Unit 3: Light & Optics

Physics Fall 2025 *Eastern York High School*

Learning objectives:

- 7.1 **Explain the wave nature of light:** Describe how light behaves as a wave, including concepts such as interference, diffraction, and polarization.
- 7.2 Apply the laws of reflection: Use the law of reflection to analyze how light interacts with smooth and rough surfaces, and predict image formation in plane mirrors.
- 7.3 Analyze the refraction of light: Use Snell's Law to determine how light bends when passing between different media and explain total internal reflection and its applications.
- 7.4 **Differentiate between converging and diverging lenses:** Describe the characteristics of convex (converging) and concave (diverging) lenses, including their focal points and how they affect light rays.
- 7.5 **Construct ray diagrams and use lens/mirror equations:** Draw ray diagrams for mirrors and lenses to locate images and use the lens and mirror equations to calculate image distance, magnification, and focal length.

Key ideas:

- Wave Nature of Light: Light exhibits wave-like properties such as interference, diffraction, and polarization.
 - *Interference:* When two or more light waves overlap, they can interfere constructively (brighter light) or destructively (dimmer or no light).
 - *Diffraction:* Light bends around edges and spreads out when passing through small openings. Example: The pattern of light and dark fringes seen in a double-slit experiment.
 - *Polarization:* Light waves can oscillate in specific directions. Example: Polarized sunglasses reduce glare by blocking horizontal light waves.
- **Reflection of Light:** Light bounces off surfaces according to the law of reflection:

 $\theta_i = \theta_r$

where θ_i is the angle of incidence and θ_r is the angle of reflection.

- Specular Reflection: Reflection from a smooth surface (e.g., a mirror).
- Diffuse Reflection: Reflection from a rough surface, scattering light in multiple directions.
- Example: A mirror produces a clear reflection, while a piece of paper reflects light diffusely.
- **Refraction of Light:** When light passes from one medium to another, it bends due to a change in speed, governed by Snell's Law:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

where n is the refractive index of the medium.

- Light bends toward the normal when entering a denser medium $(n_2 > n_1)$.
- Light bends away from the normal when entering a less dense medium $(n_2 < n_1)$.

- Example: A straw appears bent in a glass of water due to refraction.
- **Total Internal Reflection (TIR):** When light tries to exit a denser medium into a less dense medium at an angle greater than the critical angle, it reflects entirely back inside.

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

- Example: Optical fibers use total internal reflection to transmit light signals over long distances.
- Lenses and Image Formation: Lenses bend light to form images. The two main types:
 - Converging (Convex) Lens: Focuses light to a point, forming real or virtual images.
 - Diverging (Concave) Lens: Spreads light out, forming only virtual images.
 - Example: Magnifying glasses use convex lenses to produce enlarged images.
- Ray Diagrams for Lenses and Mirrors: Used to determine the location and nature of an image.
 - Rays follow three main paths:
 - 1. A ray parallel to the optical axis refracts through (or appears to come from) the focal point.
 - 2. A ray through the center of the lens travels straight.
 - 3. A ray through (or toward) the focal point emerges parallel to the optical axis.
 - Example: In a convex lens, an object beyond the focal point forms a real, inverted image.
- Lens and Mirror Equations: These equations help calculate image distance, magnification, and focal length.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

where:

- f = focal length

- d_o = object distance
- d_i = image distance
- Magnification Formula:

$$M = \frac{-d_i}{d_o}$$

- If |M| > 1, the image is magnified.
- If |M| < 1, the image is reduced.
- A negative M means the image is inverted.
- Example: A telescope magnifies distant objects using a combination of lenses.

