활용하지 않았다는 점에서 차별성이 있다.

라. 판매 중인 제품 조사

표 2 시중에 판매 중인 렌즈 케이스 조사

제품		제품특징
1	 그림 10	바닥이 납작하고, 렌즈의 위치, 렌즈의 앞뒤를 구분하기 힘들다.
2	 그림 11	렌즈케이스가 투명하여 렌즈의 상태를 확인하기 조금 더 쉬우나 앞뒤 구분을 하는데에는 무리가 있다.
3	 그림 12	렌즈를 쉽게 깎 수 있게 도와주는 제품 중 UV-LED를 사용하여 살균하는 제품이 있다.

마. 사전 조사 결과 요약

표 3 사전 조사 결과 요약

▶ 특허 검색	· 렌즈의 뒤집힘을 구분할 수 있는 렌즈 케이스에 관한 특허는 없다. · 자외선램프와 UV-LED를 사용한 제품이 있다.
▶ 국립중앙과학관 및 대한민국학생 발명전시회 검색	· 본 발명품과 일치하는 출품작은 없다. 렌즈케이스 뚜껑에 볼록렌즈를 부착하여 육안으로 렌즈의 상태를 확인하는 작품이 있다.
▶ 판매 제품 조사	· 시중 제품은 거의 유사한 모양을 갖는다. 단지 외관상 디자인에 차이가 있을 뿐이다 · 고가의 제품 중에는 초음파를 이용해 세척하는 제품이 있고, 자외선을 사용하는 제품은 주로 자외선 램프를 사용하는 제품이 있고 UV-LED를 사용하는 제품은 적다.

4. 작품에 적용된 과학적 원리

가. 빛의 굴절

빛의 굴절은 빛이 한 매질에서 다른 매질로 비스듬하게 진행할 때는 그 경계면에서 진행 방향이 꺾이게 되는데 이러한 현상을 '굴절'이라고 한다. 굴절이 일어나는 이유는 매질마다 빛의 진행속도가 다르기 때문이다. 진공상태에서의 빛은 약 30만km/s, 공기중에선 이보다 약간 느린 속도이고, 물속에서는 약 22만km/s로 이동하며, 유리에서는 이보다 약간 더 느린 속도로 움직인다. 그래서 빛의 진행속력이 상대적으로 작은 매질로 들어갈 때 입사각에 비해 굴절각이 작아지고 상대적으로 빛의 진행속력이 상대적으로 작은 매질로 들어갈 때 굴절각이 커진다.

나. 빛의 전반사

전반사(全反射, total reflection)는 빛과 같은 파동이 특정면에서 굴절되는 대신에 100% 반사되는 현상이다. 파동이 서로 다른 물질로 입사할때, 입사각이 물질의 임계각보다 클 경우에 전반사가 일어나서 파동이 굴절하며 나아가는 대신에 원래 매질 쪽으로 진행 방향이 바뀌어 돌아온다. 전반사가 일어나기 위해서는 빛과 같은 파동이 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 진행해야 하며, 입사각이 매질의 임계각보다 커야한다.

빛의 전반사는 반원형 유리나 투명 플라스틱 렌즈를 사용하면 쉽게 관찰할 수 있다. 레이저 포인터같은 광원에서 나오는 직진 광선을 렌즈의 곡면 쪽으로 입사시킬때, 처음에는 곡면 뒤의 수평면과 수직계 가깝게 입사시키다가 광원의 방향을 곡면을 따라 조금씩 이동시킨다. 이때 빛은 입사각이 커짐에 따라서 수평면에서 다시 공기로 나올때 굴절을 하다가, 어느 순간부터 굴절되어 나오는 빛의 세기가 줄어들고 빛이 유리 내부에서 반사되는 것을 볼 수 있을 것이다. 이 현상이 바로 전반사로, 유리(수평면)에서 공기로 입사하는 빛의 입사각이 유리의 임계각보다 커졌기 때문에 빛이 굴절하면서 직진하지 않고 도로 반사된 것이다.

다이아몬드의 커팅도 전반사를 이용해 광채가 나도록 하는 것이 핵심 기술이다.

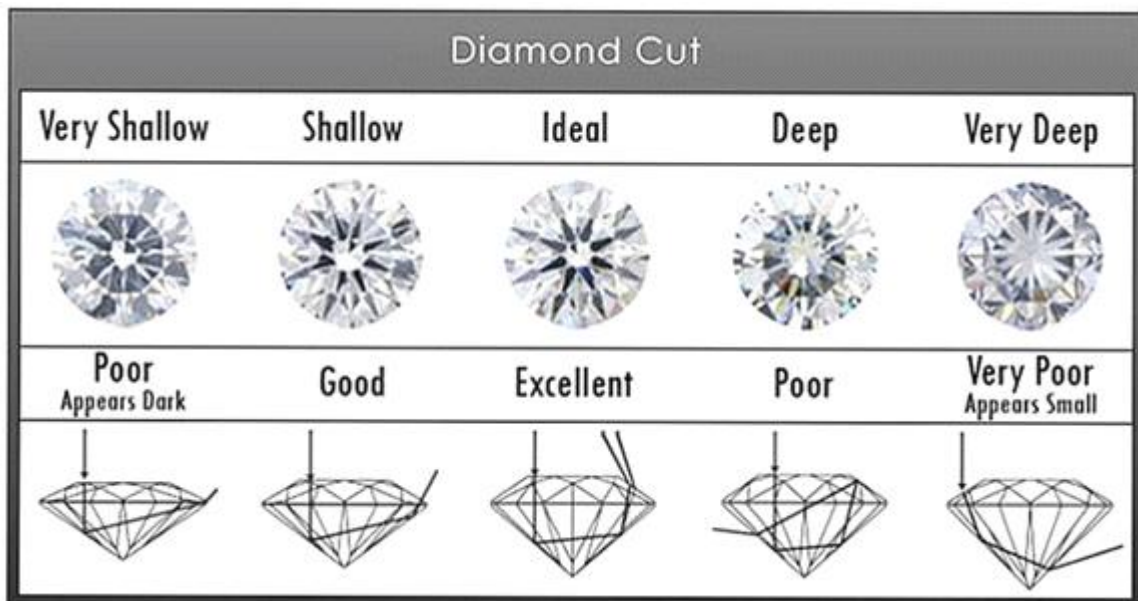


그림 13 다이아몬드 컷

다. 탁도 측정 원리

탁도는 물의 흐린 정도를 정량적으로 나타낸 지표로서 빛의 통과에 대한 저항도이다.

1) 투과광 측정방법

그림 14와 같이 투과광 측정방식은 측정조의 한쪽에 광원을 조사한 후 측정조를 통과한 광의 양을 측정하는 방식으로 투과된 광의 감쇄 정도는 액중의 현탁 물질 농도와 반비례 관계가 있다.

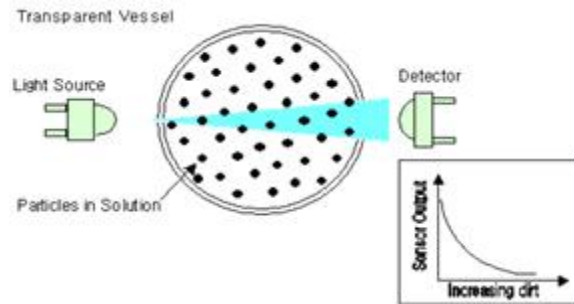


그림 14 탁도 측정 방법 - 투과광 측정 방식

2) 산란광 측정방법

산란광 측정 방식은 측정액 한쪽 면에 광을 주사하여 액중의 입자에 부딪쳐 산란되는 산란광을 90도 각도에서 측정한다. 이 광의 강도가 액중의 현탁물질의 농도에 따라 비례하는 것을 이용한 것이다.