٠	٠	٠	٠	•	• •	۰	٠	٠	٠	٠	٠	•	٠	٠	٠	٠	٠	•	٠	*	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	•	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
۰	۰	۰	0	٠	• •	0	0	0	۰	٠			0	0	۰	•	0		•		•	۰	0	0	0	•	•	•	•	•		•	•	۰	٠	۰	0	۰	٠
۰	۰	•		٠	• •	0		0	۰	٠				٠	۰	٠			•		•	۰	•		•	•	•	•	٠	٠		•	•	۰	٠	۰	۰	٠	
	٠	•			• •	•		•	٠						٠							•	•													٠	•		
•	•	•		•	• •			•	•						•	•					•	•	•				•	•	•	•					•	•	•	•	
																																				•			
															_ .			- • .																					
															Li	igh	nt I	Int	en	sit	y I	⊿al)																
Ū	÷	Ŭ	Ť	÷				Ŭ	· ·			÷		Ť	Ŭ		,			÷	Ŭ		ů.	,	,				Ť	· .	,				÷	÷	ů.	÷	÷
•	•	•	0	÷.	This	lab :	18 °11	itenc	led	to h	ielp	us	lool	c at	one	e ine	crec	libly	y im	por	tant	phe	enoi	men	a, d	ispl	aye	đ m	låny	pla'	ičes	in	Phy	SICS	S. °	0	•	•	
•	٠	٠		Lig	ght, w	hich	we	W1ll	thu	nk o	of as	a v	vave	e, lea	aves	s the	e soi	urce	e wh	iere	1t 1s	pro	duc	ced	and	trav	els	in e	ver	y∘d1	rect	10n.	. As	tha	it.	٠	•	٠	•
۰	0	۰	0	ligi	nt trav	vels,	it ca	rries	s en	ergy	/ W1	th 1	t.•11	ie ei	nerg	gy o	t th	e wa	ave	18 as	soc	iate	d w	1th 1	the 1	nter	isity	/•01	the	ligi	nt. C	Jsin	ig a	ligh	it.	۰	۰	0	۰
۰	۰	۰	0	sen	isor, v	ve ar	e ad) me	easu	re t	ne i	nter	isity	01	ngn	ii ai	am	erei	11 01	stai	ices	• •	0	0	•	•	۰	۰	۰	•	•	0	۰	۰	۰	•	۰	٠
٠	٠	٠	٠	٠	Obia	• octiv	• • \	• //	•	• the	• inte	• ncit	vo	• Fthe	• 1ia	• ht c		•	• c th	• • die	• ton	。 ce f	rom	• • tha	• • 1i ai	• ht co	•		inc	• ron	• •	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
۰	۰	۰	۰	۰	Onle	cuv	c. 1v	icas	urc	unc	nîtt	11,510	.y _° 01	unc.	'ng	,nı s	our	cç a	s un	una di c	sıan		10III	i unc	, ng	nı so	Juic	ų is	inc	ica	sçu.	۰	۰	۰	۰	۰	0	۰	٠
٠	٠	٠	٠	٠	• •	٠	٠	•	٠	٠	•	•	٠	٠	٠	*	٠	•	٠	٠	٠	٠	٠	٠	•	•	٠	٠	*	•	٠	٠	٠	٠	•	٠	٠	٠	٠
•	•	۰	0	۰		0	•	•	•	•	۰	•	0	0	0	۰	0	۰	•	•	0	•	0	0	0	•	•	0	۰	۰	•	0	•	•	۰	۰	0	۰	٠
٠	٠	۰		•	Inde	peno	dent	t Va	riat	ole:			•	٠	٠	٠			•	٠	•	٠	٠		•	•	•	٠	•	٠		•	•	٠	•	٠	٠	٠	•
•	•	•	0		• •	•	0	0	•						•	•	0		•		•	0	•		•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	۰	•	•	•
•	•	۰	•				•	0	•				•		•	•	0		•		•	۰	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	•	•			• •	•			•						•							•	•						•	•						۰			
•	•	•			Depe	ende	nt V	/aria	able	e:.					•		•				•	•	•					•		•				•	•	۰	•	•	
	•								•						•																					•	•		
		-	-			-	-	-	-				-				-				-	-	-					-										-	
Ĩ	Ĩ	,	,	Ĩ	Cont	troll	ر له	/aris	ahle		Ŭ,	-		,		,	,	Ŭ,		,		,		,					,	,	,	,			,	Ĩ		Ĩ	
	0	÷	÷	÷	com		cu i				Ť	÷		÷	0	÷		, i				÷							÷						0	0			,
•	•	۰	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	۰	۰	•	۰	•	•	•	۰	•	۰	•	•	•	•	•	٠	٠	•	•	•	•	•	۰	•	•	•	•
•	0	۰	•	۰	• •	•	•	0	0	۰	•	•	•	•	0	0	•	•	•	•	•	۰	0	•	•	•	•	•	۰	0	•	•	•	•	0	0	0	•	•
۰	۰	۰	0	٠	 Ъ		0	0	۰	٠	•	•	•	۰	۰	۰	0	•	•	۰	•	۰	•	•	0	•	•	۰	۰	۰	•	•	•	۰	٠	۰	•	۰	•
۰	۰	۰	0	۰	Proc	edui	re:	0	۰	۰		*	•	0	۰	0	0		•		۰	۰	0	0	0	•	•	•	•	•	•	0	•	۰	۰	۰	0	۰	٠
۰	۰	۰	0	٠	• •	0	0	0	۰	٠	٠	٠	۰	۰	۰	۰	0	٠	۰	٠	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	٠	۰	۰	۰	۰	٠	٠	۰	۰	٠	٠
۰	۰	۰	0	٠	• •	٠	0	0	۰	٠	*	•	۰	٠	۰	٠	0	*	۰	٠	۰	۰	۰		•	•	۰	۰	٠	٠	•	۰	•	۰	٠	۰	۰	٠	*
•	۰	0	0	۰	• •	0	0	0	۰	۰	۰	•	0	0	0	۰	0	۰	•	•	0	0	0	0	0	•	•	0	۰	۰	•	0	•	•	۰	۰	0	۰	٠
٠	٠	۰	0	٠	• •	•	•	0	٠	٠	٠	•	۰	٠	۰	٠	0	٠	•	٠	۰	۰	•		0	•	•	٠	٠	٠	٠	•	•	٠	٠	٠	•	٠	٠
۰	0	•	0	•	• •	•		0	0	•	٠	٠	•	0	۰	0	•	٠			•	0	•	•		•	۰	•	0	0	0	•		۰	0	0	•	0	٠
٠	٠	۰		٠	• •	•	•	•	٠	•			•	٠	۰	٠			•	٠	•	٠	•		•	•	•	•	٠	٠		•	•	٠		٠	٠	٠	•
۰	•	۰	٠	٠	• •			•	۰	٠				٠	۰	۰					۰	۰	•				•	٠	٠	۰	•			٠	۰	۰	•	۰	
•	۰	۰	0			•	•	0	٠		•		•	۰	۰	۰	0	•	•	٠	•	۰	•	•	•	•	•	•	٠	•	•	•	•	•	٠	۰	•	•	
•	٠	•				0			٠						٠	•						•	•					•	•	•	•				٠	۰			
•	•	•	•	•		•	0	0	۰	•			•	•	•	•	•				•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	۰	•	•	
					• •	•									•																					•			
•	0	•	0		• •	•	•	0	•					•	•	•	•		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	
						•									•							•	•														•		
													•	•	•	•	•		•			•	•		•	•	•		•	•	•	•	•			•	•		
						-																																	
			-						-	-	-	-	-		~	-	-	-	~				-			-	-	-	-	-	-	-		-	-	-		-	
						٠			•							•													~	-	-					4	9	4	
		۰	۰	•	• •	٠	۰	۰	٠	٠	•	•	۰	÷	٠	٠	•	•	•	*	÷	÷		*					÷							4	*		•
•	0	۰	0	۰	• •	۰	0	0	۰	۰	•	•	•	۰	0	۰	•	•	•	۰	٠	۰	0	•	•	•	•	۰	۰	۰	•	•	•	۰	۰	٥	0	۰	٠
۰	٠	۰	•	٠	• •	۰	0	۰	۰	٠	•	•	۰	۰	۰	۰	0	•	•	۰	٠	۰	•		•	•	•	۰	٠	۰	•	•	•	۰	٠	۰	۰	۰	٠
0	0	0	0	۰	• •	۰	0	0	۰	۰	۰	•	•	•	0	۰	0	۰	•	۰	۰	0	0	•	0	•	•	•	۰	۰	•	0	•	۰	۰	۰	0	۰	٠
٠	۰	٠	٠	٠	• •	٠	٠	٠	٠	٠	•	•	٠	٠	٠	•	٠	•	٠	•	٠	٠	٠	٠	٠	٠	•	٠	•	•	•	٠	٠	٠	•	٠	٠	٠	٠
0	0	۰	0	٠	• •	٠	0	0	۰	٠		•	•	۰	0	۰	•			۰	۰	•	0	•		•	•	•	۰	۰	•	•	•	۰	۰	۰	0	۰	۰
٠	٠	•	٠	•	• •	٠	٠	٠	٠	•	٠	•	٠	٠	٠	٠	٠	٠	•	٠	•	٠	٠	٠	٠	٠	•	•	٠	٠	٠	•	•	•	•	٠	٠	٠	•
٠	۰	۰	۰	Phy	/S.	٠	•	۰	۰	٠			۰	٠	۰	٠	•		3	٠	٠	۰	۰	٠	٠	•	•	٠	٠	٠	٠	•	, U	nit :	3.	۰	۰	٠	
0	۰	۰	0	٠	• •	٠	۰	0	۰	٠	٠	•	۰	۰	0	۰	0	٠	۰	٠	٠	۰	•	•	•	•	•	•	٠	٠	٠	•	•	۰	٠	۰	۰	٠	
0	۰	۰			• •	٠	۰	•	۰	٠				٠	0	۰	•		٠			۰	٠	•	٠	•	•	•	٠	٠	•	٠	٠	٠	٠	۰	٠	٠	
•	0	•	0	•		•	0	0	۰	•	•		•	•	0	•	0	•	•	•	•	•	0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	۰	0	•	
•	•	•	•			•	•	•	•				•	•	۰	•		•	•			•	•		•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	٠	•		