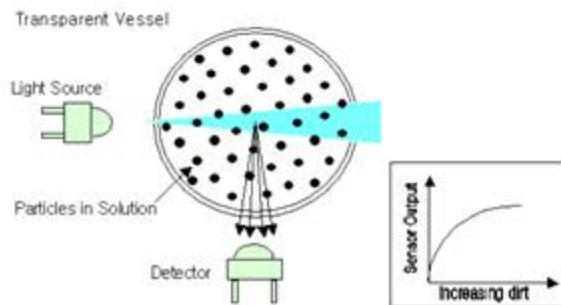


그림 15 탁도 측정 방법 - 산란광 측정 방식

라. 자외선 소독의 원리

자외선은 원래 가시광선 밖의 파장이다. 우리가 ‘빨주노초파남보’라고 하는, 색을 구별할 수 있는 파를 가시광선이라고 하는데 보라색보다 바깥쪽에 있는 파장을 자외선이라 한다. 원래 자외선은 가시광선 밖의 파장이므로 눈에 보이지 않는다.

자외선(10~400nm)은 가시광선(380~770 nm)보다 파장이 짧으며, 254 nm 정도의 파장에서 모든 미생물과 접촉하여 세균을 살균시키는 독특한 기능을 갖는다. 자외선이 세균을 살균할 수 있는 것은 박테리아, 효모, 곰팡이, 조류 바이러스의 외부 세포막을 관통하기 때문이다. 특히 세균이 생존하고 증식하는데 필요한 DNA를 무력화하고 충격을 가해 파괴시킨다.

5. 작품 제작 과정 및 결과

가. 예비 실험 - LED 빛으로 렌즈가 뒤집혔는지 구별할 수 있을까?

본격적인 렌즈 케이스 제작에 앞서 **페트리접시를 렌즈 케이스처럼 사용하여 예비 실험**을 실시하였다.

1) 실험 방법

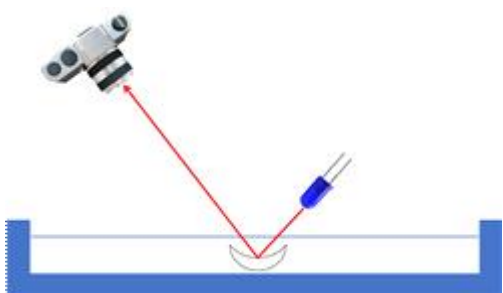
페트리접시에 물을 채우고 렌즈를 넣은 후 LED 빛을 비추고, 사진을 찍었다.

렌즈를 비추는 LED의 각도와 거리, 카메라의 각도를 바꾸어가며 촬영 하였다.

2) 실험 결과

LED와 카메라의 각도를 바꾸어가며 뒤집힌 렌즈와 정상 렌즈 간의 차이가 있는지 알아본 결과 대부분의 상황에서 미미한 차이가 있어 육안으로는 알아볼 수 있으나 사진상에 드러날 정도의 차이는 없었지만, **카메라와 LED가 각각 대각 방향에 위치한 경우 정상 렌즈 테두리에만 초승달 모양의 빛남을 볼 수 있었다.**

표 4 예비 실험 결과 - 카메라 대각, LED 대각(가까이)

카메라 위치	LED 위치	뒤집힌 렌즈	정상 렌즈
대각	대각(가까이)		
		그림 20	그림 21

**뒤집힌 렌즈
빛나지 않음**

**정상 렌즈
테두리 빛남**

처음에는 책상 위에 페트리 접시를 놓고 실험을 진행하다 보니 그림자와 반사광 때문에 렌즈를 구별하기 힘들었다. 그래서 책상 가장자리 부분에 페트리 접시를 놓고 바닥을 띄운 후에 유의미한 사진 촬영에 성공할 수 있었다.

렌즈 뒤집힘을 구별할 수 있는 유의미한 결과는 위의 표 4와 같고 유의미한 차이를 보이지 못한 결과는 다음 표 5, 표 6, 표 7과 같다.

표 5 예비 실험 결과- 카메라 위, LED 위

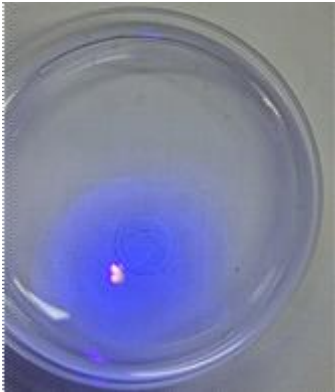
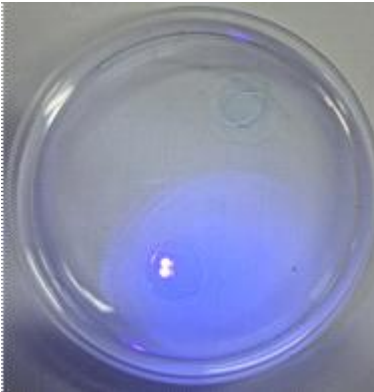
카메라 위치	LED 위치	뒤집힌 렌즈	정상 렌즈
위	위		
		그림 23	그림 24
그림 25			
		그림 26	그림 27

표 6 예비 실험 결과 - 카메라 위, LED 대각

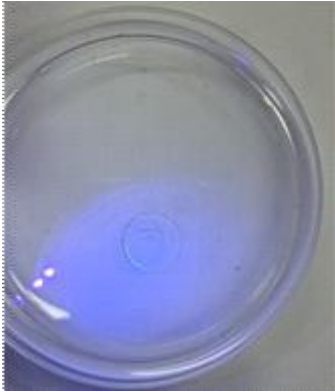
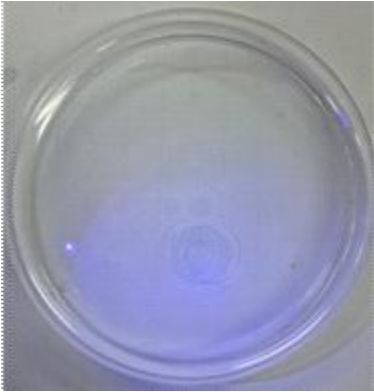
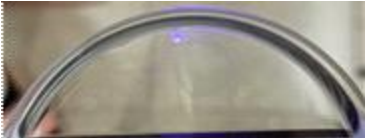
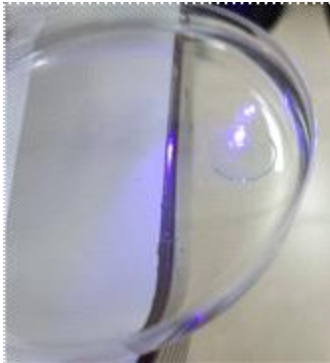
카메라 위치	LED 위치	뒤집힌 렌즈	정상 렌즈
위	대각		
		그림 28	그림 29
그림 30			
		그림 31	그림 32

표 7 예비 실험 결과 - 카메라 위, LED 위

카메라 위치	LED 위치	뒤집힌 렌즈	정상 렌즈
대각	대각(멀리)		
그림 35		그림 33	그림 34

3) 실험 결과에 따른 향후 진행

LED 빛을 이용하여 뒤집힌 렌즈와 정상 렌즈의 차이를 구별할 수 있다는 사실을 확인하였으나 어떤 과학적 원리로 이런 차이가 발생하는지 궁금해 졌고, 최적의 LED 각도를 찾을 필요가 있었다.