• • • •	• • •	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	•	• •	• •	• •
0 0 0 0	0 0 0	• •		0 0		• •	• •	• •		• •	0	• •	• •	• •
· · · ·	• • •	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	٠	• •	• •	• •
Data: Dist	nce (cm)	• •	<u> </u>	 Inf	tensity (1		0 0	• •	• •	0 0	0	0 0	• •	0 0
					iensiej (i		• •		• • •	· · ·	•	• •		• •
• • • •	0 0 0	• •	• • •	0 0	• •	• •	• •		• •	• •	0	• •	• •	0 0
• • • •	• • •	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	۰	• •	• •	• •
• • • •	• • •	• •	• • •	• •	• •	• •	• •		• •	• •	•	• •	• •	• •
		• •			• •						•			
		• •		0 0	• •	0 0	• •		• •	0 0	0	0 0		0 0
		• •	• • •	• •	• •	• •	• •				•		• •	• •
		• •		0 0	• •	• •	• •		• •	• •	0	• •		0 0
0 0 0 0	• • •	• •	• • •	0 0	• •	• •	• •	• •	• •	• •	0	• •	• •	• •
• • • •	• • •	• •	• • •	0 0	• •	• •	• •	• •	• •	• •	۰	• •	• •	• •
• • • •	• • •	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	٠	• •	• •	• •
	0 0 0	• •	• • •	0 0	• •	• •	• •	• •	• •	• •	0	• •	• •	• •
• • • •	0 0 0	• •	• • •	0 0	• •	• •	• •	• •	• •	• •	0	• •	• •	• •
• • • •	• • •	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	•	• •	• •	• •
• • • •	• • •	• •	0 0 0	0 0	• •	0 0	0 0	• •	• •	0 0	0	• •	• •	0 0
Crarks	• • •	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	٠	• •	• •	• •
Graph:	0 0 0	• •	0 0 0	0 0	• •	• •	0 0	• •	• •	0 0	0	• •	• •	0 0
• • • •	• • •	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	۰	• •	• •	• •
											•			
		• •												
		• •					• •			• •	•			• •
		• •		• •		• •	• •	• •	• •	• •	•			• •
		• •	• • •	0 0	• •	• •	• •	• •	• •	• •	0		• •	0 0
• • • •	• • •	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	•	• •	• •	• •
• • • •	• • •	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	۰	• •	• •	• •
• • • •	• • •	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	•	• •	• •	• •
• • • •	• • •	• •	• • •	0 0	• •	• •	• •	• •	• •	• •	۰	• •	• •	• •
• • • •	• • •	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	۰	• •	• •	• •
• • • •	• • •	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	٠	• •	• •	• •
• • • •	• • •	• •	• • •	0 0	• •	• •	0 0	• •	• •	0 0	0	• •	• •	0 0
Conclusio	n:	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	٠	• •	• •	• •
	• • •	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	•	• •	• •	• •
											•			
						. .					•			
		• •											• •	• •
		• •		0 0		• •	• •	• •		• •	۰		• •	• •
	• • •	• •		• •		• •	• •	• •	• •	• •	٠	• •	• •	• •
• • • •	0 0 0	• •	• • •	0 0	• •	• •	0 0	• •	• •	• •	۰	• •	0 0	0 0
				• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	•	• •	• •	• •
• • • •	• • •													
• • • •	0 0 0 0 0 0	• •	0 0 0	0 0	• •	• •	• •	• •	• •	• •	•	• •	• •	• •
· · · ·	• • •	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	0	• •	• •	• •
'hys.	• • • • • •	• •	0 0 0 0 0 0	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	• •	•	• •	Uņit	3.
'hys,	• • • • • • • • •	• • • •	• • • • • • • • • • • •	• •	· 4	• • • •	• • • •	• • • •	• • • • • •	• •	0 0 0	• •	Uņit	3.
'hys.	· · · ·	· · ·	• • • • • • • • • • • •	• • • • • •	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	• • • • • •	• • • • • •	• • • • • •	• • • • • •	0 0 0 0 0 0 0 0	• • •	• • • • • •	Uņit	3
	Data: Dista	Data: Distance (cm)	Data: Distance (cm)	Data: Distance (cm) Graph: Graph: Conclusion:	Data: Int Distance (cm) Int Int Int <t< td=""><td>Data: Distance (cm) Intensity (I Intensity (I Intensity</td><td>Data: Intensity (lux) Distance (cm) Intensity (lux) Image: state stat</td><td>Data: Distance (cm) Intensity (lux)</td><td>Data: Intensity (lux) Distance (cm) Intensity (lux)</td><td>Data: Intensity (lux) Distance (cm) Intensity (lux) Image: Ima</td><td>Data: Intensity (lux) Distance (cm) Intensity (lux) Intensity (lux) Intensity (lux)</td><td>Data:: Intensity (lux) Distance (cm) Intensity (lux) Image: Im</td><td>Data: Distance (cm) Intensity (lux)</td><td>Data: Distance (cm) Intensity (lux)</td></t<>	Data: Distance (cm) Intensity (I Intensity	Data: Intensity (lux) Distance (cm) Intensity (lux) Image: state stat	Data: Distance (cm) Intensity (lux)	Data: Intensity (lux) Distance (cm) Intensity (lux)	Data: Intensity (lux) Distance (cm) Intensity (lux) Image: Ima	Data: Intensity (lux) Distance (cm) Intensity (lux) Intensity (lux) Intensity (lux)	Data:: Intensity (lux) Distance (cm) Intensity (lux) Image: Im	Data: Distance (cm) Intensity (lux)	Data: Distance (cm) Intensity (lux)

٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	*	*	•	٠	•	٠	•	٠	•	•	•	•	٠	٠	٠	٠	٠	•	٠	٠	٠	٠	٠	•	٠
٠	0	۰	0				٠	۰	۰	0				۰	0	•		•				•	•	•	•			۰	۰	0		•		٠	۰	•	0	•	
٠	٠	۰				•	•	٠	٠				•	٠		٠		•			•	•	•	•	•				٠	٠		•		٠	٠	٠	•	•	
•		•					•	•	۰		•			•		•	•	•				•	•	•					•	•	0	•		•	•	•	•	•	
	•	•	•					•	•	•				•	•	•	•					•	•	•				•	•	•		•			•	•	•		
								•	•															•					•						•	•			
					G	rap	h:																																
Ū	Ŭ	Ū	Ŭ	Ŭ	Ŭ	· 1				Ŭ	Ŭ	Ŭ	, in the second s		Ū	Ŭ	Ŭ	Ū	-	Ŭ	Ŭ		Ū			Ū	Ū	Ŭ		Ŭ	Ū		Ū				Ŭ		Ŭ
٠	•	۰	•	٠	•	•	•	٠	٠	•	•	•	•	•	•	•	۰	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	۰	•	٠	٠	•	•	۰	•	٠	•	•	•	•
۰	۰	0	•	•	•	•	0	0	0	•	۰	*	•	•	۰	۰	0	0	•	*	*	۰	0	•	•			۰	0	۰	0	•	•	0	۰	0	•	•	
0	٠	٠	٠	٠	•	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	•	٠	•	٠	٠	٠	٠	•	•		٠	*	٠	٠	٠	•	٠	٠	٠	*	۰	•	٠
0	۰	۰	٠	٠	*	٠	۰	۰	۰	٠	٠	*	٠	۰	۰	۰	۰	•	•	*	٠	۰	۰	•	•		٠	٠	۰	۰	٠	٠	٠	۰	۰	٠	۰	•	۰
٠	۰	٠	•	۰	٠	٠	٠	۰	٠	٠	٠	٠	٠	۰	٠	٠	٠	٠	•	٠	٠	۰	•	•	•	٠	٠	٠	٠	0	•	•	٠	٠	۰	۰	0	•	٠
٠	۰	٠	٠				٠	٠	٠	٠			•	٠	٠	٠		٠	•			٠	•	•	•			٠	٠	۰		•		٠	٠	•	•	•	
	۰	0	۰	٠			•	۰	۰	۰	۰		•	•	۰	۰	•		٠			۰	0	•	•	•		٠	0	۰		۰		0	۰	•	۰	•	٠
								•														•	•	•						•					•		•		
	۰	0	•	•				0	0		۰			•	•	•	•					•	0	•					0	۰					0	0	•		
																		•					•	•													•		
Ŭ	÷	,	Ŭ		,			v	÷	Ť	÷	Ť			÷	Ť	, in the second se		÷	Ť	÷	•				Ť	Ť	Ť	ů.	•		,	,		v		•		Ť.
۰	•	0	•	•	•	•	0	0	۰	•	٠	*	•	•	۰	۰	0	0	•	•	•	•	0	•	• •	•	•	۰	0	۰	0	۰	•	0	•	•	۰	•	•
۰	0	۰	0	•	٠	٠	۰	0	۰	۰	۰	٠	٠	۰	٠	۰	•	•	•	٠	٠	0	•	•	•	۰	•	٠	۰	0	•	•	٠	۰	0	۰	0	•	٠
٠	٠	٠	٠	٠	*	٠	٠	٠	٠	٠	٠	*	٠	٠	*	٠	٠	۰	•	*	*	٠	٠	•	•		٠	*	٠	٠	٠	•	*	٠	٠	٠	٠	•	٠
۰	0	۰	0	۰	٠	٠	۰	0	۰	۰	۰	٠	٠	۰	•	•	•	0	٠	٠	٠	0	0	•	•		۰	۰	۰	0	•	٠	٠	۰	0	۰	0	•	۰
٠	٠	٠	٠	•	•	٠	٠	٠	٠	٠	٠	•	٠	٠	٠	٠	٠	٠	•	•	•	٠	٠	•	•	•	٠	*	٠	٠	•	•	٠	٠	٠	*	٠	•	٠
0	۰	0	۰	۰	•	٠	•	0	0	۰	۰		۰	•	۰	۰	۰	0	٠		٠	0	0	•	•	•	۰	۰	0	۰	۰	•	٠	•	0	۰	0	•	٠
	٠	٠		•	•	•	•	٠	٠		•		•	•	•	*	٠	•	•	•	•	٠	•	•	•		٠		٠	٠	•	•	•	•	٠	•	•	•	
	۰	•		•				0	۰		٠			•	۰	•	•					•	•	•					•	۰					•	•	•	•	
	•							•	•													•	•	•					•	•					•	•	•		
		•						•	•					•		•	•	•				•	•	•					•	•		•			•	•	•		
								•	•																										•				