나. Algodoo를 이용한 2D 광학 시뮬레이션

정상 렌즈의 테두리에서만 초승달 모양의 빛이 나는 이유를 알아보기 위해 2D 물리 시뮬레이터 Algodoo를 이용해 시뮬레이션 해 보았다.

Algodoo는 전문적인 광학 시뮬레이터가 아니라 캐주얼한 2D 물리 역학 시뮬레이터인데 여기에 포함된 레이저 포인터 기능을 활용하면 빛의 반사와 굴절을 표현할 수 있지 않을까 생각하여 시뮬레이션을 해 보았다.

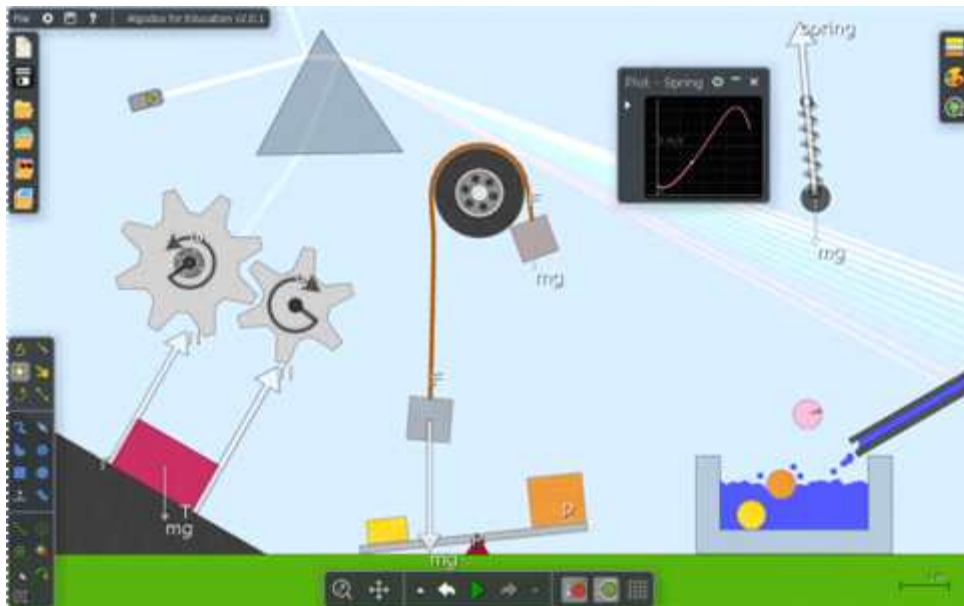


그림 36 2D 물리엔진, 물리 시뮬레이터 Algodoo 예시 화면

1) 시뮬레이션 방법

시뮬레이션을 하기 위해 먼저 렌즈를 모델링 하였다. 정상 렌즈와 뒤집힌 렌즈의 형상을 모델링 하기 위해 렌즈를 자세히 관찰하였으며, 안경사들의 커뮤니티에 물어보는 등의 활동을 통해 정상 렌즈와 뒤집힌 렌즈의 특징을 조사하였다.

이를 통해 정확한 렌즈의 도면은 아니지만 정상 렌즈와 뒤집힌 렌즈의 특징을 반영한 2D 모델을 만들어 낼 수 있었다.

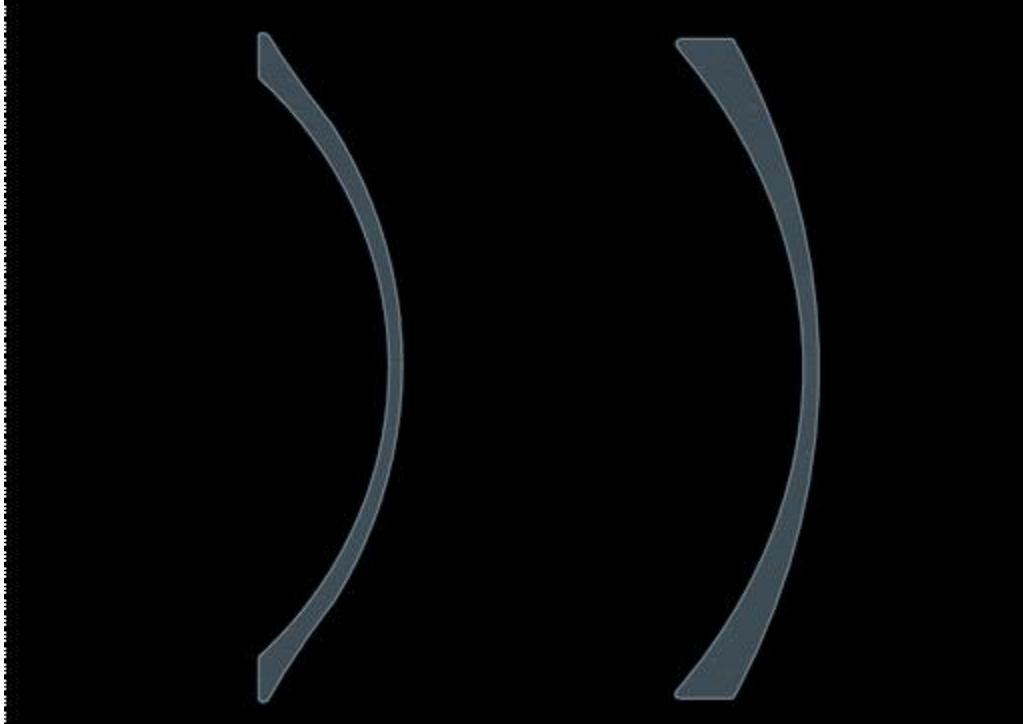


그림 37 Algodoo에서 정상 렌즈와 뒤집힌 렌즈 모델링. 왼쪽이 뒤집힌 렌즈, 오른쪽이 정상 렌즈이다.

광원은 Algodoo의 레이저 포인터 기능을 사용하였다. 그림 36의 왼쪽 윗부분을 보면 레이저 포인터에서 나온 흰색 빛이 프리즘을 거쳐 분산되는 모습까지 표현되는 것을 알 수 있다. 이러한 레이저 포인터를 렌즈 왼쪽에 나란히 여러 개를 배치하여 광선의 진행이 렌즈에 의해 어떻게 달라지는지 시뮬레이션 하였다.

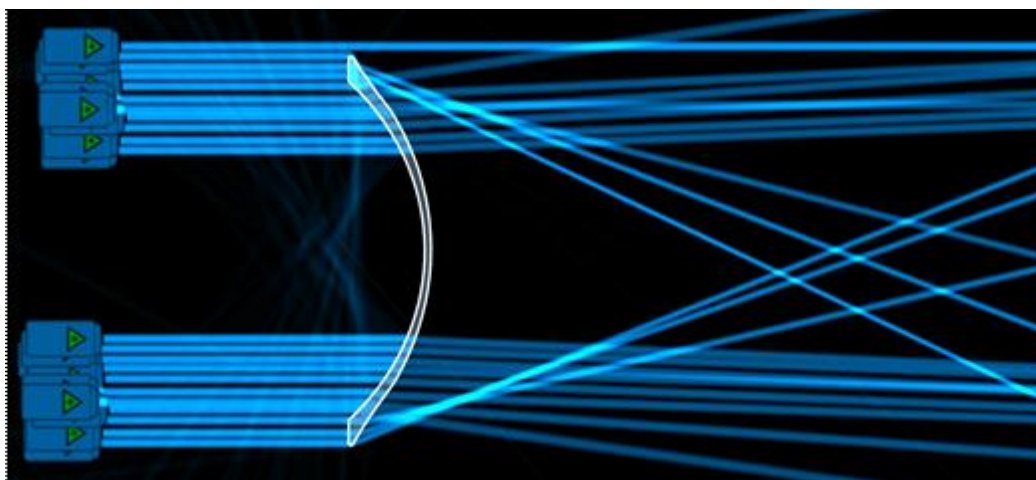


그림 38 Algodoo 시뮬레이션 - 뒤집힌 렌즈, 파란 빛

2) 시뮬레이션 결과 및 분석

표 8 Algodoo 시뮬레이션 결과 비교 - 정상 렌즈, 뒤집힌 렌즈 파란 빛

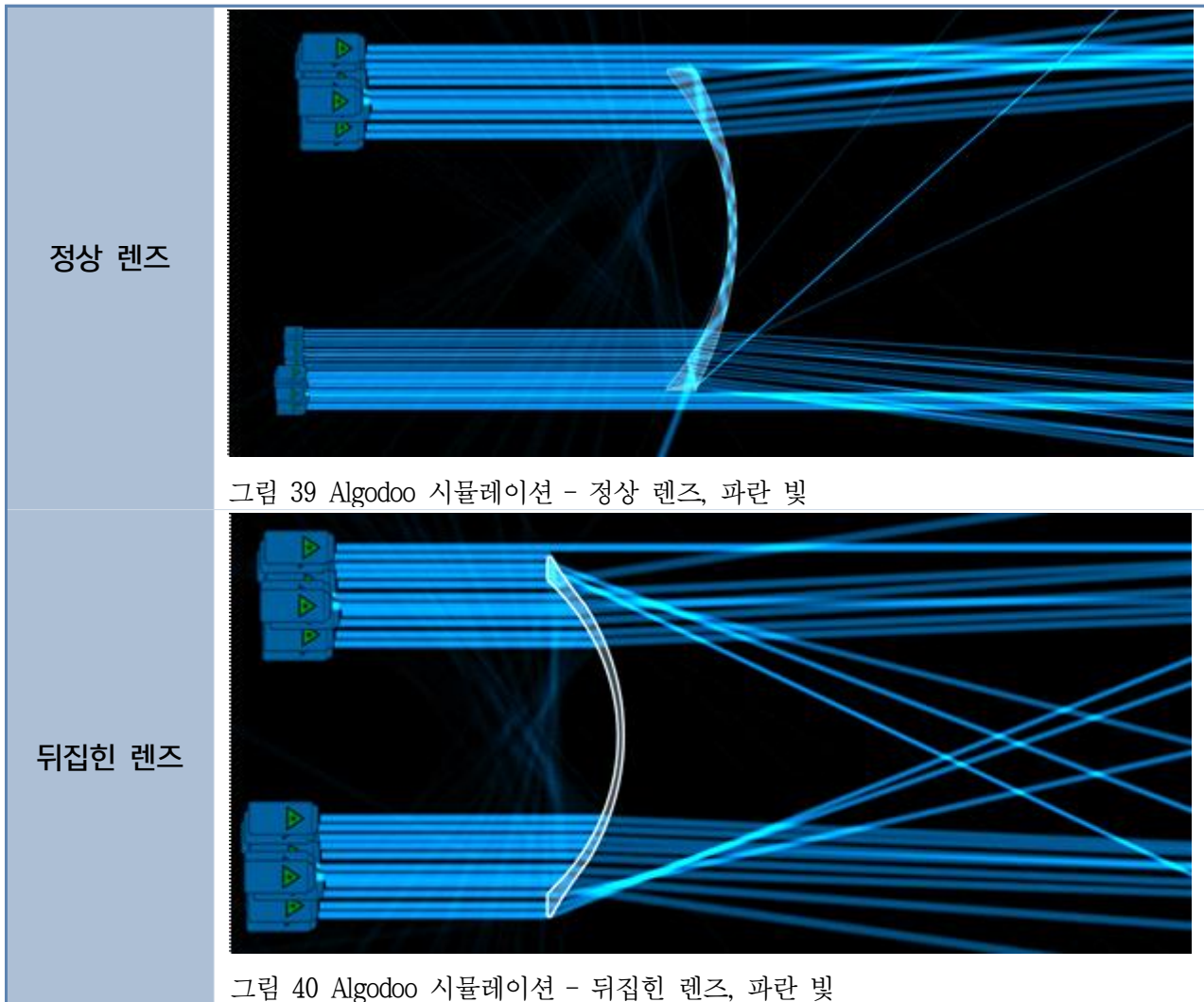


그림 39 Algodoo 시뮬레이션 - 정상 렌즈, 파란 빛

그림 40 Algodoo 시뮬레이션 - 뒤집힌 렌즈, 파란 빛

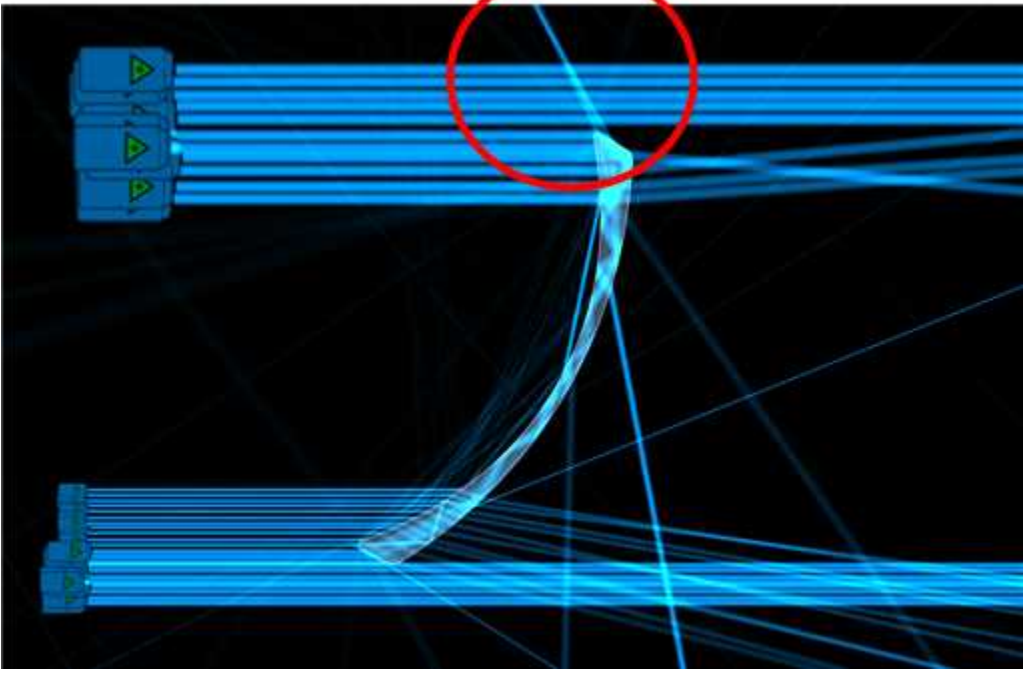
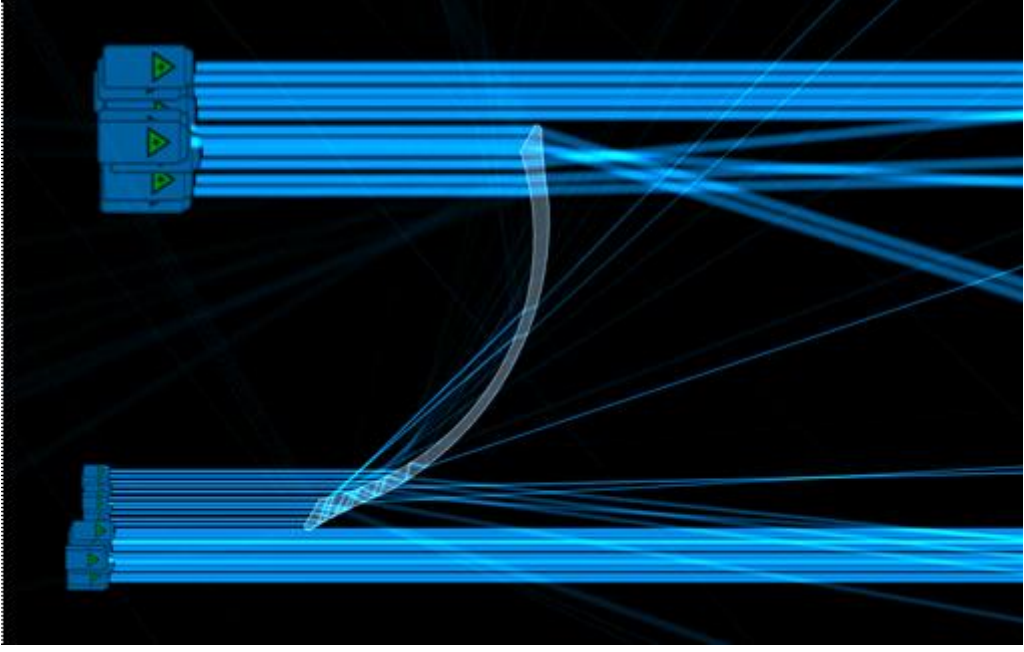
시뮬레이션 결과는 표 8과 같다. 언뜻 보면 뒤집힌 렌즈가 더 다양한 방향으로 빛을 굴절 시키는 것으로 보인다. 그러나 **렌즈 내부를 보면 정상 렌즈의 내부에 빛 줄기가 더 많고 여러 번 반사됨**을 확인할 수 있다.