	•	*	•	•				٠	۰	•	•				•	*	*	÷	•	•	•	•	*	•			*		۰	•		•			٠	•	•	•	
•	0	0	•	•	•	•	•	0	0	0	۰	•	•	•	0	•	•	0	•	•	۰	0	0	•	• •	•	•	۰	0	0	•	•	•	•	0	•	0	•	•
٠	•	٠	•	•	•	۰	•	٠	•	•	٠	•	•	•	•	•	٠	•	•	•	•	•	٠	•	• •	•	٠	*	٠	٠	۰	•	•	•	٠	•	٠	•	*
۰	۰	0	۰	۰	•	•	0	0	0	۰	۰	*	•	•	۰	۰	0	0	٠	*	٠	۰	0	•	•			۰	0	۰	0	۰	•	0	0	۰	۰	•	۰
۰	٠	۰	٠	٠	•	۰	۰	٠	۰	٠	٠	•	۰	٠	٠	٠	٠	•	٠	•	•	٠	•	•	•	•	۰	*	۰	٠	•	٠	۰	٠	٠	٠	٠	•	٠
0	۰	0	0	٠	٠	0	0	۰	۰	0	٠		•	•	٠	0	0	0	٠	*	٠	۰	0	•	•	•	0	0	0	۰	0	۰	0	0	۰	0	۰	0	٠
٠	٠	٠	٠	•	•	٠	٠	٠	٠	٠	•	•	٠	٠	٠	٠		٠	•	•	•	٠	•	•	•	•	٠	*	٠	٠		٠	٠	٠	٠	•	٠	•	٠
	٠	۰		٠			•	٠	٠		٠		٠	٠	٠	٠	۰	•	•	•	•	٠	•	•	•	•	٠	٠	۰	٠		٠		٠	٠	٠	٠	•	٠
	۰	•	٠	٠			•	۰	۰	٠	٠			۰	۰	۰	•		٠			۰	0	•	•	•		٠	•	۰		۰		0	۰	•	۰	•	٠
		•		•			•	۰	٠		•		•	•			•	•	•			•	•	•					•	•	0	•		•	٠	•	•	•	
	•	0	•	•				•	0	•				•	•	•	0	0			•	•	0	•				•	0	•	0	•			•	0	•	•	
								•														•	•	•						•							•		
		•							•							•	•						•	•					•							•	•		
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	۰	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	0	•	•	•	•	•	۰	0	•	•
٠	۰	۰	•	٠	•	•	•	۰	۰	•	٠	•	•	•	•	٠	۰	0	•	•	•	•	•	•	• •	•	۰	•	۰	۰	•	•	•	•	۰	•	•	•	•
٠	٠	۰	*	٠	*	•	•	۰	۰	•	٠	*	•	۰	٠	۰	۰	•	•	*	*	٠	•	•	•	*	۰	٠	۰	۰	•	•	•	•	٠	٠	٠	•	*
0	٥	۰	۰	٠	٠	٠	۰	0	۰	0	۰	٠	٠	۰	0	۰	۰	۰	•	٠	٠	0	۰	•	•	٠	٠	۰	۰	0	۰	٠	٠	۰	0	٠	0	۰	۰
۰	٠	٠	•	٠	•	٠	٠	٠	٠	•	٠	•	٠	٠	٠	٠	٠	۰	•	•	•	٠	٠	•	•	۰	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	
۰	0	۰	0	۰	٠	٠	۰	0	۰	0	۰	٠	٠	۰	0	۰	۰	۰	٠	٠	٠	0	•	•	•	٠	۰	۰	۰	0	۰	٠	٠	۰	0	۰	0	•	٠
٠	•	٠	•	٠	•	٠	٠	٠	٠	•	•	•	٠	٠	•	٠	٠	٠	•	•	•	•	٠	•	•	۰	٠	•	٠	•	٠	٠	٠	٠	٠	•	•	•	٠
۰	۰	0	۰	٠				۰	0	•	•			•	۰	•	0	0	•			۰	0	•	•	0		۰	0	۰	0				۰	۰	۰	٠	٠
۰	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	٠	•		•	•	•	•	•	•	•		٠			•	٠		•	٠	•	•	•	•	•	٠
	۰	•	٠	Phy	/S.			•	۰	۰	٠			•	۰	۰	•	•		5		•	•	•					•	۰			ι, Γ	Jnit .	3.	•	۰	•	
•	٠	•		٠		•	•	۰	۰		•		•	•	٠	•	•	•	•			•	•	•					•	٠	•	•	•	•	۰	•	٠		
		•						•	•							•	•	•				•	•	•					•	•					•	•	•		
		0	•					•	•							•	•	•				•	•	•				•	•	•	•	•				•	•		
	-	-	-					-		-	-	-	-	-			-	-									-	-											
															-	-			-		~	-	-	a 1						-	~	~	-	~	~	-	-	-	-