이 현상은 다이아몬드의 커팅 방법에 따라 광채가 달라지는 것에 비추어 이해할 수 있다. 다이아몬드의 커팅이 잘 되면 다이아몬드 내부에서 빛의 전반사가 여러 번 일어나게 되고 빛이 들어온 방향과 반대 방향으로 나가게 되면서 마치 광채가 나는 듯 보이는데 이러한 커팅을 잘 된 것으로 평가한다고 한다. 이를 콘택트 렌즈에 적용하면 **렌즈 테두리의 각도에 따라 정상 렌즈 내부에서 더 많은 전반사가 일어나고 이로 인해 정상 렌즈의 테두리가 빛난 것**으로 이해할 수 있다.

또, 표 4의 예비 실험 결과에서처럼 대각 방향에서 빛을 비추고 반대 대각 방향에서 사진 촬영을 할 때 빛이 나는 이유를 알아보기 위해 **렌즈를 기울인 상황을 시뮬레이션해 보았다. 그 결과는 표 9와 같다.**

정상 렌즈의 경우 아래쪽 테두리에서 들어간 빛이 내부 전반사를 거쳐 빨간색 동그라미로 표시한 반대편 테두리로 빠져나오는 것을 볼 수 있는데 뒤집힌 렌즈는 그런 빛을 볼 수 없다. 이것이 대각 방향에서 빛을 비추고 반대 대각 방향에서 바라보았을 때 정상 렌즈에서만 테두리가 빛난다는 실험 결과를 설명해 주는 것이라고 생각할 수 있다.

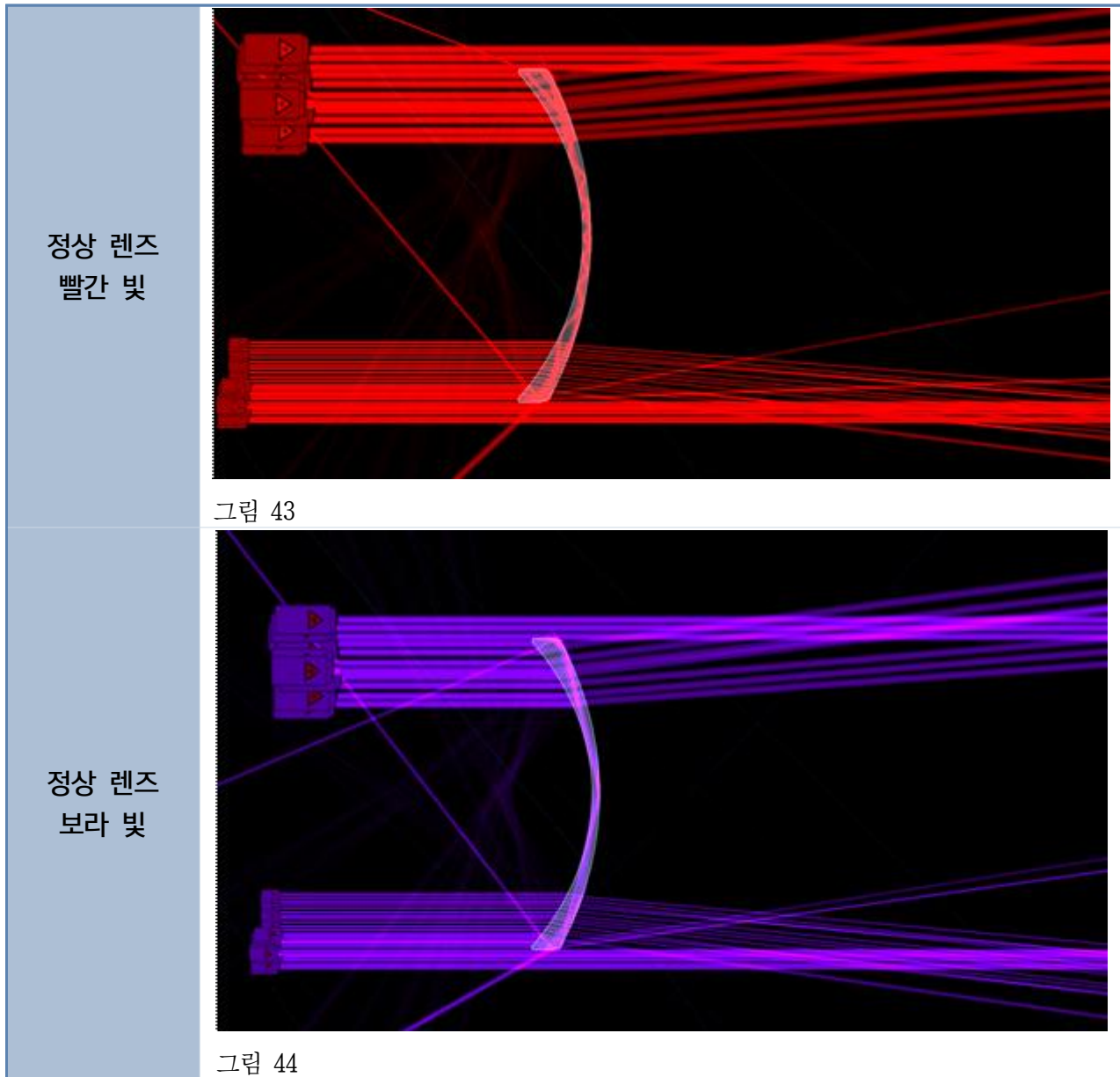
표 9 Algodoo 시뮬레이션 결과 비교 - 정상 렌즈, 뒤집힌 렌즈 파란 빛

정상 렌즈	 그림 41
뒤집힌 렌즈	 그림 42

빛의 파장에 따라 광선의 진행이 얼마나 달라질지 레이저 포인터의 색깔을 달리하여 시뮬레

이전 해 본 결과는 표 10과 같다. 빛의 색깔에 따라 파장이 달라지고 같은 물질에서도 굴절률이 달라지므로 약간의 광선 각도가 달라지는 것을 볼 수 있으나, 렌즈 내부에서 전반사가 여러 번 일어난다는 부분에 있어서 큰 차이가 있지는 않아 보인다.

표 10 Algodoo 시뮬레이션 결과 비교 - 정상 렌즈 빨간 빛, 보라 빛



3) 시뮬레이션 결론 및 활용

예비 실험을 통해 얻은 결과를 시뮬레이션을 통해 확인하고 그 원리를 렌즈 내부에서의 전반사 현상으로 설명할 수 있었다.

또한 빛의 색깔에 따라 시뮬레이션 결과가 유의미하게 달라지지는 않았지만, 이론적으로 생각했을 때 파란 빛이 빨간 빛보다 굴절률이 커서 전반사가 더 잘 일어날 것이고, 파란 LED는 자외선을 포함하고 있어 살균 효과도 기대할 수 있을 것이므로, 이 후의 실험에서는 파란 LED를 사용하기로 결정하였다.

다. 최적의 LED 각도 찾기 실험

본격적인 작품 제작에 들어가기에 앞서 LED의 각도가 얼마일 때 테두리가 빛나는 현상이 가장 잘 관찰될지 실험을 통해 알아보려고 하였다.

1) 실험 방법

시선은 45도로 고정하고 LED가 비추는 빛의 각도를 1도에서 90도까지 15도 간격으로 변화시키면서 렌즈 테두리를 관찰하였다.

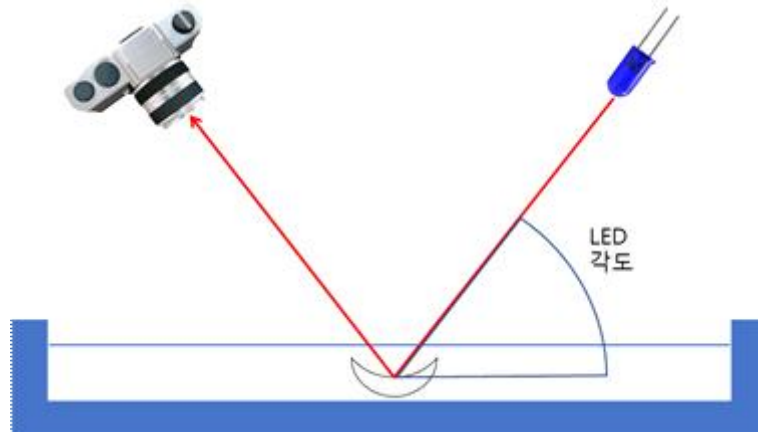


그림 45 LED 각도 변화 실험 개념도

2) 실험 결과

실험 결과 LED 각도가 30도에서 60도 사이일 때 테두리가 빛나는 현상이 나타났으며 45도일 때 초승달 모양으로 가장 크게 빛나는 사실을 확인할 수 있었다.

표 11 LED 각도 변화 실험 결과

LED 각도	0°	15°	30°
관찰 결과			
45°	60°	75°	90°

3) 실험 결론 및 활용

따라서 실제 작품을 제작할 때 LED는 45도 방향을 바라보도록 부착하기로 결정하였다.

라. 1차 작품 제작

1) 작품 제작 방법

시중에 판매하는 렌즈 케이스 중 투명 재질의 케이스를 구입하여 LED를 부착하는 방식으로 제작하였다.



그림 53 1차 작품 제작에 사용된 재료

LED는 450nm 파장의 블루 LED를 사용하였고, 렌즈 케이스 바닥에 코인셀 cs 2032 두 개를 스위치와 연결하여 LED에 전기를 공급하였다.

2) 작품 제작 결과



그림 54 1차 작품 외관



그림 55 1차 작품 뚜껑 연 모습

그림 54와 같은 렌즈 케이스를 제작하였다. 뚜껑을 열고 스위치를 켜면 그림 55와 같이 LED에 불이 들어온다.

그림 56의 왼쪽은 뒤집힌 렌즈, 오른쪽은 정상 렌즈가 들어있다. 정상 렌즈의 테두리 부분만 초승달 모양으로 빛나는 것을 확인할 수 있다.

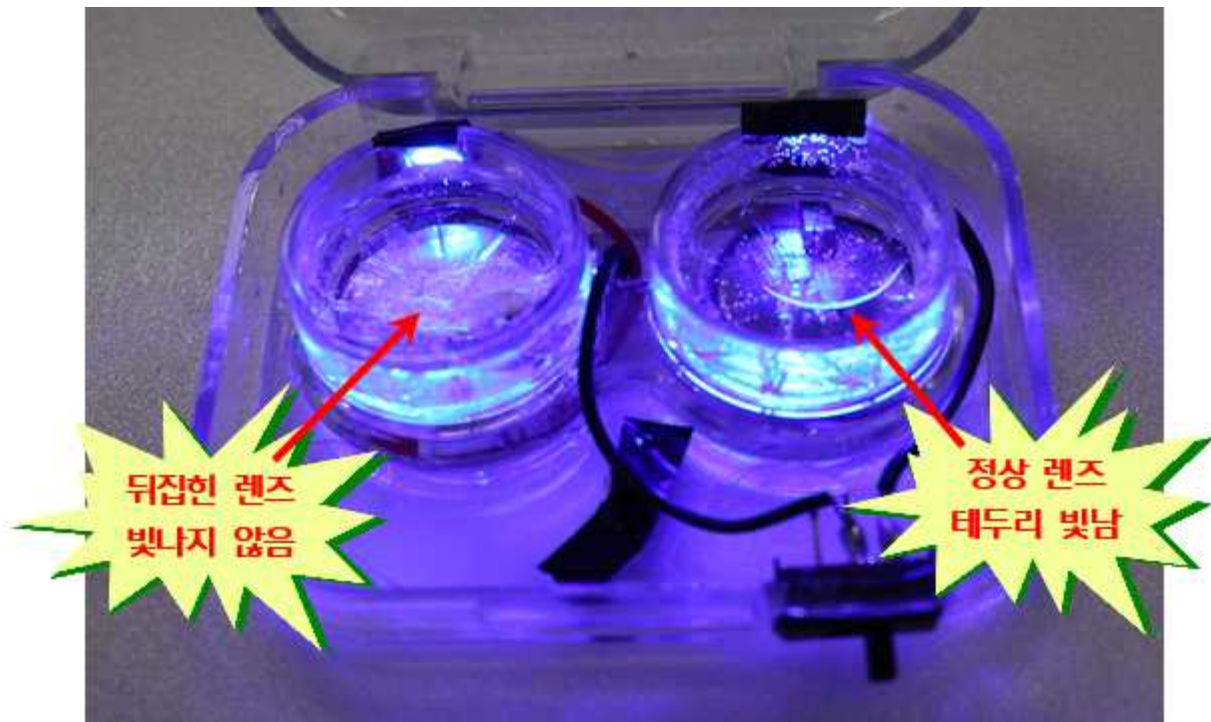


그림 56 렌즈케이스에 부착된 LED 빛에 의해 렌즈의 뒤집힘을 구별할 수 있는 렌즈케이스.(1차 작품)

3) 1차 작품의 개선할 점

LED 빛을 이용해 정상 렌즈와 뒤집힌 렌즈를 구별할 수 있는 렌즈 케이스를 제작하는데는 성공하였으나 **정상 렌즈 테두리 부분에서 빛나는 부분이 작아서** 확인이 잘 되지 않는 경우가 있었다.