Graph Shape	Written Description	Modification required to linearize graph	Mathematical model
	No relation As x increases, y remains the same. There is no relationship between the variables.	No modification required	y = b
	Linear relation As x increases, y increases. y varies directly and linearly as x .	No modification required	y = mx + b
	Direct Proportion As x increases, y increases proportionally. y is directly proportional to x .	No modification required	$y \propto x$ $y = mx$
	Parabolic RelationAs x^2 increases, y increasesproportionally. y is directlyproportional to x^2 .	Graph y vs x ²	$y \propto x^2$ $y = mx^2$
	Parabolic Relation As x increases, y^2 increases proportionally. y^2 is directly proportional to x.	Graph y ² vs x	$y^2 \propto x^2$ $y^2 = mx$

Common Graph Shapes and Linearization Procedures

Graph Shape	Written Description	Modification required to linearize graph	Mathematical model
	Inverse Proportional As x increases, y decreases. The product of x and y remains constant.	$Graph \ y \ vs. \ 1/x$	$y = \frac{b}{x}$
	Inverse-Square As x increases, y decreases proportionally to $1/x^2$.	Graph y vs. $1/x^2$	$y = \frac{b}{x^2}$
	Square-root As x increases, y increases proportionally to \sqrt{x} .	graph y^2 vs. x	$y \propto \sqrt{x}$ $y = mx$
	Exponential Relation As x^2 increases, y increases at an increasing rate, proportional to x.	Graph ln y vs ln x Know you did something wrong, you should not see this graph in class. :)	$y \propto e^x$ $y = be^{ax}$

Common Graph Shapes and Linearization Procedures

Practice Set 1: Using the Inverse-Square Lab

1. The insity of light 5.0 m away from a lamp is 128 lux. Calculate the intensity of the light 20.0 m away from the same lamp.

- 2. At a distance of 2.0 m away from a point source of infrared waves, the intesity is 4.0 Wm^{-2} Calculate the intensity at a distance of:
 - a. 1.0 away from the source.

b. 4.0 m away from the source.

3. The intensity of light detected from a light source is I units when the detector is placed 1.0 m from the source. If the detector is moved to 50 cm from the source, what is the new intensity reading?

4. The intensity of light from a point source at a distance of 0.5 m is 2.4×10^{-2} Wm⁻². The point source is now moved so that the intensity is now 0.6 Wm⁻². Calculate the new distance of the detector from the point source.

5. An ambulance started its siren 200 m after it left the scene of an accident. The sound intensity heard at this distance was 8.0×10^{-6} Wm⁻². After a short time the intensity of the siren's sound had fallen top 2.0×10^{-6} Wm⁻². Assuming the volume does not change, how far was the ambulance from the accident scene at the time?

- 6. Calculate the intensity of light from a source if the distance from the source is: (Give your answers in terms of the original intensity $I_{0.}$)
 - a. doubled
 - b. quadrupled
 - c. increased by 8 times
 - d. reduced to one third
 - e. reduced by one third

Thin Converging Lens Experiments

1. Today we will look at what happens with thin converging lenses. You will need a track, some lens holders, a screen, and a flashlight. For the first experiment, you will use your flashlight as the object. The lens should converge the picture from the object onto the screen, i.e. form an image.

Phone	Lens	Sci	reen
<i>d</i> _o]

Set up your experiment as shown above and vary the distance between your phone and lens, then record what happens to the distance to the image. You should also note the size of the image created.

$d_o()$	$d_o + d_i ()$	d_i ()	h_i ()

2. What pattern do you find in your data?

3. Is there always an image formed by the lens? If there is not, which distances would these be and why do you think they don't form an image?

4. What do you notice about the quality of the image? Describe in detail what happens to the image on the screen at different places.

5. Now let's make a plot. Perhaps you can see your data is not linear. We will start with a strange but meaningful plot. Make a plot of $\frac{1}{d_i}$ vs. $\frac{1}{d_o}$.

6. Let's consider an additional plot. We can define the magnification as $m = \frac{h_i}{h_o}$. Plot m vs. d_i and describe any similarities.

÷	-															
-																
	:		 		 		 	 		 	 	 	 	 	 	
	 :		 													
ļ	ļ		 													
	-	:														

7. Now we consider another experiment. This time with a mirror. You will need to modify your screen, such that your phone is at the same location as the screen. The "object" (your phone) will send light through the lens, reflect off the mirror, back through the lens and form an image on the screen if at the proper location. (See diagram below)

Mirror	Lens		Screen
b		d	Phone

What do you notice about the distances b and d? Is there a pattern? What do you notice about the magnification?

8. Lenses have a distance known as a focal length. This distance could be found in a number of ways, one of which is the "thin lens equation."

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

What do you find from your data and how does this relate to the plots you made and your discoveries on question 7?

9. From your different experiments, you may have slightly different calculations. What is your percent difference for these calculations?

10. If asked again to find the focal length of a converging lens, (something that may happen tomorrow) which method would you use and why?

Ray Tracing - Lens diagrams

Below is an example of the three principle rays we draw for converging lenses. Use these rays in order to draw ray diagrams for the rest of the lens, then solve for the distance to the image and magnification. Note: These images ARE drawn to scale. You will need a ruler and a pencil for each of these.







Now we turn our attention to diverging lenses. Follow the three new principle rays and draw the rest of the diagrams.



Now for the double lens diagrams! The image of the first lens becomes the object of the second lens. Feel free to draw the first one, then finish the second.



Lenses summary:

In the table below, fill out the different properties of the image formed for each object placed at the given distance in front of the given type of lens/mirror. Please list whether the image will be **R**eal or **V**irtual, **U**pright or **I**nverted, **S**maller or **B**igger.

	In front of the focal point	At the focal point	Beyond the focal point
Converging Lens			
Diverging Lens			
Convex Mirror			
Concave Mirror			

The ray diagrams for lenses we drew were founded on a basic assumption. What were we assuming and how could we change our ray diagrams in order to better represent what we actually see in the real world?