실험 결과 및 1차 작품을 살펴보면 정상 렌즈의 경우 LED 반대편 테두리에 초승달 모양의 빛나는 부분이 나타남을 알 수 있다.

따라서 **LED의 개수를 늘리거나 렌즈 케이스 옆면 원통 부분에서 면발광** 할 수 있도록 하면 너비가 더 넓은 초승달 모양을 볼 수 있을 것이라 생각하여 2차 작품을 설계하고자 하였다.

마. Blender를 이용한 3D 광학 시뮬레이션

2차 작품을 제작하기에 앞서 LED 개수를 늘리거나 면발광하는 광원을 이용하면 테두리에 빛나는 초승달 모양의 너비가 넓어질 것인지 시뮬레이션을 통해 확인하고자 하였다.

이전의 Algodoo를 이용한 시뮬레이션은 2차원 시뮬레이션이고 전문 광학 시뮬레이션이 아니었기 때문에 더 정확한 시뮬레이션을 위해 Blender를 활용하였다.

Blender는 3D 컴퓨터 그래픽 제작 소프트웨어로서 게임, 영상 제작 및 광학 시뮬레이션에 많이 사용되고 있다.

1) 시뮬레이션 방법

먼저 3D 시뮬레이션에 사용할 3D 렌즈 모델링을 하였다. 렌즈 제작사 홈페이지를 검색하여 렌즈의 단면도를 구해 3D 모델링 프로그램을 이용하여 입체로 모델링한 후 Blender에서 불러들여 광원의 종류와 위치, 렌즈의 광학 성질 등을 입력하여 시뮬레이션 하였다.

렌즈의 재질은 유리로 설정하여 굴절률 1.450으로 설정하였으며, 광원은 태양광으로 렌즈의 45도 방향에서 내리 비추는 것으로 설정하였다. 카메라 역시 렌즈의 45도 방향에서 촬영하는 것으로 설정하였다.

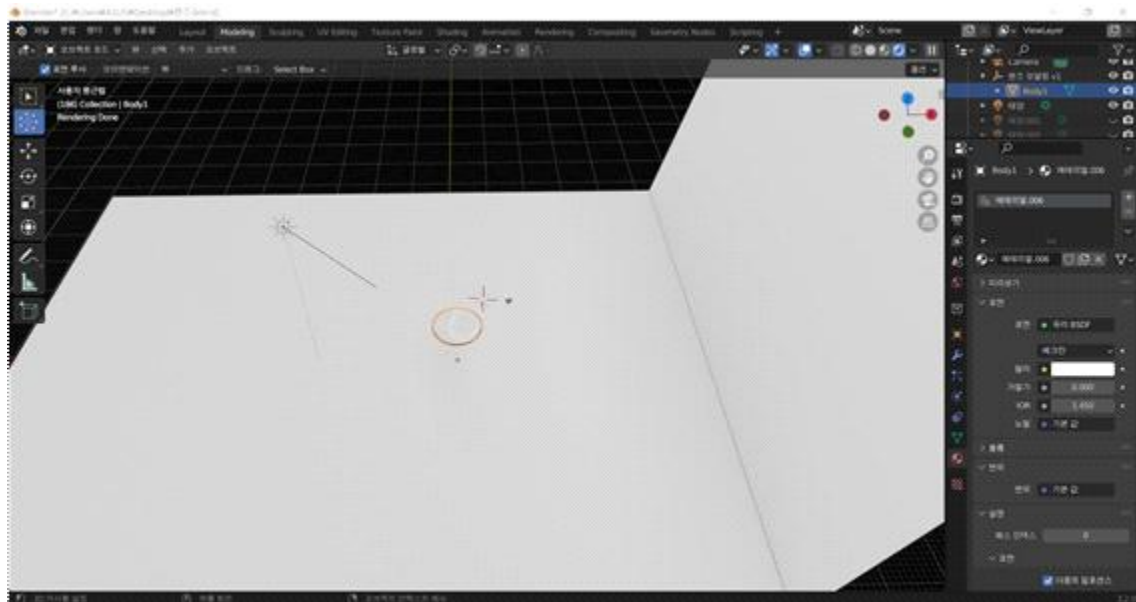


그림 57 3D 컴퓨터 그래픽 제작 소프트웨어 Blender. 가운데 동그라미가 렌즈, 왼쪽 45도 위에 광원, 오른쪽 45도 부분에 검은 점이 카메라를 의미한다.

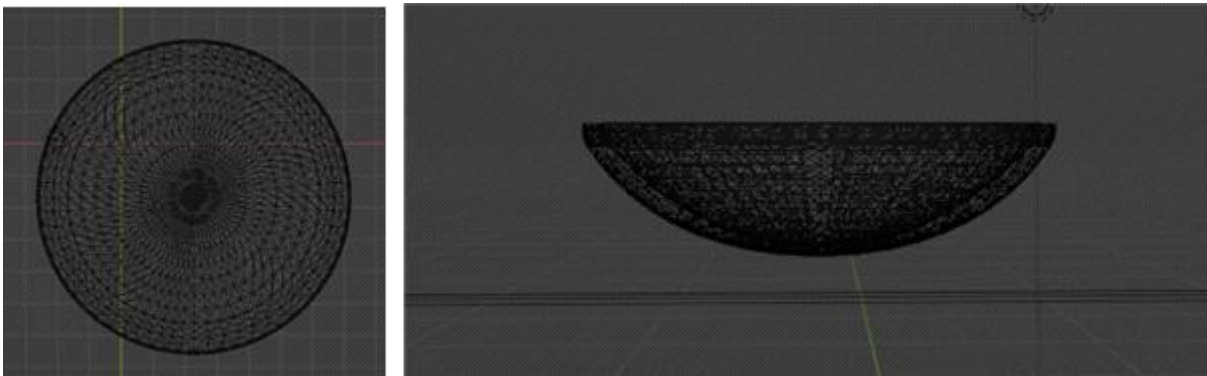


그림 58 Blender에서 모델링한 렌즈 골격

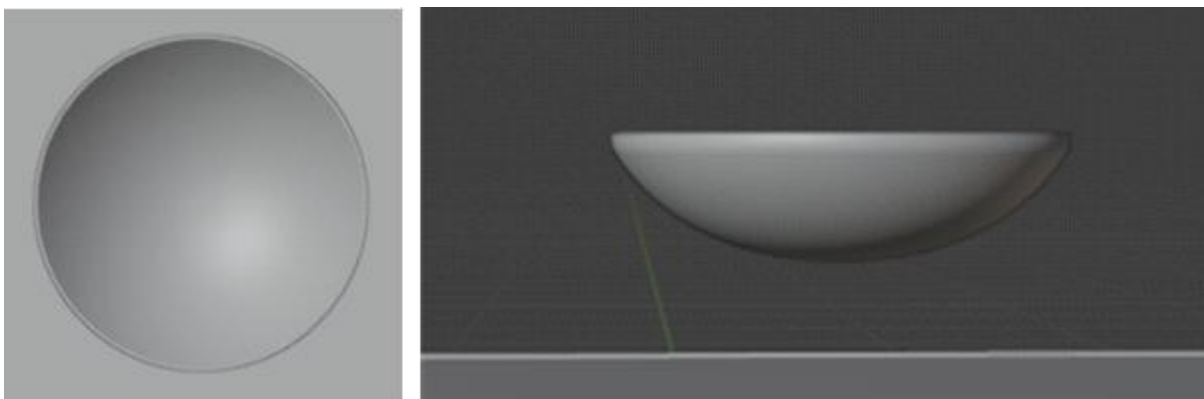


그림 59 Blender에서 모델링한 렌즈 표면

2) 시뮬레이션 결과

광원 1개로 시뮬레이션 한 결과 그림 58과 같은 결과를 얻었다. 이는 실제 실험에서 관찰한 결과와 비슷하게 테두리의 앞쪽이 초승달처럼 빛나는 모습이다.

실험 관찰 결과와 시뮬레이션 결과가 비슷하게 나왔기 때문에 다른 상황에 대한 시뮬레이션 결과도 신뢰할 수 있을 것으로 판단하였고 광원이 3개인 경우를 시뮬레이션 해 보았다.

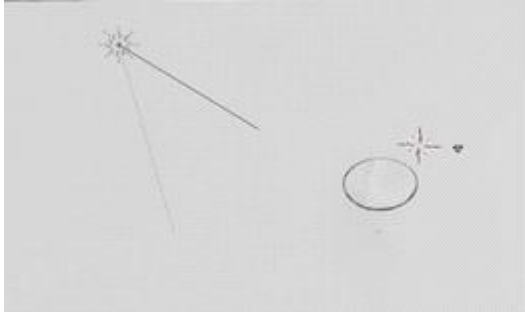


그림 60 Blender를 이용한 광학 시뮬레이션 결과 - 광원 1개

광원이 3개인 경우도 초승달 모양으로 테두리가 빛나는 시뮬레이션 결과를 얻었는데 광원이 하나인 경우에 비해 빛의 밝기가 밝고 범위가 넓어졌다.



그림 61 Blender를 이용한 광학 시뮬레이션 결과 - 광원 3개

3) 시뮬레이션 결론 및 활용

따라서 광원을 3개로 늘리거나 면발광을 하도록 만드는 것을 시도해 볼 가치가 있다고 판단하여 2차 작품을 설계하고자 하였다.

바. 2차 작품 제작

시뮬레이션 결과를 바탕으로 LED를 3개 부착한 2차 작품을 제작하였다.

1) 작품 제작 방법

1차 작품과 마찬가지로 투명한 재질의 렌즈 케이스에 LED를 부착하는데 여러 개의 LED가 이어져 있고 한 번에 제어할 수 있는 네오 픽셀을 사용하였다.



그림 62 네오 픽셀 상품 사진

2) 작품 제작 결과

시뮬레이션을 통한 예상과 같이 **정상 렌즈의 테두리에서 빛나는 부분의 영역이 넓어졌고 더 눈에 잘 띄도록 발전**하였다.



그림 63 2차 작품 - 정상 렌즈의 테두리가 빛나는 모습



그림 64 2차 작품 - 뒤집힌 렌즈는 빛나는 부분이 없는 모습

3) 2차 작품의 개선할 점

광원을 3개로 늘리고 보니 광원이 더 많으면 떨까라는 생각이 들었다. 또한 광학산 폴리카보네이트 재질의 파이프를 잘라서 렌즈 케이스 옆면 원통 부위에 사용하면 면발광과 같은 효과

를 줄 수 있을 것이라 생각된다. 면발광할 경우 광원의 개수가 더 많아진 효과가 날 수도 있을 것으로 기대된다.

또 다른 아이디어로는 렌즈 케이스 뚜껑에 LED를 부착하는 것이 있다. 뚜껑을 열다 보면 적당한 각도가 만들어져서 정상 렌즈의 테두리가 빛날 것이고 이를 이용해 렌즈가 뒤집어졌는지 확인할 수 있을 것이다.

이처럼 광원의 개수, 위치, 종류 등을 바꾸어 더 확실하게 렌즈 테두리를 빛나게 하는 조건을 찾아 3차 작품을 제작할 것이다.

사. 4차, 5차 작품 제작 계획

광원의 개수, 위치, 종류 등을 최적화 한 3차 작품을 완성한 후에는 탁도 변화를 감지하여 렌즈 보관액의 오염을 경고해 주는 기능과 자외선 살균 기능을 추가한 4차, 5차 작품을 제작할 계획이다.

탁도 변화를 감지하는 기능은 아두이노 조도 센서나 자외선 센서를 이용해 렌즈 보관액에서 산란된 빛을 측정하는 방식을 사용할 계획이며, 이를 위해 광원과 90도 방향으로 센서를 부착하는 것을 고려 중이다.

자외선 살균 기능은 파장이 짧은 250nm UV-C에서 효과가 크다는 것을 알게 되었는데, UV-C는 우리 눈에 보이지 않는 빛이어서 렌즈 테두리를 빛나게 할 수 없다. 따라서 자외선 살균 기능을 위해 UV-C LED를 추가로 부착할 것인지, 400nm 대 LED에서 나오는 UV-A 만으로 보조적인 살균 기능을 구현할 것인지 고민 중이다.

추가적으로 뚜껑을 열었을 때 자동으로 LED가 켜지는 기능, 충전 배터리를 이용하는 기능 등 작품의 완성도를 높이기 위한 보조 기능들에 대해 고민하면서 탐구를 진행 중이다.

6. 작품의 활용 효과 및 전망

- 가. 본 작품은 LED 빛의 전반사 원리를 이용해 렌즈 케이스에서 렌즈를 꺼내지 않고도 렌즈의 안팎이 뒤집힌 상태인지를 매우 쉽게 확인할 수 있는 렌즈 케이스 이다.
- 나. 또한 콘택트렌즈를 렌즈 케이스에서 꺼낼 때, 렌즈 케이스 바닥에 식염수와 함께 렌즈가 담겨있어 콘택트렌즈를 구분해 내기 어려운데, 본 작품은 렌즈의 뒤집힌 상태 구분이 가능할 뿐만 아니라 콘택트렌즈에 LED를 투영하여 렌즈의 위치를 찾기도 쉽다.
- 다. 이러한 본 작품을 활용하면 렌즈를 착용할 때 렌즈를 꺼내어 구부리거나 모양을 확인할 필요가 없으므로 위생적이고, 연세가 많으신 분이나 렌즈의 뒤집힘을 구분하기 힘든 사람이 사용한다면 콘택트렌즈를 좀 더 쉽게 사용할 수 있다.
- 라. 또한 렌즈 착용 과정에서 렌즈 뒤집힌 상태로 착용하면 눈에 이물감, 충혈, 심지어는 상처가 날 수도 있고, 상처가 나지 않는다고 해도 다시 착용하는 과정에서 렌즈가 오염되거나 렌즈가 찢어지는 문제가 발생할 수 있다. 본 작품은 이러한 손실을 줄일 줄일 수 있기 때문에 경제성도 가지고 있다고 할 수 있다.
- 마. 탁도 감지를 통해 렌즈 보관액의 오염을 경고하거나 자외선 LED를 이용해 보관액과 렌즈를 살균, 소독하는 기능이 추가될 경우 더 편리하고 건강한 콘택트렌즈 사용을 하는데 본 작품은 크게 기여할 수 있을 것이다.

7. 참고 사이트 및 문헌

- 가. 한국발명진흥회 발명영재교육연구원, 과학+발명, 2015
- 나. 특허청, 학생발명학습지도서(교사용)
- 다. 국립중앙과학관, <http://www.science.go.kr/>
- 라. 대한민국학생발명전시회 <http://www.kosie.net/>
- 마. 특허정보무료검색서비스, <http://www.kipris.or.kr/>
- 바. 나무위키 - 콘택트렌즈
- 사. 네이버 블로그 - 탁도 측정 원리 <https://blog.naver.com/jmsin30/80156937949>
- 아. 나무위키 - 자외선 살균
- 자. 나무위키 - Blender
- 차. 네이버 블로그 - 다이아몬드 이야기 <https://m.blog.naver.com/jsmzxc/222136125442>